

**WPŁYW ZABUDOWY I ZIELENI
OSIEDLOWEJ NA ZRÓŻNICOWANIE
KLIMATU LOKALNEGO W WARSZAWIE**

MARIA STOPA-BORYCZKA
JERZY BORYCZKA
JOLANTA WAWER
MICHAŁ OSOWIEC
ELŻBIETA BŁAŻEK
JAN SKRZYPCZUK

**XXII. INFLUENCE OF BUILD-UP AREA AND HOUSING
ESTATE GREENNES OF VARIETY OF THE LOCAL
CLIMATE IN WARSZAW**

atlas

OF INTERDEPENDENCE
OF METEOROLOGICAL
AND GEOGRAPHICAL
PARAMETERS
IN POLAND

Warszawa 2008

MARIA STOPA-BORYCZKA
JERZY BORYCZKA
JOLANTA WAWER
MICHAŁ OSOWIEC
ELŻBIETA BŁAŻEK
JAN SKRZYPCZUK

**XXII. WPŁYW ZABUDOWY I ZIELENI
OSIEDLOWEJ NA ZRÓŻNICOWANIE
KLIMATU LOKALNEGO W WARSZAWIE**

atlas

WSPÓŁZALEŻNOŚCI
PARAMETRÓW
METEOROLOGICZNYCH
I GEOGRAFICZNYCH
W POLSCE

Warszawa 2008

Komitet Redakcyjny

Krzysztof BŁAŻEJCZYK
Maria STOPA-BORYCZKA
Jerzy BORYCZKA
Jolanta WAWER
Władysław ŻAKOWSKI

Opracowanie edytorskie

Jan SKRZYPCZUK

Recenzent

Bohdan MUCHA

© Copyright by Wydawnictwa Uniwersytetu Warszawskiego 2008

ISBN 978-83-89502-63-6

Skład i łamanie
Jan SKRZYPCZUK

Druk i oprawa: Zakład Graficzny UW, zam. nr 520/2009

SPIS TREŚCI

I. WPROWADZENIE	9
II. STAN BADAŃ KLIMATU WARSZAWY W PUBLIKACJACH I PRACACH MAGISTERSKICH ZAKŁADU KLIMATOLOGII UNIwersYTETU WARSZAWSKIEGO	13
III. CHARAKTERYSTYKA I OCENA WARUNKÓW KLIMATYCZNYCH BIAŁOLEKI DWORSKIEJ ORAZ OKREŚLENIE WPŁYWU ZABUDOWY NA ICH ZMIANY – Maria STOPA-BORYCZKA, Maria KOPACZ-LEMBOWICZ, Andrzej GÓRKA, Ewa RYCZYWOLSKA, Jerzy BORYCZKA, Jolanta WAWER	21
IV. WARUNKI KLIMATYCZNE OSIEDLA SZWOLEŻERÓW – WYNIKI BADAŃ ZAKŁADU KLIMATOLOGII UNIwersYTETU WARSZAWSKIEGO	43
V. WPŁYW ZABUDOWY NA ZRÓŻNICOWANIE WARUNKÓW MIKROKLIMATYCZNYCH W OSIEDLACH SADY ŻOLIBORSKIE I SZWOLEŻERÓW – Maria STOPA-BORYCZKA, Maria KOPACZ-LEMBOWICZ, Ewa RYCZYWOLSKA	65
VI. DZIENNE ZMIANY RÓŻNIC TEMPERATURY POWIETRZA MIĘDZY OSIEDLEM Z DUŻYM UDZIAŁEM ZIELENI I TERENEM POZAMIEJSKIM – Bohdan MIERZWIŃSKI...	81
VII. DEFORMACJA PÓL ELEMENTÓW METEOROLOGICZNYCH POD WPŁYWEM ZABUDOWY – Maria STOPA-BORYCZKA, Maria KOPACZ-LEMBOWICZ, Urszula KOSSOWSKA-CEZAK, Bohdan MIERZWIŃSKI, Jolanta WAWER	89
VIII. ZRÓŻNICOWANIE KLIMATU LOKALNEGO W WARSZAWIE NA PRZYKŁADZIE WYBRANYCH PRAC MAGISTERSKICH DOTYCZĄCYCH OSIEDLI	95
8.1. Osiedle Białoleka Dworska	95
8.1.1. Zmiany dobowe temperatury powietrza w 1977 roku na przykładzie Białoleki Dworskiej (1978) – Małgorzata PANASZ (opiekun naukowy: Maria STOPA-BORYCZKA)	95
8.1.2. Zmiany dobowe i roczne wilgotności powietrza w Białolece Dworskiej w 1977 r. (1979) – Elżbieta KOWALCZYK-GUTOWSKA (opiekunowie naukow: Maria STOPA-BORYCZKA, Jerzy BORYCZKA)	101
8.1.3. Wpływ podłoża na temperaturę powietrza na przykładzie Białoleki Dworskiej (1979) – Krystyna BAĆZYK (opiekun naukowy: Maria STOPA-BORYCZKA) ...	106
8.1.4. Wpływ podłoża na warunki wilgotnościowe w Białolece Dworskiej (1979) – Celina BOUŻYK (opiekunowie naukow: Maria STOPA-BORYCZKA, Jerzy BORYCZKA)	111
8.1.5. Wpływ pogody na zróżnicowanie warunków odczuwalnych osiedla mieszkaniowego na przykładzie Białoleki Dworskiej (1979) – Wiesława DYBCZYŃSKA (opiekun naukowy: Maria KOPACZ-LEMBOWICZ)	116
8.1.6. Ocena warunków odczuwalnych dla potrzeb budownictwa w Białolece Dworskiej (1979) – Anna PIORUŃSKA (opiekun naukowy: Maria KOPACZ-LEMBOWICZ)	118
8.1.7. Ogólna charakterystyka bioklimatu okolic Białoleki Dworskiej za okres 1961-1970 (1979) – Krystyna KOWALIK-BIAŁOWOLSKA (opiekun naukowy: Maria KOPACZ-LEMBOWICZ)	122
8.2. Osiedle Chomiczówka	132
8.2.1. Warunki termiczne osiedla Chomiczówka w Warszawie (1994) – Anna KAZUBEK (opiekun naukowy: Krzysztof OLSZEWSKI)	132
8.3. Osiedle Sady Żoliborskie	141
8.3.1. Warunki bioklimatyczne w osiedlu Sady Żoliborskie (1989) – Irma KIJOWSKA (opiekun naukowy: Maria KOPACZ-LEMBOWICZ)	141
8.3.2. Warunki odczuwalne osiedli warszawskich o dużym udziale i strukturze zieleni (1991) – Grażyna DUDZICKA (opiekun naukowy: Maria KOPACZ-LEMBOWICZ)	147

8.4.	Osiedle Stawki	155
8.4.1.	Mikroklimat osiedla „Stawki” w Warszawie (1986) – Walentyna LEONIUK (opiekun naukowy: Maria STOPA- BORYCZKA)	155
8.4.2.	Warunki odczuwalne w osiedlach warszawskich o wysokiej zabudowie (1988) – Anna ANDRZEJEWSKA-MAMCZAREK (opiekun naukowy: Maria KOPACZ- LEMBOWICZ)	164
8.5.	Osiedle Szwoleżerów	169
8.5.1.	Mikroklimat osiedla Szwoleżerów w Warszawie (1988) – Urszula SZCZEŚNIAK (opiekun naukowy: Urszula KOSSOWSKA-CEZAK)	169
8.6.	Osiedle Wyględów-Olimpijska	174
8.6.1.	Warunki odczuwalne w osiedlach warszawskich Sady Żoliborskie i Olimpijska (1988) – Barbara GAWRYŚ (opiekun naukowy: Maria KOPACZ- LEMBOWICZ)	174
8.7.	Osiedle Służew nad Dolinką	182
8.7.1.	Mikroklimat osiedla Służew nad Dolinką w Warszawie (1988) – Maria WACŁAWSKA (opiekun naukowy: Urszula KOSSOWSKA-CEZAK)	182
8.7.2.	Warunki termiczne w osiedlach warszawskich o wysokiej zabudowie (1987) – Monika ŻOŁNIEROWICZ-KASPRZYK (opiekun naukowy: Maria STOPA-BORYCZKA)	186
8.7.3.	Wpływ wysokiej zabudowy na kierunek i prędkość wiatru w osiedlach warszawskich (1988) – Grzegorz GRABOWSKI (opiekun naukowy: Maria STOPA-BORYCZKA)	193
8.8.	Osiedle Kabaty	197
8.8.1.	Wpływ zabudowy na warunki termiczno-wilgotnościowe (2007) – Aleksandra BŁASZCZYK (opiekun naukowy: Jolanta WAWER)	197
8.9.	Osiedle Przyjaźń – Jelonki	205
8.9.1.	Wpływ warunków meteorologicznych na rozprzestrzenianie się zanieczyszczeń powietrza w porze zimowej i wiosennej w 1969/70 roku (1971) – Witold HUCULAK (opiekunowie naukowcy: Wincenty OKOŁOWICZ, Zofia KACZOROWSKA, Jerzy BORYCZKA)	205
8.9.2.	Wpływ warunków meteorologicznych na rozprzestrzenianie się zanieczyszczeń powietrza w porze letniej i jesiennej w 1970 roku (1971) – Barbara KLEMENTYS (opiekunowie naukowcy: Wincenty OKOŁOWICZ, Zofia KACZOROWSKA, Jerzy BORYCZKA)	213
8.10.	Śródmieście Warszawy	221
8.10.1.	Stratyfikacja temperatury powietrza w warstwie do 130 m nad poziomem podłoża w śródmieściu Warszawy (na podstawie badań otoczenia Pałacu Kultury i Nauki w 1960) – Urszula KOSSOWSKA-CEZAK	221
8.10.2.	Warunki odczuwalne w Śródmieściu Warszawy w latach 1966-1970 (1992) – Bożena MOSAKOWSKA (opiekun naukowy: Maria KOPACZ- LEMBOWICZ)	225
8.10.3.	Wpływ zabudowy na warunki odczucia ciepła w centrum Warszawy (1990) – Lesław KIJOWSKI (opiekun naukowy: Maria KOPACZ-LEMBOWICZ)	229
8.10.4.	Wpływ zabudowy na pola zmiennych meteorologicznych w Warszawie (1989) – Hanna KRAJEWSKA (opiekun naukowy: Jerzy BORYCZKA) ..	233
IX.	ZRÓŻNICOWANIE KLIMATU LOKALNEGO W WARSZAWIE W ZALEŻNOŚCI OD LOKALIZACJI OSIEDLI	244
9.1.	Zróżnicowanie klimatu lokalnego Warszawy w miesiącach letnich (1994) – Renata ROMAŃSKA (opiekun naukowy: Maria KOPACZ-LEMBOWICZ)	244
9.2.	Zróżnicowanie klimatu lokalnego Warszawy na profilu wschód-zachód (1994) – Dorota PRZYBYŁKOWSKA (opiekun naukowy: Maria KOPACZ-LEMBOWICZ) ..	253

9.3.	Dobowy przebieg warunków odczuwalnych w Warszawie (1997) – Katarzyna GULA (opiekun naukowy: Maria KOPACZ-LEMBOWICZ)	259
9.4.	Warunki odczucia termicznego w Warszawie (1990) – Robert WAKER (opiekun naukowy: Maria KOPACZ-LEMBOWICZ)	269
X.	KLIMAT LOKALNY ULIC I PLACÓW W WARSZAWIE	277
10.1.	Kształtowanie się wybranych elementów meteorologicznych w Warszawie w latach 1969 i 1971, cz. I. Temperatura (1972) – Grażyna KORCYL (opiekunowie naukow: Wincenty OKOŁOWICZ, Zofia KACZOROWSKA, Urszula KOSSOWSKA)	277
10.2.	Kształtowanie się wybranych elementów meteorologicznych w Warszawie w latach 1969 i 1971, cz. III. Zachmurzenie i prężność pary wodnej (1972) – Marek ZAKRZEWSKI, (opiekunowie naukow: Wincenty OKOŁOWICZ, Zofia KACZOROWSKA)	286
10.3.	Wpływ zieleni na warunki termiczno-wilgotnościowe na przykładzie obserwacji w Warszawie w lipcu 1972 r. (1977) – Tomasz ŻUŁKOWSKI (opiekunowie naukow: Wincenty OKOŁOWICZ, Urszula KOSSOWSKA-CEZAK)	290
XI.	INFLUENCE OF THE CITY ON FIELD OF METEOROLOGICAL VARIABLE – Maria STOPA-BORYCZKA, Maria KOPACZ-EMBOWICZ, Jerzy BORYCZKA	293
XII.	POSITIVE AND NEGATIVE EFFECTS OF THE URBAN HEAT ISLAND IN WARSAW – Maria STOPA-BORYCZKA, Maria KOPACZ-LEMBOWICZ, Jerzy BORYCZKA	299
XIII.	THE APPLICATION-ORIENTED CHARACTER OF THE REPORTS ELABORATED AT THE DEPARTMENT OF CLIMATOLOGY CONCERNING URBAN CLIMATE – Maria KOPACZ- LEMBOWICZ	309
XIV.	ZAKOŃCZENIE	319
	LITERATURA	329

I. WPROWADZENIE

Pierwszą część syntezy studenckich badań w zakresie naturalnych i antropogenicznych zmian klimatu miasta stanowi publikacja Wydziału Geografii i Studiów Regionalnych Uniwersytetu warszawskiego pt. *Klimat Wielkiej Warszawy w pracach magisterskich Zakładu Klimatologii w latach 1952-2007*, wydana z okazji XII Pikniku Naukowego Polskiego Radia BIS i Centrum Nauki Kopernik, który odbył się 14 czerwca 2008 roku w Warszawie.

Głównym problemem badawczym jest deformacja pól zmiennych klimatologicznych i bioklimatologicznych przez miasto w różnych skalach przestrzennych i czasowych na przykładzie odpowiednio dobranych 37 prac magisterskich, z ogólnej liczby 150.

Prezentowany XXII tom *Atlasu współzależności parametrów meteorologicznych i geograficznych w Polsce* z wyodrębnionym tytułem *Wpływ zabudowy i zieleni osiedlowej na zróżnicowanie klimatu lokalnego w Warszawie* stanowi drugą część syntezy badań studenckich w zakresie zmienności przestrzennej i czasowej klimatu lokalnego miasta na przykładzie kolejnych 31 prac magisterskich, w tym 5 dotyczących osiedli, zamieszczono już we wcześniejszej publikacji.

Celem pracy jest określenie zakresu zróżnicowania warunków meteorologicznych i biometeorologicznych w mieście w zależności od charakteru zabudowy i zieleni w osiedlach mieszkaniowych oraz ich lokalizacji w Warszawie, ze szczególnym uwzględnieniem pory dnia i roku.

Modelowe próby rozwiązań tych problemów zostały przedstawione na przykładzie Warszawy – miasta nizinnego, położonego na Mazowszu (o współrzędnych: $\varphi = 52^\circ\text{N}$, $\lambda = 21^\circ\text{E}$, $H = 110\text{ m}$).

Badania Zakładu Klimatologii pod kątem wpływu różnego typu zabudowy i zieleni na klimat lokalny w Warszawie przeprowadzono w latach 1959-2007. Obiektami szczegółowych zainteresowań stały się osiedla mieszkaniowe położone w różnych dzielnicach miasta, w przybliżeniu na profilu północ-południe:

1. Białołęka Dworska – cechować się będzie dużym udziałem zieleni, przewagą zabudowy niskiej (do 4 pięter) i blokami wielokondygnacyjnymi.
2. Chomiczówka – z jednej strony zróżnicowana zabudowa, z przewagą wysokiej i luźnej, z drugiej strony zabudowa luźna, niska i średnio-wysoka, mały udział zieleni.
3. Sady Żoliborskie – przykład zabudowy kwaterowej (Sady I) i ulicowej (Sady IV) oraz zespół wysokich wieżowców (Sady II), w osiedlu i jego otoczeniu dużą część powierzchni zajmuje zieleń.
4. Stawki – położone na północnym skraju Śródmieścia, otoczonego terenami zielonymi o charakterze zabudowy blokowej, luźnej i wysokiej.
5. Szwoleżerów – tereny zbudowane stanowią 15,6% powierzchni, nie zabudowane 30,7%, tereny zieleni 57,3%, wzdłuż osiedla znajduje się zabudowa nie przekraczająca wysokości drzew, budynki 5-kondygnacyjne (sporadycznie 7-kondygnacyjne w południowo-zachodniej części osiedla).
6. Wyględów-Olimpijska – o luźnej zabudowie niskiej (jednorodzinnej) z dużym udziałem zieleni.

7. Służew nad Dolinką – położone na południowych peryferiach Warszawy o typie zabudowy blokowej, luźnej i wysokiej, położone na południowych peryferiach zabudowy.

8. Kabaty – zlokalizowane na południowym skraju Warszawy, o zabudowie zróżnicowanej, niskiej i średniowysokiej, z różnym udziałem zieleni.

9. Osiedle Przyjaźń – Jelonki – wieża strażacka położona na skraju osiedla Przyjaźń o zabudowie jednorodzinnej, z dużym udziałem zieleni.

10. Śródmieście – dotyczy zabudowy zwartej, średnio-wysokiej, z małym udziałem zieleni.

Sporo wyników badań dotyczy zabudowy zwartej w Śródmieściu, z małym udziałem zieleni ze szczególnym uwzględnieniem Śródmiejskiej Stacji Meteorologicznej Warszawa-Uniwersytet.

Uzyskane wyniki własnych dociekań odnoszono najczęściej do danych ze stacji synoptycznej Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej Warszawa-Okęcie, reprezentującej warunki pozamiejskie – od strony południowo-zachodniej. Zlokalizowana ona jest w strefie najmniejszego oddziaływania miasta na klimat przy przeważających wiatrach z sektora zachodniego. Już wcześniej udowodniono, że stacja ta jest dobrym punktem odniesienia w badaniach modelowych w środkowej Polsce, a nawet w Europie.

Zgodnie z przyjętym planem pracy, głównie zajęto się poszczególnymi osiedlami, przedstawiając najważniejsze wyniki badań prac magisterskich (udokumentowane licznymi tabelami i wykresami) oraz ich porównaniem z innymi osiedlami o podobnym lub odmiennym charakterze zabudowy. Wyniki badań odnoszono też do najbliższego otoczenia tj. do stacji zakładanych poza osiedlami.

Oryginalne wyniki badań przedstawiono również w kolejnych rozdziałach dotyczących zakresu zróżnicowania klimatu lokalnego na przykładzie wybranych miejsc względem bliższego (stacja poza osiedlem) i dalszego otoczenia (stacje: Warszawa-Okęcie, Warszawa-Uniwersytet). Do zagadnień typowo miejskich włączono wyniki badań z placów warszawskich i ulic o różnej ekspozycji względem Słońca i dominujących kierunków wiatru oraz placów zabaw dla dzieci.

W pracy uwzględniono również wyniki dotychczasowych badań pracowników Zakładu Klimatologii, dotyczące mikroklimatu osiedli mieszkaniowych oraz studia porównawcze.

Najwięcej prac dotyczyło projektowanego osiedla mieszkaniowego w Białolece Dworskiej, w ramach realizowanego programu rządowego PR-5 (*Kompleksowy rozwój budownictwa mieszkaniowego*) w zadaniu 02.02.03 6 – eksperyment *Białoleka Dworska* (1976-1979). Na podstawie badań specjalistycznych (geologicznych, hydrologicznych, klimatycznych, gleboznawczych, fito- i zoocenotycznych) dokonano oceny środowiska przyrodniczego przeznaczonego pod zabudowę. Ponadto przedstawiono prognozy urbanistyczne zmian środowiska, po wprowadzeniu zabudowy. Pozwoliło to zaprojektowanie optymalnych walorów środowiska przyrodniczego. Do postawienia prognoz zmian klimatu lokalnego w Białolece Dworskiej potrzebna była dotychczasowa wiedza pracowników Zakładu Klimatologii UW, zdobyta podczas prowadzenia badań klimatu Warszawy, zwłaszcza w pracach magisterskich.

Szczególne znaczenie miały badania specjalne w osiedlach mieszkaniowych o podobnym charakterze architektonicznym do projektowanego osiedla Białoleka Dworska (autorstwa architekt H. Skibniewskiej), tzn. w osiedlach Sady Żoliborskie i Szwoleżerów. Stanowiły one także podstawę do weryfikacji modelu opływu zabudowy przez wiatr, jaki wykonano w tunelu aerologicznym w Zakładzie Aerodynamiki Politechniki Warszawskiej. Na podstawie obserwacji lokalnych ruchów powietrza w osiedlach oraz modelowych fotograficznych obrazów przepływu powietrza można było opracować mapę pola wiatru przy różnych kierunkach adwekcji powietrza. Rozbieżności między empirycznymi wynikami i modelowymi były uwarunkowane zarówno mechanicznym jak też termicznym oddziaływaniem zabudowy i zieleni. Ujawniły się miejsca o zbyt silnym przewietrzaniu, których poprawę można było osiągnąć zmieniając układ projektowanej zabudowy i roślinne osłony przeciwwiatrowe. Natomiast niekorzystne miejsca zastoju powietrza, ze względu na możliwość gromadzenia się zanieczyszczeń powietrza, poprawiano zwiększając kontrastowość termiczną, wymuszając lokalną cyrkulację powietrza.

Ważne miejsce w badaniach eksperymentalnych klimatu Warszawy zajmują wynik badań dotyczące roli zieleni miejskiej w kształtowaniu klimatu lokalnego i jego kontrastów termicznych z zabudową. Badania pod tym kątem Zakład Klimatologii przeprowadził w latach 1971-1975 na specjalnie zakładanej sieci punktów pomiarowych jak i pomiarach marszrutowych. Była to praca zlecona Zakładowi Klimatologii przez Instytut Kształtowania Środowiska. Stanowiła ona fragment badań dotyczących wpływu zieleni na różne elementy środowiska miejskiego. Skrót wyników badań ukazał się w opracowaniu zespołowym p.t. *Wpływ zieleni na kształtowanie środowiska miejskiego* pod red. B. Szczepanowskiej (PWN, 1984). Autorzy: M. Kopacz-Lembowicz, U. Kosowska-Cezak, D. Martyn, K. Olszewski podkreślili znaczącą rolę zieleni w kształtowaniu niekorzystnych cech klimatu miejskiego, a ponadto praca ta zawiera cenne i praktyczne wskazówki dla urbanistów.

Wiedzę na temat zróżnicowania klimatu lokalnego w mieście ze szczególnym uwzględnieniem roli zabudowy i zieleni osiedlowej wykorzystano praktycznie w projektowanym osiedlu w Białolece Dworskiej (*Człowiek i Środowisko*, 1982)

Do spełnienia dwu podstawowych potrzeb mieszkańców osiedli w odniesieniu do warunków klimatycznych – czystości powietrza i korzystnych warunków odczuwalnych (zwłaszcza w ciepłej porze roku kiedy kontakt z zewnętrznymi warunkami atmosferycznymi jest szczególnie ścisły) wydaje się konieczne zwiększenie intensywności pionowej wymiany powietrza i umożliwienie swobodnego przepływu poziomego. Można to osiągnąć poprzez wskazywany powyżej, określony układ zabudowy i zieleni. Pierwszy z tych sposobów jest w pewnym stopniu ograniczony, dlatego też rola zieleni w tworzeniu optymalnych warunków klimatycznych dla przyszłych użytkowników osiedli nabiera szczególnego znaczenia. Uwzględniając rzeźbę terenu wydaje się słuszne wprowadzenie w projektowanym zespole osiedli takiego układu zieleni, który będzie spełniał przede wszystkim funkcję sterującą prądami powietrza, umożliwiając jego napływ z obszarów o czystym powietrzu, a więc generalnie od ciągu wydm ku dolince. Ponadto, zieleni będzie spełniać rolę elementu przestrzennego w układzie kontrastowych terenów termicznych, ożywiających pionową wymianę powietrza. Zaznaczy się również jej bezpośrednie oddziaływanie w okresie letnim jako producenta tlenu, będzie filtrem

dla różnego rodzaju zanieczyszczeń (szczególnie w przypadku zieleni towarzyszącej ciągom komunikacyjnym) oraz będzie wpływać na obniżenie poziomu hałasu.

Przy podejmowaniu zabiegów mających na celu złagodzenie niekorzystnych cech klimatu i podniesienie jego walorów bioklimatycznych zieleni osiedlowa będzie też spełniać doniosłą rolę w kształtowaniu warunków odczucia ciepła. W środowisku miejskim, w cieplej porze roku człowiek jest narażony najczęściej na warunki przegrzania, spowodowane łącznym działaniem wysokiej temperatury powietrza, intensywnym promieniowaniem słonecznym w miejscach niezacienionych, słabym ruchem powietrza oraz dodatkowym efektem – promieniowaniem ciepła z rozgrzanych ścian budynków. Odpowiedni układ zieleni osiedlowej, parków i wprowadzenie cieków wodnych może przyczynić się w znacznym stopniu do zmniejszenia niekorzystnych warunków odczuwalnych. Wskazane jest, aby zieleni wysoka nie tworzyła zwartych skupisk lecz była projektowana w luźnych grupach. Przepływ powietrza (odgrywający w tych sytuacjach doniosłą rolę ochładzającą) nie byłby wówczas hamowany oraz nie tworzyłyby się zastoiska wilgotnego powietrza, które w połączeniu z wysoką temperaturą, mogą stwarzać uciążliwe stany parności. Uwzględniając charakterystyczną dla Polski zmienność warunków pogodowych, w kompleksach zieleni powinny się znaleźć obszary zarówno o intensywnym ruchu powietrza, jak i zaciszne, zapewniające mieszkańcom osiedli korzystanie z wypoczynku na powietrzu w czasie chłodnych, wietrznych dni, kiedy wiatr powoduje nadmierne wychłodzenie organizmu. Wymienionymi zabiegami można w sposób bezpośredni lub pośredni oddziaływać pozytywnie na warunki klimatyczne w skali lokalnej. Inne niekorzystne cechy klimatu, będące wynikiem makroprocesów zachodzących w atmosferze, obecnie są jeszcze poza zasięgiem oddziaływania człowieka.

Możliwość przeprowadzenia badań warunków klimatycznych i innych cech środowiska, na terenie przeznaczonym pod zabudowę osiedli mieszkaniowych w Białoleśce Dworskiej, ma szczególne znaczenie z uwagi na fakt, że jest to teren prawie naturalny, w niewielkim stopniu przekształcony przez człowieka, na którym będą wprowadzone elementy sztuczne. Białoleśka Dworska stanowi więc niezwykle interesujący i rzadki przypadek poligonu badawczego, pozwalającego na śledzenie stopnia przekształcania środowiska w wyniku działalności człowieka. Przytoczone argumenty wskazują na niezbędność kontynuowania badań.

II. STAN BADAŃ KLIMATU WARSZAWY W PUBLIKACJACH I PRACACH MAGISTERSKICH ZAKŁADU KLIMATOLOGII UNIwersYTETU WARSZAWSKIEGO

Za wielką monografię klimatu Warszawy można uznać 150 prac magisterskich dotyczących poszczególnych elementów klimatu, z wyróżnieniem warunków termicznych.

Dotychczasowe wyniki badań przyczyniły się głównie do poznania cech charakterystycznych i osobliwych klimatu Warszawy i zróżnicowania klimatu lokalnego w obrębie miasta.

Te charakterystyczne cechy klimatu miasta (wyższa temperatura, większe sumy opadów atmosferycznych, mniejsza wilgotność powietrza i mniejsza prędkość wiatru) są ogólnie znane. Przejawiają się one w wyniku oddziaływania takich czynników jak sztuczne powierzchnie czynne, konfiguracja budynków i ulic zmieniająca zasoby ciepła, sztuczne źródła ciepła, zmiana bilansu wodnego, zanieczyszczenie powietrza.

Pomiary zróżnicowania elementów meteorologicznych w obrębie miasta w zależności od pory roku, pory dnia i sytuacji pogodowych umożliwiły zajęcie się takimi zagadnieniami jak:

- deformacja pól zmiennych meteorologicznych w skali całego miasta, ze szczególnym uwzględnieniem temperatury powietrza (wyspy ciepła);
- wpływ charakteru zabudowy i terenów zieleni na zróżnicowanie klimatu w skali lokalnej;
- określenie roli zieleni miejskiej w kształtowaniu warunków termiczno-wilgotnościowych.

Zwarta zabudowa w śródmieściu wyróżnia się większą stabilnością temperatury powietrza – dłuższym utrzymaniem większych jej wartości niż na peryferiach, co jest naturalną konsekwencją zanieczyszczenia utrudniającego swobodne wypromieniowanie ciepła z nagrzanej zabudowy śródmiejskiej.

Istotny wpływ na pionowy i poziomy ruch powietrza w mieście ma stratyfikacja atmosfery. Ponieważ centralna część miasta nagrzewa się silniej aniżeli tereny otaczające, w cieplej porze roku zwłaszcza w ciągu dnia słonecznego, nad miastem wytwarza się zwykle równowaga chwiejna. Sprzyja to rozwojowi prądów konwekcyjnych – turbulencji wynoszącej powietrze na większą wysokość, wywołuje tym samym proces naturalnego oczyszczania przygruntowej warstwy powietrza lub przynajmniej zapobiega dalszemu gromadzeniu się zanieczyszczeń.

Zróżnicowanie temperatury między centrum i peryferiami, nawet nocą w półroczu letnim, jest również korzystny ze względu na proces samooczyszczania się powietrza nad miastem. Na peryferiach – zwłaszcza przy słabych wiatrach i niebie pogodnym – często występują inwersje temperatury (równowaga stała atmosfery), powodujące stagnację chłodnego powietrza przy gruncie. Tymczasem owa śródmiejska wyspa ciepła, jeśli nie przyczynia się do powstawania równowagi chwiejnej i prądów wstępujących, to w każdym razie utrudnia stabilność uwarstwienia, podtrzymuje istnienie dyfuzji turbulencyjnej, która powoduje zmniejszenie się zawartości aerozoli w przyziemnej warstwie atmosfery.

Poznane prawidłowości odnośnie zróżnicowania warunków termicznych w mieście względem otoczenia potwierdza jedna z pierwszych prac magisterskich (Walczuk 1959). W ramach badań klimatu Warszawy ze szczególnym uwzględnieniem mikroklimatu placów przeprowadzono najpierw szczegółową analizę danych z dwóch stacji: Bielan i Okęcia z okresu 10 lat (1949-1958).

Na Bielanach temperatura średnia roczna jest o 0,3°C wyższa niż na Okęciu, latem różnice sięgają 0,4-0,6°C, zimą wyrównują się; więcej też na Bielanach jest dni upalnych i mroźnych, a mniej przymrozkowych, zachmurzenie o 2-8% wyższe, średnia roczna suma opadów jest o 27 mm wyższa, a liczba dni z opadem jednakowa; częściej są notowane wiatry SW i cisze, inne kierunki rzadziej.

Zestawiono również wyniki własnych obserwacji mikroklimatycznych, prowadzonych na trzech placach: Konstytucji, Trzech Krzyży i Unii Lubelskiej przy różnych typach pogody w okresie od listopada 1958 do czerwca 1959 roku.

Temperaturę średnią na placach warszawskich w styczniu i czerwcu w roku 1959 przedstawia tabela 1.

Tabela 1. Średnie wartości temperatury powietrza na placach warszawskich

Place	Styczeń	Czerwiec
Konstytucji	-1,3°C	19,9°C
Trzech Krzyży	-1,3°C	19,8°C
Unii Lubelskiej	-1,5°C	19,5°C

Na placach temperatura rano jest równa lub niższa niż na Okęciu, w południe – zimą i latem wyższa, wieczorem – zawsze wyższa. Zmiana temperatury (spadek lub wzrost) w śródmieściu następuje wolniej niż na peryferiach. Wpływ miasta na temperaturę jest wyraźniejszy latem niż zimą.

Deformację pól zmiennych meteorologicznych można badać nie tylko w skali całego miasta i wybranych jego dzielnic, lecz także w osiedlach mieszkaniowych, co ma istotne znaczenie np. przy planowaniu zieleni miejskiej (Stopa-Boryczka, Kopacz-Lembowicz, Boryczka 1986). Próbę rozwiązania tego problemu pokazano na przykładzie 3 osiedli mieszkaniowych Warszawy: o zabudowie wysokiej blokowej, luźnej (Stawki, Służew nad Dolinką) i niskiej willowej z dużym udziałem zieleni (w rejonie ulic Olimpijskiej i Raławickiej). Podstawą opracowania są prace magisterskie dotyczące poszczególnych osiedli (Leoniuk 1986; Żołnierowicz-Kasprzyk 1987; Grabowski, Waćlawska 1988 i inni).

W celu określenia cech termicznych mikroklimatu osiedli mieszkaniowych skorelowano dane z punktów pomiarowych zlokalizowanych w osiedlach i na ich peryferiach. Zależności te opisano wzorami empirycznymi (tab. 2).

Powietrze w osiedlach o zabudowie wysokiej, blokowej, takich jak Służew nad Dolinką czy Stawki, nagrzewa się z „intensywnością” o 0,2°C/°C mniejszą niż otoczenie, co oznacza, że przy wzroście temperatury otoczenia o 1°C osiedle ogrzewa się tylko 0,8°C i wtedy staje się chłodniejsze w stosunku do otoczenia.

Poranny proces nagrzewania powietrza w osiedlu o zabudowie niskiej, willowej, z dużym udziałem zieleni w rejonie ulicy Raławickiej i Olimpijskiej przebiega inaczej. Współczynniki regresji przyjmują wartości bliskie zeru.

Tabela 2. Równania prostych regresji różnic temperatury powietrza w Warszawie między osiedlami względem Okęcia (r – współczynnik korelacji)

Osiedle Stawki		r
rano	$\Delta T = 2,314 - 0,163 T$	-0,75
południe	$\Delta T = 0,277 - 0,045 T$	-0,15
wieczór	$\Delta T = 6,353 - 0,301 T$	-0,95
Osiedle Służew		r
rano	$\Delta T = 2,769 - 0,167 T$	-0,70
południe	$\Delta T = 3,509 - 0,160 T$	-0,45
wieczór	$\Delta T = 7,878 - 0,353 T$	-0,99
Osiedle przy ulicy Olimpijskiej		r
rano	$\Delta T = 0,619 - 0,038 T$	-0,62
południe	$\Delta T = 1,716 - 0,085 T$	-0,52
wieczór	$\Delta T = 2,747 - 0,130 T$	-0,81

Wpływ różnego typu zabudowy jeszcze silniej zaznacza się w procesie wieczornego wychładzania. Powietrze w kompleksie wysokich budynków osiedli Służew i Stawki wychładza się z „intensywnością” mniejszą o $0,4-0,3^{\circ}\text{C}/^{\circ}\text{C}$, a zatem spadkowi temperatury poza osiedlem o 1°C odpowiada spadek o $0,6-0,7^{\circ}\text{C}$ w osiedlu, które w wyniku tego staje się cieplejsze od otoczenia. W niskiej zabudowie osiedla przy ulicy Olimpijskiej wychładzanie przebiega bardziej intensywnie i spadkowi temperatury na zewnątrz osiedla o 1°C odpowiada $0,9^{\circ}\text{C}$ w osiedlu.

Proces wychładzania w osiedlach Stawki i Służew nad Dolinką przebiega ze średnią intensywnością równą $0,4^{\circ}\text{C}/\text{h}$, podczas gdy w osiedlu Olimpijska $0,1^{\circ}\text{C}/\text{h}$. Z rysunku można odczytać termin pojawiania się „osiedlowej wyspy ciepła”, tj. momentu pojawiania się dodatnich różnic temperatury powietrza. Na osiedlach Służew nad Dolinką i Stawki „wyspa ciepła” pojawia się później niż w luźno zabudowanym osiedlu domków jednorodzinnych z zielenią, lecz cechuje się mniejszą różnicą ΔT .

Z punktu widzenia zanieczyszczenia powietrza najbardziej niekorzystne są warunki równowagi stałej powietrza – inwersje termiczne, hamujące konwekcję, a więc pionowe turbulencyjne mieszanie powietrza. Według radiosondaży atmosfery, wykonywanych w Legionowie (okres 1954-1959), występuje przeciętnie w roku 265 dni z inwersją temperatury, w tym 156 dni z inwersją przyziemną i 109 z inwersją w swobodnej atmosferze, kiedy to temperatura wzrasta od pewnego poziomu ku górze (Nowosielski 1959). Liczba dni z inwersją zależy od pory roku (tab. 3)

Tabela 3. Inwersje temperatury powietrza w Legionowie

Inwersje	Wiosna	Lato	Jesień	Zima
Przyziemne	39,2	51,4	38,4	27,2
Wysokie	28,4	13,2	26,8	40,6

Częstość inwersji przyziemnych (pochodzenia radiacyjnego) jest największa w lecie, a inwersji wysokich (pochodzenia frontalnego) w zimie.

Inwersje przyziemne i wysokie występują przeważnie w masach powietrza kontynentalnego (PPk). Ponad 50% inwersji przyziemnych jest obserwowanych przy niebie pogodnym, a połowa wysokich – podczas nieba pochmurnego. Prawdopodobieństwo inwersji w ciągu nocy pogodnej jest bliskie 100%, a w dni o zachmurzeniu konwekcyjnym, zanikającym wieczorem lub przy chmurach wysokich, które nie hamują wypromieniowania – ponad 50%.

Należy podkreślić, że inwersjom temperatury towarzyszą zwykle małe prędkości wiatru lub cisza, przy których poziomy i pionowy turbulencyjny ruch powietrza jest niewielki. Sprzyjają one akumulacji pyłów i SO₂ w przyziemnej warstwie powietrza oraz tworzeniu się mgieł.

Grubość warstwy inwersyjnej – najczęściej 300-500 m, zimą – do 100 m. W swobodnej atmosferze do wysokości 1500 m obserwowano 75% wszystkich inwersji, powyżej 3000 m – 2%. Analiza materiału wyjściowego (radiosondaże) jest bardzo wnikliwa, brak jednak było kompleksowego ujęcia wyników.

Istotnym ogniwem w badaniach naukowych i kształcenia klimatologów w zakresie wiekowych zmian klimatu są również prace magisterskie. Stanowią one oryginalne opracowania cząstkowe na podstawie krótkich, jak też najdłuższych serii pomiarów. Przykładem takiej współpracy pracowników Zakładu ze studentami są liczne prace magisterskie dotyczące temperatury powietrza i opadów atmosferycznych w Warszawie i Krakowie (Dąbrowska 1984, Dębska 1985, Tomasiak 1990, Grzęda 1990, Klechta 1990, Michalska 1992, Olszewska 1999).

Za pierwszą część syntezy wyników badań studenckich w zakresie naturalnych i antropogenicznych zmian klimatu miasta można uznać publikację pt. *Klimat Wielkiej Warszawy w pracach magisterskich Zakładu Klimatologii w latach 1952-2007* wydanej z okazji XII Pikniku Naukowego Polskiego Radia BIS i Centrum Nauki Kopernik, który odbył się 14 czerwca 2008 r. w Warszawie.

Głównym problemem badawczym jest deformacja pól zmiennych klimatologicznych i bioklimatologicznych przez miasto w różnych skalach przestrzennych i czasowych na przykładzie odpowiednio dobranych 37 prac magisterskich, z ogólnej liczby 150. Oryginalną część tej pracy stanowią najważniejsze wyniki badań dotyczących 10 wyodrębnionych tematów:

- *Cechy klimatu miasta nizinnego na przykładzie Warszawy;*
- *Deformacja pól zmiennych meteorologicznych w Warszawie z wyodrębnieniem miejskiej wyspy ciepła;*
- *Rola zieleni miejskiej w kształtowaniu warunków termicznych i wilgotnościowych w Warszawie;*
- *Deformacja pola wiatru przez zabudowę w Warszawie;*

- *Zmienność przestrzenna i czasowa warunków odczuwalnych w Warszawie;*
- *Wpływ zabudowy na zróżnicowanie zachmurzenia w Warszawie;*
- *Zmienność czasowa i przestrzenna opadów atmosferycznych w Warszawie i okolicach;*
- *Cykliczność i tendencje zmian klimatu Warszawy;*
- *Wahania roczne i tendencje zmian zjawisk atmosferycznych;*
- *Stan aerosanitarny Warszawy.*

Wymienione problemy należą do najczęściej podejmowanych tematów w pracach dyplomowych w latach 1952-2007. Scharakteryzowano je odpowiednimi pracami, przedstawiając najważniejsze wyniki badań studenckich, udokumentowane głównie wykresami, mapami i tabelami. W rezultacie powstała nowoczesna monografia klimatu Warszawy. Integralną całość stanowi pełny wykaz prac magisterskich (150) dotyczących naturalnych i antropogenicznych zmian klimatu Warszawy. Wykaz prac licencjackich uzupełnia informacje o zainteresowaniach studentów specjalizacji o klimatologii urbanistycznej, zwłaszcza, że podjęty temat pracy licencjackiej bywa zwykle kontynuowany w ramach pracy magisterskiej.

Prezentowany XXII tom *Atlasu współzależności parametrów meteorologicznych i geograficznych w Polsce* z wyodrębnionym tytułem *Wpływ zabudowy i zieleni osiedlowej na zróżnicowanie klimatu lokalnego w Warszawie* stanowi drugą część syntezy badań studenckich w zakresie zmienności przestrzennej i czasowej klimatu lokalnego miasta na przykładzie kolejnych 30 prac magisterskich.

Celem pracy jest określenie zakresu zróżnicowania warunków meteorologicznych i biometeorologicznych w mieście w zależności od charakteru zabudowy i zieleni w osiedlach mieszkaniowych oraz ich lokalizacji w Warszawie, ze szczególnym uwzględnieniem pory dnia i roku.

Wpływ różnego typu zabudowy i zieleni osiedlowej na klimat lokalny określono na podstawie specyjalnej sieci punktów pomiarowych meteorologicznych przeprowadzonych w latach 1976-2007. Obiektami szczegółowych zainteresowań stały się osiedla mieszkaniowe: Białoleka Dworska, Chomiczówka, Sady Żoliborskie, Stawki, Szwoleżerów, Wyględów-Olimpijska, Służew nad Dolinką, Kabaty, Śródmieście, położone w różnych dzielnicach miasta, w przybliżeniu na profilu północ-południe (rys. 1).

Sporo wyników badań dotyczy zabudowy zwartej w Śródmieściu, z małym udziałem zieleni ze szczególnym uwzględnieniem Śródmiejskiej Stacji Meteorologicznej Warszawa-Uniwersytet.

Poznane cechy klimatu miasta na przykładzie Warszawy, zarówno te charakterystyczne jak i lokalne (choćby wpływ rzeźby) stanowiły tło do rozważań nad zróżnicowaniem klimatu lokalnego w obrębie miasta.

Badanie fragmentów miasta o różnorodnej zabudowie: zwartej, luźnej, mieszanej, niskiej i wysokiej, z różnym udziałem zieleni oraz różną infrastrukturą, a także usytuowanych w dzielnicach od śródmiejskiej po zewnętrzne, daje wiele praktycznych wyników dotyczących mechanizmu kształtowania się lokalnych warunków klimatycznych zachodzących w przyziemnej warstwie powietrza. Jednostkę badawczą stanowiło osiedle o różnym układzie zabudowy i wysokości zlokalizowane w różnych częściach Warszawy.

Badanie warunków termicznych, wilgotnościowych, anemologicznych, bioklimatycznych, a zwłaszcza tempa nagrzewania się w godzinach przedpołudniowych oraz wychładzania wieczornego i nocnego w osiedlach, dało obraz warunków mikroklimatycznych tychże

osiedli, a także pozwoliło wskazać na możliwości ewentualnej poprawy warunków różnymi zabiegami, w szczególności wprowadzeniem zieleni. Bowiem w układach zamkniętych, gdzie niedostateczne jest przewietrzanie, można zintensyfikować przepływ powietrza odpowiednim układem zieleni. Niekiedy zbyt duży udział zieleni (z biegiem lat) pogarsza warunki wiatrowe w osiedlu (czego przykładem może być osiedle Sady Żoliborskie z zabudową kwaterową).

Rola zieleni miejskiej jest dla mieszkańców obszarów zurbanizowanych bezcenna: poprawia (modyfikuje) warunki termiczne i wilgotnościowe tworząc „wyspy chłodu i wilgoci”, zwłaszcza latem, wpływa na mikrocyrkulację powietrza, podnosi estetykę, spełnia funkcję rekreacyjną i wypoczynkową.

Nie ulega wątpliwości, że w osiedlach największej modyfikacji ulegają warunki termiczne i anemologiczne, a więc także i bioklimatyczne.

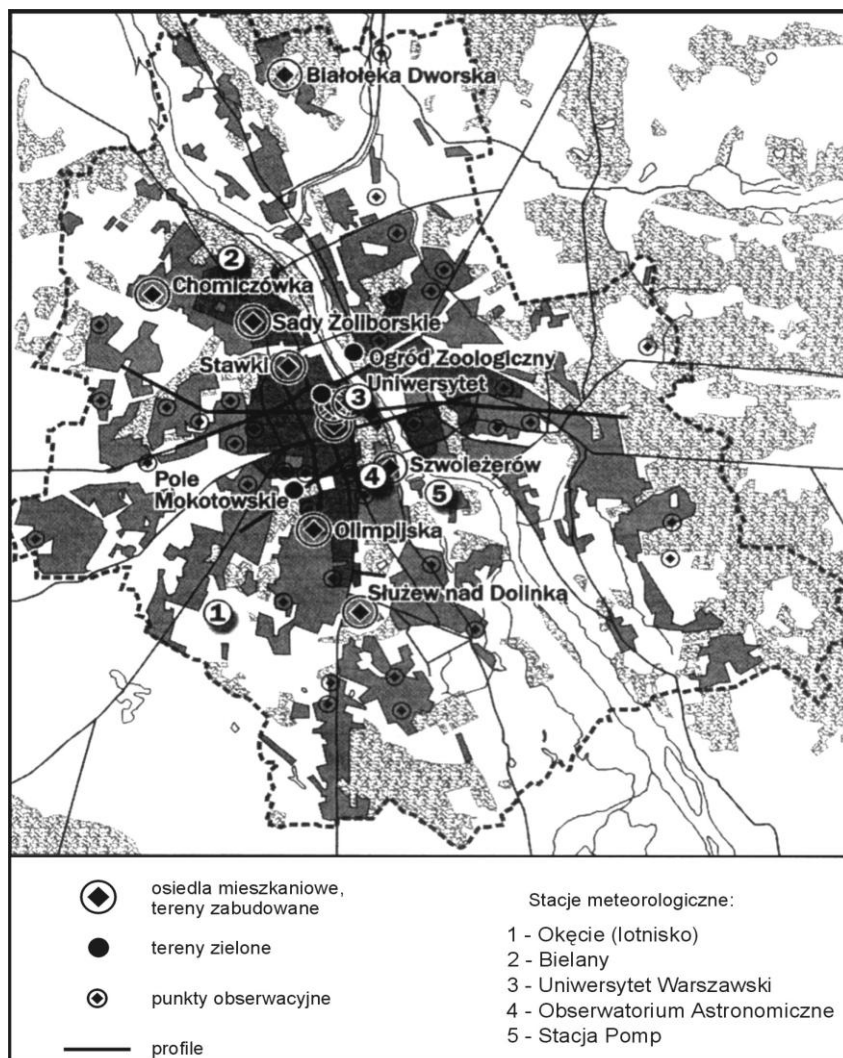
Rozpoznane warunki w osiedlu porównywano z warunkami zewnętrznymi. Okazało się, że kontrasty termiczne między badanym osiedlem a punktem poza nim były często duże, nawet kilkustopniowe, nie tylko wśród zwartej zabudowy śródmiejskiej, ale i w osiedlach zewnętrznych ze zwartą i dość wysoką zabudową (Kabaty, Chomiczówka). Zatem potwierdziła się prawidłowość, że miasto już na swoich obrzeżach znacznie wpływa na podwyższenie temperatury powietrza.

Cechy termiczne osiedla zmieniają się w cyklu dobowym (największe różnice występują w godzinach popołudniowych i wieczornych), oraz rocznym (szczególnie duże kontrasty termiczne występują w porze letniej). Na zróżnicowanie warunków termicznych zasadniczy wpływ mają warunki pogodowe. Szczególnie duże zróżnicowanie temperatury występuje podczas słonecznej, bezchmurnej pogody wyżowej.

Na temperaturę powietrza wewnątrz zabudowy wpływa ekspozycja, a także zacienienie poszczególnych części osiedla lub ulic, co powoduje często niższą temperaturę w układach zwartej zabudowy niż w otwartej przestrzeni poza osiedlem. Często bowiem na granicy obszaru zabudowanego i zieleni miejskiej lub terenem otwartym występuje istotny skok temperatury, co zdarza się to nie tylko w osiedlach zewnętrznych miasta, ale także w osiedlach położonych wewnątrz miasta.

Wyniki badań klimatu Warszawy wskazują, w jaki sposób miasto deformuje pola zmiennych meteorologicznych. Miarami wpływu powierzchni sztucznych (o małym albedo) i zabudowy na pole temperatury są różnice temperatury powietrza między miastem i otoczeniem (tzw. miejska wyspa ciepła) i różnice temperatury wewnątrz miasta. Istotne znaczenie poznawcze ma określenie tempa nagrzewania (w dzień) i ochładzania (w nocy) terenów zabudowanych oraz terminów pojawiania się i zanikania miejskiej wyspy ciepła, w zależności od stanu atmosfery. Ważne są również wartości progowe: temperatury powietrza, zachmurzenia i prędkości wiatru, przy których deformacja pola temperatury powietrza przez miasto jest największa.

Na podstawie prac magisterskich można też śledzić rozwój metod badań i opracowań klimatologicznych w Zakładzie Klimatologii w latach 1952-2007. Można stwierdzić duży postęp w zastosowaniach metod statystycznych (regresji wielokrotnej, badan okresowości, trendów czasowych itp.) i wykorzystania programów informatycznych w obliczeniach komputerowych. Szczególnie się to uwidacznia w częściach dokumentacyjnych prac – tabelach, wykresach, mapach.



Rysunek 1. Badania terenowe Zakładu Klimatologii Uniwersytetu Warszawskiego

III. CHARAKTERYSTYKA I OCENA WARUNKÓW KLIMATYCZNYCH BIAŁOŁĘKI DWORSKIEJ ORAZ OKREŚLENIE WPŁYWU ZABUDOWY NA ICH ZMIANY

Maria STOPA-BORYCZKA, Maria KOPACZ-LEMBOWICZ,
Andrzej GÓRKA, Ewa RYCYWOLSKA,
Jerzy BORYCZKA, Jolanta WAWER

Wstęp

Głównym celem pracy jest przedstawienie cech charakterystycznych klimatu lokalnego Białołęki Dworskiej oraz określenie wpływu zabudowy na ich zmiany.

Ogólną charakterystykę klimatu Białołęki Dworskiej, oparto na wynikach pomiarów, wykonanych na stacjach Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej w okresie 20 letnim 1951-1970. Jedną z nich odzwierciedla warunki typowo miejskie (Warszawa-Bielany), natomiast druga reprezentuje warunki pozamiejskie (Legionowo).

Szczególną uwagę poświęcono okresowi 3 letnich badań X.1976-IX.1979, w którym obok stałych stacji IMGW funkcjonowały posterunki meteorologiczne Zakładu Klimatologii Wydziału Geografii i Studiów Regionalnych Uniwersytetu Warszawskiego, założone specjalnie w celu określenia osobliwości klimatu lokalnego Białołęki Dworskiej.

Zagęszczona w okresie tych 5 lat sieć punktów pomiarowych (Dom Dziecka, wydma, sucha dolinka, taras madowy – rys. 1) umożliwiła uchwycenie przestrzennego zróżnicowania klimatu lokalnego na terenie projektowanego osiedla mieszkaniowego.

Ponadto w okresach letnich (1-26.VII 1977 r. i 26.VI - 13.VII 1978 r.) przeprowadzono specjalną serię pomiarów mikroklimatycznych na istniejącej sieci stacji na trzech punktach dodatkowych (kulminacja wydmy, polanka u jej podnóża oraz przy ul. Cytańdela na wrzosowisku). Uzyskane wyniki badań przyczyniły się do poznania dynamiki procesów atmosferycznych, zachodzących w przygruntowej warstwie powietrza. Były one także podstawą do określenia pionowego rozkładu temperatury powietrza, wilgotności, prędkości wiatru i warunków odczuwalnych.

Wnikliwie zbadano zróżnicowanie warunków termicznych i wilgotnościowych, wiatrowych i odczuwalnych w Białołęki Dworskiej i jej otoczeniu zależnie od pory roku, pory dnia, wysokości nad powierzchnią gruntu i wybranych sytuacji pogodowych (rys. 1-4, rys. 5a, 5b, 5c, tab. 1a, 1b, 1c).

Dokonano próby określenia wpływu zabudowy na zmianę warunków meteorologicznych w osiedlu „Białołęka Dworska” w oparciu o znany w literaturze naukowej ogólny mechanizm procesów fizycznych zachodzących przy powierzchni ziemi na terenach zabudowanych. W miarę możliwości uwzględniono wpływ konkretnych warunków terenowych Białołęki Dworskiej (rzeźba, jego pokrycie, przeważające kierunki wiatru, zróżnicowanie termiczne i wilgotnościowe, pionową stratyfikację temperatury, wilgotności i prędkości wiatru, rozkład i rodzaj zabudowy i terenów zielonych itp.) na pionową i poziomą wymianę ciepła, pary wodnej i zanieczyszczenia powietrza.

Cechy osobliwe klimatu Białoleki Dworskiej

Przed przystąpieniem do rozwiązania zasadniczego problemu dokonano oceny klimatu części Kotliny Warszawskiej – obszaru, na którym położona jest Białoleka Dworska, podkreślając jego cechy osobliwe w skali regionalnej

Ogólna charakterystyka klimatu okolicy Białoleki Dworskiej (okres 20 letni 1951-1970)

Białoleka Dworska należy do obszarów uprzywilejowanych względem warunków termicznych, co wynika z porównania stacji meteorologicznych Legionowo, Warszawa-Bielany z innymi – leżącymi na Nizinie Północnopodlaskiej czy też Południowopolskiej.

Średnie miesięczne wartości temperatury w styczniu (-3,6, -3,3°C) i lipcu (18,7, 18,9°C) oraz roczne (7,7, 8,0°C) są tu na ogół większe w porównaniu z północnymi i wschodnimi mezoregionami nie mniejsze niż w mezoregionach południowych i zachodnich. Świadczą o tym także średnie temperatury ekstremalne: styczeń – temperatura minimalna (-6,6, -6,0°C), lipiec – temperatura maksymalna (23,9, 23,8°C). Wyjątkowo duża jest liczba dni gorących (40, 39), natomiast mała liczba mroźnych (47, 49) i bardzo mroźnych (23, 19), długi okres bezprzymrozkowy na poziomie 2 m nad powierzchnią gruntu (174, 190) oraz stosunkowo długie lato (97, 100 dni).

Odpowiednio do warunków termicznych kształtują się warunki wilgotnościowe. Ogólnie biorąc występują tu, jeśli nie najniższe, to bardzo zaniżone wartości wilgotności powietrza w Polsce. Ciśnienie pary wodnej waha się od 4,5 hPa w styczniu do (14,9, 15,1 hPa) w lipcu, średnia roczna wynosi (9,0; 9,1 hPa). Wilgotność względna przyjmuje tu najmniejsze wartości 66% w czerwcu a największe (88, 87%) w grudniu, średnia roczna wynosi (78, 77%). Przeciwny do wilgotności względnej jest przebieg roczny niedosytu wilgotności powietrza, który zmienia się od 0,7 hPa w grudniu do (7,7, 7,9 hPa) – w czerwcu.

Pod względem zachmurzenia badany obszar nie wykazuje istotnych różnic w porównaniu z sąsiednimi, zwłaszcza w przypadku średnich rocznych (6,6, 6,9). W niektórych miesiącach zimowych wyróżniają się okolice Białoleki Dworskiej jako pogodniejsze co uwidacznia się w Legionowie w zmniejszonej liczbie dni pochmurnych (I, XI, XII).

Z kolei roczne sumy opadu są tu zdecydowanie niższe niż na terenach sąsiednich. Na przykład w Legionowie występują najniższe sumy opadu w Polsce – 483 mm (Warszawa-Bielany – 532 mm). Okresem najobfitszych opadów jest pora letnia, kiedy to miesięczne sumy opadów wahają się od 55-70 mm. W pozostałym okresie wynoszą one 20-40 mm. Jest to teren o stosunkowo małej liczbie dni z opadem małym – około 150. Dni o dużym natężeniu jest ok. 12. Ponadto wyróżnia się on dość dużą liczbą dni z burzami – około 20 w roku. Pokrywa śnieżna występuje tu zwykle później niż na terenach północnych i wschodnich, natomiast wcześniej w porównaniu z obszarami zachodnimi. Termin zaś jej zaniku jest prawie taki sam jak w mezoregionach wschodnich i północnych. Najwięcej dni z pokrywą śnieżną występuje w okresie właściwej zimy (styczeń, luty), średnio w roku jest ich 77.

Na obydwu rozpatrywanych stacjach, położonych w bliskim sąsiedztwie Białoleki Dworskiej, podobnie zresztą jak na innych stacjach meteorologicznych są notowane

najczęściej wiatry z sektora zachodniego (rys. 2). Częstość wiatrów zachodnich wynosi (19,3, 19,6%), a południowo-zachodnich (16,7, 16,3%). Najmniejsza zaś ich częstość przypada przeważnie na kierunek południowy (8,2, 7,3%) i północny (6,9, 5,1%). Wiatry z sektora zachodniego są szczególnie częste w okresie zimy, lata i jesieni (poniżej 20%). Częstość tych wiatrów jest znacznie mniejsza w okresie wiosny (marzec, kwiecień 15, 17%). Największą częstością występowania cisz wyróżnia się stacja Warszawa-Bielany (14,1%) w porównaniu z Legionowem (7,6%) co wynika z jej lokalizacji (szczyt płaskiej wydmy). Prędkość wiatru wykazuje także dużą zależność od lokalizacji stacji. Jest ona przez cały rok większa w Legionowie (od 3,1 m/s w sierpniu do 4,2 m/s w styczniu i lutym) aniżeli w Warszawie na Bielanych (od 2,3 m/s w sierpniu do 3,4 m/s w styczniu i lutym) co wiąże się z zabudową terenu.

Osobliwości klimatu lokalnego osiedla Białołęka Dworska (1976-1978)

W badanym 3-leciu 1976-1976 (Legionowo, Warszawa-Bielany) zimy były znacznie cieplejsze – zwłaszcza styczeń, a lata chłodniejsze – szczególnie sierpień, przeciętnie o 1-2°C w porównaniu z 20-leciem 1951-1970.

Z porównania innych elementów meteorologicznych wynika, że był to okres wilgotniejszy, bardziej chmurny, o wyższych sumach opadu atmosferycznego przeważnie latem oraz o większych prędkościach wiatru przede wszystkim zimą.

Trzyletnia seria obserwacji meteorologicznych prowadzonych w Białołęce Dworskiej w zestawieniu z analogicznymi pomiarami na stacjach sąsiednich (Legionowo, Warszawa-Bielany) umożliwiła ujawnienie specyficznych cech klimatu lokalnego terenu przeznaczonego pod zabudowę osiedla mieszkaniowego.

Do osobliwych cech klimatu Białołęki Dworskiej należą: wyższa temperatura maksymalna (o 0,2°C w zimie i 0,6-1,5°C latem) i niższa minimalna latem o -0,1 ÷ -0,7°C) niż w Legionowie, oraz wyższa temperatura minimalna (o 0,6°C w zimie i 0,7-1,5°C latem i niższa maksymalna latem (o 0,6-1,4°C) w porównaniu z Warszawą. Prawidłowości te wynikają również z odczytów temperatury powietrza w terminie południowym i wieczornym.

Wartości parametrów wilgotności powietrza wskazują, że teren Białołęki Dworskiej wyróżnia się jako wilgotniejszy zwłaszcza w okresie letnim. Różnice prężności pary wodnej między Białołęką i sąsiednimi stacjami osiągają największe wartości w godzinach południowych i wieczornych zmieniając się od 1,0 do 2,0 hPa. Prawidłowość tę można także stwierdzić na podstawie pozostałych parametrów wilgotności tj. wilgotności względnej i niedosytu wilgotności powietrza.

Najistotniejszą cechą osobliwą klimatu Białołęki Dworskiej ze względu na potrzeby budownictwa jest rozkład kierunku i prędkości wiatru. Dominują tu wiatry zachodnie (16,8%) a w Legionowie i na Bielanych południowo-zachodnie (19,0, 17,4%), Białołęka Dworska wyróżnia się także znacznie większą częstością małych, prędkości wiatru i cisz, których jest przeciętnie o 20-30% więcej niż na pozostałych stacjach. Maksymalne różnice częstości cisz występują wieczorem (54% – Białołęka Dworska, 35% – Warszawa-Bielany, 10% – Legionowo). Zaznacza się to także w średnich prędkościach wiatru, które niezależnie od pory roku i pory dnia są najmniejsze w Białołęce Dworskiej, a największe w Legionowie. Przeciętne różnice prędkości wiatru względem

Białołęki Dworskiej wynoszą 1,0-2,5 m/s. Należy zaznaczyć, że pomiary kierunku i prędkości wiatru wykonano na poziomie 2 m nad powierzchnią gruntu. Ponieważ na stacjach Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej wiatromierze znajdują się na wysokości 10 m w Legionowie i 16 m – na stacji Warszawa-Bielany, porównanie wyników ze wspólnego okresu badań 1976-1978 dokonano redukując prędkości wiatru na wymienionych stacjach do poziomu 2 m nad powierzchnią gruntu, stosując skalę N.A. Korosteleva.

Ujawnione cechy termiczne, wilgotnościowe i wiatrowe Białołęki Dworskiej zależą nie tylko od pory roku i pory dnia, ale także od warunków pogodowych. Jeszcze większe kontrasty termiczne, wilgotnościowe i wiatrowe istnieją podczas pogody słonecznej, natomiast przy pogodzie pochmurnej są one na ogół mniejsze.

Białołęka Dworska wyróżnia się na tle sąsiednich terenów także warunkami odczucia ciepła przez organizm ludzki, określonymi temperaturą efektywną, która jest miarą łącznego oddziaływania na organizm ludzki temperatury powietrza, prędkości wiatru i wilgotności.

Średnie roczne wartości temperatury efektywnej (TE) (1,7° Białołęka, 2,0° Warszawa-Bielany, 0,0° Legionowo) wskazują, że Białołęka Dworska jest nieco chłodniejsza pod względem warunków odczuwalnych od Bielan, a znacznie cieplejsza od Legionowa. Z rocznego przebiegu różnic wartości TE pomiędzy Białołęką, a pozostałymi stacjami wynika, że Legionowo w ciągu całego roku i we wszystkich terminach jest chłodniejsze pod względem odczuć cieplnych od Białołęki. Warszawa - Bielany zaś charakteryzuje się wyższą temperaturą efektywną głównie w chłodnej porze roku, a w godzinach wieczornych jedynie w miesiącach wiosennych.

Różnice temperatury efektywnej zmieniają się zależnie od pory dnia. Stosunkowo małe jej zróżnicowania (średnio do 2°TE) występujące w godzinach południowych, wzrastają znacznie wieczorem, przekraczając wówczas 4°TE. Te właściwości przestrzennego zróżnicowania są niezależne od charakteru pogody.

Aby ocenić, czy taki rozkład TE oznacza bardziej lub mniej korzystne warunki odczucia ciepła w Białołęce Dworskiej w porównaniu z sąsiednimi stacjami, należy uwzględnić różnice częstości warunków komfortu i dyskomfortu termicznego z powodu przegrzania lub przechłodzenia.

Niekorzystną cechą warunków odczuwalnych Białołęki Dworskiej jest w ciepłej porze roku większa szczególnie wieczorem (o 30% w porównaniu z Bielanami i o ok. 40% w stosunku do Legionowa) częstość warunków przegrzania (gorąca i ciepła). Do korzystnych cech zaliczyć natomiast należy zmniejszony udział warunków przechłodzenia organizmu (zimna i chłodu) w chłodnej porze roku. Wynika stąd, że Białołęka Dworska w ciepłej porze roku posiada mniej komfortowych warunków odczuwalnych, szczególnie w godzinach południowych i wieczornych niż pozostałe stacje. Przyczyną tego są mniejsze prędkości wiatru i duża liczba cisz, które utrudniają prawidłową wymianę ciepła między organizmem ludzkim, a otaczającym powietrzem. Z tego samego powodu warunki odczuwalne w chłodnej porze roku są tu bardziej łagodne niż w Legionowie i na Bielanach.

Przestrzenne zróżnicowanie parametrów meteorologicznych na obszarze projektowanego osiedla mieszkaniowego

Zagadnienie zmian dobowych temperatury, wilgotności i temperatury efektywnej oraz ich przestrzenne zróżnicowanie zbadano na podstawie średnich wartości temperatury i wilgotności względnej powietrza z 4 posterunków meteorologicznych położonych na terenie projektowanego osiedla mieszkaniowego.

Punkty pomiarowe zostały tak zlokalizowane, że reprezentują one tereny otwartego tarasu madowego (stacja Płudy), obszary tarasu wydowego porośniętego roślinnością w suchej dolinie (Dolina), tereny zabudowane o podłożu piaszczystym (Dom Dziecka), zwymione siedlisko północnej części projektowanego osiedla (las). Wyznaczono dobowe przebiegi różnicy temperatury Δt i wilgotności powietrza Δf między tymi punktami i „Domem Dziecka”, leżącym w centralnej części badanego obszaru – potraktowanym jako punkt odniesienia.

W chłodnej porze roku podczas pogody pochmurnej zróżnicowanie przestrzenne temperatury powietrza jest niewielkie i wynosi $\pm 0,4^{\circ}\text{C}$. Taras madowy przez większą część doby (prócz godzin około południowych) jest cieplejszy od otoczenia Domu Dziecka. Istotny wpływ mają tutaj właściwości fizyczne podłoża, odznaczające się większą bezwładnością termiczną terenów obniżenia. W ciągu dnia piaszczyste podłoże zabudowanego otoczenia Domu Dziecka nagrzewa się jednak bardziej, powodując zmianę znaku różnic Δt . Brak zwartej pokrywy roślinnej w otoczeniu Domu Dziecka sprawia, że wilgotność względna jest tu w godz. 7-16 niższa o 2-5%, w porównaniu z suchą doliną – pokrytą roślinnością. Brak takiego pokrycia terenu na płaskim tarasie madowym sprawia, że różnice Δf między Płudami i Domem Dziecka są w tych warunkach bardzo małe (około 1%).

Podczas pogody słonecznej zróżnicowanie przestrzenne temperatury powietrza jest największe ze względu na nagrzewanie powierzchni czynnej w ciągu dnia. W godzinach południowych różnice temperatury powietrza osiągają $-1,3^{\circ}\text{C}$, a więc okolice Domu Dziecka są cieplejsze. Od godz. 16 na niżej leżących terenach płaskich temperatura powietrza jest wyższa od notowanej w okolicach Domu Dziecka o ok. $0,5-1,0^{\circ}\text{C}$. W godzinach od 23 do 6 są one nieznacznie chłodniejsze, w wyniku grawitacyjnego spływu chłodnego powietrza z sąsiednich wydm pasa północno-wschodniego (różnice temperatury między Płudami i Domem Dziecka wynoszą ok. $-0,3^{\circ}\text{C}$). Wtedy różnice wilgotności względnej są także większe, a zabudowane tereny piaszczyste są o 10-12% suchsze od tarasu madowego. W nocy różnice te malują do 1-3%.

Zróżnicowanie mikroklimatyczne najwyraźniej zaznacza się w czasie pogody insolacyjno-radiacyjnej w ciepłej porze roku. W nocy obszary wydowe są najchłodniejsze – różnice Δt osiągają wartość $-2,4^{\circ}\text{C}$. Taras madowy zaś jest chłodniejszy od otoczenia Domu Dziecka o ok. $0,5-0,9^{\circ}\text{C}$, a dolina zaledwie o $0,2^{\circ}\text{C}$. Wpływ właściwości cieplnych podłoża powoduje, że w godzinach porannych tereny te są nieco cieplejsze niż przy Domu Dziecka (o $0,2-0,5^{\circ}\text{C}$), a w ciągu dnia chłodniejsze o $0,5-1,0^{\circ}\text{C}$ (zwłaszcza sucha dolina, gdzie dodatkowo oddziałuje zwarta roślinność). W ciągu całej doby wilgotność względna powietrza jest w dolince i na porośniętych zwartą roślinnością obszarach wydowych wyższa od notowanej przy Domu Dziecka w nocy o 1-2%, a w dzień – o około 7%. W słabo przewietrzanych obszarach leśnych na wydmach w godzinach porannych powietrze jest bardzo wilgotne – świadczą o tym duże różnice wilgotności względnej, malejące w ciągu dnia.

Wykryte prawidłowości zbadano szczegółowo, przeprowadzając dwie serie specjalnych pomiarów meteorologicznych – w lipcu 1977 i 1978 – na zagęszczonej sieci obserwacyjnej (dodatkowo założono stacje mikroklimatyczne na kulminacji wydm pasa północno-wschodniego, u jego podnóża na polanie i przy ul. Cytadela). W godzinach nocnych najchłodniejsze są wydmy tereny piaszczyste oraz obszary leżące na osi spływu chłodnego powietrza u podnóża północno-wschodniego pasa wydmowego (o około 1,2°C). Ciepłejsze (o ok. 0,5°C) są tereny obniżenia między wydmami cechujące się większą pojemnością cieplną podłoża, co warunkuje też względnie niższe temperatury powietrza w godzinach popołudniowych. Otoczenie Domu Dziecka wyróżnia się najwyższą temperaturą powietrza w godzinach popołudniowych i nocnych, która uwarunkowana jest wieczorną i nocną emisją promieniowania cieplnego nagranych w dzień powierzchni budynków. Uwidacznia się to przede wszystkim w średnich wartościach temperatur ekstremalnych. Temperatura maksymalna jest w północno-wschodniej części terenu wyższa o ok. 1°C niż w obniżeniu między wydmami. Temperatura minimalna zaś jest niższa na płaskich terenach u podnóża pasa wydmowego (o około 2°C niższa niż w obniżeniu między wydmami) (tab. 1).

Tabela 1. Średnie dobowe ekstrema i amplitudy temperatury powietrza w różnych punktach obserwacyjnych w lipcu 1977

	Wydma	Polana	Dom Dziecka	Las	Dolina	Płudy
Maksimum	22,1	21,5	21,7	21,5	20,5	21,1
Minimum	11,3	10,9	11,8	10,0	11,7	11,8
Amplituda	10,8	10,6	9,9	11,5	8,8	9,3

Obszar Białoleki Dworskiej cechuje się więc znacznym zróżnicowaniem pod względem termiczno-wilgotnościowym. Tereny o podłożu piaszczystym są ciepłejsze w ciągu dnia (do 1,5°C), a nocą (do około 2°C) oraz dniem suchsze (do 12%) niż obniżenie międzywydmowe, cechujące się większą pojemnością cieplną gruntu.

To zróżnicowanie temperatury i wilgotności powietrza jest największe w ciepłej porze roku.

Zróżnicowanie temperatury, prędkości wiatru oraz wilgotności powietrza na badanym obszarze warunkuje rozkład przestrzenny wskaźników bioklimatycznych, charakteryzujących odczucie ciepła przez organizm ludzki w ich łącznym działaniu. Średnie wartości temperatury efektywnej, ekwiwalentnej jak i ochłodzenia katatermometrycznego wskazują, że obszar obniżenia między wydmami, reprezentowany przez posterunki obserwacyjne: Płudy i Dolina jest w ciągu całego dnia znacznie chłodniejszy od terenów o podłożu piaszczystym w północno-wschodniej części badanego terenu (różnice temperatury efektywnej przekraczają 3°). Oznacza to, że w ciepłych, letnich dniach niekorzystne warunki przegrzania są na obszarze wydmowym przeciętnie o 30-40% częściej odczuwane niż na płaskim terenie obniżenia między wydmami. Jest to wynikiem zwiększonego, w porównaniu z zalesionym obszarem wydmowym, poziomego ruchu powietrza, zapewniającego odpowiednią wymianę ciepła między organizmem ludzkim a atmosferą. Różnice temperatury powietrza a szczególnie jego wilgotności, w mniejszym stopniu wpływają na zróżnicowanie warunków odczuwalnych.

Pionowe gradienty temperatury, wilgotności, prędkości wiatru i temperatury efektywnej w przygruntowej warstwie powietrza

Pionowa wymiana powietrza w przygruntowej jego warstwie zależy między innymi od pionowego profilu temperatury powietrza nad powierzchnią gruntu. W godzinach około południowych w warstwie 25-150 cm różnice temperatury są największe i wynoszą $-0,9 \div -0,7^{\circ}\text{C}$. Wieczorem maleje nagrzanie powierzchni czynnej i około godziny 18-19 na całym obszarze pojawia się stratyfikacja inwersyjna o największych gradientach ($\Delta t/\Delta z$) / Δz różnica poziomów) u podnóża pasa wydmowego i na tarasie wydmowym. O godz. 19 różnice temperatury powietrza Δt wynoszą $0,6^{\circ}\text{C}$. Tereny piaszczyste w ciągu dnia nagrzewają się bardziej, a wieczorem i w nocy wychładzają się radiacyjnie w większym stopniu niż taras madowy na który grawitacyjnie spływa chłodne powietrze (w obniżeniu między wydmami).

W terenach zabudowanych, stała stratyfikacja powietrza tworzy się dopiero o godzinie 20 ze względu na dalszą emisję promieniowania cieplnego budynków, nawierzchni dróg itp.

Oprócz właściwości termicznych podłoża na pionową stratyfikację temperatury powietrza ma wpływ także przewietrzanie terenu. Tam, gdzie średnie prędkości wiatru nie przekraczają 1,2 m/s (północna część terenu) związek pionowych gradientów temperatury powietrza w warstwie 0,25-1,5 m (różnic Δt) nad powierzchnię gruntu z prędkością wiatru (v) jest duży. Bardziej przewietrzane obniżenie między wydmami nie wykazuje już tej zależności (tab. 2).

Tabela 2. Zależność różnic temperatury powietrza Δt między poziomami 0,25-1,5 m od prędkości wiatru v

Nr	Punkty obserwacyjne	Równania prostych regresji	Współczynnik korelacji
1	Wydma	$\Delta t = 1,21 v - 0,65$	0,97
2	Polana	$\Delta t = 1,26 v - 0,06$	0,84
3	ul. Cytadela	$\Delta t = 1,54 v - 0,68$	0,86
4	Dom Dziecka	$\Delta t = 0,40 v - 0,03$	0,90
5	Las	$\Delta t = 0,77 v - 0,22$	0,74
6	Dolina	$\Delta t = 0,54 v - 0,53$	0,61
7	Pludy	$\Delta t = 0,19 v - 0,05$	0,49

Pionowe zróżnicowanie wilgotności względnej powietrza jest niewielkie – jej różnice w analizowanej warstwie powietrza wynoszą zaledwie 2%.

O intensywności wymiany powietrza w przyziemnej warstwie atmosfery świadczy pionowe zróżnicowanie prędkości wiatru. Zależy ono przede wszystkim od rodzaju pokrycia terenu i warunków równowagi powietrza.

Na obszarze objętym badaniami wszędzie stwierdzono wzrost prędkości wiatru z wysokością w warstwie powietrza 0,25-1,5 m nad powierzchnię gruntu. Pionowe zmiany prędkości wiatru są jednak większe na terenie otwartym niż na pokrytym wysoką roślinnością. W obniżeniu między wydmami różnice prędkości przepływu powietrza przy powierzchni gruntu (0,25 m) i na wysokości 1,5 m wynoszą przeciętnie 0,7 m/s. Są one większe przy większych prędkościach wiatru, kiedy to przekraczają 1,3 m/s. Na

zalesionych wydmach i u ich podnóża, gdzie istnieje mniejsza pozioma wymiana powietrza w porównaniu z terenem otwartym, pionowe różnice prędkości wiatru są niewielkie – nie przekraczają 0,1 m/s.

Pionowe zmiany prędkości wiatru i temperatury powietrza przy powierzchni ziemi warunkują zróżnicowanie warunków odczuwalnych między poziomami 0,25 i 1,5 m (zagadnienie istotne przy ocenie warunków odczuwalnych w miejscach zabaw dzieci).

Temperatura efektywna na wysokości 0,25 m osiąga zawsze wyższe wartości, przy czym w terenie otwartym jest ona nawet o 3^oTE wyższa niż na wysokości 1,5 m. Na zalesionych wydmach (wśród zieleni) pionowe jej różnice nie przekraczają 1^oTE.

Pionowe gradienty temperatury powietrza, wilgotności i prędkości wiatru różnią się nieco od gradientów hipsometrycznych określanych równaniami hiperpłaszczyzn regresji. Na przykład pole temperatury powietrza na obszarze Białoleki Dworskiej w okresie letnim (1977) można aproksymować wzorami empirycznymi:

$$\begin{array}{ll} 6^h & t = -0,8734 x + 0,0388 y + 0,032 z + 11,632 \\ 14^h & t = 1,1408 x + 0,1098 y + 0,0310 z + 22,530 \\ 21^h & t = -3,2597 x + 0,1705 y + 0,1705 z + 1,5979 \end{array}$$

gdzie: x , y – odległości od Domu Dziecka w kierunkach wschodnim i północnym, wyrażone w km, z – wysokość nad poziomem morza (w metrach).

Z równań tych wynika, że gradient hipsometryczny $\partial t/\partial z$ zmienia znak w ciągu dnia. Dodatkowo jego wartości wskazują, że w godzinach 6 i 21 występuje inwersja temperatury powietrza na obszarze Białoleki Dworskiej, która najbardziej uwidacznia się wieczorem ($\partial t/\partial z = 1,7^{\circ}\text{C}/10\text{ m}$).

Znając gradient hipsometryczny $\partial t/\partial z$ i gradienty poziome $\partial t/\partial x$, $\partial t/\partial y$ można wyznaczyć wartości temperatury powietrza t w dowolnym miejscu (x , y , z) Białoleki Dworskiej.

Wpływ podłoża na zróżnicowanie parametrów meteorologicznych

Na badanym obszarze istnieje zróżnicowanie klimatu lokalnego, wywołane czynnikami tego typu jak: rzeźba terenu, ekspozycja, charakter gleby i szata roślinna. Wnikliwa analiza przestrzennego rozkładu temperatury powietrza, wilgotności, prędkości wiatru itp. w zależności od zróżnicowania tych czynników umożliwia wydzielenie dwóch obszarów o specyficznych cechach klimatu lokalnego. Są to:

- północno-wschodnie obszary wydmowe,
- obszar obniżenia między wydmami.

Obszar północno-wschodni wyznacza ciąg wydmowy o wysokości około 14 m nad poziomem płaskich terenów obniżenia między wydmami. Przy przeważającej ekspozycji południowej i zachodniej, stoki wydmowe nachylone są pod kątem 5-8^o. W porównaniu z promieniowaniem słonecznym padającym na powierzchnię płaską (nachylenie 0-2^o) – przyjętym jako 100% – zbocza południowe cechują się większymi sumami rocznymi promieniowania. W przypadku nachylenia 2-7^o wynoszą one 106,0-107,6%, a przy spadku 7-12^o – 101,4-115,3%. Istotne znaczenie mają tu także gleby piaszczyste –

ograniczające od południa ten obszar, które charakteryzują się małą pojemnością cieplną. Wpływ tych czynników sprawia, że obszar ten jest cieplejszy w ciągu dnia o około $1,5^{\circ}\text{C}$, a chłodniejszy w nocy o $2,0^{\circ}\text{C}$ od obniżenia między wydmami. Wilgotność względna powietrza jest w dzień niższa o 10-12% niż na płaskich terenach tarasu madowego. Tereny wydymowe porośnięte zwartą roślinnością wysoką, która powoduje ich słabe przewietrzanie. Tereny te wyróżniają się w cieplej porze roku znaczną częstością niekorzystnych warunków odczuwalnych, spowodowanych zbyt małą zdolnością chłodzącą powietrza. Najbardziej niekorzystne warunki odczuwalne występują w godzinach popołudniowych. W okresie jesienno-zimowym tereny te wyróżniają się natomiast najkorzystniejszymi warunkami odczuwalnymi. Zmniejszenie prędkości wiatru, będące wynikiem zalesienia terenu, odgrywa wówczas pozytywną rolę w kształtowaniu odczuć ciepłych.

Obniżenie między wydmami jest obszarem płaskim i w przeważającej części nie pokrytym zwartą roślinnością wysoką. Jego cechy termiczne i wilgotnościowe zależą przede wszystkim od dużej pojemności cieplnej występujących tu gleb brunatnoziemnych i pobagiennych. Jest to obszar chłodniejszy i wilgotniejszy w ciągu dnia niż tereny wydymowe, szczególnie wzdłuż suchej doliny, gdzie występuje zwarta roślinność wysoka; jest też lepiej przewietrzany: mierzone średnie prędkości wiatru są wyższe o około $0,5\text{ m/s}$. W godzinach wieczornych i nocnych gromadzi się tu chłodne powietrze spływające grawitacyjnie z terenów wydm północno-wschodnich, wyraża się między innymi zwiększoną częstością odczucia „chłodu”. Proces grawitacyjnego spływu chłodnego powietrza powoduje powstawanie mgieł przyziemnych w najniższej położonych częściach obniżenia.

Prognoza zmian klimatu lokalnego Białołąki Dworskiej po wprowadzeniu zabudowy

Przestrzenny rozkład temperatury powietrza

Osiedle mieszkaniowe – ściany domów, dachy, jezdnia, chodniki itp., stanowiące powierzchnię czynną, absorbującą promieniowanie słoneczne akumulować będą znacznie większe ilości energii cieplnej, aniżeli teren nie pokryty zabudową. Następnie nocą będą one emitować pochłonięte ciepło, powodując podwyższenie temperatury minimalnej powietrza w najbliższym otoczeniu. Przeciętna różnica między temperaturą powietrza w centrum osiedla i na jego peryferiach może osiągać wartość $0,5-1^{\circ}\text{C}$ zależnie od pory roku. Zróżnicowanie średniej dobowej temperatury powietrza będzie mniejsze w zimie ($0,1-0,2^{\circ}\text{C}$) niż w lecie ($0,6-0,8^{\circ}\text{C}$). W lecie, centrum osiedla będzie cieplejsze od otoczenia średnio o około 1°C .

Uwidoczni się to głównie w przestrzennym rozkładzie temperatury minimalnej powietrza, której różnice przekraczać mogą niekiedy – przy bezchmurnym niebie i małych prędkościach wiatru w lecie kilka stopni. Średnie miesięczne i roczne różnice będą rzędu $0,5-1,0^{\circ}\text{C}$. Temperatura maksymalna powietrza zaś będzie wyższa o $0,1-0,5^{\circ}\text{C}$. Przewiduje się, że w centrum osiedla będzie mniej o 5-10 dni przymrozkowych i o 3-5 dni mroźnych niż poza zabudową.

Pionowa stratyfikacja temperatury powietrza (inwersje przyziemne i w swobodnej atmosferze)

Istotny wpływ na pionowy i poziomy ruch powietrza w osiedlu ma stratyfikacja atmosfery. Najbardziej niekorzystne są warunki równowagi stałej powietrza – inwersje termiczne, hamujące konwekcję, a więc pionowe turbulencyjne mieszanie powietrza.

W rejonie Białolęki Dworskiej występują dość często inwersje przyziemne. Według radiosondaży atmosfery, wykonanych w Legionowie (okres 1954-1959) występuje przeciętnie w roku 265 dni z inwersją temperatury, w tym 156 – inwersji przyziemnych i 109 w swobodnej atmosferze, kiedy to temperatura wzrasta od pewnego poziomu ku górze. Liczba przypadków inwersji zależy od pory roku:

Inwersje	Wiosna	Lato	Jesień	Zima
Przyziemne	39,2	51,2	38,4	27,2
Wysokie	28,4	13,2	26,8	40,6

Częstość inwersji przyziemnych – pochodzenia radiacyjnego jest największa w lecie, a inwersji wysokich – pochodzenia frontalnego w zimie.

Inwersje przyziemne i wysokie występują przeważnie w masach powietrza kontynentalnego (PPK). Ponad 50 inwersji przyziemnych jest obserwowana przy niebie pogodnym, a połowa wysokich – podczas nieba pochmurnego. Prawdopodobieństwo inwersji w ciągu nocy pogodnej jest bliskie 100%, a w dni o zachmurzeniu konwekcyjnym, zanikającym wieczorem lub przy chmurach wysokich, które nie hamują wypromieniowania – ponad 50%.

Należy podkreślić, że inwersjom temperatury towarzyszą zwykle małe prędkości wiatru lub cisze, przy których poziomy i pionowy turbulencyjny ruch powietrza jest niewielki. Sprzyjają one akumulacji pyłów i SO_2 w przyziemnej warstwie powietrza oraz tworzeniu się mgieł. Na przykład dwutlenek siarki łącząc się z kropelkami wody (mgły) tworzy kwas siarkawy H_2SO_3 , który w tkankach roślin przechodzi w kwas siarkowy H_2SO_4 .

Nad gruntem, przy małych prędkościach wiatru i pogodnym niebie występują prawie zawsze w nocy przyziemne inwersje temperatury (stratyfikacja radiacyjna). Wprowadzenie zabudowy zmniejszy nieco częstość występowania inwersji przyziemnych, ze względu na jej oddziaływanie termiczne i mechaniczne. „Wyspa ciepła” nad osiedlem utrudni w nocy powstawanie równowagi stałej powietrza. Wymuszony przez przeszkodę (zabudowę) turbulencyjny ruch powietrza zawsze przeciwdziałający nocnemu uwarstwieniu atmosfery ograniczy tworzenie się inwersji przyziemnych.

Osiedle – nagrzewające się w ciągu dnia bardziej niż tereny sąsiednie – spowoduje wzmocnienie konwekcyjnego i turbulencyjnego ruchu powietrza, warunkującego naturalne oczyszczanie atmosfery z pyłów i dymów. Sprzyjać ono będzie powstawaniu równowagi chwiejnej powietrza – prądów wstępujących, powodujących zmniejszenie zawartości aerosoli w przyziemnej warstwie powietrza.

Przestrzenny rozkład wilgotności powietrza

Zawartość pary wodnej w przyziemnej warstwie atmosfery zależy przede wszystkim od wilgotności podłoża – od rodzaju powierzchni parującej. Szybki odpływ wód opadowych do sieci kanalizacyjnej osiedla, duże powierzchnie zabudowy, asfaltu, chodników przyczynia się do zmniejszenia parowania w stosunku do otaczających terenów pokrytych roślinnością lub z odkrytym wilgotnym gruntem. Wilgotność powietrza zależy także od transpiracji roślin, których w osiedlu będzie mniej niż poza obszarem zabudowanym. Dlatego też powietrze w osiedlu mieszkaniowym (mimo wyższej temperatury) będzie bardziej suche niż na jego peryferiach. Różnice wilgotności względnej powietrza mogą osiągać wartość 10%, a ciśnienia pary wodnej i niedosytu wilgotności – 1 hPa. Maksymalne zróżnicowanie występować będzie w godzinach południowych w cieplej porze roku, a minimalne rano w zimie. W dni słoneczne i gorące podczas napływu powietrza polarno-kontynentalnego, wilgotność względna powietrza na obszarze zabudowanym może być mniejsza nawet o 30% niż nad gruntem. Wyjątkiem są dni deszczowe, kiedy to w osiedlu powietrze będzie wilgotniejsze w porównaniu z jego otoczeniem. Znaczny wpływ na zmniejszenie wilgotności powietrza w warunkach miejskich ma także duża liczba higroskopijnych jąder kondensacji pary wodnej - cząsteczek pyłu, dymów itp.

Głównymi przyczynami mniejszej wilgotności powietrza w osiedlu będą jednak: suchość podłoża (polewanie wodą ulic tylko częściowo zrekompensuje odpływ) i intensywna pionowa, turbulencyjna wymiana powietrza (przenoszenie pary wodnej ku górze) w terenie zabudowanym.

Mimo mniejszej wilgotności powietrza, częstość występowania mgieł na obszarze osiedla będzie jednak duża, ze względu na dużą liczbę pyłów (jąder kondensacji) pochodzących z nawierzchni dróg, chodników, dachów oraz dymów – emitowanych przez pojazdy mechaniczne. W terenie zabudowanym mgła pojawia się zwykle rano (godz. 6, 10), a w przestrzeni wolnej od budynków – w nocy. Tworzyć się ona będzie we wszystkich miesiącach roku, zwłaszcza podczas późnojesiennych i wczesnowiosennych pogodnych nocy oraz w zimie. Typowa dla obszarów zabudowanych mgła trwa przez cały dzień, nie zmieniając swej gęstości. Poza zabudowę mgły powstają zazwyczaj rano i zanikają około południa. Kondensująca się para wodna na cząsteczkach pyłu i gazów (absorpcja) utrudnia ich rozprzestrzenianie się w atmosferze. Wówczas stężenia pyłu i gazów w powietrzu mogą być groźne dla organizmów żywych.

Wpływ terenów zabudowanych na zachmurzenie i opad atmosferyczny

Projektowane osiedle mieszkaniowe wywoła także pewne zmiany zachmurzenia nieba, głównie w lecie w godzinach przedpołudniowych. Wyższe temperatury powietrza w obrębie zabudowy sprzyjają powstawaniu prądów wstępujących, które to warunkują rozwój chmur konwekcyjnych – znamienych dla letnich słonecznych dni. Ten wzrost zachmurzenia konwekcyjnego nad osiedlem będzie uwidaczniał się zwykle po jego stronie zawietrznej ze względu na poziomy ruch powietrza. Przy bezchmurnej pogodzie intensywne prądy wstępujące przenosić będą aerosole do wyższych warstw atmosfery, zmniejszając ich koncentrację przy powierzchni gruntu. Oddziaływanie zaś

zabudowy na chmury warstwowe – hamujące konwekcję powietrza i sprzyjające gromadzeniu się pyłów przy powierzchni Ziemi – jest znikome.

Mimo, że zachmurzenie nad terenami zabudowanymi jest większe, to jednak nie zawsze chmury kłębiaste (powstające wskutek prądów wstępujących) dają opad. Na ogół jest on bardzo nikły. Intensywniejsza kondensacja pary wodnej w chmurach warstwowych, wywołana istnieniem pyłów i bezwodników kwasów może powodować mżawkę, a więc opad o bardzo małym natężeniu. Pewnego wzrostu rocznej sumy opadów można oczekiwać w zachodniej części osiedla (od strony przeważających wiatrów), gdzie w wyniku wzmożonej turbulencji wzrastać będzie miąższość chmur niskich.

Należy zaznaczyć, że w dużych miastach roczna suma opadu atmosferycznego jest o około 10% większa niż w warunkach pozamiejskich.

Prognoza zmian lokalnej cyrkulacji powietrza – wpływ zabudowy na poziomy ruch powietrza

Zabudowa wywiera dwojaki wpływ na kierunek i prędkość wiatru. Wyższa temperatura powietrza wewnątrz terenów zabudowanych niż w okolicy przyczyni się do powstawania wiatrów lokalnych – „bryzy miejskiej” wiejących ku centrum osiedla z kolei osiedle, będące zbiorem budynków różnej wielkości o określonym rozkładzie przestrzennym zwiększa szorstkość podłoża, która zmienia pionowy profil średniej prędkości wiatru. Budynki stanowią przeszkodę dla swobodnego przepływu mas powietrza, przyczyniają się do zmniejszenia prędkości wiatru przy powierzchni Ziemi i jej wzrostu na wyższych poziomach. Rezultatem jednak powstających zawirowań od strony odwietrznej i dowietrznej jest wzmożone pionowe mieszanie powietrza, zmniejszające koncentrację pyłów przy powierzchni Ziemi.

„Wyspa ciepła” nad osiedlem, występująca przeważnie w bezwietrzne pogodny wieczory letnie spowoduje tzw. wiatr polny – niewielki sływ powietrza z najbliższych okolic w kierunku centrum osiedla. Powietrze w terenie zabudowanym jako cieplejsze - o mniejszej gęstości unosi się do góry, tworząc tzw. „kominy termiczne”, odprowadzające zanieczyszczenia do górnych warstw atmosfery. Na jego miejsce napływać będzie świeże powietrze z najbliższego otoczenia. Przy różnicy temperatury powietrza między centrum obszaru zabudowanego i jego peryferiami wynoszącej ok. 5°C, prędkość poziomego ruchu powietrza (wiatru) może osiągać wartość 3 m/s.

Według Grunowa i Albrechta analogiczna mikrocyrkulacja powietrza istnieje także na ulicach i podwórzach osiedli mieszkaniowych w lecie podczas bezchmurnej i bezwietrznej pogody, w tym przypadku ruch powietrza przy powierzchni Ziemi w ciągu dnia odbywa się w kierunku poprzecznym ulicy od strony zacienionej ku słonecznej. Na większych zaś wysokościach ruch powietrza odbywa się w kierunku przeciwnym.

Większe zakłócenia poziomego ruchu powietrza wywołuje mechaniczne oddziaływanie budynków jako przeszkód, które powietrze omija – unosi się do góry, a następnie opada w dół po ich stronie zawietrznej.

Osiedle – kompleks budynków o różnej wysokości i zwartości powoduje powstawanie prądów wstępujących powietrza od strony odwietrznej i zstępujących po przeciwnej stronie zabudowy. W samym zaś osiedlu prędkość wiatru może być mniejsza o 20-30% w stosunku do otwartej przestrzeni. Kierunek wiatru w terenie zabudowanym będzie zniekształcony zależnie od układu ulic i budynków, drzew itp.

Pionowy turbulencyjny ruch powietrza

Intensywność pionowego i poziomego ruchu powietrza, który determinuje przestrzenny rozkład zanieczyszczenia powietrza zależy przede wszystkim od prędkości wiatru. Z pomiarów przeprowadzonych w warunkach miejskich (warstwa powietrza 1,5-18,5 m) i poza miastem (warstwa 1,5-21,5 m) wynika, że zarówno średnia prędkość wiatru v jak i współczynnik turbulencji K_t , określający intensywność pionowego mieszania powietrza ulegają zmianom rocznym. W osiedlu o niezwartej zabudowie, mimo mniejszych prędkości wiatru, pionowa wymiana powietrza jest większa niż w terenie otwartym.

W analogii do warunków miejskich (Warszawa) można stwierdzić, że wprowadzenie luźnej zabudowy przyczyni się do znacznego wzrostu pionowego ruchu powietrza.

Prognozowane wartości współczynnika turbulencji K_t (wyrażone w m^2/s) w poszczególnych porach roku wynoszą:

	Wiosna	Lato	Jesień	Zima
Osiedle	2,46	3,72	78,00	53,00
Poza osiedlem (Jelonki)	0,65	0,34	0,64	1,75

Średnio biorąc, natężenie turbulencyjnej wymiany powietrza jest w porze zimowej około 5-krotnie większe niż w lecie i 2-krotnie większe niż w porach przejściowych. Istotny wpływ na pionowy i poziomy turbulencyjny ruch powietrza w każdym osiedlu ma rozkład budynków, ich wysokość oraz zadrzewienie terenu. Duże znaczenie ma także odpowiednie rozmieszczenie terenów zielonych (parków, trawników, krzewów itp.). Pozytywną rolę odgrywa w tym przypadku szorstkość podłoża i kontrastowość pokrycia terenu: luźna zabudowa o różnej wysokości, nieład ulic, chodników, drzew i trawników.

Wnioski dotyczące projektowanego osiedla mieszkaniowego w Białoleńce Dworskiej

Badany obszar Kotliny Warszawskiej, na którym znajduje się Białoleńka Dworska wyróżnia się jako cieplejszy i suchszy w porównaniu z terenami sąsiednimi. Jego osobliwością są także przeważające wiatry zachodnie (20%) oraz mniejsze prędkości wiatru, zwłaszcza w cieplej porze roku.

Pomiary meteorologiczne wskazują, że teren Białoleńki Dworskiej, gdzie zlokalizowano projektowane osiedle mieszkaniowe wyodrębnia się większymi wahaniami dobowymi temperatury i wilgotności powietrza oraz mniejszymi prędkościami wiatru.

Z przestrzennego rozkładu temperatury, wilgotności powietrza i prędkości wiatru wynika, że teren przeznaczony pod zabudowę można podzielić na dwie części, różniące się przede wszystkim dynamiką procesów atmosferycznych. Część północna i północno-wschodnia cechuje się wyższą temperaturą powietrza i mniejszymi prędkościami wiatru w stosunku do południowej i południowo-zachodniej. To zróżnicowanie termiczne terenu oraz jego rzeźba warunkują lokalną cyrkulację powietrza, w dzień przy powierzchni ziemi, występuje poziomy ruch powietrza z nad terenów chłodniejszych

(położonych niżej) ku cieplejszym wydmom. W nocy zaś kierunek przepływu powietrza jest przeciwny. Dużą rolę odgrywa tu nocny grawitacyjny spływ chłodnego powietrza z obszarów wydmowych w obniżenie między wydmami. Zjawisko to uwidacznia się zwykle podczas pogody niżowej w lecie. Intensywność tej lokalnej cyrkulacji zależy od ogólnego ruchu powietrza na danym obszarze.

Wraz z wprowadzeniem zabudowy – wzrostem powierzchni czynnej (absorbującej promieniowanie słoneczne) i pojemności cieplnej podłoża (beton, asfalt) nastąpi zmiana pola temperatury powietrza. Dotychczas chłodniejszy obszar tarasu madowego będzie po zabudowie cieplejszy od terenu wydmowego, wywoła to zmianę lokalnej cyrkulacji powietrza. Podczas ciszy lub przy niewielkich prędkościach wiatru napływać będzie na obszar między wydmami świeże powietrze z terenów niezabudowanych. Ten lokalny ruch powietrza ku osiedlu, uwarunkowany poziomym gradientem temperatury (gęstości powietrza) będzie największy w godzinach wieczornych w wyniku grawitacyjnego spływu chłodnego powietrza z wydm. Napływ chłodnego powietrza w obniżeniu między wydmami sprzyja powstawaniu w nocy stałej równowagi powietrza – inwersji przyziemnych.

W Białoleńce Dworskiej stwierdzono tendencję do tworzenia się niekorzystnych warunków odczuwalnych w ciepłej porze roku. Należy sądzić, że wprowadzenie na ten teren zabudowy, która spowoduje dodatkowo zmniejszenie prędkości wiatru, podwyższenie temperatury powietrza oraz zmniejszenie jego wilgotności, przyczyni się do pogorszenia warunków odczuwalnych. Wskazuje to na konieczność wzmocnienia wymiany powietrza w osiedlu, szczególnie w godzinach wieczornych.

Konieczne jest więc zwiększenie intensywności pionowego, turbulencyjnego ruchu powietrza, który niszczy nocne uwarstwienie atmosfery. Można to osiągnąć przez wprowadzenie zabudowy o różnej wysokości – niskiej i wielokondygnacyjnych bloków. Istotne znaczenie ma także kontrastowość powierzchni (zróznicowanie elewacji budynków, odpowiedni rozkład zieleni osiedlonej) mających odmienne właściwości termiczne. Prowadzi to do wzrostu pionowej turbulencyjnej wymiany powietrza zarówno w dzień jak i w nocy.

Ponieważ na obszarze Białoleńki Dworskiej przeważają wiatry z kierunków zachodnich, a prognozowana lokalna cyrkulacja powietrza ma kierunek północno-wschodni, zatem układ projektowanych ulic i alej spacerowych jest prawidłowy. Umożliwią one swobodny przepływ powietrza przez osiedle.

Rozkład przestrzenny kwater zabudowy poszczególnych części osiedla jest także odpowiedni w przypadku zabudowy 4 piętrowej pod warunkiem, że od strony wschodniej będą dostatecznie duże przerwy między budynkami, umożliwiające poziomy przepływ powietrza. Uwaga ta dotyczy przede wszystkim ciągów bloków w kwaterach osiedla między projektowaną ulicą Kołacińską i Trasą Mostu Północnego, a także w ciągu handlowo-usługowym.

Ponadto zieleni osiedlowa – rekreacyjna jak i ochronna wzdłuż szlaków komunikacyjnych powinna być wielopiętrowa.

W stosunkowo słabo wentylowanych wnętrzach kwater bloków trawniki powinny zajmować powierzchnie nie mniejsze niż 1000 m². Krzewy powinny osłaniać przed silniejszymi wiatrami i pyłem ulicznym np. miejsca zabaw dla dzieci. Różnogatunkowa zieleni wysoka stwarza warunki do wypoczynku biernego, a także zacienia południowe ściany domów w godzinach maksymalnej insolacji.

Zieleń ogólnosiedlowa, szczególnie wzdłuż projektowanego cieków wodnych, nie może być zwarta, bowiem hamowałaby naturalny ruch powietrza w kierunku NE-SW. Nie jest wskazane też tworzenie dużych skupisk drzew liściastych, gdyż w ciepłej porze roku mogą one wywoływać uciążliwe odczucie parności.

Zieleń osiedlowa niska będzie zatrzymywać pył i kurz, wyższa zaś – pochłaniać substancje gazowe wzdłuż szlaków komunikacyjnych. Parkingi i garaże należy otoczyć zielenią zorientowaną z NE na SW celem niedopuszczenia do nadmiernej koncentracji lotnych substancji trujących.

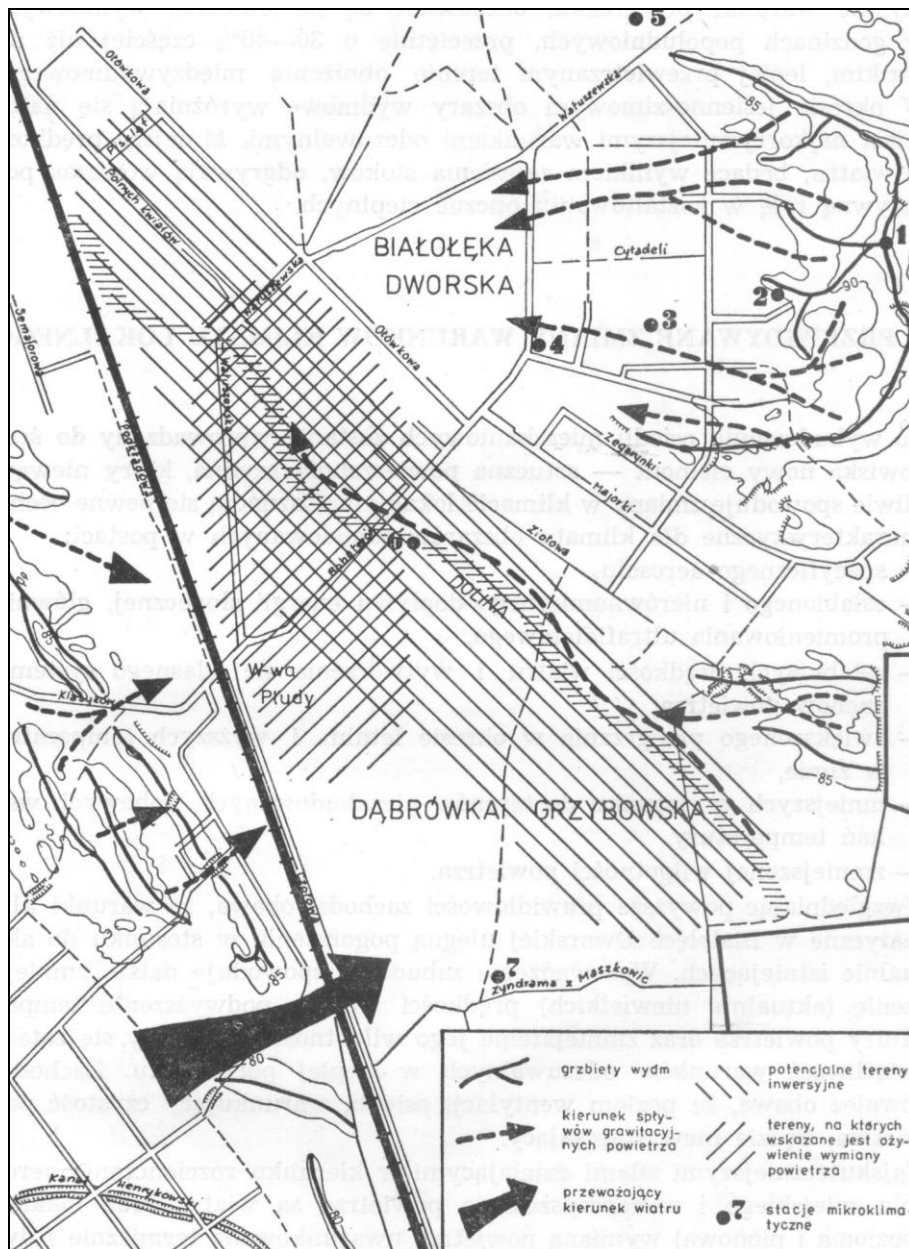
W istniejącej literaturze nie znaleziono norm dotyczących procentowego udziału powierzchni zielonych do sztucznych.

Zasięg poziomego oddziaływania projektowanego cieków wodnych na temperaturę i wilgotność powietrza będzie niewielki, ze względu na jego małą szerokość.

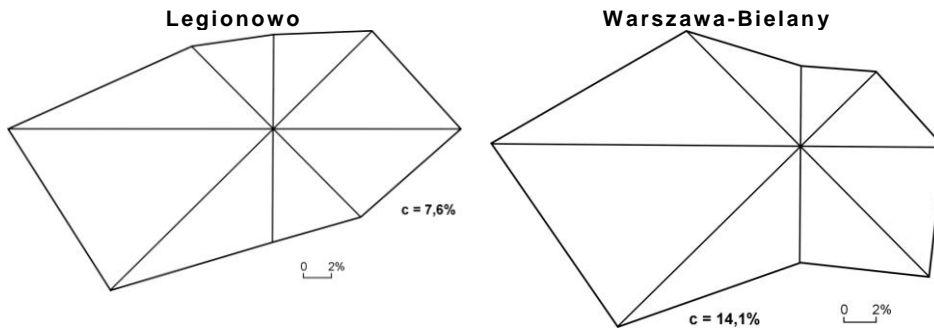
W konkluzji można stwierdzić, że do określenia wpływu projektowanej zabudowy na klimat lokalny konieczne są pomiary gradientowe parametrów charakteryzujących stan atmosfery w pobliżu powierzchni Ziemi. Powinny być one wykonane przynajmniej w jednym punkcie danego terenu i trwać co najmniej dwa lata. Dodatkowo w okresie letnim należy prowadzić badania mikroklimatyczne w typowych miejscach terenu, zagęszczając liczbę punktów obserwacyjnych. Jest to istotne ze względu na największy – w ciepłej porze roku – wpływ podłoża na pola temperatury powietrza, wilgotności i prędkości wiatru. W prognozowaniu zmian warunków klimatycznych po wprowadzeniu zabudowy także mają duże znaczenie pomiary bilansu promieniowania oraz sondaże niskotroposferyczne.

Ponadto potrzebne są badania podstawowe w istniejących osiedlach mieszkaniowych (lub modelowe) w celu zbadania pionowego i poziomego rozkładu temperatury powietrza i prędkości wiatru w otoczeniu konkretnych budynków, parków itp.

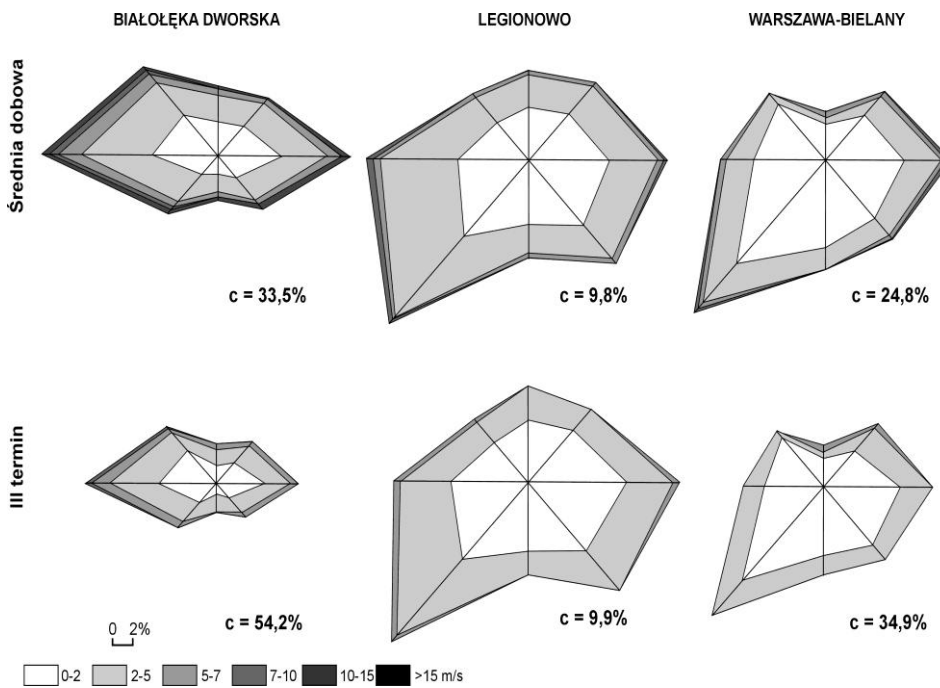
Praca została wykonana w Zakładzie Klimatologii Instytutu Nauk Fizycznogeograficznych Wydziału Geografii i Studiów Regionalnych Uniwersytetu Warszawskiego na zamówienie Instytutu Kształtowania Środowiska w ramach tematu rządowego PR-5, Warszawa 1979.



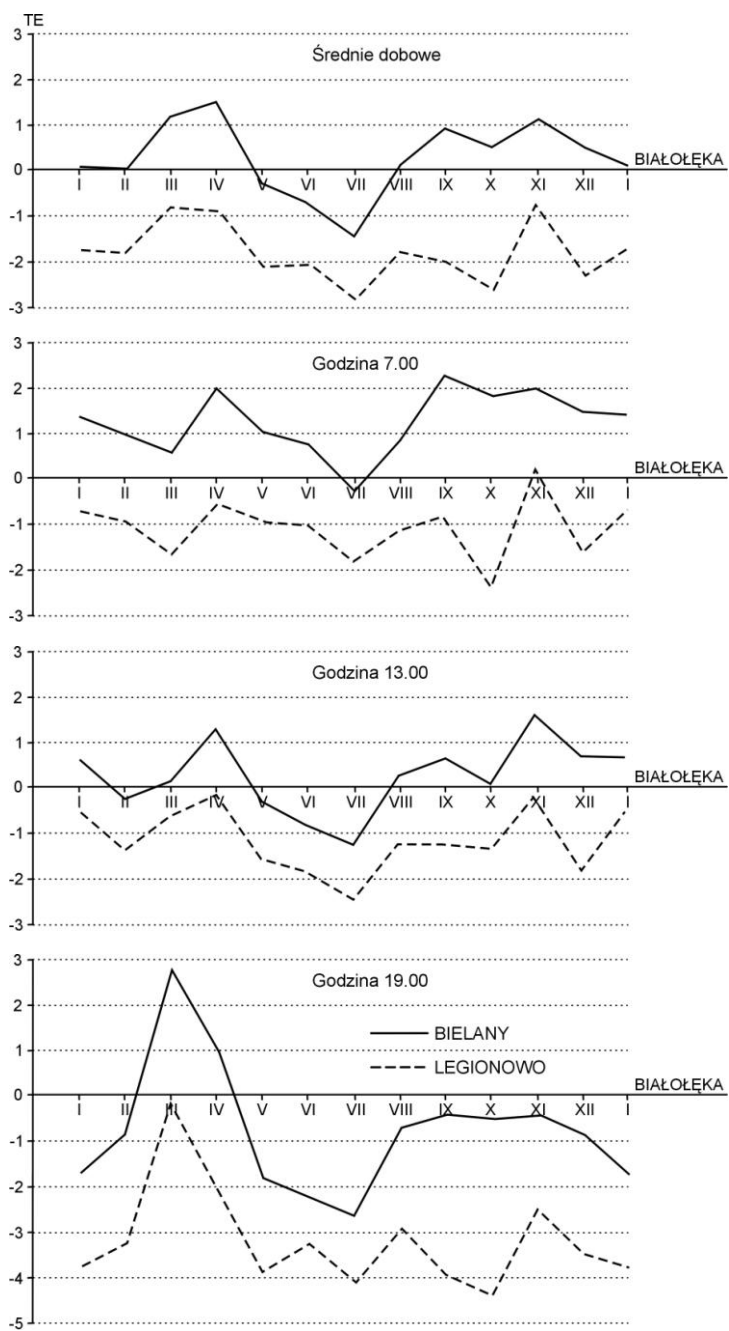
Rysunek 1. Rozmieszczenie punktów obserwacyjnych w Białolece Dworskiej: 1 – Wydma, 2 – Polana, 3 – ul. Cytadeli, 4 – Dom Dziecka, 5 – Las, 6 – Dolina, 7 – Płudy



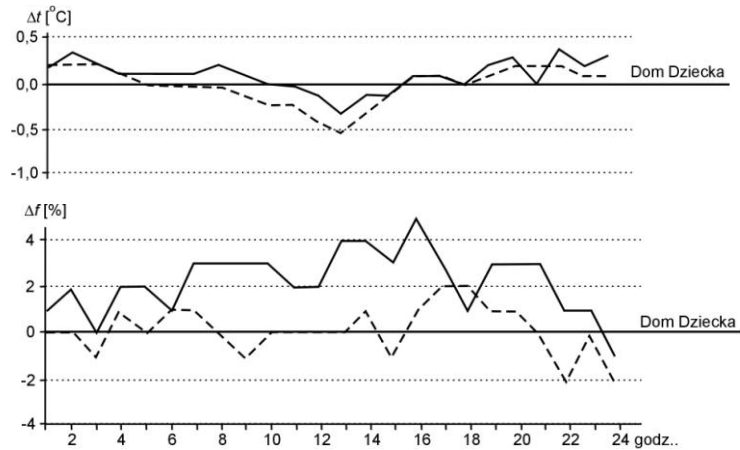
Rysunek 2. Średnia roczna częstość kierunków wiatru i cisz (5) w okresie 1951-1970



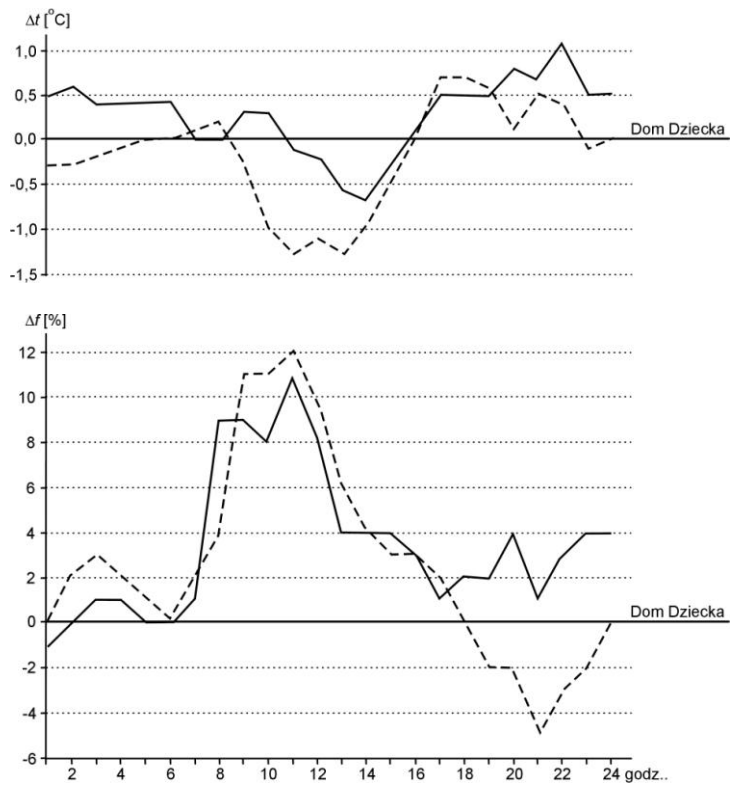
Rysunek 3. Częstość kierunków wiatru różnych prędkości w okresie X.1976-VIII.1978



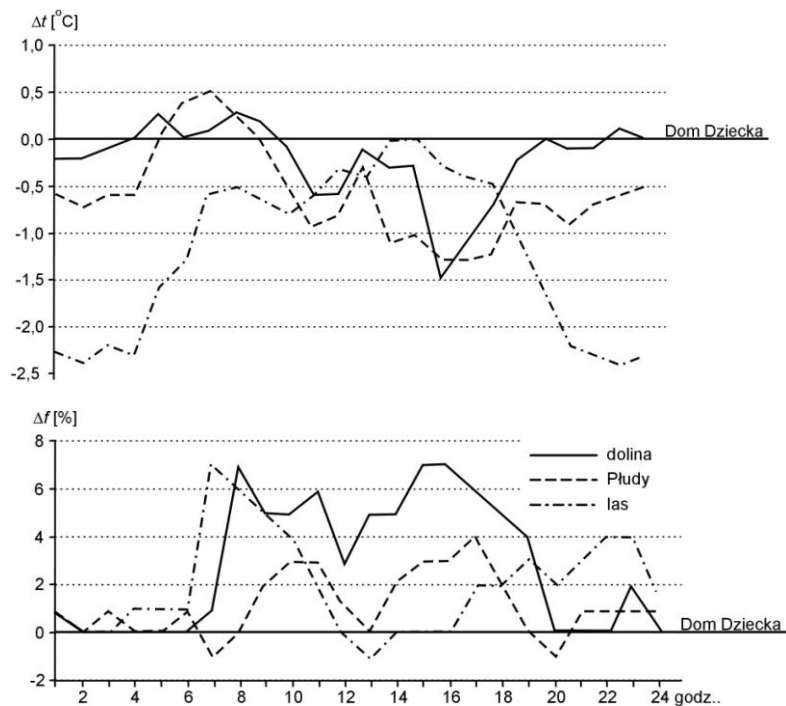
Rysunek 4. Przebieg roczny różnic temperatury efektywnej między Białoleką a stacjami Białany i Legionowo w okresie X.1976-VIII.1978



Rysunek 5a. Przebieg dobowy średnich różnic temperatury (Δt , $^{\circ}\text{C}$) i wilgotności względnej powietrza (Δf , %) między Domem Dziecka a pozostałymi punktami w okresie X.1976-VIII.1978 r. (dni pochmurne, chłodna pora roku)



Rysunek 5b. Przebieg dobowy średnich różnic temperatury (Δt , $^{\circ}\text{C}$) i wilgotności względnej powietrza (Δf , %) między Domem Dziecka a pozostałymi punktami w okresie X.1976-VIII.1978r. (dni słoneczne, chłodna pora roku)



Rysunek 5c. Przebieg dobowy średnich różnic temperatury (Δt , $^{\circ}\text{C}$) i wilgotności względnej powietrza (Δf , %) między Domem Dziecka a pozostałymi punktami w okresie X.1976-VIII.1978r. (dni słoneczne, ciepła pora roku)

Tabela 1a. Zmiany roczne podstawowych elementów meteorologicznych w Białolące Dworskiej (1976-1978)

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
Średnia miesięczna temperatura	-1,6	-2,1	4,4	6,5	12,7	16,6	16,6	16,0	10,7	7,4	5,1	-0,6	7,6
Temperatura maksymalna	0,9	0,7	9,2	11,6	18,4	23,1	23,4	21,8	17,2	12,3	7,4	1,4	12,3
Temperatura minimalna	-3,8	-4,6	0,8	1,9	7,0	10,5	11,4	11,8	6,9	4,5	3,1	-3,2	3,9
Wilgotność względna	86	87	81	74	74	75	78	86	87	36	88	89	82
Sumy opadów	31,5	49,6	36,5	51,4	47,1	55,6	49,4	182,1	47,7	20,8	47,8	32,6	653,9
Średnia prędkość wiatru	3,0	2,2	2,6	2,8	1,8	1,4	1,0	2,0	2,7	1,4	3,2	2,6	2,2

Tabela 1b. Zmiany roczne podstawowych elementów meteorologicznych w Legionowie (1976-1978)

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
Średnia miesięczna temperatura	-1,6	-2,2	4,2	6,4	22,5	16,7	16,5	16,1	10,9	7,7	4,8	-1,0	7,6
Temperatura maksymalna	0,7	0,5	8,7	11,2	17,8	22,2	21,9	21,2	15,7	11,9	7,2	1,2	11,7
Temperatura minimalna	-3,8	-4,6	0,9	2,2	7,4	11,2	11,9	11,9	6,9	4,5	2,9	-3,2	4,0
Wilgotność względna	86	86	82	76	71	70	74	81	80	84	88	89	81
Sumy opadów	27,1	36,4	35,8	46,8	47,3	53,6	64,5	373,0	57,6	20,1	40,8	28,7	631,9
Średnia prędkość wiatru	4,2	3,6	4,4	4,6	3,8	3,3	3,6	3,4	4,0	3,6	4,6	4,4	3,9

Tabela 1c. Zmiany roczne podstawowych elementów meteorologicznych – Warszawa-Bielany (1976-1978)

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
Średnia miesięczna temperatura	-1,1	-1,6	4,8	6,8	13,1	17,2	16,9	16,4	11,4	8,4	5,2	-0,6	8,1
Temperatura maksymalna	1,0	1,0	9,2	11,3	18,1	22,0	22,0	21,2	15,9	12, t	7,5	1,6	11,9
Temperatura minimalna	-3,2	-4,0	1,6	2,8	8,1	12,0	12,4	12,5	7,6	5,4	3,3	-8,0	4,6
Wilgotność względna	82	84	76	70	63	68	73	30	78	82	86	88	78
Sumy opadów	32,4	41,8	36,2	46,6	46,5	74,6	60,3	180,2	51,5	18,7	49,2	29,9	670,1
Średnia prędkość wiatru	3,8	3,2	3,2	3,2	2,6	2,1	2,4	2,1	2,4	2,9	3,2	3,2	2,8

IV. WARUNKI KLIMATYCZNE OSIEDLA SZWOLEŻERÓW – WYNIKI BADAŃ ZAKŁADU KLIMATOLOGII UNIwersYTETU WARSZAWSKIEGO

Badania klimatologiczne na terenie osiedla przeprowadzono w latach 1980-81, dokonując pomiarów temperatury, wilgotności względnej i prędkości wiatru na dwu wysokościach 1,50 i 0,25 m n.p.g. na 14 stanowiskach w osiedlu. Ponadto pomiarów dokonano na stanowisku zlokalizowanym w terenie otwartym poza osiedlem (nad powierzchnią betonową). Stanowiska te zlokalizowane zostały na trawnikach, aby wyeliminować dodatkowy lokalny wpływ podłoża istotny w ocenie klimatu odczuwalnego. Pomiarów dokonano w odstępach półgodzinnych w trzech porach dnia w godz. 7-11, 12-16 i 17-21. Pomiary wartości ochładzania metodą katatermometryczną przeprowadzone równoległe do badań temperatury, wilgotności względnej i prędkości wiatru, posłużyły do oceny odczuwalności dla człowieka warunków klimatu lokalnego. Do określenia prędkości wiatru stosowano anemometr, a do określania małych prędkości wiatru, które występowały w czasie pomiarów wykorzystywano pomiary katatermometryczne. W tym samym czasie dokonywano również obserwacji kierunków wiatru, nasłonecznienia poszczególnych punktów pomiarowych, zachmurzenia, zjawisk meteorologicznych oraz stanu gruntu. Wyniki badań przedstawiono na rysunkach 1-7 i zestawiono w tabelach 1-20.

Zróżnicowanie warunków klimatycznych (na podstawie badań na wysokości 1,5 m)

Warunki termiczne

Rano (godz. 7-9) i przed południem (godz. 10-12) zróżnicowanie średnich wartości temperatury powietrza na terenie osiedla jest niewielkie i nie przekracza 1,7°C. Wartości temperatury powietrza na stanowisku 15 (usytuowanym poza osiedlem nad powierzchnią betonową w przeciwieństwie do trawiastego podłoża stanowisk w osiedlu) jest zbliżona do najniższych wartości średniej temperatury powietrza w osiedlu w godzinach 7-12. O tej porze dnia najwyższe wartości temperatury powietrza notowano na stanowiskach 13, 14, 4, 8 i 12 – oświetlonych przez słońce, przy czym niższe wartości cechowały stanowiska intensywniej przewietrzane, a nieco wyższe wartości – stanowiska o mniejszych prędkościach wiatru.

W godzinach 13-15 wzrasta zróżnicowanie temperatury powietrza na terenie osiedla, osiągając wartość 2,1°C. Najwyższe średnie temperatury powietrza odnoszą się do stanowisk znajdujących się w „słońcu” tj. 14, 11, 4, a najniższe na zacienionych stanowiskach 10, 5, 7.

Zróżnicowanie przestrzenne temperatury powietrza osiąga największą wartość 3,2°C w godz. 16-18, gdy operacja słońca powoduje silne nagrzanie niezacienionych części osiedla.

W tej porze dnia występują szczególnie wysokie wartości temperatury powietrza. Najwyższe wartości temperatury powietrza stwierdzono na stanowiskach 6, 14, 13, 3 znajdujących się w tej porze dnia w słońcu. Niskie wartości temperatury powietrza

notowano w cieniu w miejscach silnie przewietrzanych. W godzinach późniejszych (19-21) temperatura powietrza obniża się, a brak oświetlenia przez słońce powoduje, że wszystkie stanowiska znajdują się w takich samych warunkach pod względem radiacji słonecznej. Wysokie wartości temperatury utrzymywały się na terenach uprzednio oświetlonych przez Słońce. Natomiast na zacienionych stanowiskach temperatura znacznie obniża się, co jest powodem powstania dość dużego zróżnicowania temperatury powietrza na badanym terenie (2,7°C).

Zależność temperatury powietrza od insolacji jest szczególnie wyraźnie widoczna przy śledzeniu zmian temperatury w trakcie kolejnych, co pół godziny wykonywanych pomiarów, gdy zmiany temperatury wyraźnie towarzyszą zmianie w oświetleniu stanowiska przez Słońce.

Interesujące jest porównanie różnic temperatury pomierzonych na stanowisku 15 z wartościami temperatury powietrza na terenie osiedla. W godzinach rannych występują zarówno dodatnie jak i ujemne wartości różnic. Natomiast od godz. 10 aż do godz. 18 większość terenów osiedla charakteryzują wyższe wartości temperatury powietrza niż na stanowisku 15 (ujemne wartości różnic temperatury). Wielkość różnic zależy w znacznym stopniu od nasłonecznienia terenu i stopnia jego przewietrzania. Wieczorem w godz. 18-21 temperatura powietrza w osiedlu jest na wszystkich stanowiskach niższa od temperatury na stanowisku 15. Szczególnie duże różnice występują w punktach 2, 5, 6, 11, które reprezentują tereny o dość dużym zacienieniu. Podobnie rano najwyższe różnice temperatury powietrza występowały między stanowiskiem 15, a stanowiskami 2, 5, 6, 11. Na wartość temperatury powietrza na wysokości 1,5 m n.p.g. nieco większy wpływ ma stopień nasłonecznienia niż intensywność przewietrzania. Widać to wyraźnie na podstawie średnich wartości temperatury powietrza w tabeli 5, gdzie różnice temperatury między terenami o tej samej intensywności przewietrzania, ale o różnym stopniu nasłonecznienia są rzędu 0,7-0,8°C, natomiast temperatury na terenach o takim samym nasłonecznieniu lub zacienieniu, ale różnym stopniu przewietrzania różnią się o 0,4-0,5°C.

O wpływie radiacji słonecznej na wartość temperatury powietrza w osiedlu świadczą duże przestrzenne zróżnicowanie temperatury w godzinach południowych i popołudniowych, a niewielkie rano i wieczorem.

Powyższe wnioski odnoszą się do sytuacji, gdy prędkość wiatru nie jest zbyt duża, jak to miało miejsce w trakcie wykonywanych pomiarów na terenie osiedla. Silny wiatr prowadzi do wymieszania warstw powietrza i wyrównania warunków termicznych nawet nad podłożem o zróżnicowanym charakterze.

Warunki wilgotnościowe

Zróżnicowanie wilgotności względnej w osiedlu jest dość duże. Rano w godz. 7-9 wynosi 17%, a przed południem w godz. 10-12 dochodzi do 20%. Najmniejsze zróżnicowanie występuje w godzinach 13-15, a następnie od godz. 16-ej ponownie wzrasta, utrzymując się do godz. 18-ej wieczorem (19-21) następuje wyrównanie rozkładu wilgotności względnej w osiedlu i różnice wilgotności między poszczególnymi stanowiskami osiągają wartość 14%.

Do godzin południowych w osiedlu notowane są na ogół duże wartości wilgotności, przekraczające 80% i 90%. Pod wpływem nagrzania powietrza w czasie słonecz-

nych pogodnych dni następuje obniżenie wilgotności względnej nawet na zacienionych stanowiskach pomiarowych. Prawie cały teren osiedla w ciągu dnia charakteryzuje się wyższymi wartościami wilgotności względnej od notowanych na stanowisku 15. Szczególnie duże wartości występują na stanowiskach w znacznym stopniu zacienionych w ciągu dnia 1, 5, 11 oraz okresowo w punktach 2, 4, 6. Na wyniki pomiarów wilgotności mogło wpłynąć podlewanie trawników i krzewów w okresie prowadzonych badań klimatycznych na terenie osiedla. Stąd występują nieoczekiwanie duże wartości wilgotności na niektórych stanowiskach, raczej nieuzasadnione innymi czynnikami (np. punkty 5 i 11 w godz. 16-18).

Na przestrzenny rozkład wilgotności względnej na terenie osiedla wpływ ma zarówno stopień zacienienia, jak i warunki przewietrzania oraz stopień zabudowania terenu zielenią. Najwyższe wartości występują w miejscach zacisznych i cienistych. Stąd też na tak usytuowanych stanowiskach występują różnice między wilgotnością względną powietrza w tych miejscach, a wilgotnością na dobrze przewietrzanym i nasłonecznionym stanowisku 15.

Warunki wiatrowe

Rozkładu przestrzennego prędkości wiatru na terenie osiedla nie można rozpatrywać wyłącznie w wartościach bezwzględnych, a raczej porównywać względne wartości różnic prędkości wiatru między poszczególnymi stanowiskami. Można też porównywać wartości prędkości wiatru na stanowiskach pomiarowych w osiedlu z wartościami na stanowisku 15, zakładając, że w miejscu tym przepływ powietrza jest niezaburzony przez otoczenie (drzewa, krzewy itp.) i odpowiada w przybliżeniu niezaburzonemu laminarnemu przepływowi w tunelu. Jest to sposób który pozwala odnosić wyniki pomiarów bezpośrednich w terenie do wyników pomiarów w tunelu aerodynamicznym. Najmniejsze średnie prędkości wiatru występują na stanowiskach 1, 13, 5, 3 przy czym stanowiska te znajdują się w strefach określonych w badaniach modelowych jako stagnacyjne. Dwukrotnie większe prędkości wiatru niż na wyżej wymienionych stanowiskach wystąpiły w punktach nr 7, 12, 4, 6. Wyniki badań modelowych wskazywały na niezbyt intensywne przewietrzanie fragmentów osiedla, gdzie zlokalizowane zostały stanowiska (strefy przepływu o prędkościach równych lub nieco wolniejszych od przepływu niezaburzonego). Nieco większe prędkości wiatru niż w punktach 7, 12, 4, 6 (2-3 razy większe od najniższych w osiedlu) stwierdzono w miejscach lokalizacji stanowisk 2 i 11, usytuowanych w strefach gdzie przepływy powietrza był zbliżony o przepływu niezakłóconego.

Trzy, cztery razy większa prędkość wiatru niż w zacisznych miejscach osiedla (punkty 1, 13, 5, 3) wystąpiła w rejonie lokalizacji stanowisk 10, 14, 9, 8. Badania w tunelu aerodynamicznym wykazały, że miejsca te cechuje zmienny charakter przepływu powietrza w zależności od kierunku wiatru (Fortini 1983), ogólnie znacznym przewietrzaniu terenów. Odnosi się to szczególnie do części osiedla zlokalizowanych w przerwach między budynkami tj. punktów pomiarowych 10 i 14. Stanowiska 9, 8 znajdują się na otwartym terenie między dwoma szeregami budynków w odległości 40-60 m jeden od drugiego. Układ ten oraz dość szeroka przerwa między budynkami w szeregu położonym wzdłuż ul. Czerniakowskiej sprzyjał intensywnemu przewietrzaniu terenu

przy kierunkach wiatru z S i E, oraz nieco słabszym przy wiatrach północnych.

Natomiast przy wietrze zachodnim, wiejącym prostopadle do osi budynków wiejącym prostopadle do dłuższej osi budynków wzdłuż ul. Dragonów, teren na którym zlokalizowane były punkty 8 i 9 był słabo przewietrzany.

Porównując średnią prędkość wiatru na poszczególnych stanowiskach z prędkością wiatru w punkcie 15 można stwierdzić, że wiatr poza osiedlem wieje zawsze z większą prędkością. Pewne odchylenia od tej zasady – zarówno dodatnie, jak ujemne – występują na stanowiskach 8, 9 i 10 oraz rzadziej w punkcie 14, znajdującym się w szerokiej przerwie między budynkami. Największe dodatnie różnice w stosunku do prędkości wiatru na stanowisku 15 notowano w punkcie 13 (w wartościach średnich od 0,7 do 1,2 m/s (różnice 0,8-1,5 m/s), 3 (0,6-1,0 m/s), 7 (0,5-1,0 m/s). Jak wykazały badania tunelowe są to miejsca w osiedlu najslabiej przewietrzane. Pod względem wielkości odchylenia od średniej wartości prędkości na stanowisku 15 wyróżniają się ponadto miejsca lokalizacji stanowisk 5 i 6, przy czym stanowisko 5 zaliczane było w wyniku badań na modelu bez zieleni do szczególnie intensywnie przewietrzanych. Na modelu z zielenią, przepływ powietrza w tej części osiedla był słaby (w grupie średnich prędkości przepływu). Widoczne jest na tym przykładzie oddziaływanie krzewów, znajdujących się w otoczeniu tego punktu na osłabienie prędkości przepływu. Na modelu z zielenią nie były symulowane pojedyncze krzewy i drzewa lub ich grupy poniżej 3 m wysokości. Stąd wynikają różnice wyników między badaniami pośrednimi i bezpośrednimi. Warunki wiatrowe na stanowisku 6 były kształtowane nie tylko przez ogólny układ przewietrzania osiedla, lecz również modyfikowanie przez wysokopienne drzewa rosnące na tym terenie. Korony drzew powodują wyhamowanie prędkości wiatru w tej warstwie, a większa część strumienia powietrza kieruje się w warstwę pni, gdzie występuje wzrost prędkości wiatru.

Różnice warunków meteorologicznych na wysokości 0,25 i 1,5 m n.p.g.

W wartościach średnich różnice temperatury powietrza na poziomie 0,25 i 1,5 m n.p.g. są niewielkie, nie przekraczają 0,7°C. Ogólnie przeważa tendencja do występowania wyższej temperatury powietrza przy gruncie. Już w pierwszych godzinach rannych pomiarów występują dodatnie wartości różnic temperatury między poziomem niższym, a wyższym. Wyraźnie jest to widoczne w przypadku stanowisk nasłonecznionych o tej porze dnia. W godzinach wieczornych (19-21) sytuacja jest odmienna wszystkie stanowiska na terenie osiedla charakteryzują się niższymi wartościami temperatury powietrza na wysokości 0,25 m n.p.g. niż na wysokości i 1,5 m n.p.g. W obu omawianych okresach różnice nie przekraczają 0,4°C, a najczęściej powtarzają się wartości 0,1°, 0,2°C. Brak jest występowania widocznych zależności między pionowym zróżnicowaniem temperatury, a nasłonecznieniem lub zacienieniem terenu. Słabo zaznacza się wpływ przewietrzania na pionowe zróżnicowanie prędkości wiatru – stanowiska charakteryzujące się najniższymi w osiedlu wartościami prędkości wiatru nie wykazują zróżnicowania pionowego warunków termicznych (stanowiska: 1, 3, 7, 13). Większe różnice temperatury stwierdzano na stanowiskach: 11, 12, 9, 4, 14 – intensywniej przewietrzanych niż wyżej wymienione. W wartościach chwilowych notowano większe zróżnicowanie pionowe temperatury przekraczające 1°C.

Na stanowisku 15, zlokalizowanym nad powierzchnią betonową w przeciwieństwie do powierzchni trawiastych, na których zlokalizowano wszystkie punkty pomiarowe w osiedlu, różnice temperatury między wysokością 0,25 i 1,5 m n.p.g. były zawsze dodatnie. W godzinach wieczornych, gdy powierzchnia naturalna szybko ochładza się, betonowa nawierzchnia, która akumuluje większe ilości ciepła w ciągu dnia niż trawiasta, emituje ciepło i powoduje wzrost temperatury powietrza w warstwie przygruntowej.

Ogólnie w osiedlu brak jest widocznych zależności pomiędzy średnimi wartościami różnic temperatury na poziomie 0,25 i 1,5 m n.p.g. a zacienieniem lub nasłonecznieniem terenu. Słabo zaznacza się wpływ przewietrzania na wielkość pionowego zróżnicowania temperatury, wyrażający się w wyrównywaniu temperatur na stanowiskach o mało intensywnym charakterze przewietrzania i nieco większych wartościach różnic na stanowiskach silnie przewietrzanych, co jest wynikiem mieszania warstw powietrza na wyższych poziomach, a przy gruncie pozostaje warstwa powietrza podlegająca wpływom podłoża.

Główną cechą pionowego zróżnicowania wilgotności względnej powietrza jest występowanie wyższych wartości wilgotności na wysokości 0,25 m n.p.g. Największe średnie wartości różnic (do ok. 5%) stwierdzono w godzinach 19-21 na stanowiskach 6, 5, 11, 14, 13, a najmniejsze w godzinach 7-9, gdy na większości stanowisk wartość różnic oscylowała ok. 1%. W ciągu dnia zróżnicowanie nie wykazuje wyraźnych zależności ani od przewietrzania, ani od nasłonecznienia lub zacieniania. Zauważalne jest jedynie występowanie nieco większego zróżnicowania pionowego wilgotności w strefach słabiej przewietrzanych i cienistych. Największe wartości wilgotności względnej na wysokości 0,25 m n.p.g. występowały prawie w ciągu całego dnia na stanowiskach 5, 6, 13 – znajdujących się w otoczeniu zieleni drzewiastej i krzewiastej. Prawdopodobnie wpływ zieleni, a nie stopień przewietrzania lub insolacja był głównym czynnikiem wpływającym na zróżnicowanie pionowe wilgotności powietrza w osiedlu na wysokości 0,25 m n.p.g. jej wartość bezwzględna.

Na stanowisku 15 pionowa stratyfikacja wilgotności jest odwrotna niż na terenie osiedla. W ciągu całego dnia do godz. 19 niższe wartości są na poziomie przy powierzchni, a wyższe na poziomie

1,5 m n.p.g. W średnich wartościach są to różnice bardzo małe jednakże świadczą dobitnie o wpływie podłoża na pionowe zróżnicowanie wilgotności względnej. Poziome zróżnicowanie wilgotności na poziomie 0,25 m n.p.g. jest nieco większe (2-4%) niż na wysokości 1,5 m n.p.g. na badanym terenie.

Wiatr na poziomie 0,25 m n.p.g. jest ogólnie słabszy na wysokości 1,5 m n.p.g, gdzie prędkości wiatru były bardzo małe. Największe średnie prędkości wiatru notowano na stanowiskach 8, 9, 10, 14, 11, 12, które w wyniku badań w tunelu aerodynamicznym oceniono jako ogólnie najintensywniej przewietrzane w osiedlu. Najmniejsze średnie wartości wystąpiły na stanowiskach 1, 5, 3, 13, 7 – podobnie jak to miało miejsce w przypadku średnich prędkości wiatru na wysokości 1,5 m n.p.g Niską warstwę przyziemną charakteryzuje duże zróżnicowanie prędkości zarówno na poszczególnych stanowiskach, jak i w czasie. Jak widać z tabeli 8 prędkości wiatru na każdym stanowisku na wysokości 1,5 m n.p.g. Miały w przybliżeniu pewną stałą wartość wielokrotności

najniższej prędkości wiatru w osiedlu. W analogicznej tabeli dla niższej wysokości pomiarowej (tab. 13) jest znacznie większe, często występują duże wartości (rzędu 4, a nawet 5), natomiast występowanie niewielkich prędkości wiatru jest jeszcze większe niż na wysokości 1,5 m n.p.g. Stąd wynika potwierdzenie, że średnie wartości prędkości wiatru są niższe na poziomie 0,25 m niż na 1,5 m n.p.g. Prawdopodobnie na lokalne przyhamowania bądź przyśpieszenia prędkości przepływu strumienia powietrza oddziaływały drobne nierówności terenu, krzewy itp.

Różnice średnich prędkości wiatru na poszczególnych stanowiskach na wysokości 0,25 m n.p.g. w stosunku do średnich prędkości wiatru na stanowisku 15 zawierają się w granicach 0,6-1,2 m/s, co również stanowi większe zróżnicowanie na wysokości 0,25 m n.p.g. Na obu wysokościach pomiarowych zarówno najmniejsze jak i największe różnice średnich prędkości występowały na tych samych miejscach w osiedlu.

Zróżnicowanie warunków klimatu odczuwalnego

Przeprowadzając analizę wartości ochładzania oraz temperatur efektywnych (NTE i TE) stwierdzono istnienie znacznego zróżnicowania warunków klimatu odczuwalnego na terenie osiedla. W raporcie przedstawiającym wyniki I etapu prac w niniejszym temacie (Fortini, 1983) wykazano, że zróżnicowanie to sięga 3 klas odczuwalności termicznej wg skali Petroviča, Kàčvinskiego, dochodząc do $9,1 \text{ mcal cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ wg chwilowych odczytów katatermometrycznych. W raporcie tym posługiwano się głównie uśrednionymi wartościami dziennymi dla poszczególnych stanowisk przy czym dane zgrupowano osobno dla każdego z 4 głównych kierunków wiatru. Tym samym pominięty został w analizie wpływ promieniowania słonecznego na warunki klimatyczne badanego terenu. Przedstawienie uśrednionych wartości ochładzania przy uwzględnieniu stopnia przewietrzania i zacienienia stanowisk pomiarowych pozwoliło w niniejszej pracy przeprowadzić ocenę wpływu tych dwu czynników; na klimat odczuwalny terenu osiedla. Stwierdzono, że najwyższe wartości ochładzania występują na terenach silnie przewietrzanych, przede wszystkim w miejscach zacięniowanych, a mniejsze wartości ochładzania w miejscach słonecznych. W strefach o stagnacyjnym charakterze przewietrzania – miejsce słoneczne i zacięniowane różnią się nieznacznie. Dominującym składnikiem wielkości ochładzania jest w tym przypadku temperatura powietrza. Natomiast w wartości ochładzania terenów stagnacyjnych w stosunku do terenów silnie przewietrzanych różnice są wyraźne. Zróżnicowanie pionowe wielkości ochładzania jest niewielkie i wynosi średnio od 0,1 do $0,8 \text{ cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, przy czym najmniejsze zróżnicowanie pionowe stwierdzono w cieniastych przewietrzanych miejscach, gdzie nie ma warunków do występowania pionowego zróżnicowania klimatu (duże prędkości wiatru powodują mieszanie powietrza i wyrównywanie istniejących różnic, brak możliwości nagrzania podłoża ze względu na zacięniowanie terenu)

Oczywiście w tabelach zamieszczonych w opracowaniu, przedstawiono wartości uśrednione dla kilku stanowisk; różnych pór dnia gdy wartość energetyczna promieniowania słonecznego jest różna. Taki sposób opracowania wyników umożliwia znalezienie pewnych ogólnych prawidłowości, natomiast zacięniowane wielkości różnic klimatycznych między poszczególnymi stanowiskami, a również nie pozwala na stwierdzenie ekstremalnego zróżnicowania klimatu w poszczególnych przypadkach. Różnica między

poszczególnymi stanowiskami w chwilowych wartościach parametrów klimatu odczuwalnego, jest znacznie większa od przedstawionych w tabelach zamieszczonych w tej pracy. W poszczególnych przypadkach stanowiska w znacznym stopniu zacienione (wśród drzew, krzewów) mogą wykazywać warunki cieplejsze (niższe wartości ochładzania) od silniej przewietrzanych, lecz nasłonecznionych terenów otwartych. Czynnikiem klimatotwórczym jest w tym przypadku wiatr ochładzający tereny otwarte, lub jego brak – w przypadku miejsc silnie osłoniętych przez zieleń.

Przegląd danych empirycznych potwierdza ten fakt nawet w wartościach uśrednionych. W pewnych porach dnia w miejscach intensywnie przewietrzanych (punkty 8, 9, 10, 14) występują wyższe wartości ochładzania od wartości poza osiedlem na terenie otwartym (p. 15). W tej porze dnia na wyżej wymienionych stanowiskach wartości średnich temperatur powietrza są co prawda niższe niż na stanowisku 15, ale za to większe są prędkości wiatru. Prawdopodobnie ten czynnik zaważył na wartościach ochładzania na stanowiskach 8, 9, 10, 14. Przykładowo przeprowadzono analizę statystyczną dla kilku stanowisk w osiedlu (1, 8, 14) w celu określania zależności między różnicą wielkości ochładzania na wysokości 0,25 i 1,5 m n.p.g., a różnicami prędkości wiatru i wartości temperatury powietrza na tych samych poziomach wysokości. Stwierdzono, że współczynnik korelacji różnic wartości ochładzania i różnic prędkości wiatru wynosi: dla punktu 1 – 0,877, dla punktu 8 – 0,862, dla punktu 14 – 0,917. Współczynnik korelacji dla różnic wielkości ochładzania i różnic temperatury powietrza wynosił odpowiednio dla wyżej wymienionych stanowisk: 0,097, 0,067 i -0,174.

Szczegółowa analiza rozdziału wielkości ochładzania w osiedlu w zależności od ogólnego napływu powietrza wykazała, że na stanowiskach: 8, 9, 10, 14 występują największe wartości ochładzania przy wszystkich kierunkach wiatru oraz w punktach 2 i 11 nieco mniejsze wartości ochładzania. Jak łatwo zauważyć punkty pomiarowe 8 i 9 położone są w części osiedla gdzie penetracja wiatru (szczególnie z północy i południa) jest mało ograniczona, a dość duży odstęp między dwoma szeregami budynków (ponad 50 m) powoduje, że również wiatr z kierunku wschodniego i zachodniego oddziałuje na warunki klimatyczne tego terenu.

Stanowiska pomiarowe 10, 14 i 2 zlokalizowane są w miejscach przejść między budynkami, gdzie powstają znaczne przyspieszenia prędkości wiatru, co widoczne jest prawie przy wszystkich kierunkach (Fortini 1983).

Częściowe osłonięcie przez drzewa i krzewy stanowisk 2 i 10 powoduje zmniejszenie prędkości przepływu powietrza i wpływa na złagodzenie (pocieplenie) warunków klimatu odczuwalnego. Stanowiska 13, 1, 5 cechują się przy wszystkich kierunkach wiatru „cieplejszymi” warunkami klimatu odczuwalnego od pozostałych części osiedla. Stosunkowo niskie wartości ochładzania stwierdzono w punktach 6, 3, 7, 12. Wszystkie wyżej wymienione („cieple”) stanowiska są częściowo lub prawie całkowicie zacienione w ciągu dnia przez rosnące w pobliżu drzewa i wysokie krzewy.

Prawie całe osiedle w ciągu dnia charakteryzuje się mniejszymi wartościami ochładzania od znajdującego się w otwartym terenie stanowiska 15. Zróżnicowanie to wzrasta na stanowiskach usytuowanych w sąsiedztwie większych grup drzew i krzewów np. stanowiska 13, 5, 1. Otwarty teren w osiedlu posiada warunki ochładzania zbliżone do notowanych na stanowisku 15 poza osiedlem, a nawet okresami nieco chłodniejsze

np. rejon punktów pomiarowych 8 i 9.

Przerwy między budynkami, gdzie znajdują się stanowiska 10 i 14 również w pewnych sytuacjach odznaczają się chłodnymi warunkami klimatu odczuwalnego.

Łagodzące klimat odczuwalny oddziaływanie zieleni daje się zauważyć w rejonie punktu pomiarowego 2, gdzie mimo silnego zwężenia między budynkami (sprzyjającego intensyfikacji przepływu powietrza) – wartości ochładzania są niższe niż na innych stanowiskach (10, 14) zlokalizowanych także w przerwach między budynkami. Reasumując powyższe stwierdzenia można powiedzieć, że prawie cały teren osiedla ma warunki klimatu odczuwalnego „cieplejsze” (biorąc pod uwagę wartości ochładzania) niż teren otwarty poza osiedlem. W godzinach wieczornych wartości różnic ochładzania między osiedlem, a stanowiskiem 15 osiągnęły 4,0-4,9 $\text{mcal cm}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ w miejscach słabo przewietrzanych, a 2,4-2,9 $\text{mcal cm}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ w częściach osiedla o dużych prędkościach wiatru. W pewnych sytuacjach na terenach otwartych w osiedlu oraz w przerwach między budynkami występują większe wartości ochładzania niż na stanowisku 15, wywołane „efektem tunelowym” przepływu powietrza. Stwierdzono istotną zależność pomiędzy wielkością przewietrzania, która z znacznym stopniem kształtuje zróżnicowania wielkości ochładzania w osiedlu. Promieniowanie słoneczne wpływa na wyrównanie zróżnicowania poziomego i pionowego wielkości ochładzania. W miejscach słonecznych różnice wartości ochładzania na wysokości 1,5 m n.p.g. wynoszą 0,9 $\text{mcal cm}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ a w warstwie przyziemnej 0,5 $\text{mcal cm}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$. Zróżnicowanie to jest mniejsze w słabo przewietrzanych miejscach osiedla, gdy na wartość ochładzania dominujący wpływ ma wartość temperatury powietrza. W tych strefach zróżnicowanie pionowe wynosi 0,6 $\text{mcal cm}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, a poziome w zależności od zacienienia i nasłonecznienia stanowisk – tylko 0,3 $\text{mcal cm}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$.

Porównując średnie wartości temperatur efektywnych NTE i TE na poszczególnych stanowiskach można określić wpływ wiatru na zmianę klimatu odczuwalnego. Wartości wskaźnika bioklimatu TE, ujmującego łączne oddziaływanie temperatury i wilgotności powietrza na organizm człowieka, wskazywały, że stanowisko 15 cechuje najwyższe wartości temperatury efektywnej. Fakt ten był wynikiem wpływu intensywności przewietrzania rejonu punktu 15 można zaliczyć do chłodniejszych w porównaniu z wartościami NTE w osiedlu. Podobnie biorąc pod uwagę tylko wartość TE można by miejsca, lokalizacji stanowisk 12, 2, 8, 9, 10, 14 zaliczyć do terenów o ciepłych lub względnie ciepłych pod względem warunków klimatu odczuwalnego. Jednakże silne przewietrzanie powoduje w rzeczywistości (przy wietrze) kształtowanie się chłodniejszych warunków klimatu odczuwalnego. W przypadku stanowisk 8, 9, 10 średnie wartości NTE są w tych punktach najniższe. Poza miejscem stanowisk 8, 9, 10 – chłodnym fragmentem osiedla okazał się rejon punktu pomiarowego 14, gdzie podobnie jak na wyżej wymienionych stanowiskach-notowano najwyższe w osiedlu prędkości wiatru. Stanowiska 12 i 2 cechują jedne z wyższych wartości TE, jednakże dość swobodne przewietrzanie tych fragmentów osiedla, a szczególnie stanowiska 2, zlokalizowanego za przerwą między budynkami, powoduje, że w malejącym szeregu wartości NTE zajmują środkową pozycję.

Najchłodniejszymi warunkami termiczno-wilgotnościowymi (TE) charakteryzowały się miejsca lokalizacji stanowisk 1, 5, 7, 6. Jednakże jedne z najmniejszych w osiedlu

prędkości wiatru na tych terenach (spowodowane wyhamowującym strumień powietrza działaniem zieleni wysokiej i średniowysokiej) powodują, że warunki bioklimatyczne stają się znacznie cieplejsze niż ma to miejsce w przypadku innych części osiedla.

Najwyższe wartości NTE, a także i wysokie wartości TE, stwierdzano na słabo przewietrzanych i częściowo nasłonecznionych w ciągu dnia stanowisku 13. Nie uwzględniając różnic w rozkładzie przestrzennym wywołanych mikrorzeźbą terenu, osłonięciem przez drzewa, krzewy, murki itp. wartości temperatur efektywnych stwierdzono, że najwyższe wartości NTE i TE występują w miejscach nasłonecznionych i słabo przewietrzanych, w dalszej kolejności również w miejscach o małych prędkościach wiatru lecz zacienionych. Wartości temperatur efektywnych na terenach intensywnie przewietrzanych nie wykazują znacznych różnic pomiędzy miejscami zacienionymi i nasłonecznionymi, natomiast różnią się dość wyraźnie od średnich wartości TE i NTE na terenach słabo przewietrzanych. Na podstawie średnich wartości temperatur efektywnych można ocenić wpływ przewietrzania i nasłonecznienia na zmianę warunków klimatu odczuwalnego. W przypadku terenów o niewielkich prędkościach wiatru, decydującą rolę w odczuciu klimatu przez człowieka odgrywają warunki termiczno-wilgotnościowe (TE). Porównanie wartości TES dla miejsc zacienionych i nasłonecznionych pozwala ocenić wpływ promieniowania słonecznego na ciepłe odczucie klimatu. W przypadku badanego osiedla różnica TE w zależności od zacienienia wynosi średnio $1,0 \text{ mcal cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. Wiatr powoduje większe zróżnicowanie klimatu odczuwalnego w miejscach zacienionych różnice średnich wartości NTE na stanowiskach silnie i słabo przewietrzanych wynoszą $1,6 \text{ mcal cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, a na stanowiskach nasłonecznionych $2,6 \text{ mcal cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. Stwierdzono, że stanowiska o niewielkich prędkościach wiatru są zlokalizowane na ogół wśród zieleni drzewiastej i krzewiastej w osiedlu, a więc także częściowo ocienione, zaś stanowiska silnie przewietrzane usytuowane są na otwartych terenach w osiedlu lub na jego obrzeżu, a także w przerwach między budynkami, gdzie występuje przyspieszenie prędkości przepływu powietrza. Duża ilość drzew i krzewów, jaka znajduje się w osiedlu przyczynia się do zmniejszenia prędkości wiatru w porównaniu z terenem poza osiedlem (p. 15), a tym samym do "ocieplenia" klimatu odczuwalnego. W ciągu całego dnia większość osiedla cechują cieplejsze warunki klimatu odczuwalnego niż na terenie niezabudowanym i bez zieleni, reprezentowany przez stanowisko 15. Miejsca lokalizacji stanowisk 13, 1, 5, 3 cechują najwyższe wartości różnic NTE. Natomiast chłodniejsze warunki klimatu odczuwalnego niż poza terenem zabudowy osiedlowej (dodatnie wartości różnic) stwierdzono na otwartych terenach w osiedlu (stanowiska 8, 9, 11, 12) oraz w przejściach między budynkami (stanowiska 10, 14, 2).

Podsumowanie wyników badań bezpośrednich i pośrednich Wnioski bezpośrednich badań klimatologicznych

Po przeprowadzeniu analizy przestrzennego zróżnicowania warunków klimatu osiedla stwierdzono, że na badanym obszarze występują tereny niezabudowane, charakteryzujące się pewnymi specyficznymi właściwościami klimatu w zależności od sposobu zagospodarowania, głównie przez zielen.

Wyróżniono:

- a) Teren trawiasty otwarty w wewnętrznej części osiedla (o szerokości ok. 40-60m

i długości 170 m) reprezentowany pod względem klimatycznym przez stanowiska pomiarowe 8 i 9. Jest ten teren w ciągu dnia nasłoneczniony, a więc w godzinach południowych i popołudniowych charakteryzujący się dość wysokimi wartościami temperatury powietrza, która jest tu wyższa (średnio 0,7-1,0°C) od temperatury powietrza nad betonową powierzchnią na stanowisku 15. Podobna wyniki otrzymano w rezultacie przeprowadzenia porównawczych badań na placach i w parkach Warszawy (Szczepanowska, 1984). Wilgotność powietrza jest na ogół nieznacznie różniąca się (0-3%) od obliczonych średnich wartości na stanowisku 15. Podobnie prędkość wiatru różni się nieznacznie od prędkości wiatru na stanowisku 15, a nawet wiatr bywa silniejszy w osiedlu niż poza nim. Na terenie otwartym w osiedlu prędkości wiatru są 3-4 razy większe niż w najslabiej przewietrzanych miejscach osiedla. Są więc to tereny intensywnie przewietrzane, co jest powodem występowania wysokich wartości ochładzania (najwyższych w osiedlu) oraz szczególnie niskich wartości temperatur efektywnych (NTE). Wpływ wiatru, jako czynnika kształtującego klimat odczuwalny tych terenów, uwiadcza się przy porównaniu wartości NTE i TE dla tego terenu. Otóż pod względem wartości TE miejsca lokalizacji stanowisk 8 i 9 były jednymi z najcieplejszych w skali osiedla. Wpływ wiatru spowodował, że wartości NTE są nawet o około 2 stopnie niższe od średnich wartości na stanowisku 15.

b) Tereny w przerwach między budynkami. Na terenie osiedla występuje kilka takich miejsc o różnej szerokości od 6-7 m do około 30 m, przy wysokości budynków od 15 do 20 m. Są to szerokości krytyczne tzn. sprzyjające powstawaniu silnych prędkości przepływu powietrza. Szerokość krytyczna zawiera się w granicach 0,5-1,5 wysokości budynków (Żurański, Sobolewski, 1984). Największy odstęp między budynkami wynosi ok. 30 m – teren ten reprezentuje klimatologiczne stanowisko pomiarowe nr 4. Miejsce to porośnięte jest trawą. W ciągu całego dnia dobrze oświetlone przez słońce, charakteryzuje się jedną z najwyższych w osiedlu wartości temperatur powietrza w ciągu dnia, a w stosunku do temperatury na stanowisku 15 o 0,1-1,5°C wyższą. Na terenie tym notowano niskie wartości wilgotności względnej, co w połączeniu z wysokimi temperaturami powietrza znajduje wyraz we względnie dużych w skali osiedla wartościach TE.

Szeroka przerwa między budynkami sprzyja swobodnemu wnikaniu strumieni powietrza w głąb osiedla – stąd prędkości wiatru są tutaj duże, nieznacznie lub wcale nie różniące się od prędkości na terenie otwartym poza osiedlem.

Wartości ochładzania są w tym miejscu duże, a wartości NTE – małe, świadcząc, że ostatecznie pod wpływem wiatru kształtują się tutaj względnie chłodne warunki klimatu odczuwalnego w porównaniu z innymi częściami terenu osiedla.

Stanowiska 10 i 11 zlokalizowane są w znacznie węższej przerwie między budynkami (16 m) od stanowiska 14. Teren lokalizacji stanowisk 10 i 11 przez większą część dnia znajduje się w cieniu, stąd temperatura powietrza bywa niższa niż na stanowisku 15, a także jedna z najniższych na terenie osiedla. Wilgotność względna jest niewysoka, nieznacznie różniąca się w wartościach średnich od wartości na stanowisku 15. Rejon stanowiska 10 cechują jedne z największych prędkości wiatru – 3 a nawet 4 razy większe niż w przewietrzanych fragmentach osiedla. Średnia wartość ochładzania jest w godzinach rannych o 4,2 mcal cm⁻²·s⁻¹, a w południe o 3,5 mcal cm⁻²·s⁻¹ wyższa od najniższej wartości w skali osiedla. Wartości NTE są niższe na stanowisku 10 od śred-

nich wartości na stanowisku 15 (do $2,2^{\circ}$) gdy generalnie teren osiedla cechuje się cieplejszymi wartościami od otwartych terenów miejskich. Rejon stanowiska 11, położonego niedaleko od przerwy między domami ma mniejsze prędkości wiatru i ogólnie nieco cieplejsze warunki klimatu odczuwalnego od miejsca między domami. W pobliżu największej przerwy między budynkami usytuowane jest stanowisko 2. Teren ten cechuje się dość niskimi wartościami temperatury powietrza. W porównaniu do temperatury powietrza na stanowisku 15 średnie różnice były rzędu ($0,1-0,7^{\circ}\text{C}$). Wieczorem następuje wzrost tych różnic, głównie ze względu na ocieplające działanie nagrzanego betonowego podłoża punktu 15, a w mniejszym stopniu na skutek spadku temperatury na zacienionym stanowisku 2. Dość duże różnice występują w porównaniu z wartością wilgotności na stanowisku 15 (do 8% w wartościach średnich. Przyczyn należy szukać w odmiennym reżimie wilgotności stanowiska 15 oraz zabudowy zielenią rejonu stanowiska 2.

Prędkość wiatru na stanowisku 2 jest mniejsza niż na stanowiskach 14 i 10, ze względu na rosnące (za przerwą między budynkami od strony wschodniej) drzewa i krzewy. Zieleń ta powoduje łagodzenie bodźcowych warunków klimatu jakie występują na terenach wąskich przejść między budynkami. Mimo działania osłabiającego intensywność wiatru jest na stanowisku 2 względnie duża w skali osiedla (2-3 razy większa od najmniejszych wartości). Prędkość wiatru nieznacznie różni się od wartości średnich na stanowisku 15. Duże pionowe zróżnicowanie prędkości przepływu powietrza powoduje duże różnice między wartościami ochładzania na wysokości 0,25 i 1,5 m n.p.g. „Ocieplający” wpływ zieleni (zmniejszenie prędkości wiatru, wzrost wilgotności) wyraża się w wyższych niż należałoby oczekiwać wartościach NTE, jakkolwiek rejon stanowiska 2 należy do chłodniejszych w osiedlu. Zacienienie w ciągu dnia jest przyczyną występowania niskich temperatur powietrza i wartości TE. Wspomniane wyżej drzewa i krzewy zlokalizowane po wschodniej stronie rejonu stanowiska 2 były powodem rozbieżności oceny stopnia przewietrzania tego stanowiska przy wschodnim kierunku napływu powietrza – przeprowadzonej na podstawie modelowych badań osiedla bez zieleni oraz badań bezpośrednich (Fortini 1983).

c) Tereny o różnym stopniu zabudowania zielenią. Fragment osiedla w największym stopniu zabudowania przez zieleń drzewiastą i krzewiastą znajduje się między budynkami usytuowanymi wzdłuż ul. Czerniakowskiej a jezdnią – reprezentuje go pod względem klimatycznym stanowisko 13. Drugim stanowiskiem pomiarowym w rejonie którego jest dość dużo drzew i krzewów jest stanowisko 1. Tereny lokalizacji obu tych punktów pomiarowych charakteryzują się małymi prędkościami wiatru i w związku z tym najniższymi najniższymi wartościami ochładzania w osiedlu. Różnice ochładzania w stosunku do najchłodniejszego stanowiska w osiedlu wynoszą od około $2 \text{ mcal cm}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ wieczorem do około $4 \text{ mcal cm}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ w ciągu dnia. Zacienienie stanowiska 1 wpływa na wystąpienie różnic temperatury powietrza i wilgotności względnej w porównaniu do wartości tych elementów klimatu na znacznie bardziej nasłonecznionym stanowisku 13. Znajduje to odbicie w różnicach wartości TE, które są wyższe na stanowisku 13 niż w punkcie nr 1. Wartości NTE są na obu stanowiskach najwyższe w skali osiedla, przy czym na mniej zacienionym terenie punktu 13 są nieco wyższe. W porównaniu do najchłodniejszych miejsc w osiedlu różnica w wartościach NTE wynosi $3-4^{\circ}$. Stanowisko 3, zlokalizowane

jest w pobliżu grupy niskich drzew, które osłaniają punkt pomiarowy od strony zachodniej, a od strony wschodniej w odległości około 12 m znajduje się budynek mieszkalny. Takie usytuowanie stanowiska powoduje, że chociaż miejsce to jest mniej zabudowane drzewami i krzewami od stanowisk 13 i 1 – występują tu jedne z najmniejszych prędkości wiatru w osiedlu. Średnie prędkości wiatru są najwyżej 2 razy większe od najmniejszych średnich wartości w osiedlu.

Stanowisko 6 usytuowane między budynkiem a drzewami pozornie tylko ma zbliżony układ otoczenia do stanowiska 3. Wysokopienne drzewa nie stanowią przeszkody dla strumienia powietrza, natomiast powodują, że większa część strumienia przepływa pod koronami drzew powodując wzrost prędkości wiatru w warstwie pni. Na stanowisku tym występują nawet 3-krotnie większe prędkości wiatru niż na najmniej przewietrzonym miejscu w osiedlu. Generalnie jednak jest to część osiedla o niezbyt intensywnym przewietrzaniu. Znajduje to odbicie w dość wysokich wartościach temperatur efektywnych i niskim ochładzaniu. Występują również względnie duże różnice prędkości wiatru w stosunku do prędkości na stanowisku 15.

Oddziaływanie zieleni wyraża się w wysokich wartościach wilgotności na obu stanowiskach (3 i 6), przy czym na stanowisku 6 wartości są wyższe. Podobnie jak to ma miejsce w przypadku stanowisk 1 i 13, miejsca nasłonecznione charakteryzują się niższymi wartościami wilgotności powietrza. Tereny stanowisk 5 i 4 są przykładem, gdy układ zieleni i jej okład gatunkowy jest odmienny od innych zielonych „stanowisk” w osiedlu. Stanowisko 4 zlokalizowane jest przy parkingu wśród „anemicznych” drzewek, a stanowisko w pobliżu budynku wśród krzewów. Struktura przestrzenna zieleni jest zróżnicowana na różnych wysokościach w miejscach stanowisk 3, 4, 5. Krzewy osłaniając stanowiska 5, 3 powodując osłabienie prędkości wiatru zarówno w warstwie przyziemnej (0,25 m n.p.g.), jak i wyżej. Natomiast na stanowisku 5, nieco mniej osłoniętym, występują nieznacznie większe prędkości przepływu powietrza przy powierzchni terenu. Stanowisko 4 – wśród niewysokich i słabo rozgałęzionych drzew, cechują największe wśród omawianych trzech stanowisk prędkości wiatru na wysokości 0,25 m n.p.g. Na wysokości 1,5 m n.p.g. na stanowisku 4 nadal są największe prędkości wiatru a stanowiska 3 i 5 mają zbliżone wartości prędkości. Pod względem wartości ochładzania zróżnicowanie jest następujące: na stanowisku 1 wystąpiły najmniejsze wartości wśród omawianych stanowisk 1, 3, 4, 5, 6, 13. Drugim w kolejności „ciepłym” stanowiskiem jest punkt 13, dalej następują nie różniące się znacząco od siebie pod względem stopnia ochładzania – stanowiska 5 i 6 oraz 3 i 4. Nasłonecznienie podłoża w ciągu dnia i różnice w warunkach wilgotnościowych powodują, że przedstawiona wyżej kolejność stanowisk ulega zmianie. Najwilgotniejszymi stanowiskami okazuje się 13 i 1 (o czym pisano już poprzednio) w dalszej kolejności znajdują się punkty pomiarowe 5, 3, 6 i 4. Te dwa ostatnie cechują bardzo zbliżone do siebie warunki, jakkolwiek jedno stanowisko zlokalizowane jest w bardziej nasłonecznionym miejscu (4), a drugie mniej (6). Jednakże stopień przewietrzania jest odwrotny – stanowisko 4 cechują większe prędkości wiatru od stanowiska 6.

Kolejność uszeregowania stanowisk wg malejącej kolejności wartości NTE odpowiada uszeregowaniu wg malejącego stopnia zabudowy zielenią terenów lokalizacji stanowisk.

Porównanie wyników oceny przewietrzania osiedla przy pomocy metody badań modelowych i badań bezpośrednich w terenie

Oceniając ogólny stopień przewietrzania osiedla bez uwzględniania różnic występujących w poszczególnych fragmentach osiedla przy wietrze wiejącym z różnych kierunków należy stwierdzić, że metody modelowych badań przewietrzania w tunelu aerodynamicznym mogą być stosowane do prognozowania warunków przewietrzania projektowanych osiedli. W kolejnych etapach pracy przeprowadzono porównanie wyników bezpośrednich pomiarów kierunku i prędkości wiatru w osiedlu z wynikami badań opływu powietrzem modelu osiedla bez istniejącej tam zieleni (Fortini 1983). Porównanie to wykazało znaczny stopień zgodności obu metod, jakkolwiek przy pewnych kierunkach wiatru pomiary prędkości wiatru w terenie na niektórych stanowiskach różniły się od prędkości przepływów wykazywanych w badaniach modelowych. Przy czym stwierdzano równocześnie prawie idealną zgodność obu metod odnośnie określania kierunków napływu powietrza (wiatru). We wnioskach z tego etapu pracy wysunięto przypuszczenie, że przyczyną rozbieżności w określaniu prędkości wiatru przy pomocy obu metod może być wpływ zieleni drzewiastej i krzewiastej na charakter przewietrzania osiedla. W następnym etapie prac wykonano modelowe badania przewietrzania osiedla z symulacyjnym modelem zieleni osiedlowej.

Przeprowadzono kolejne porównanie przestrzennego rozkładu prędkości wiatru na terenie osiedla i wyników badań modelowych metodą saltacji piasku. Zestawienie wyników kolejnych etapów pracy, przedstawiono w tabeli klasyfikacji stanowisk wg intensywności przewietrzania. Stwierdza się znacznie większą zgodność uzyskanych wyników niż przy ocenie przewietrzania modelu osiedla bez zieleni. Wiarygodne dane o intensywności przewietrzania osiedla uzyskano na podstawie badań modelu bez zieleni w 50% przypadków, a przy uwzględnieniu wpływu zieleni na przepływ osiągnięto zgodności oceny prędkości wiatru w 12 przypadkach na 14 (86%). Wyniki badań bezpośrednich i pośrednich z symulowaną zielenią odnosiły się do warunków letnich, gdy zieleń odgrywa rolę jednego z czynników klimatotwórczych w osiedlu. Porównywalność wyników obu metod badawczych dla okresu wegetacyjnego pozwala przypuszczać, że wyniki badań tunelowych na modelu osiedla bez zieleni można wykorzystać do wnioskowania o klimacie w osiedlu w okresie zimowym. Należy w takim przypadku oczekiwać względnie chłodniejszych warunków klimatu odczuwalnego na stanowiskach 7, 10, 1, 3, 5, 6, 11, 13 – tj. głównie miejsc w osiedlu, gdzie w okresie wegetacyjnym zieleń wpływała na warunki przewietrzania, oddziałując tym samym na klimat odczuwalny. Zmiany w intensywności przewietrzania powoduje nie tylko zieleń w najbliższym otoczeniu osiedla i wewnątrz niego, lecz również nie modelowana w badaniach tunelowych zieleń w nieco większym oddaleniu od budynków. W badaniach podobnego typu przeprowadzanych w przeszłości należałoby ten fakt uwzględnić.

Zakończenie

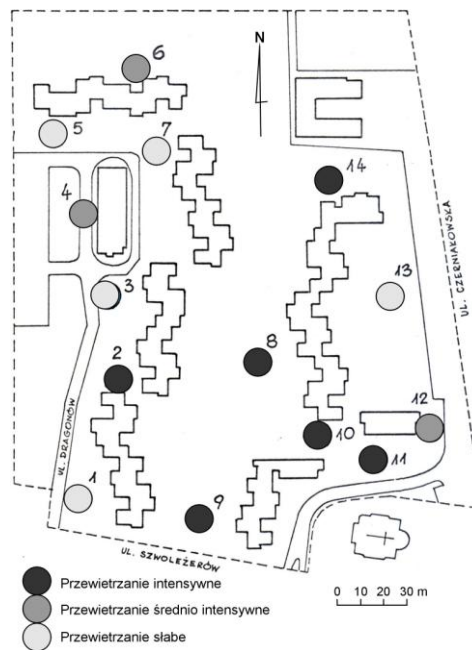
Osiedle w mieście różni się nieco pod względem warunków fizycznych od terenu otwartego poza osiedlem, szczególnie od terenu wybetonowanego, nieosłoniętego. Z takich porównań (omawianych w poprzednich rozdziałach) wynika, że kierunki i prędko-

kości wiatru obserwowane w osiedlu zwykle różnią się bardzo od obserwowanych na terenach otwartych i są wynikiem wielokrotnych odbić, turbulencji i odkształceń przepływu powietrza spowodowanych usytuowaniem budynków względem siebie. Roślinność – szczególnie drzewa i krzewy a nawet trawniki w warstwie przyziemnej wpływają modyfikująco na prędkości wiatrów.

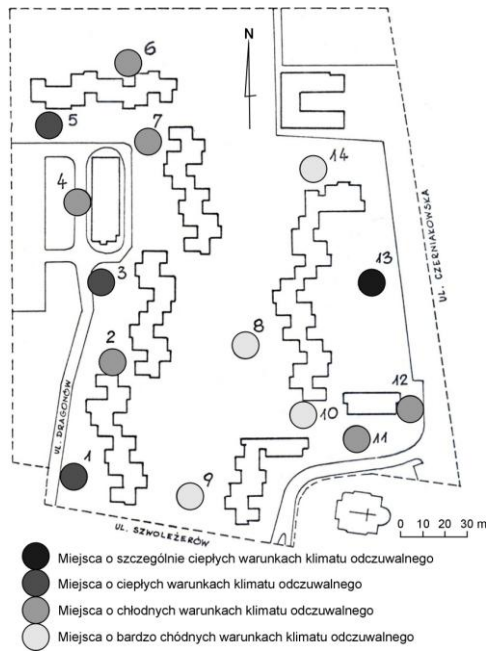
W ciągu dnia osiedle jest cieplejsze niż tereny otwarte, przy czym różnice chwilowe stwierdzone na tym osiedlu mogą dochodzić do 3-4°C, a wieczorem wewnątrz osiedla jest chłodniejsze. Różnice temperatur pomiędzy miejscami nasłonecznionymi i zacienionymi w dni bezwietrzne mogą indukować powstawanie przepływów powietrza. Stanowiąc to może wtedy, wewnętrzny system przewietrzania, przy czym takie lokalne wiatry powstawać mogą już przy różnicy temperatur 1°C.

Cały teren osiedla ma wyższą wilgotność względną niż otwarty teren poza osiedlem – co wywołane jest obecnością zieleni. Najwyższą wilgotność mają obszary słabo przewietrzane, silnie zacienione.

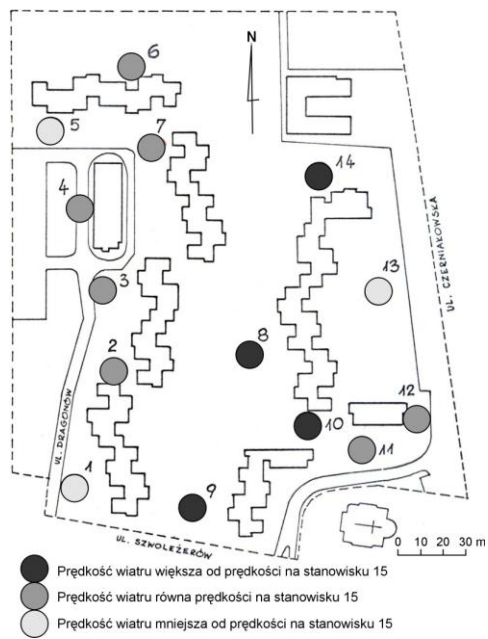
Występuje wyraźne zróżnicowanie prędkości wiatru w warstwie (0,25 m nad poziom gruntu) i na wysokości 1,5 m n.p.g. w osiedlu i poza nim. Na terenach trawiastych, otwartych różnice prędkości na obu poziomach w otoczeniu do punktu kontrolnego poza osiedlem są niewielkie. Natomiast w obszarach stagnacji powietrza, na wysokości 1,5 m są średnio o około 1 m/s niższe niż poza osiedlem. Wartości chwilowe mogą jeszcze bardziej się różnić. Na wysokości 0,25 m różnice te są znacznie mniejsze. Jest to zjawisko korzystne powodujące wyrównanie klimatu lokalnego tych obszarów w ciągu całego dnia, pod warunkiem jednak, że obszary te nie znajdują się w strefie oddziaływania zanieczyszczeń.



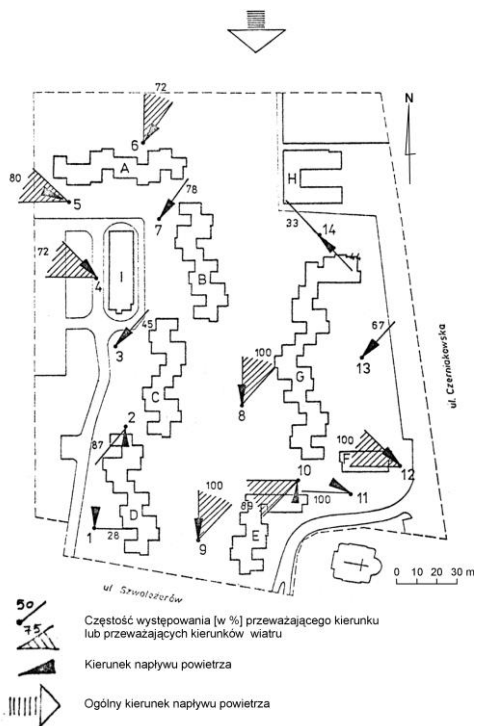
Rysunek 1. Zróżnicowanie intensywności przewietrzania terenu osiedla



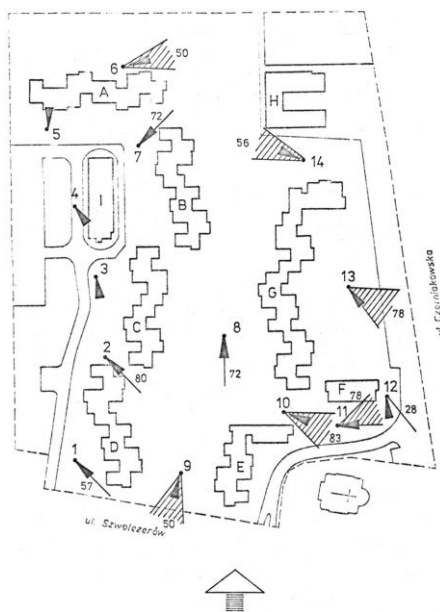
Rysunek 2. Zależność klimatu odczuwalnego (NTE) od intensywności przewietrzania



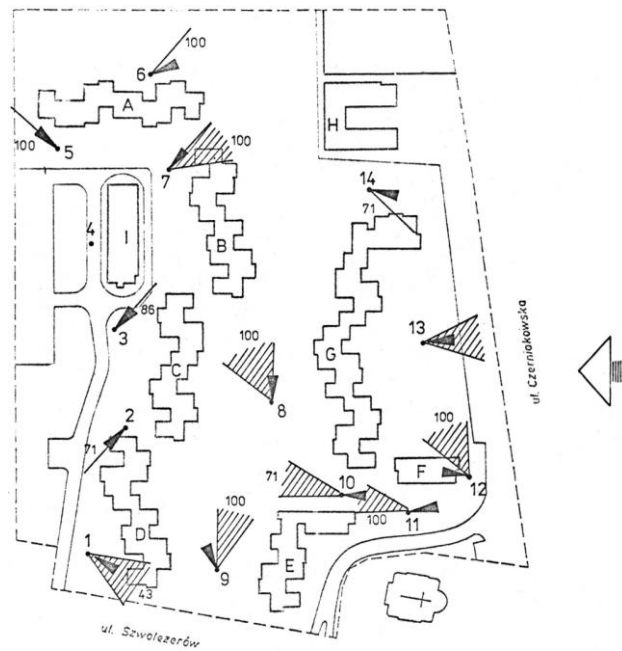
Rysunek 3. Różnice między intensywnością przewietrzania osiedla a prędkością wiatru w terenie otwartym poza osiedlem (wg pomiarów bezpośrednich)



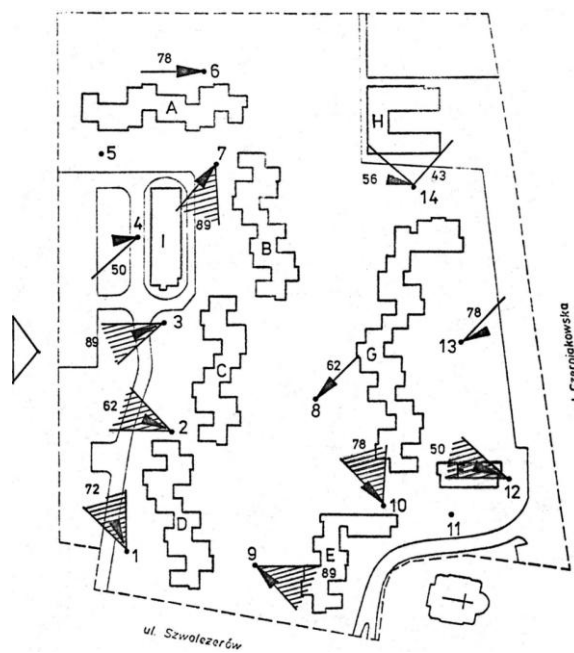
Rysunek 4. Rozkład kierunków wiatru w osiedlu przy ogólnym napływie powietrza z północy



Rysunek 5. Rozkład kierunków wiatru w osiedlu przy ogólnym napływie powietrza z południa, objaśnienia – jak na rysunku 4



Rysunek 6. Rozkład kierunków wiatru w osiedlu przy ogólnym napływie powietrza ze wschodu, objaśnienia – jak na rysunku 4



Rysunek 7. Rozkład kierunków wiatru w osiedlu przy ogólnym napływie powietrza z zachodu, objaśnienia – jak na rysunku 4

Tabela 1. Średnie wartości temperatury powietrza na wysokości 1,5 m

Stanowisko godziny	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
7-9	17,2	18,5	17,2	17,9	18,5	17,5	17,1	17,5	17,5	17,5	18,8	17,8	17,0	17,5	17,6
10-12	19,6	19,6	19,5	20,4	19,4	19,5	19,0	20,0	19,7	19,6	19,2	20,1	20,6	20,5	19,0
13-15	19,5	19,5	19,0	20,0	18,6	19,0	18,9	19,6	19,5	18,1	20,2	19,7	19,7	20,2	19,2
16-18	20,5	18,3	20,7	20,5	17,4	18,0	20,6	20,7	20,5	20,5	18,4	20,0	20,7	21,2	19,9
19-21	18,7	17,2	19,3	19,5	16,9	16,9	19,1	19,0	19,0	19,2	16,8	19,2	19,1	19,4	19,4

Tabela 2. Różnice średnich wartości temperatury powietrza na wysokości 1,5 m między stanowiskiem 15 i stanowiskami w osiedlu

Stanowisko godziny	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
7-9	0,4	-0,7	0,4	-0,3	-0,9	1,1	0,3	0,1	0,1	0,1	-1,2	-0,2	-0,2	0,1	0,0
10-12	-0,6	-0,6	-0,1	-1,4	-0,4	-0,3	0,0	-1,0	-0,7	-0,6	-0,2	-1,1	-1,6	-1,5	0,0
13-15	-0,1	-0,1	0,2	-0,8	0,6	0,2	0,3	-0,4	-0,1	1,1	-1,0	-0,5	-0,5	-1,0	0,9
16-18	-0,4	1,6	-0,8	-0,6	2,5	1,9	-0,7	-0,8	-0,6	-0,6	1,5	-0,1	-0,8	-1,3	0,0
19-21	0,7	2,2	0,1	0,1	3,4	2,5	0,3	0,4	0,4	0,2	2,6	0,2	0,3	0,0	0,0

Tabela 3. Zróżnicowanie średnich wartości temperatury powietrza (°C) w zależności od stopnia przewietrzania i zacielenia terenu (wysokość 1,5 m)

Stanowisko	w cieniu	w słońcu
Intensywne przewietrzanie	10,6	19,3
Słabo przewietrzane	19,0	19,0

Tabela 4. Różnice średnich wartości wilgotności względnej powietrza na wysokości 1,5 m między stanowiskiem 15 i stanowiskami w osiedlu

Stanowisko godziny	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
7-9	-6	-8	-2	-3	-9	-3	1	-3	-1	0	-8	-1	-2	0	0
10-12	-8	-2	-5	-7	-12	0	0	3	1	1	-4	3	0	1	0
13-15	-5	-3	-1	3	-7	0	-1	3	3	-1	-2	1	-3	1	0
16-18	-3	-6	-1	2	-17	-9	-3	-1	0	0	-12	-2	-5	-1	0
19-21	-4	-2	0	-3	-16	-5	0	-1	1	0	-10	0	-4	0	0

Tabela 5. Zróżnicowanie średniej wilgotności względnej powietrza (%) w zależności od stopnia przewietrzania i zacielenia terenu (wysokość 1,5 m)

Stanowisko	w cieniu	w słońcu
Intensywne przewietrzanie	69	69
Słabo przewietrzane	76	70

Tabela 6. Stosunek średniej prędkości wiatru na wysokości 1,5 m w poszczególnych stanowiskach do najmniejszej prędkości na badanym obszarze

Stanowisko godziny	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
7-9	1	3		2	2	3	2	4	3	4	3	2	2	4	4
10-12	1	3	1	2	1	2	1	5	3	5	2	2	1	3	3
13-15	1	2	2	2	1	1	2	3	3	3	3	2	1	3	3
16-18	1	2	2	2	1	2	2	3	3	2	2	1	1	2	3
19-21	1	2	2	2	1	1	2	3	3	3	2	2	1	2	4

Tabela 7. Różnica średniej prędkości wiatru (m/s) na wysokości 1,5 m między stanowiskiem 15 a stanowiskami w osiedlu

Stanowisko godziny	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
7-9	1,0	0,3	1,0	0,6	0,6	0,4	0,7	0,2	0,4	0,1	0,4	0,6	0,7	0,2	0,0
10-12	0,3	0,0	0,7	0,3	0,7	0,5	0,9	0,1	0,0	-0,1	0,2	0,3	0,8	0,0	0,0
13-15	0,8	0,6	0,6	0,4	0,2	0,8	0,5	-0,2	-0,2	0,2	0,0	0,5	1,0	0,0	0,0
16-18	1,0	0,4	0,7	0,7	1,2	0,8	0,8	-0,1	-0,1	0,5	0,7	0,9	1,0	0,6	0,0
19-21	1,3	0,9	1,0	1,0	1,4	1,2	1,0	0,5	0,5	0,7	0,8	0,8	1,2	0,7	0,0

Tabela 8. Średnie prędkości wiatru (m/s) na wysokości 1,5 m

Stanowisko godziny	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
7-9	0,3	1,0	0,5	0,7	0,7	0,9	0,5	1,1	0,9	1,2	0,9	0,7	0,6	1,1	1,3
10-12	0,6	1,4	0,7	1,1	0,7	0,8	0,5	1,3	1,4	1,5	1,2	1,1	0,6	1,4	1,4
13-15	0,8	1,0	1,0	1,2	0,5	0,8	1,1	1,8	1,8	1,4	1,6	1,1	0,6	1,6	1,6
16-18	0,9	1,5	1,2	1,2	0,7	1,1	1,1	2,0	2,0	1,4	1,2	1,0	0,9	1,3	1,9
19-21	0,5	0,9	0,8	0,8	0,4	0,6	0,8	1,3	1,5	1,1	1,0	1,0	0,6	1,1	1,8

Tabela 9. Średnie wartości różnic temperatury powietrza na wysokości 0,25 i 1,5 m

Stanowisko godziny	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
7-9	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,2	0,0	0,1	0,2	0,0	0,2	0,4	0,0	0,2	0,2
10-12	0,0	0,1	0,9	0,2	0,1	0,3	0,0	0,2	0,2	0,2	0,3	0,5	0,0	0,3	0,6
13-15	0,1	0,1	0,0	0,3	0,0	0,1	0,0	0,1	0,5	0,2	0,7	0,4	0,0	0,3	0,4
16-18	-0,2	0,1	0,2	0,3	-0,2	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,1	0,0	0,2	0,0	0,2
19-21	-0,2	0,0	0,0	0,0	-0,4	-0,2	-0,1	-0,2	-0,2	-0,1	0,0	-0,2	-0,2	-0,2	0,1

Tabela 10. Średnie wartości różnic wilgotności względnej powietrza na wysokości 0,25 i 1,5 m

Stanowisko godziny	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
7-9	0,5	1,3	0,0	0,8	0,5	1,2	1,6	1,3	0,8	1,4	0,7	0,5	1,1	2,8	-0,3
10-12	1,5	0,4	2,0	1,4	2,0	3,5	2,4	0,5	1,4	1,4	1,2	1,5	1,6	3,2	-1,3
13-15	0,6	1,1	2,2	0,8	3,9	4,9	1,6	1,2	1,5	2,7	0,3	1,9	2,0	1,3	0,1
16-18	3,8	1,0	1,7	0,5	3,5	1,7	1,6	0,4	2,4	1,3	1,9	1,1	1,6	2,2	-0,3
19-21	2,4	0,6	0,9	1,4	4,2	4,8	1,6	2,3	2,9	3,0	3,8	2,5	3,2	3,6	0,8

Tabela 11. Stosunek średniej prędkości wiatru na wysokości 0,25 m w poszczególnych stanowiskach do najmniejszej prędkości na badanym obszarze

Stanowisko godziny	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
7-9	1	2	1	2	1	3	1	4	2	4	2	2	2	3	3
10-12	1	2	1	2	1	2	1	5	3	4	3	2	1	3	2
13-15	1	1	1	2	1	1	1	2	3	2	2	2	1	2	2
16-18	1	2	1	1	1	1	1	3	2	2	1	2	1	2	3
19-21	1	2	2	2	1	1	3	4	4	4	3	4	1	4	5

Tabela 12. Różnica średniej prędkości wiatru (m/s) na wysokości 0,25 m między stanowiskiem 15 a stanowiskami w osiedlu

Stanowisko godziny	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
7-9	0,7	0,4	0,7	0,4	0,5	0,1	0,6	-0,1	0,4	-0,3	0,5	0,4	0,4	0,2	0,0
10-12	0,6	0,3	0,4	0,2	0,5	0,2	0,6	-0,1	-0,3	-0,6	-0,3	0,0	0,4	-0,1	0,0
13-15	0,9	0,5	0,8	0,3	1,1	0,8	0,6	0,0	-0,3	0,1	0,1	0,3	0,9	0,3	0,0
16-18	1,2	0,7	1,0	1,0	1,2	0,9	0,9	0,0	0,1	0,7	0,9	0,8	1,0	0,8	0,0
19-21	1,2	0,6	0,9	0,9	1,1	1,0	0,7	0,3	0,3	0,3	0,4	0,7	0,3	1,1	0,4

Tabela 13. Zróżnicowanie średnich wartości ochładzania ($\text{mcal} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) w zależności od stopnia przewietrzania i zacienienia terenu

Stanowiska		w cieniu	w słońcu
Intensywnie przewietrzane	1,5 m	10,5	8,7
	0,25 m	9,8	7,7
Słabo przewietrzane	1,5 m	8,1	7,8
	0,25 m	7,5	7,2

Tabela 14. Różnica średnich wartości ochładzania ($\text{mcal}/(\text{cm}^2 \cdot \text{s})$) na wysokości 1,5 m między stanowiskiem 15 a stanowiskami w osiedlu

Stanowisko godziny	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
7-9	4,1	1,8	4,8	2,6	3,3	1,4	3,0	0,7	1,5	0,6	2,6	2,7	3,4	0,7	0,0
10-12	3,4	0,8	2,1	1,5	2,6	2,2	2,9	-0,3	-0,2	-0,2	0,6	1,6	3,5	-1,1	0,0
13-15	3,0	2,0	1,6	1,7	3,5	2,5	1,3	-0,8	-0,6	0,2	0,2	1,9	3,6	0,0	0,0
16-18	4,3	2,1	3,3	2,6	4,3	5,8	3,0	0,9	0,7	2,5	2,8	3,8	3,8	2,0	0,0
19-21	4,7	2,9	3,3	3,4	4,7	4,9	3,4	2,5	1,7	3,8	2,4	5,0	4,0	2,4	0,0

Tabela 15. Średnie różnice wartości ochładzania (wysokości: 0,25 i 1,5 m n.p.g.)

Stanowisko godziny	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
7-9	-0,2	-1,5	-0,3	-0,8	-1,1	-1,2	-0,6	-0,6	-1,1	0,0	-0,7	-0,4	-0,4	-0,4	-1,1
10-12	-0,7	-2,5	-0,5	-1,3	-0,6	-0,6	-0,6	-0,5	-0,6	-0,2	-0,1	-0,9	-0,3	-1,0	-1,2
13-15	-0,8	-0,4	-1,2	-0,5	-0,4	-0,4	-0,9	-1,4	-0,6	-0,4	-0,9	-0,2	-0,4	-9,4	-0,9
16-18	-0,8	-0,2	-1,2	-1,6	-0,3	-1,1	-0,6	-0,8	-0,4	-0,5	-0,9	-0,1	-0,5	-0,9	0,0
19-21	-0,9	-0,6	-0,2	-1,0	-0,2	-0,6	-0,2	-0,5	-0,8	0,0	-0,9	-0,6	-0,1	-0,6	-1,3

Tabela 16. Średnie wartości normalnej temperatury efektywnej (w stopniach NTE, wysokości: 0,25 i 1,5 m n.p.g.)

Stanowisko godziny	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
7-9	14,7	15,0	15,7	14,4	15,6	14,2	14,2	13,0	13,5	12,8	15,9	14,9	15,7	12,4	13,6
10-12	15,9	14,0	14,8	14,4	15,3	14,7	14,5	13,2	13,4	12,8	13,9	14,7	16,7	13,4	14,0
13-15	14,2	13,5	13,8	13,8	14,2	13,9	13,5	11,6	12,0	11,7	12,7	12,7	15,4	11,7	13,8
16-18	14,7	14,0	14,5	14,6	14,9	14,6	13,8	12,8	12,8	14,2	14,3	15,0	15,4	13,2	12,5
19-21	14,5	13,4	13,8	14,3	14,7	14,2	13,6	13,3	13,4	14,9	12,6	13,3	14,9	12,8	13,2

Tabela 17. Średnie wartości temperatury efektywnej (w stopniach TE, wysokość 1,5 m n.p.g.)

Stanowisko godziny	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
7-9	15,3	17,6	15,0	16,1	17,2	15,9	15,7	16,3	16,1	16,0	18,1	16,4	16,5	15,9	16,5
10-12	16,8	17,4	16,9	17,8	17,2	17,2	16,9	17,7	17,6	17,2	17,2	17,8	18,2	17,5	18,2
13-15	15,9	16,5	16,5	17,0	15,0	16,5	16,2	16,9	16,6	16,6	15,0	17,0	17,1	16,6	18,3
16-18	16,1	16,3	16,7	16,9	15,0	16,3	16,4	16,5	16,5	16,6	15,8	16,7	16,9	16,7	18,6
19-21	15,4	15,8	16,0	16,1	15,2	15,3	15,8	15,7	15,8	16,0	15,7	15,9	15,9	15,0	16,4

Tabela 18. Różnice średniej wartości normalnej temperatury efektywnej między poszczególnymi stanowiskami, a najmniejszą wartością w osiedlu (NTE, wysokość 1,5 m)

Stanowisko godziny	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
7-9	-2,3	-2,6	-3,3	-2,0	-3,2	-1,8	-1,8	-0,6	-1,1	-0,4	-3,5	-2,5	-3,3	0,0	-0,8
10-12	-3,1	-1,2	-2,0	-1,6	-2,5	-1,9	-1,7	-0,4	-0,6	0,0	-1,1	-1,9	-3,9	-0,6	-1,2
13-15	-2,6	-1,9	-2,2	-2,2	-2,6	-2,3	-1,9	0,0	-0,4	-0,1	-1,1	-1,1	-3,8	-0,1	-2,2
16-18	-2,2	-1,5	-2,0	-2,1	-2,4	-2,1	-1,3	-0,3	-0,3	-1,7	-1,8	-2,5	-2,9	-0,7	0,0
19-21	-1,9	-0,8	-1,2	-1,7	-2,1	-1,6	-1,0	-0,7	-0,8	-2,3	0,0	-0,7	-2,3	-0,2	-0,4

Tabela 19. Różnice średniej wartości normalnej temperatury efektywnej między stanowiskiem 15, a stanowiskami w osiedlu (NTE, wysokość 1,5 m)

Stanowisko godziny	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
7-9	-1,1	-1,4	-2,1	-0,8	-2,0	-0,6	-0,2	0,6	0,1	0,8	-2,3	-1,3	-2,1	1,2
10-12	-1,9	0,0	-0,8	-0,4	-1,3	-0,7	-0,5	0,8	0,6	1,2	0,1	-0,7	-2,7	0,6
13-15	-0,4	0,3	0,0	0,0	-0,4	-0,1	0,3	2,2	1,8	2,1	1,1	11,0	-1,6	2,1
16-18	-2,2	-1,5	-2,0	-2,1	-2,4	-2,1	-1,3	-0,3	-0,3	-1,7	-1,8	-2,5	-2,9	-0,7
19-21	-1,3	-0,2	-0,6	-1,1	-1,5	-1,0	-0,4	-0,1	-0,2	-1,7	0,6	-0,1	-1,7	0,4

Tabela 20. Zróżnicowanie średnich wartości normalnej temperatury efektywnej w zależności od stopnia przewietrzania i zacielenia terenu (NTE, wysokość 1,5 m)

Stanowisko	w cieniu	w słońcu
Intensywne przewietrzanie	12,7	12,9
Słabo przewietrzane	14,3	15,5

V. WPŁYW ZABUDOWY NA ZRÓŻNICOWANIE WARUNKÓW MIKROKLIMATYCZNYCH W OSIEDLACH SADY ŻOLIBORSKIE I SZWOLEŻERÓW

Maria STOPA-BORYCZKA, Maria KOPACZ-LEMBOWICZ,
Ewa RYCZYWOLSKA

W literaturze klimatologicznej odczuwa się dotkliwy brak wyników badań eksperymentalnych odnośnie wpływu układu zabudowy w osiedlach na zróżnicowanie parametrów meteorologicznych i warunków odczuwalnych.

Dane tego typu są niezbędne do prognozy zmian klimatu lokalnego wewnątrz i na zewnątrz osiedla przez projektowaną zabudowę.

Temat niniejszy podjęto w związku z realizacją budowy osiedla mieszkaniowego w Białoleśce Dworskiej.

Głównym celem pracy jest określenie:

- przestrzennego zróżnicowania temperatury i wilgotności powietrza oraz prędkości wiatru,
- zróżnicowanie warunków odczuwalnych ze szczególnym uwzględnieniem miejsc zabaw dla dzieci oraz
- warunków przewietrzania osiadli zależnie od układu zabudowy.

Eksperymentalne badania mikroklimatyczne pod tym kątem przeprowadzono w Warszawie na osiedlu mieszkaniowym Sady Żoliborskie. Jako przykład wybrano układ zabudowy kwaterowej (Sady I) i ulicowej (Sady IV) oraz zespół wysokich wieżowców (Sady II). Należy jeszcze uzupełnić, że na całym osiedlu jak i w jego otoczeniu duży procent powierzchni zajmuje zieleń (trawniki, krzewy oraz zespoły drzew). Rozkład punktów pomiarowych na tych obiektach badań ilustruje zamieszczony plan sytuacyjny (rys. 1). W sumie sieć obserwacyjna obejmowała 17 punktów pomiarowych, z czego 6 zlokalizowano na osiedlu Sady I (p. 11, 12, 13, 14, 15, 16), kolejne 5 – na osiedlu Sady II (p. 1, 2, 3, 5, 6) i 4 – na osiedlu Sady IV (p. 7, 8, 9, 10).

Stanowisko 4 i 17 przyjęto jako punkty odniesienia, umieszczając je poza osiedlem na dużych trawnikach w otoczeniu zieleni. Klasyfikując punkty pomiarowe wewnątrz osiedlowe w zależności od charakteru podłoża należy stwierdzić, że najczęściej z nich zlokalizowano na chodnikach 6 (p. 1, 6, 7, 8, 9, 10, 14) i trawnikach – 5 (p. 2, 3, 11, 15, 16) oraz 3 bezpośrednio na gruncie (p. 5, 12, 13). Badania przeprowadzono w okresie letnim na przełomie lipca i sierpnia (30.VII-4.VIII) 1979 roku. Okres badań cechowała pogoda ciepła, bez opadów atmosferycznych, z wyjątkiem 2.VIII. Przeważało zachmurzenie typu konwekcyjnego, umożliwiające dopływ energii słonecznej do powierzchni Ziemi. W dniach 3 i 4.VIII następował rozwój chmur warstwowych *As*, *Sf* aż do *Ns*. Wiatry były słabe i umiarkowane z kierunku S i SW.

Żeby uchwycić największe przestrzenne zróżnicowanie parametrów meteorologicznych w zależności od układu zabudowy pomiary zagęszczono co pół godziny w terminach rannych (7-11), południowych i popołudniowych (12-16) i wieczornych (17-21). Aby wyeliminować zaś wpływ podłoża, uwzględniono tylko poziom 1,5 m nad powierzchnią gruntu, należy dodać, że pomiary prowadzono synchronicznie.

Problem warunków mikroklimatycznych placów zabaw dla dzieci w zależności od ich lokalizacji na osiedlu, badano w oparciu o osiedle mieszkaniowe Szwoleżerów w Warszawie.

Badania prowadzono w tym samym roku na początku lata 1979 r. Przykładowo podano wyniki badań z 26.VI. Był to początkowo dzień pogodny, w którym zachmurzenie konwekcyjne wzrastało do godz. 15, pokrywając o 16 już całe niebo. Wiatry wiejące z kierunków S i SW miały małe prędkości. Pomiarów dokonywano co pół godziny w terminach 12-16 h. W tym przypadku ograniczono się do poziomu 0,25 m nad powierzchnią gruntu – średniej wysokości bawiącego się dziecka.

Sieć punktów pomiarowych obejmowała 10 stanowisk, z czego 8 znajdowało się na placach zabaw dla dzieci, zlokalizowanych w różnych częściach osiedla mieszkaniowego Szwoleżerów (rys. 2). Piaskownicę obudowaną ze wszystkich stron murkami wyraża stanowisko 1. Otwarty teren zabaw przy ulicy Czerniakowskiej reprezentują punkty 2 – obok piaskownicy i 5 – nad asfaltem. Na placu zabaw w otoczeniu zieleni umieszczono punkt 4 – nad trawnikiem i 5 – pod drzewem. Kolejne place zabaw znajdują się w bliskim sąsiedztwie budynków po stronie zachodniej, a reprezentują je 3 punkty, 6 i 8 umieszczono nad asfaltem, a 7 obok piaskownicy.

Stanowiska 9 i 10 przyjęto jako punkty odniesienia, umieszczając je poza osiedlem na trawniku i chodniku.

Przy ocenie warunków mikroklimatycznych wybranych fragmentów osiedla mieszkaniowego Sady Żoliborskie i Szwoleżerów uwzględniono oprócz podstawowych elementów meteorologicznych, takich jak temperatura i wilgotność powietrza oraz kierunek i prędkość wiatru, także warunki odczuwalne.

Uzyskane wyniki przedstawiono na wykresach (rys. 1-5, rys. 6a, 6b, 6c, rys. 7a, 7b, rys. 8-9) i w tabelach (tab. 1-5), ilustrujących rozkład przestrzenny średnich wartości w badanym okresie w osiedlu Sady Żoliborskie. Natomiast dla osiedla Szwoleżerów są to dane z wybranego dnia.

Warunki mikroklimatyczne osiedla mieszkaniowego Sady Żoliborskie na tle otoczenia

Osiedle mieszkaniowe Sady Żoliborskie – ściany domów, dachy, jezdnie, chodniki itp., stanowiąc głównie powierzchnię czynną, absorbującą promieniowanie słoneczne, akumulują znacznie większe ilości energii cieplnej, aniżeli teren nie pokryty zabudową. Następnie emitują one pochłonięte ciepło, powodując podwyższenie temperatury powietrza w najbliższym otoczeniu. Zatem różnice temperatury powietrza między punktami w osiedlu Sady Żoliborskie i otoczeniem są w większości przypadków dodatnie, zwłaszcza w godzinach rannych, południowych i popołudniowych (rys.3). W skrajnych przypadkach osiągają one wartości rzędu 0,7 i 0,9 deg – zabudowa kwaterowa (Sady I).

W godzinach wieczornych wyodrębniają się punkty zlokalizowane w obrębie zabudowy wysokiej (Sady IV) jako chłodniejsza w porównaniu z otoczeniem. Maksymalna różnica (-2,1 deg) wystąpiła między punktami 2 i 17. Pozostałe fragmenty osiedla mogą być wieczorem cieplejsze, co uwidacznia się w punkcie 13 – położonym w zabudowie kwaterowej (Sady I) oraz w punkcie 5 i 6 – zabudowa wysoka (Sady IV).

Zawartość pary wodnej w przyziemnej warstwie atmosfery w osiedlu mieszkaniowym Sady Żoliborskie zależy przede wszystkim od wilgotności podłoża – od rodzaju

powierzchni parującej. Szybki odpływ wód opadowych do sieci kanalizacyjnej osiedla, duże powierzchnie zabudowy, asfaltu, chodników przyczyniają się do zmniejszenia parowania w stosunku do otaczających terenów pokrytych roślinnością. Wilgotność powietrza zależy także od transpiracji roślin, których w osiedlu Sady Żoliborskie jest sporo, ale mniej niż poza obszarem zabudowanym. Dlatego też powietrze w osiedlu mieszkaniowym Sady Żoliborskie (mimo wyższej temperatury powietrza) jest bardziej suche niż na jego peryferiach (rys. 4).

Różnice ciśnienia pary wodnej powietrza mogą sięgać 4,5 hPa – w przypadku zabudowy kwaterowej (Sady I) oraz 1,2 hPa – przy zabudowie wysokiej (Sady IV). Największe zróżnicowanie między poszczególnymi typami zabudowy i otoczeniem występuje najczęściej w terminach wieczornych, a najmniejsze – rano.

Osiedle mieszkaniowe Sady Żoliborskie będące zbiorem budynków różnej wysokości (od parterowych do 10-piętrowych) o określonym układzie przestrzennym zwiększa szorstkość podłoża. Budynki stanowią przeszkodę dla swobodnego przepływu mas powietrza, przyczyniają się do zmniejszenia prędkości wiatru przy powierzchni Ziemi. Szczególnie wyraźnie uwidacznia się przy zabudowie kwaterowej (Sady I), która zmniejsza prędkość wiatru niezależnie od pory dnia – najbardziej wieczorem (od -0,3 do 0,3 m/s) i (od 0,1 do 0,5 m/s). Zabudowa ulicowa (Sady II) zmniejsza prędkość wiatru głównie wieczorem i w południe średnio o 0,5 m/s. Natomiast w godzinach rannych może też podwyższać ją o 0,2-0,3 m/s w porównaniu z otoczeniem (rys. 5).

W obrębie zabudowy wysokiej (Sady IV) średnie prędkości wiatru są na ogół wyższe w porównaniu z otoczeniem, zwłaszcza w terminach południowych i popołudniowych. Różnice prędkości wiatru w tym ostatnim przypadku mogą sięgać 1,7 m/s, co wskazuje p. 6.

Odpowiednio do prędkości wiatru kształtuje się procentowy udział cisz (rys. 6. a, b, c). Generalizując można stwierdzić, że zjawisko to jest obserwowane najczęściej w zabudowie kwaterowej (Sady I), a najrzadziej w obrębie luźnej zabudowy wysokiej (Sady IV). Skrajne różnice częstości występowania cisz mogą sięgać nawet 40% między tymi typami zabudowy.

Kierunek wiatru jest chyba najbardziej zniekształcony przez zabudowę. Porównanie danych z poszczególnych stanowisk obserwacyjnych z punktem odniesienia (17) wskazuje, że kierunek wiatru najbardziej deformuje zabudowa kwaterowa (Sady I), w mniejszym stopniu ulicowa (Sady II), a najmniej luźna – wieżowcowa (Sady IV). Powyższą prawidłowość stwierdzono przy słabych i umiarkowanych prędkościach wiatru z sektora południowo-zachodniego (rys. 6a, b, c). Najmniejsza zgodność kierunku wiatru z ogólnie panującym wystąpiła w punktach 11 i 12 – o zabudowie kwaterowej i na stanowisku 1 umieszczonym przy ulicy Stołecznej w sąsiedztwie zabudowy wieżowcowej.

Dla pełnego zobrazowania warunków przewietrzania osiedla mieszkaniowego Sady Żoliborskie przedstawiono schematy lokalnej cyrkulacji powietrza (rys. 7a, b).

Warunki odczuwalne scharakteryzowano na podstawie dwóch wskaźników temperatury ekwiwalentnej i temperatury efektywnej. Pierwszy z wymienionych wskaźników charakteryzuje odczucie ciepła przez organizm ludzki przy łącznym działaniu temperatury powietrza i jego wilgotności. Temperatura efektywna natomiast określa wrażenie cieplne odbierane przez człowieka w wyniku łącznego działania trzech elementów meteorologicznych: temperatury powietrza wilgotności oraz ruchu powietrza

(wiatru), jest więc wskaźnikiem lepiej uwzględniającym rzeczywiste warunki, w jakich człowiek przebywa. Przyjęcie w opracowaniu obu wskaźników wydaje się jednak celowe, gdyż umożliwia prześledzenie roli wiatru w kształtowaniu odczuć cieplnych człowieka, a więc pozwoli na pewne wnioski dotyczące oceny warunków przewietrzania poszczególnych fragmentów osiedla mieszkaniowego.

Różnice temperatury ekwiwalentnej między otoczeniem (p. 17), a pozostałymi stanowiskami obserwacyjnymi wewnątrz osiedla (rys. 8) wskazują także, że badane fragmenty osiedla są cieplejsze. Maksymalne różnice zmieniają się w porach dnia: od 3,0 do 4,4 Te w punkcie 11 zlokalizowanym w zabudowie kwaterowej, od 0,6 do 1,0^oTe – w punkcie 8, położonym w zabudowie typu ulicowego i od 0,4 do 2,0^oTe w punkcie 5, znajdującym się w otoczeniu wieżowców. Jest to niewątpliwie związane z zacienieniem lub pełnym oświetleniem punktów pomiarowych.

Porównując zróżnicowanie temperatury efektywnej między punktem pomiarowym poza osiedlem (p. 17), a jego wnętrzem (rys. 9), można zauważyć dość duże zróżnicowanie warunków odczuwalnych w poszczególnych fragmentach osiedla. Wyraźnie cieplejsze (nawet o 2^o) są warunki odczuwalne w obrębie zabudowy kwaterowej, niż w p. 17 co wynika z pomiarów w punktach 11-16, również cieplejsze – trochę w mniejszym stopniu – w skrajnym przypadku o 1,6^o, są warunki odczuwalne w części osiedla o zabudowie ulicowej. Natomiast chłodniejsze w ciągu całego dnia jest otoczenie 10-piętrowych bloków przy ulicy Stołecznej. W skrajnym przypadku różnica sięga -1,6 (p. 2). Jest to zapewne efekt wzrostu prędkości wiatru wokół wysokich bloków.

Wartości różnic między warunkami odczuwalnymi wewnątrz osiedla i poza osiedlem zmieniają się w porach dnia: największe różnice przypadają na godziny południowe (12-16), a zmniejszają się w terminach wieczornych (17-21).

Powyższe rozważania wskazują, że zróżnicowanie warunków mikroklimatycznych w osiedlu mieszkaniowym Sady Żoliborskie w porównaniu z otoczeniem zależy w dużym stopniu od układu zabudowy.

Zróżnicowanie warunków mikroklimatycznych wewnątrz osiedla mieszkaniowego Sady Żoliborskie

Przestrzenny i czasowy rozkład parametrów meteorologicznych oraz warunków odczuwalnych opracowano na podstawie wybranych punktów, najbardziej reprezentatywnych dla odpowiednich typów zabudowy: kwaterowej (Sady I) p. 11, 12, 16, ulicowej (Sady IV) p. 8, i wieżowcowej (Sady II) p. 6 i 4. Terminy obserwacyjne – co pół godziny obejmują 3 odcinki czasowe w różnych porach dnia: godziny ranne (7-11), południowe i popołudniowe (12-16) i wieczorne (17-21).

Zróżnicowanie warunków termicznych, wilgotnościowych, wiatrowych i odczuwalnych na terenie osiedla mieszkaniowego zmienia się w poszczególnych typach zabudowy w zależności od pory dnia.

Przy porannym wroście temperatury powietrza w granicach 18-20^oC, najchłodniej było w przypadku zabudowy typu ulicowego (18,3-21,1^oC), niezależnie od terminu obserwacji (7-11), co wynika z przykładu p. 8.

W pozostałych typach zabudowy warunki termiczne kształtowały się podobnie. W terminach 9.30-10 wyraźnie odbiegały punkty o zabudowie kwaterowej (11, 12) jako

najcieplejsze 21,9 i 22,0°C.

W terminach południowych i popołudniowych temperatura powietrza utrzymywała się na poziomie 22,0-24,0°C. Ogólnie biorąc zróżnicowanie było mniejsze w zależności od typu zabudowy w porównaniu z terminami rannymi. W dalszym ciągu najchłodniej było w zabudowie typu ulicowego (22,3-22,8°C), natomiast najcieplej początkowo w p. 12 o zabudowie kwaterowej, potem w sąsiedztwie wieżowców (23,3-24,0°C).

Największe zróżnicowanie warunków termicznych w zależności od lokalizacji punktów pomiarowych ujawniło się w terminach wieczornych (17-21 h) przy spadku temperatury powietrza od 30,0 do 20,0°C. Prawie we wszystkich terminach obserwacyjnych (17.30-21.00) najniższe wartości temperatury powietrza 23,6-28,5°C notowano w zacienionym fragmencie zabudowy kwaterowej (p. 11), najwyższe zaś 25,3-29,8°C w obrębie zabudowy wieżowcowej na p. 6. Należy jeszcze zwrócić uwagę na dość duże rozbieżności w danych (27,3-29,4°C) między punktami 11 i 16 o godz. 18.30, reprezentującymi ten sam typ zabudowy kwaterowej.

Jeszcze większe zróżnicowanie przestrzenne między wybranymi punktami osiedla mieszkaniowego Sady Żoliborskie zaznacza się w wartościach ciśnienia pary wodnej w porównaniu z temperaturą powietrza. Niezależnie od pory dnia, najmniejszymi wartościami tego parametru cechuje się zabudowa wieżowcowa (p. 6), natomiast największymi fragmenty zabudowy kwaterowej reprezentowane przez p. 11 i 12. Szczególnie duże różnice ciśnienia pary wodnej między wymienionymi typami zabudowy wystąpiły wieczorem – rzędu 7 hPa (14,1-22,2 hPa). Gdy tymczasem w południe i wczesnym popołudniem różnice kształtowały się w granicach 4 hPa (16,1-20,1), a w terminach, popołudniowych (mniej więcej po 14) były już one o połowę mniejsze.

Przy porannym wzroście ciśnienia pary wodnej powietrza od 15,9 do 20,5 hPa w terminach 7-11 różnice utrzymywały się przez cały czas w tych samych granicach ok. 2 hPa.

Przestrzenne i czasowe zmiany prędkości wiatru zależnie od zabudowy, uwiaryściły się najbardziej w terminach południowych i popołudniowych, a więc przy większych prędkościach wiatru, a najmniej podczas obserwacji wieczornych i rannych – przy prędkościach mniejszych.

Niezależnie od pory dnia największymi prędkościami wiatru 1,0 do 4,3 m/s wyróżnia się luźna zabudowa wieżowcowa, co widać na przykładzie punktu 6. Natomiast najmniejsze prędkości wiatru od 0,2 do 0,8 m/s notowano prawie cały czas na stanowiskach o zabudowie kwaterowej. Przy czym w terminach rannych był to zwykle fragment zabudowy kwaterowej, reprezentowany przez p. 16, a w południe, po południu i wieczorem – p. 11.

W zabudowie ulicowej prędkość wiatru przyjmuje wartości pośrednie, z tym, że w terminach południowych i popołudniowych oraz rannych wynosiła ona około 1 m/s, a wieczorem była o połowę mniejsza.

Zróżnicowanie warunków odczuwalnych wewnątrz osiedla Sady Żoliborskie wykazuje także zależności od typu zabudowy i pory dnia. W godzinach porannych (7-11) warunki odczucia ciepła według temperatury efektywnej są wyraźnie zróżnicowane. Najchłodniejsze fragmenty osiedla to otoczenie wysokich bloków przy ulicy Stołecznej (Sady II) oraz rejon o zabudowie ulicowej (Sady IV). Najcieplejsze – to wnętrze zabudowy kwaterowej (Sady I). Różnice temperatury efektywnej dochodzą do 4°. Może to dawać odczucie termiczne w innym przedziale odczuwalności. Na przykład w okresie badań

(1.VIII i 4.VIII) człowiek przebywający w obrębie osiedla Sady II i IV, odbierał wrażenie termiczne „komfortu”, podczas gdy w zabudowie kwaterowej (Sady I) odczucie „ciepła”.

W godzinach południowych i popołudniowych (12-16) w wyniku zwiększonej prędkości wiatru oraz intensywnej wymiany turbulencyjnej powietrza, odczucie ciepła zależy głównie nie od temperatury, lecz od ruchu powietrza. Obraz zróżnicowania warunków odczuwalnych zmienia się bardzo wyraźnie.

Najchłodniejsze są miejsca z najbardziej ożywioną wymianą powietrza: otoczenie wieżowców przy ulicy Stołecznej (p. 6) oraz p. 16 położony w alejce wlotowej do kwatery bloków, o kierunku zgodnym z występującym kierunkiem wiatru (SW). Świadczy to niewątpliwie o występowaniu efektu „tunelowego” w przestrzeniach między blokami. Najcieplejsze w tej porze dnia są fragmenty terenu osłonięte od wiatru i nasłonecznione (p. 11, 12).

W godzinach wieczornych (rys. 12 c) zróżnicowanie warunków odczucia ciepła na osiedlu jest najmniejsze, szczególnie wewnątrz kwatery budynków (Sady I). Uwagę zwraca w tej porze dnia szybkie wychłodzenie się powietrza, które występuje w zabudowie ulicowej.

Z przeprowadzonej analizy wynika, że pola poszczególnych parametrów meteorologicznych w osiedlu deformuje najbardziej zabudowa kwaterowa, podwyższając temperaturę i wilgotność powietrza oraz zmniejszając prędkość wiatru. Implikuje to odpowiednie zmiany warunków odczuwalnych.

Warunki mikroklimatyczne w miejscach zabaw dla dzieci na osiedlu mieszkaniowym Szwoleżerów

Zależność warunków mikroklimatycznych placów zabaw dla dzieci od charakteru podłoża i ich lokalizacji w osiedlu mieszkaniowym, to zasadniczy cel tego rozdziału.

Problem ten pośrednio poruszano w dwu poprzednich rozdziałach, traktujących o warunkach mikroklimatycznych osiedli mieszkaniowych Sady Żoliborskie, a tym samym i o miejscach zabaw dla dzieci. A świadczy o tym fakt, że 8 stanowisk pomiarowych zlokalizowano w pobliżu placów zabaw dla dzieci, z czego 3 było w zabudowie kwaterowej (Sady I), 2 – ulicowej (Sady IV) i 3 – wieżowcowej (Sady IV).

Dlatego też stwierdzenie prawidłowości odnośnie wpływu układu zabudowy na parametry meteorologiczne i warunki odczuwalne dotyczą w dużym stopniu i miejsc zabaw dla dzieci, które się w nich znajdują. Bardziej szczegółowo zagadnienie te rozpatrzono na przykładzie osiedla Szwoleżerów, gdzie zbadano 8 miejsc zabaw dla dzieci położonych w różnych częściach osiedla (rys. 2) o różnym charakterze podłoża (piasek, trawa, asfalt, beton).

Już na pierwszy rzut oka uderza dosyć duże zróżnicowanie warunków termicznych, wilgotnościowych i odczuwalnych, tak między poszczególnymi placami wewnątrz osiedla, jak i w stosunku do punktu odniesienia na ulicy (p. 10).

Niezależnie od terminu obserwacji (12-16) do najchłodniejszych miejsc (24,5-26,2) należy stanowisko 5, położone wśród zieleni (rys. 13). Natomiast do najcieplejszych (26,8-32,0°C) zaliczono punkt 9 położony na trawniku przy ulicy Czerniakowskiej. W skrajnych przypadkach różnice temperatury powietrza między nimi na wysokości 0,25 m nad powierzchnią gruntu mogą sięgać 6°C, a w stosunku do punktu odniesienia (p. 10) – 5°C.

Różnice temperatury pomiędzy pozostałymi punktami pomiarowymi wewnątrz

osiedla kształtują się w granicach 2°C. Należy jeszcze uzupełnić, że prawie wszystkie place zabaw charakteryzowały się niższymi wartościami temperatury powietrza aniżeli ulica Czerniakowska (p. 10).

Pod względem wilgotności powietrza wyróżnia się zdecydowanie p. 4, zlokalizowany również wśród zieleni. Prawie we wszystkich terminach ciśnienie pary wodnej powietrza jest tu najniższe (14,2-18,8 hPa). Maksymalne różnice między tymi punktami i poza osiedlem (p. 10) wynoszą w większości przypadków około 3 hPa, a w stosunku do stanowisk osiedlowych są one o 2 hPa niższe. Na pozostałych stanowiskach pomiarowych wilgotność powietrza może być wyższa lub niższa o ponad 2 hPa oraz podobna jak na ulicy Czerniakowskiej. Związane, jest to w dużym stopniu z charakterem podłoża (piasek, trawa, beton, asfalt).

Wykres 15 upoważnia do stwierdzenia, że prędkość wiatru jest z reguły mniejsza w miejscach zabaw dla dzieci aniżeli na ulicy Czerniakowskiej (p. 10), przeciętnie o 1 m/s (przy prędkościach 0,8-5,2 m/s). W okrężnych przypadkach różnice mogą sięgać 5 m/s. Osłabienie prędkości wiatru wewnątrz osiedla Szwoleżerów obserwuje się zazwyczaj nienależnie od lokalizacji punktów pomiarowych.

Warunki odczucia ciepła, jakie stwierdzono w wyniku tej serii obserwacji meteorologicznych na placach zabaw dla dzieci o różnym charakterze podłoża i położonych w określonych częściach osiedla Szwoleżerów, wykazują znaczne zróżnicowanie. Najchłodniejsze są place zabaw o naturalnym podłożu, w otoczeniu zieleni (stanowisko 4 i 5) oraz te ze sztuczną nawierzchnią (asfalt, beton), które aktualnie są zacienione, np. stanowisko 6. Najcieplejszymi miejscami zabaw były: betonowy labirynt (p. 1) oraz piaskownice lub wyasfaltowane placyki, które podlegały operacji słonecznej i były osłonięte od wiatru. Wskazuje to, że o odbieranych wrażeniach cieplnych w przeważającym stopniu decyduje, oprócz ruchu powietrza, nasłonecznienie lub zacienienie obiektu, niezależnie od rodzaju nawierzchni (beton, asfalt, piasek w piaskownicy).

Potwierdza to również porównanie warunków odczuwalnych na 8 placach zabaw (rys. 17) z warunkami, jakie występowały nad chodnikiem ul. Czerniakowskiej (p. 10). Na ogół place zabaw wewnątrz osiedla charakteryzowały się niższymi wartościami temperatury efektywnej, a na stanowiskach 4 i 5 (na naturalnym podłożu) zdecydowanie niższymi. Nad oświetloną powierzchnią betonową (p. 1), czy asfaltem (p. 8) lub piaskownicą (p. 2 i 7) bywa okresowo znacznie cieplej niż nad ulicą, która jest lepiej przewietrzana i w pełni oświetlona.

Wnioski

Szczegółowa analiza warunków mikroklimatycznych w osiedlach mieszkaniowych Sady Żoliborskie i Szwoleżerów w Warszawie wykazała wyraźny ich związek z układem zabudowy, wysokością budynków, ekspozycją w stosunku do Słońca oraz rodzajem podłoża.

Układ zabudowy warunkujący przewietrzanie osiedla w zależności od kierunku wiatru ma największy wpływ na zróżnicowanie warunków odczuwalnych.

Warunki odczuwalne jako cieplejsze stwierdzono w zabudowie kwaterowej oraz w miejscach zacisznych, osłoniętych od wiatru. Nie oznacza to, że zawsze są to warunki lepsze dla człowieka. Zależy to bowiem od pogody w określonych porach roku.

W cieplej porze roku, w dni gorące będą to warunki gorsze od panujących w innych częściach osiedla. Natomiast w dni chłodne, a szczególnie wietrzne warunki odczuwane będą tam korzystne.

Miejsca zaciszne zarówno w obrębie zabudowy kwaterowej, jak i ulicowej nie są stałe – zmieniają się zależnie od kierunku i prędkości wiatru.

W przerwach między budynkami występuje na ogół większa prędkość wiatru (efekt tunelowy), co najbardziej ujawniło się w okresie badań (przy kierunku południowo-zachodnim SW) w rejonie wieżowców przy ulicy Stołecznej oraz w alejce prowadzącej do wnętrza kwatery.

Wysokość budynków ma znaczny wpływ na prędkość wiatru. Wysoka zabudowa potęguje „efekt tunelowy”.

Wpływ rodzaju podłoża (asfalt, beton, trawnik, grunt) na zróżnicowanie warunków mikroklimatycznych zależy przede wszystkim od nasłonecznienia i zacienienia powierzchni czynnej. Efekt operacji słonecznej zmienia się w ciągu dnia i dlatego trudno jest znaleźć w osiedlu mieszkaniowym takie fragmenty, które ze względu na charakter podłoża wyróżniają się jako zdecydowanie cieplejsze lub chłodniejsze.

Związane jest to również z tym, że wielkość powierzchni o określonym podłożu – sztucznym czy też naturalnym nie jest duża i bardzo rozczłonkowana.

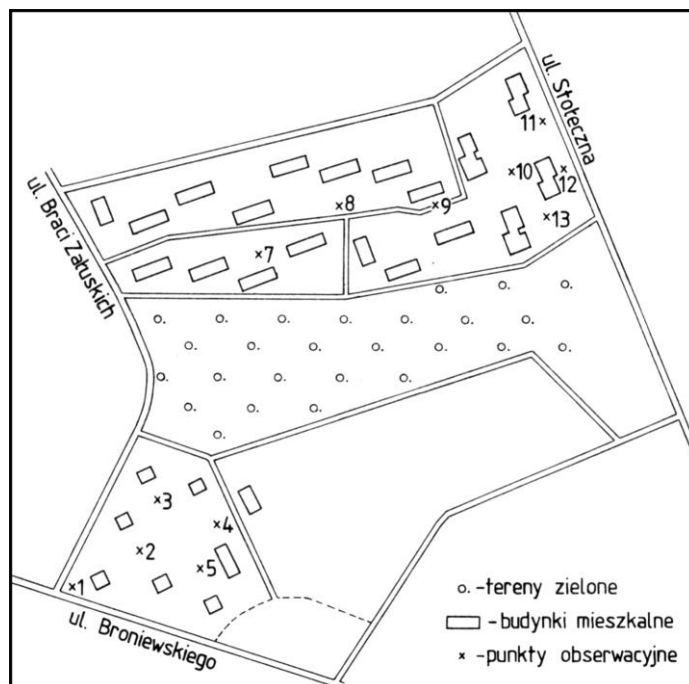
Zmiany przestrzenne warunków mikroklimatycznych na terenie osiedla mieszkaniowego zależą również od typu pogody i pory dnia. Mianowicie, przy pogodzie słonecznej zróżnicowanie poszczególnych parametrów meteorologicznych jest znacznie większe niż przy pochmurnej. Z kolei w terminach południowych i popołudniowych jest ono większe niż w godzinach rannych.

Zróżnicowanie warunków mikroklimatycznych, jakie stwierdzono wewnątrz osiedli mieszkaniowych Sady Żoliborskie i Szwoleżerów, jak również wynikające z porównania wnętrza osiedla z terenami otaczającymi, wydaje się korzystne. Wywołuje ono mikroruchy powietrza, które przyczyniają się do zmniejszenia zanieczyszczeń w przyziemnej warstwie powietrza.

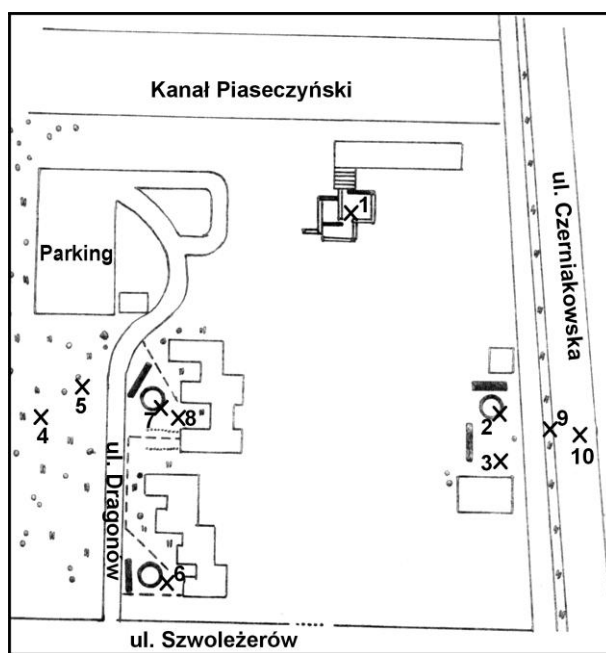
Place zabaw dla dzieci na terenie osiedla mieszkaniowego powinny być projektowane w kilku wariantach i o różnej nawierzchni, osłonięte przed wiatrem, nasłonecznione lub zacienione i w otwartym terenie – dobrze przewietrzane, po to aby stworzyć możliwość wyboru określonego placu zabaw o najlepszych warunkach odczuwalnych w zależności od pogody.

Uzyskane wyniki badań dotyczą pory letniej o określonym typie pogody. W innych porach dnia i przy innych sytuacjach pogodowych zróżnicowanie warunków mikroklimatycznych na terenie osiedli mieszkaniowych Sady Żoliborskie i Szwoleżerów może być nieco odmienne.

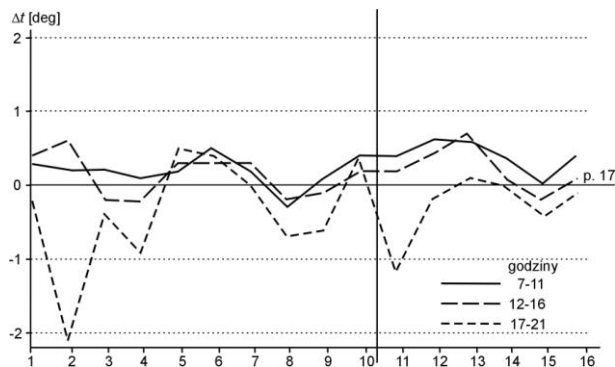
Praca została wykonana w Zakładzie Klimatologii Wydziału Geografii i Studiów Regionalnych Uniwersytetu Warszawskiego na zamówienie Instytutu Kształtowania Środowiska w ramach tematu PR-5.



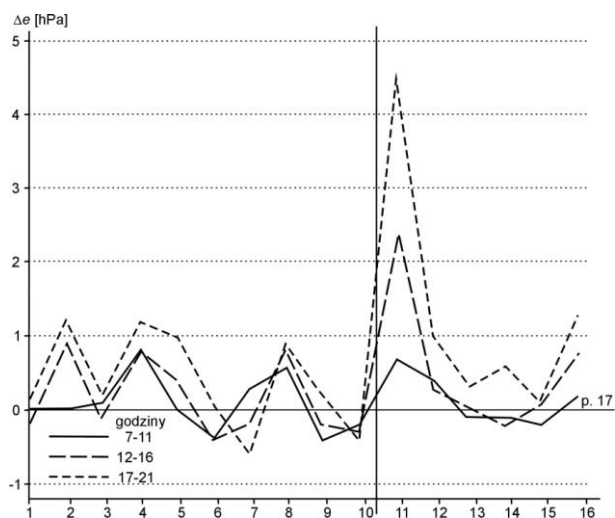
Rysunek 1. Plan osiedla Sady Żoliborskie



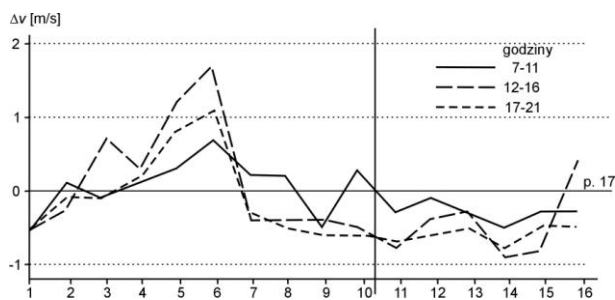
Rysunek 2. Szkic osiedla Szwoleżerów



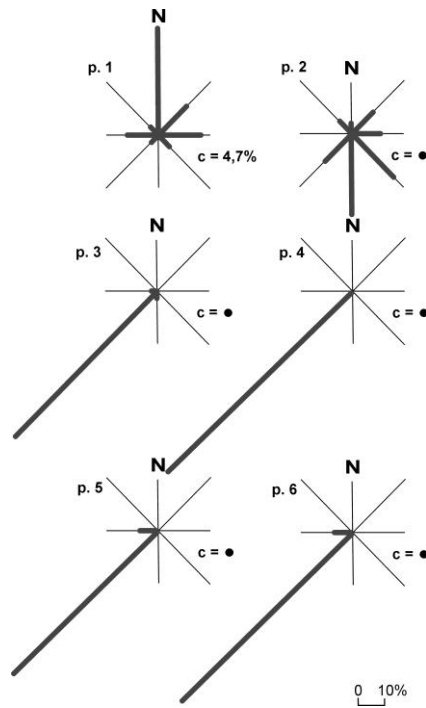
Rysunek 3. Przebieg różnic temperatury powietrza (deg) w osiedlu Sady Żoliborskie na poziomie 1,5 m, między punktem 17 a pozostałymi punktami w godzinach: 7-11, 12-16, 17-21



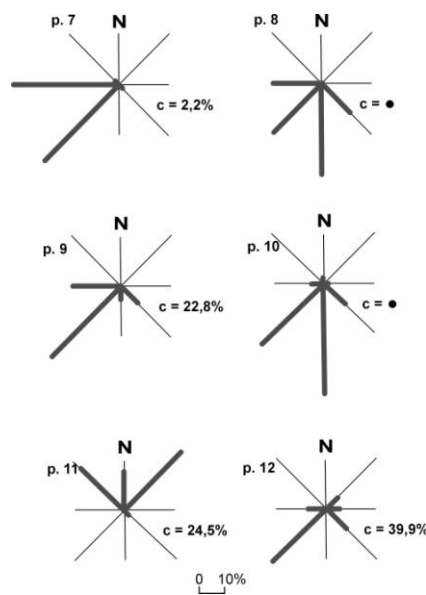
Rysunek 4. Przebieg różnic ciśnienia pary wodnej (hPa) w osiedlu Sady Żoliborskie na poziomie 1,5 m, między punktem 17 a pozostałymi punktami w godzinach: 7-11, 12-16, 17-21



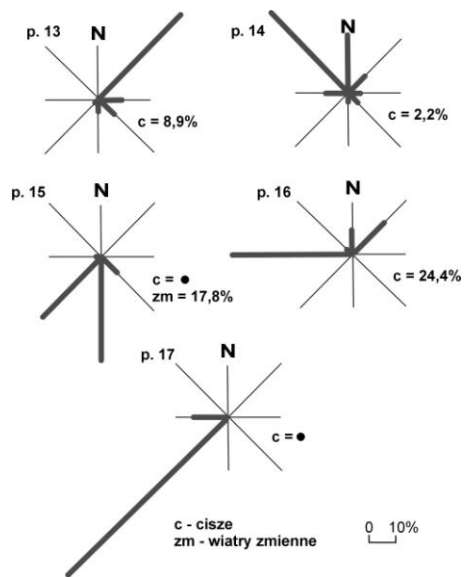
Rysunek 5. Przebieg różnic prędkości wiatru (m/s) w osiedlu Sady Żoliborskie na poziomie 1,5 m, między punktem 17 a pozostałymi punktami w godzinach: 7-11, 12-16, 17-21



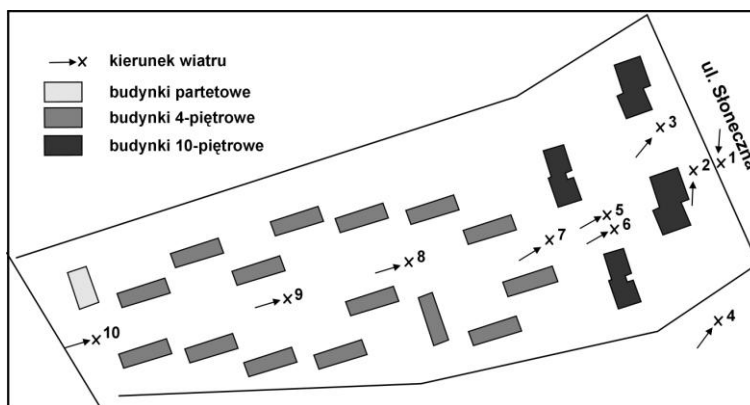
Rysunek 6a. Kierunkowe róże wiatru w osiedlu Sady Żoliborskie – na poziomie 1,5 m, w punktach 1-6



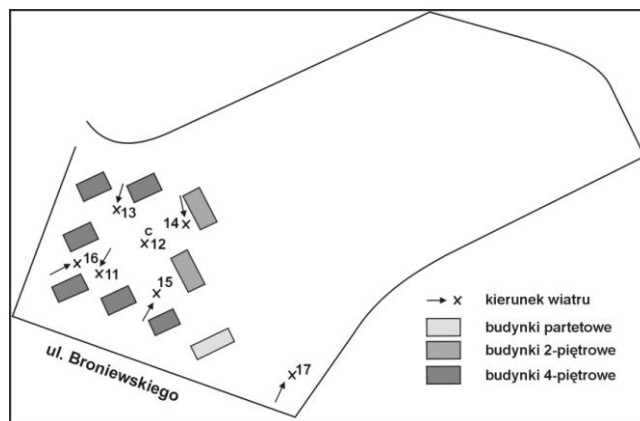
Rysunek 6b. Kierunkowe róże wiatru w osiedlu Sady Żoliborskie – na poziomie 1,5 m, w punktach 7-12



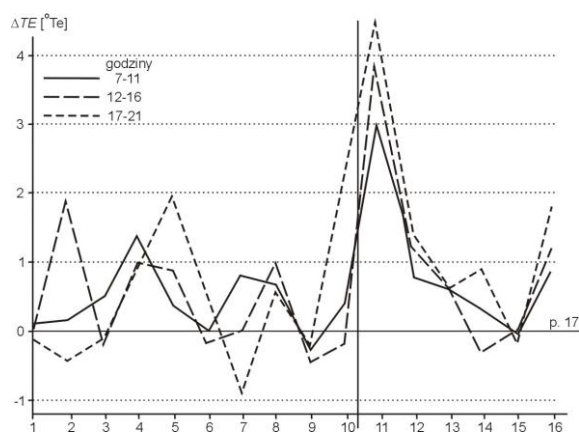
Rysunek 6c. Kierunkowe róże wiatru w osiedlu Sady Żoliborskie – na poziomie 1,5 m w punktach 12-17



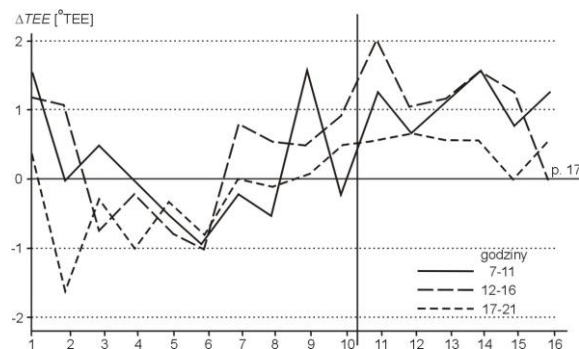
Rysunek 7a. Schemat cyrkulacji powietrza w osiedlu Sady II i IV przy kierunku napływu S (× – punkty pomiarowe)



Rysunek 7b. Schemat cyrkulacji powietrza w osiedlu Sady I przy kierunku napływu SW (x – punkty pomiarowe)



Rysunek 8. Przebieg różnicy temperatury ekwiwalentnej ($^{\circ}C$) w osiedlu Sady Żoliborskie na poziomie 1,5 m, między punktem 17 a pozostałymi punktami w godzinach: 7-11, 12-16, 17-21



Rysunek 9. Przebieg różnicy temperatury efektywnej ($^{\circ}TE$) w osiedlu Sady Żoliborskie na poziomie 1,5 m, między punktem 17 a pozostałymi punktami w godzinach: 7-11, 12-16, 17-21

Tabela 1. Rozkład temperatury powietrza (°C) w osiedlu Szwoleżerów na wysokości 0,25 m (26 VI 1979)

Godz. Punkty	12.00	12.30	13.00	13.30	14.00	14.30	15.00	15.30	16.00
1	–	27,5	27,2	28,8	28,0	27,9	29,4	28,6	28,0
2	26,7	27,3	25,9	27,9	27,3	29,1	28,9	27,3	27,3
3	25,8	26,0	27,1	27,9	27,6	27,8	29,2	28,9	28,1
4	25,7	26,3	27,1	27,1	27,1	27,4	28,0	27,2	26,8
5	24,5	24,8	24,8	25,0	25,4	26,2	26,2	26,0	26,0
6	26,4	26,4	26,4	27,0	27,2	27,7	28,0	27,4	26,8
7	25,9	26,1	27,7	28,1	29,0	28,5	29,7	29,1	27,0
8	26,1	26,1	26,1	26,9	27,7	28,4	28,9	28,4	27,5
9	26,8	28,6	28,2	28,2	29,8	30,0	32,0	28,9	27,4
10	26,0	27,6	29,2	29,0	29,2	29,4	31,2	28,6	27,6

Tabela 2. Rozkład ciśnienia pary wodnej (hPa) w osiedlu Szwoleżerów na wysokości 0,25 m (26 VI 1979)

Godz. Punkty	12.00	12.30	13.00	13.30	14.00	14.30	15.00	15.30	16.00
1	–	19,9	20,3	22,2	19,1	18,8	19,5	18,3	17,7
2	19,5	19,6	18,4	19,2	17,5	18,4	17,7	16,3	16,3
3	19,6	18,7	19,8	19,7	19,0	18,4	16,8	19,2	16,8
4	18,8	16,3	16,8	16,6	15,6	15,2	14,6	14,3	14,2
5	19,7	19,9	20,6	21,1	20,0	19,0	17,0	18,4	17,1
6	18,7	17,5	18,5	18,4	18,0	18,0	17,4	16,6	15,4
7	18,8	19,5	20,0	19,5	19,1	19,4	17,5	18,2	17,5
8	19,5	19,1	19,1	19,7	18,5	19,5	17,3	18,7	17,7
9	17,2	17,6	17,9	18,1	18,1	17,2	17,6	16,2	17,3
10	19,0	19,0	19,4	19,7	18,7	18,7	18,7	17,1	16,9

Tabela 3. Rozkład prędkości wiatru (m/s) w osiedlu Szwoleżerów na wysokości 0,25 m (26 VI 1979)

Godz. Punkty	12.00	12.30	13.00	13.30	14.00	14.30	15.00	15.30	16.00
1	–	0,3	0,5	0,7	0,4	0,1	0,3	0,2	0,4
2	0,2	0,3	0,2	0,5	0,2	1,0	0,3	0,2	0,6
3	0,3	1,1	2,5	1,6	1,8	0,6	1,8	2,0	1,5
4	0,8	0,7	1,4	0,5	0,9	0,7	0,5	0,8	0,9
5	1,2	1,5	0,8	0,5	0,6	1,3	0,9	1,1	1,0
6	0,6	0,4	0,8	1,4	1,0	0,8	1,1	0,6	1,0
7	1,1	0,7	0,8	1,0	1,7	0,4	0,3	1,5	0,5
8	1,4	0,9	0,3	0,6	0,4	0,1	0,3	0,7	0,5
9	1,3	1,6	1,1	1,2	1,3	1,9	2,8	1,1	1,7
10	0,8	1,8	1,6	1,2	0,9	0,9	5,2	0,9	1,6

Tabela 4. Rozkład temperatury ekwiwalentnej (°C) w osiedlu Szwoleżerów na wysokości 0,25 m (26 VI 1979)

Godz. Punkty	12.00	12.30	13.00	13.30	14.00	14.30	15.00	15.30	16.00
1	–	57,3	57,6	60,8	56,6	56,1	58,6	56,0	54,6
2	55,9	56,7	53,5	56,7	53,5	56,7	55,5	51,7	51,7
3	55,2	54,0	56,9	57,5	56,2	55,4	54,4	57,7	53,3
4	53,9	50,7	52,3	52,1	50,5	50,2	50,0	48,6	48,2
5	54,1	54,6	55,8	56,6	55,4	54,8	51,8	53,6	51,6
6	54,4	52,6	54,2	54,6	54,2	54,2	54,2	52,4	50,0
7	54,1	55,3	57,7	57,3	57,6	57,7	55,9	56,5	53,2
8	55,3	54,7	54,7	56,5	55,5	57,6	54,9	56,4	54,1
9	52,6	55,0	55,0	55,8	57,0	55,8	58,4	53,2	53,4
10	54,6	56,2	58,4	58,6	57,2	57,4	57,8	54,2	53,0

Tabela 5. Rozkład temperatury efektywnej (°TE) w osiedlu Szwoleżerów na wysokości 0,25 m (26 VI 1979)

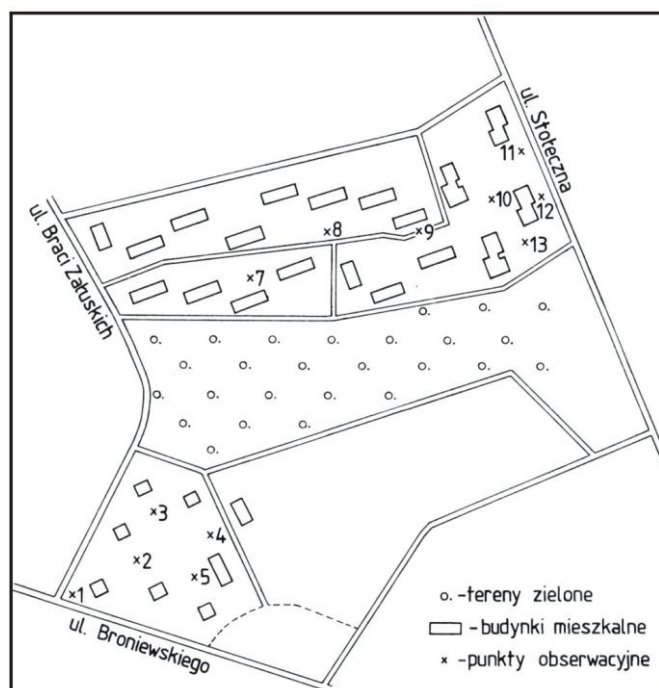
Godz. Punkty	12.00	12.30	13.00	13.30	14.00	14.30	15.00	15.30	16.00
1	–	24,2	23,6	24,7	24,2	25,0	25,2	25,0	23,9
2	23,9	24,0	23,1	23,9	23,7	23,9	24,7	23,8	22,8
3	23,0	21,7	21,5	22,7	22,2	23,6	23,1	23,2	22,4
4	21,8	21,9	21,8	22,8	22,0	22,5	23,0	22,0	21,7
5	20,5	20,3	21,3	22,4	22,1	21,5	21,6	21,7	21,4
6	22,8	22,8	22,1	21,9	22,5	22,6	22,9	22,9	21,7
7	21,6	22,3	23,3	23,4	23,4	24,5	25,0	23,5	23,0
8	21,3	21,9	23,0	23,1	23,8	25,0	24,5	23,9	23,5
9	21,7	22,9	23,1	23,3	24,1	23,7	25,2	23,4	21,9
10	22,0	22,1	23,6	24,0	24,1	24,3	23,0	23,3	21,9

VI. DZIENNE ZMIANY RÓŻNIC TEMPERATURY POWIETRZA MIĘDZY OSIEDLEM Z DUŻYM UDZIAŁEM ZIELENI I TERENEM POZAMIEJSKIM

Bohdan MIERZWIŃSKI

Zieleń jako czynnik kształtujący warunki termiczno-wilgotnościowe miasta do czekała się już kilku opracowań (Kossowska-Cezak, 1978; Olszewski, 1978; Martyn, 1978), brak jednak prac dotyczących roli zieleni w kształtowaniu klimatu lokalnego osiedla. W niniejszym opracowaniu określono tendencję zmian czasowych różnic temperatury powietrza pomiędzy osiedlem z dużym udziałem zieleni (Sady Żoliborskie) i terenem pozamiejskim (Okęcie).

W lipcu 1986 roku Zakład Klimatologii przeprowadził przy współudziale studentów badania klimatu lokalnego osiedla mieszkaniowego Sady Żoliborskie (rys. 1). Osiedle to, położone na terenie Żoliborza, a więc w północno-zachodniej części Warszawy, charakteryzuje się dużym udziałem zieleni i przewagą zabudowy niskiej (do 4 pięter). Badania w tym osiedlu są kontynuacją prac Zakładu prowadzonych na terenie różnych warszawskich osiedli (Stawki 1982, Służew nad Dolinką 1983, Olimpijska 1984, 1985).



Rysunek 1. Plan osiedla Sady Żoliborskie

Na osiedlu Sady Żoliborskie zlokalizowano 15 punktów pomiarowych, z czego w opracowaniu uwzględniono dane z 12 (bez stanowisk 6, 14 i 15). Punkty 1-5 reprezentowały zabudowę kwaterową, punkty 7-9 ulicową, zaś punkty 10-13 wieloblokową. Wszystkie punkty zlokalizowane były nad trawnikami, otoczone roślinnością krzewiastą i drzewiastą. Obserwacje prowadzono w godzinach 7.00-21.00 w ciągu 12 dni w okresie 2.07-23.07.1986 r. Pomiaru wykonywano psychrometrem Assmanna na wysokości 1,5 m co 0,5 godziny. Jako punkt odniesienia wykorzystano dane ze stacji IMGW Warszawa-Okęcie (obserwacje psychrometrem Augusta na poziomie 2 m), reprezentującej umownie warunki pozamiejskie.

Analizy zróżnicowania warunków termicznych w obrębie zabudowy dokonano na podstawie różnic temperatury powietrza między punktami osiedlowymi i Okęciem (wartości średnie z 12 dni pomiarowych, nazywane dalej w skrócie – różnicami). Uzyskane średnie przebiegi dzienne różnic z poszczególnych punktów względem Okęcia skorelowano (każdy punkt z każdym), a zależności pomiędzy poszczególnymi szeregiem zweryfikowano testem F Fishera-Snedecora. Na podstawie utworzonej macierzy współczynników korelacji i wartości testu F dokonano grupowania punktów o zbliżonych przebiegach różnic. W zabudowie kwaterowej wyróżniono punkty 1 i 4 reprezentujące ekspozycję południowo-zachodnią (SW) i zachodnią (W), punkty 2 i 3 o ekspozycji południowej (S) i południowo-wschodniej (SE) oraz punkt 5 o ekspozycji północnej (N). Duże podobieństwo przebiegów dziennych różnic temperatury z Okęciem stwierdzono w punktach 7, 8 i 9 zlokalizowanych w zabudowie ulicowej przy ekspozycji południowej (punkty 8 i 9) oraz północnej (punkt 7). Zabudowę wieloblokową reprezentowały punkty 10, 11, 12 i 13, przeważnie o ekspozycji wschodniej (E).

Dalszej analizie poddano dane z powyższych grup punktów (tzn. średnie przebiegi różnic w obrębie danej grupy). W celu scharakteryzowania przeciętnych warunków termicznych panujących w całym osiedlu wyliczono średnie różnice pomiędzy temperaturą na osiedlu (jako całością) i na Okęciu.

Na podstawie przebiegów dziennych różnic temperatury pomiędzy punktami w osiedlu a Okęciem i osiedlem w całości, a Okęciem sporządzono wykresy (rys.2) tendencji przyrostu różnic temperatury.

Uzyskane wykresy ilustrują, w jakim tempie i w jakich przedziałach czasowych zmieniają się różnice w poszczególnych grupach punktów. Wartości dodatnie na przedstawionych wykresach wskazują, że w czasie wzrostu temperatury (rano) – temperatura powietrza w osiedlu szybciej wzrasta niż na Okęciu, gdy zaś temperatura powietrza zmniejsza się (popołudnie i wieczór) – wolniej zmniejsza się w osiedlu niż na Okęciu. Ujemna tendencja wskazuje w godzinach rannych na wolniejsze nagrzewanie się powietrza w osiedlu, a po południu na szybsze zmniejszanie się temperatury powietrza w osiedlu niż w terenie pozamiejskim.

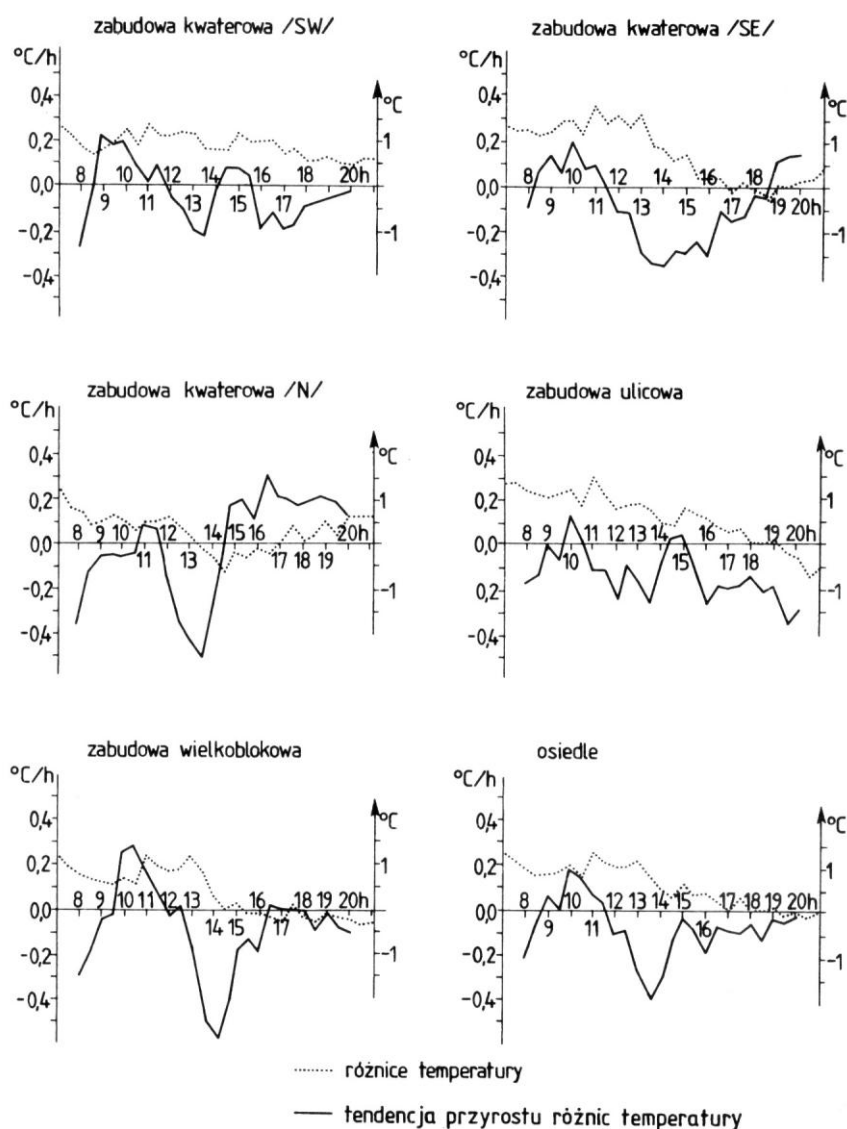
Temperatura powietrza w zabudowie kwaterowej o ekspozycji SW (punkty 1 i 4), w której usłonecznienie było możliwe od godziny 9.00 do 19.00, wykazywała niewielkie (od 0,5 do 1,4°C) różnice w ciągu dnia. Jedynie rano do godziny 8.00 różnice wyraźnie się zmniejszały. W związku z tym w pierwszych dwóch godzinach serii obserwacyjnej tendencja przyrostu różnic temperatury była ujemna (-0,3°C/h) – był to okres wyraźnie wolniejszego wzrostu temperatury powietrza w osiedlu. Między godzinami 9.00 i 11.00 występowało odwrócenie tendencji, odzwierciedlające fakt szybszego wzrostu temperatury powietrza w tych punktach niż

w terenie pozamiejskim ($0,2^{\circ}\text{C/h}$). Następnie tendencja przyrostu różnic ponownie była ujemna ($-0,2^{\circ}\text{C/h}$), utrzymując się, z niewielką przerwą około godziny 15.00, do wieczora. Ujemna tendencja w godzinach wieczornych oznacza szybsze zmniejszanie się temperatury powietrza w tych punktach niż w terenie pozamiejskim. Tendencja ta w końcu serii obserwacyjnej słabła poniżej $-0,1^{\circ}\text{C/h}$ (po godzinie 18.00), co praktycznie oznacza ustalenie się różnicy temperatury pomiędzy tą częścią zabudowy i Okęciami (na poziomie około $0,6^{\circ}\text{C}$).

Temperatura powietrza w zabudowie kwaterowej o ekspozycji SE (punkty 2 i 3), w której usłonecznienie możliwe było w godzinach 8.30-15.00, po początkowym spadku (do godziny 9.00) wykazała wzrost różnic z maksimum około godziny 11.30. Przyrost różnic osiągnął największe wartości około godziny 10.00 ($0,2^{\circ}\text{C/h}$), to znaczy w porze najkorzystniejszej ekspozycji tych punktów w stosunku do promieni słonecznych. Po godzinie 11.30 tendencja przyrostu różnic była ujemna, co oznaczało początkowo wolniejszy wzrost temperatury w tym typie zabudowy (do osiągnięcia dziennego maksimum temperatury powietrza w godzinach 14.00-15.00), a później szybsze zmniejszanie się temperatury powietrza w stosunku do Okęcia (w tempie $-0,2$ do $-0,3^{\circ}\text{C/h}$). Najniższe dzienne wartości różnic stwierdzono w godzinach 18.00-19.00, kiedy osiągnęły nawet niewielkie wartości ujemne (do $-0,2^{\circ}\text{C}$). Później, w tempie $0,1$ do $0,2^{\circ}\text{C/h}$, nastąpił wzrost różnic do $0,6^{\circ}\text{C}$ o godzinie 21.00.

Charakterystyczne są zmiany temperatury powietrza w zabudowie kwaterowej przy ekspozycji N (punkt 5), z wyraźnie odbiegającym od pozostałych przebiegiem dziennym różnic i zmianami tendencji. Usłonecznienie było tam możliwe w godzinach 9.00-12.00 i 15.00-17.30. Różnice początkowo zmniejszały się (do godziny 9.00), podobnie jak i w innych punktach tego typu zabudowy, następnie pozostawały na nie zmienionym poziomie do godziny 12.30, po czym znacznie się zmniejszały, osiągając najniższe wartości około godziny 14.30 (poniżej $0,5^{\circ}\text{C}$), czyli w pobliżu dobowego maksimum temperatury powietrza. W związku z tym tendencja przyrostu różnic temperatury powietrza była w tym okresie przeważnie ujemna lub zbliżona do zera, osiągając w okresach najszybszego zmniejszania się różnic wartość $-0,5^{\circ}\text{C/h}$ (13.30). Świadczy to, że w tej części zabudowy kwaterowej w tym czasie temperatura powietrza rosła zdecydowanie wolniej niż w terenie pozamiejskim (Okęciami). Decydujący w tym udział ma ekspozycja i zacienienie tej części zabudowy. Zmiana warunków usłonecznienia po godzinie 15.00 sprawiła, że różnice wzrastały do końca serii pomiarowej w tempie $0,1$ do $0,3^{\circ}\text{C/h}$, osiągając o godzinie 21.00 około $0,6^{\circ}\text{C}$.

W zabudowie ulicowej (punkty 7, 8 i 9) usłonecznienie było możliwe w godzinach 7.00-18.00. Od początku serii pomiarowej do około godziny 11.00 różnice nie zmieniały się, o godzinie 11.30 osiągnęły maksimum ($1,5^{\circ}\text{C}$), by potem z niewielkimi wahaniami zmniejszać się do godzin wieczornych, osiągając najniższe wartości ($-0,7^{\circ}\text{C}$) o godzinie 20.30. Począwszy od godziny 18.00 osiedle to było chłodniejsze od Okęcia. Od rana do wieczora utrzymywała się ujemna tendencja różnic temperatury od $-0,1$ do $-0,3^{\circ}\text{C/h}$. Powietrze w tym typie zabudowy zdecydowanie wolniej się ogrzewało do czasu osiągnięcia dobowego maksimum temperatury powietrza, a później szybciej ochładzało niż w terenie pozamiejskim. Po godzinie 20.00 tendencja ta ulegała prawdopodobnie zahamowaniu i godziny nocne musiało (biorąc pod uwagę wartości różnic z początku serii pomiarowej) charakteryzować wolniejsze zmniejszanie się temperatury powietrza w zabudowie ulicowej niż w terenie pozamiejskim, jednak niewiele można powiedzieć o tempie, w jakim się to odbywało.



Rysunek 2. Przebieg dzienny różnic temperatury powietrza oraz tendencji przyrostu różnic temperatury powietrza (w stosunku do Okęcia, lipiec 1986 r.)

W zabudowie wielkoblokowej (punkty 10, 11, 12 i 13) usłonecznienie możliwe ograniczone było godzinami 10.00 i 14.00. Różnice zmniejszały się od godziny 7.00 do 9.00 (z 1,2 do 0,6°C w tempie -0,1 do -0,3°C/h), do 10.00 nie ulegały zmianie, po czym zwiększały się (w tempie 0,1 do 0,2°C/h), osiągając maksimum pomiędzy godzinami 11.30 i 13.30 (1,2°C). Stosunkowo wysoki przyrost różnic w tym czasie był zapewne

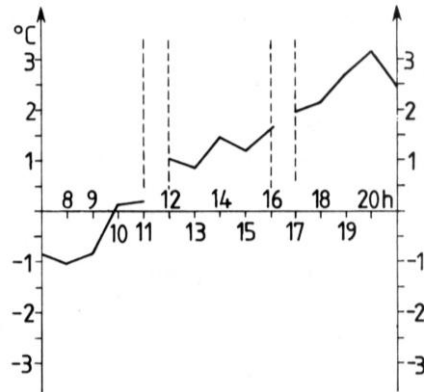
spowodowany ekspozycją punktów pomiarowych w tym typie zabudowy. Wkraczanie cienia na punkty pomiarowe po godzinie 14.00 sprawiło, że różnice zaczęły się zmniejszać (w tempie $-0,1$ do $-0,6^{\circ}\text{C/h}$), przechodząc po godzinie 15.30 w wartości ujemne ($-0,3^{\circ}\text{C}$ o godzinie 21.00). Od godziny 16.00 zmniejszanie się różnic miało tendencję słabnącą, zbliżając się do $0,0^{\circ}\text{C/h}$. Oznacza to wyrównanie warunków termicznych pomiędzy zabudową wielkoblokową a terenem pozamiejskim w tym czasie.

Wykres uśrednionych wartości różnic ze wszystkich punktów pomiarowych na osiedlu potwierdza pewne charakterystyczne cechy przebiegu dziennego różnic temperatury powietrza i tendencji przyrostu różnic z poszczególnych punktów. Zaznacza się początkowe zmniejszanie się różnic w godzinach 7.00-9.00 (w tempie $-0,1$ do $-0,2^{\circ}\text{C/h}$), następnie wzrost różnic (w tempie $0,1$ do $0,2^{\circ}\text{C/h}$) z maksimum około godziny 11.30 ($1,3^{\circ}\text{C}$). Tak więc temperatura powietrza w osiedlu wzrasta początkowo wolniej (do godziny 9.00), a następnie szybciej niż w terenie pozamiejskim. Wydaje się, że największy wpływ na powstawanie tego zjawiska ma zielen osiedlowa, która utrudnia dopływ bezpośredniego promieniowania słonecznego do powierzchni czynnych, powiększa straty ciepła na parowanie i utrudnia przewietrzanie przygruntowej warstwy powietrza. Po godzinie 11.30 wartości różnic zaczynają się zmniejszać aż do końca serii pomiarowej (w tempie $-0,1$ do $-0,4^{\circ}\text{C/h}$). Po godzinie 18.30 są już praktycznie bliskie $0,0^{\circ}\text{C}$, a tendencja przyrostu różnic również zbliża się do $0,0^{\circ}\text{C/h}$. W tym czasie różnice termiczne pomiędzy osiedlem z dużym udziałem zieleni i terenem pozamiejskim zacierają się.

Nieco odmiennie zależności te przedstawiały się w różnych sytuacjach pogodowych. Ogólnie można stwierdzić, że przyrosty różnic były większe w dniach ciepłych, pogodnych niż w dniach pochmurnych. Największe różnice występowały w godzinach serii porannej, kiedy przyrosty różnic były 2 do 3 razy większe w dniach upalnych niż chłodnych i oznaczały wolniejszy wzrost temperatury powietrza w osiedlu (dni upalne od $-0,5$ do $0,3^{\circ}\text{C/h}$, dni chłodne od $-0,1$ do $0,2^{\circ}\text{C/h}$). W serii południowej zróżnicowanie było niniejsze, a tendencja przyrostu różnic ujemna (dni upalne od $-0,3$ do $-0,1^{\circ}\text{C/h}$, dni chłodne ok. $0,0^{\circ}\text{C/h}$). Temperatura powietrza w osiedlu do osiągnięcia dobowego maksimum wolniej wzrastała, a następnie szybciej zmniejszała się niż w terenie pozamiejskim. Seria wieczorna również charakteryzowała się znacznym zróżnicowaniem tendencji przyrostu różnic w odmiennych sytuacjach pogodowych. W tej serii stosunkowo najczęściej pojawiała się dodatnia tendencja, czyli wolniejszy spadek temperatury powietrza w osiedlu niż w terenie pozamiejskim (dni upalne od $-0,6$ do $0,3^{\circ}\text{C/h}$, dni chłodne od $-0,1$ do $0,5^{\circ}\text{C/h}$).

W celu porównania otrzymanych wartości tendencji różnic temperatury z wynikami z innych osiedli warszawskich wyznaczono proste regresji na podstawie średniego dziennego przebiegu różnic względem czasu. Proste te, obliczone w seriach: rannej (7.00-11.30), południowej (12.00-16.30) i wieczornej (17.00-21.00), w odróżnieniu od dotychczasowych wyników badań (Stopa-Boryczka i in., 1986 b) nie wskazują na występowanie istotnej statystycznie zależności zmian różnic względem czasu w seriach: rannej i wieczornej (przyrost różnic $0,0^{\circ}\text{C/h}$). Zależność taka została stwierdzona jedynie w serii południowej, kiedy tendencja przyrostu różnic wynosiła $-0,2^{\circ}\text{C/h}$. Dla porównania: w osiedlach Służew nad Dolinką i Stawki w serii porannej tendencja ta wynosiła około $-0,2^{\circ}\text{C/h}$, w serii południowej oscylowała około $0,0^{\circ}\text{C/h}$, by w godzinach wieczornych wzrosnąć do

0,3-0,4°C/h. Należy podkreślić, że różnice w tych osiedlach były liczone w stosunku do punktu zewnętrznego, położonego około 200 m od osiedli, a więc na pewno w warunkach bardziej miejskich niż Okęcie. Ilustruje to rysunek 3, na której przedstawiono dzienny przebieg różnic temperatury powietrza pomiędzy punktem zewnętrznym na osiedlu Służew nad Dolinką i Okęciem (Żołnierowicz-Kasprzyk, 1987).



Rysunek 3. Przebieg dzienny różnic temperatury powietrza między punktem zewnętrznym na osiedlu Służew nad Dolinką i Okęciem (lipiec 1983 r.)

Wynika z niego, że temperatura powietrza w punkcie zewnętrznym już od godziny 10.00 była wyższa niż na Okęciu. Należy się w związku z tym spodziewać, że w przypadku odniesienia temperatury w tych punktach do Okęcia wartości tych różnic, jak i ich przyrosty, byłyby jeszcze większe.

Porównanie wartości różnic temperatury powietrza w różnych typach zabudowy w stosunku do Okęcia wskazuje na rolę ekspozycji dosłonecznej i udziału zieleni jako podstawowych przyczyn zróżnicowania. Wzrost różnic w godzinach wieczornych, stwierdzony podczas badań na innych osiedlach (Stopa-Boryczka i in., 1986 a), jest notowany w niewielu punktach Sądów Żoliborskich i jest nieznaczny. Odmienny jest również termin powstawania, rozwoju i zaniku osiedlowej wyspy ciepła. Charakteryzuje ją dwukrotne maksimum natężenia (nocne i przedpołudniowe) i dwukrotne minimum (ranne i wieczorne).

Zwraca uwagę zbliżony we wszystkich punktach pomiarowych poranny wyjściowy poziom różnic, a przy tym wieczorne znaczne ich zróżnicowanie. Wiązać się to musi z intensywnym wyrównywaniem różnic temperatury pomiędzy punktami w porze nocnej.

Zależność wartości różnic od sytuacji pogodowej jest znaczna. Decyduje przebieg zachmurzenia oraz kierunek i prędkość wiatru. W dzień upalny różnice temperatury powietrza pomiędzy punktami pomiarowymi przekraczają niekiedy 3,5°C (4 lipca, punkty 8 i 13), gdy w dzień pochmurny są znikome. Różnice temperatury powietrza pomiędzy punktami pomiarowymi w osiedlu, a Okęciem przekraczają średnio 2,0°C w dzień upalny i około 1,0°C w dzień pochmurny.

We wszystkich analizowanych typach zabudowy przeważały w serii obserwacyjnej (7.00-21.00) okresy z ujemną tendencją przyrostu różnic temperatury powietrza pomiędzy osiedlem a Okęciem nad okresami z tendencją dodatnią. Największe ujemne wartości osiągnęła tendencja przyrostu różnic w zabudowie wielkoblokowej oraz kwaterowej (ekspozycja N i SE), które ulegają zacienieniu w okresie poprzedzającym wystąpienie maksimum temperatury powietrza (-0,4 do -0,6°C/h). Różnice zmieniają się wtedy bardzo szybko w konsekwencji wolniejszego nagrzewania się powietrza w badanej części osiedla niż powietrza w terenie otwartym. Po osiągnięciu dobowego maksimum temperatury utrzymywanie się ujemnej tendencji przyrostu różnic wskazuje na szybsze zmniejszanie się temperatury powietrza w osiedlu niż w terenie pozamiejskim. Rola zieleni we względnym wieczornym wychładzaniu się osiedla wydaje się być decydująca. Drzewa i krzewy mają małą pojemność cieplną, szybko w ich otoczeniu rozpoczyna się proces wychładzania powietrza, a one same sprzyjają stagnacji powietrza w warstwie przygruntowej.

Największą dodatnią tendencję przyrostu różnic stwierdzono w zabudowie kwaterowej (ekspozycja S W) i blokowej w punktach eksponowanych dosłonecznie w okresie maksymalnej insolacji (0,2°C/h). Wskazuje ona na szybszy wzrost temperatury powietrza w tym czasie w otoczeniu tych punktów niż w terenie pozamiejskim. Pojawiająca się w niektórych punktach dodatnia tendencja w godzinach wieczornych (maks. do 0,2°C/h) jest oznaką wolniejszego wychładzania się osiedla w stosunku do terenu pozamiejskiego, co jest potwierdzoną cechą obszarów zabudowanych (Oke 1978, Stopa-Boryczka i in. 1986), natomiast bliskie 0,0°C/h wartości tej tendencji w badanym osiedlu – wydają się być cechą obszarów zabudowanych z dużym udziałem zieleni.

Literatura

- Kossowska-Cezak U., 1978, *Wpływ dużego kompleksu zieleni miejskiej na warunki termiczno-wilgotnościowe (na przykładzie warszawskiego Ogrodu Zoologicznego)*, Prace i Studia IGUW, z. 26, Klimatologia, z. 11.
- Oke T.R., 1978, *Boundary layer climates*, Mettmen, London.
- Olszewski K., 1978, *Rola trawników w kształtowaniu warunków termiczno-wilgotnościowych w mieście*, Prace i Studia IGUW, z.26, Klimatologia, z. 11.
- Martyn D., 1978, *Wpływ śródmiejskiego parku na warunki termiczno-wilgotnościowe powietrza (na przykładzie Ogrodu Saskiego w Warszawie)*, Prace i Studia IGUW, z.26, Klimatologia, z. 11, Warszawa.
- Stopa-Boryczka M. i in., 1984, *Wpływ zabudowy na klimat lokalny w Warszawie*, Materiały I Ogólnopolskiej Konferencji nt. *Klimat i bioklimat miast*, 22-24 listopada, Uniwersytet Łódzki, Łódź.
- Stopa-Boryczka M. i in., 1986 a, *Deformation of fields of meteorological elements under the influence of buildings*, *Miscellanea Geographica*, Warszawa.
- Stopa-Boryczka M., Kopacz-Lembowicz M., Boryczka J., 1986 b, *Wpływ miasta na pola zmiennych meteorologicznych*, Materiały z Sympozjum RWPG nt. *Badania i metody kształtowania ekosystemów miejskich i terenów rekreacyjnych*, Jabłonna, 22-27.09.1986 r.
- Żołnierowicz-Kasprzyk M., 1987, *Warunki termiczne w osiedlach warszawskich o wysokiej zabudowie*, maszynopis pracy magisterskiej, Zakład Klimatologii WGSR Warszawa.

VII. DEFORMACJA PÓL ELEMENTÓW METEOROLOGICZNYCH POD WPŁYWEM ZABUDOWY

Maria STOPA-BORYCZKA, Maria KOPACZ-LEMBOWICZ,
Urszula KOSSOWSKA-CEZAK, Bohdan MIERZWIŃSKI,
Jolanta WAWER

Zakład Klimatologii UW prowadzi badania klimatu miast od wielu lat. Dotychczasowe opracowania miały na celu przede wszystkim: rozpoznanie typowych, specyficznych cech klimatu Warszawy oraz wykrycie zróżnicowanie klimatu w obrębie miasta. Pierwsze zagadnienie zostało opracowane na podstawie danych meteorologicznych okresu wieloletniego, udostępnionych przez Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej. Natomiast w opracowaniach dotyczących zróżnicowania warunków klimatycznych w obrębie miasta, opartych w dużym stopniu na badaniach własnych, starano się m.in. określić pewne cechy wyspy ciepła i nasilenie tego zjawiska w ciągu roku, w zależności od sytuacji pogodowej. Następnie udało się ustalić cechy charakterystyczne klimatu lokalnego obszarów miejskich o zabudowie zwartej, luźnej, terenów zieleni oraz ulic różnie ukierunkowanych. Np. cechą charakterystyczną fragmentów miasta o zwartej zabudowie, większych kompleksów zieleni parkowej, osiedli o kwatrowym układzie zabudowy, jest tendencja do występowania „konserwującego” efektu cieplnego. Zaznacza się to najwyraźniej w czasie nagłych zmian pogody, a związane jest z obniżonym stopniem wentylacji wymienionych obiektów.

Inne zagadnienie, które jest tylko częściowo opracowane – to rola zieleni wiejskiej w kształtowaniu warunków termiczno-wilgotnościowych. Badania były i są nadal prowadzone w kompleksach zieleni różnej wielkości i rodzaju: w parkach, na trawnikach jak również na zieleńcach osiedlowych. Znaczenie zieleni określane jest poprzez ujawnienie kontrastów termicznych, jakie występują między sąsiadującymi ze sobą powierzchniami: zabudowana i naturalna zieleń; one bowiem decydują o intensywności mikrocyrkulacji, jaka rozwija się między tymi obiektami.

Wymienione problemy są już opracowane i opublikowane (Kaczorowska 1967, Kopacz-Lembowicz i in. 1984, Kossowska 1973, 1975, Kossowska-Cezak 1977, Stopa-Boryczka i in. 1980, 1982, 1984). Tak więc etap badań, który można nazwać rozpoznaniem klimatu Warszawy, można uważać za zakończony; wyniki badań, z pewnymi uzupełnieniami będą ujęte w przygotowywanej monografii.

Istotne jest, aby rozpoznanie klimatu miało większą przydatność praktyczną. Praktycy, np. urbaniści, zwykle zadają pytania typu: o ile zmieniają się warunki, jeśli wprowadzi się np. określony typ zabudowy, czyli chcą znać miarę modyfikacji, która spowoduje jakiś czynnik. Zadaniem klimatologów jest więc określić ilościowo wpływ czynników, które decydują o klimacie miasta na podstawie znajomości fizycznych przyczyn zróżnicowania warunków klimatycznych na obszarach zurbanizowanych.

Jeśli za pomocą równania ustalą się zależności między pewnymi cechami wyspy ciepła, np. intensywnością a wielkością miasta (powierzchnią zabudowaną), to takie wyniki badań mają już znaczenie praktyczne. Podobne znaczenie ma np. ustalenie progowej wartości prędkości wiatru, powodującej zanik wyspy ciepła i wiele innych cech klimatu lokalnego. Określenie takich współzależności można odnosić do całego miasta

– traktując je jako pewnego rodzaju bryłę, jak i w odniesieniu do różnych typów powierzchni zabudowanej, pewnych charakterystycznych fragmentów miasta o określonym typie zabudowy, czy też ulic o różnej orientacji. W tym celu od kilku lat prowadzone są w Zakładzie Klimatologii specjalne badania na kilkunastu równocześnie pracujących stanowiskach pomiarowych, zlokalizowanych w osiedlach mieszkaniowych o różnym układzie zabudowy, jak również w obiektach zieleni miejskiej i osiedlowej.

Pomiary głównych elementów meteorologicznych stanowią podstawę do analizy procesów wymiany ciepła między osiedlami i otoczeniem, badania tempa nagrzewania i wychładzania fragmentów osiedla, określenia stopnia deformacji pola przepływu powietrza, a więc tych czynników, które decydują o wentylacji obszaru zabudowanego. Deformację pól zmiennych meteorologicznych przez zabudowę w okresie letnim pokazano na przykładzie temperatury powietrza. Ograniczono się do dwóch osiedli mieszkaniowych Warszawy: Stawki – położonego na północnym skraju śródmieścia, otoczonego terenami zieleni i Służew (nad Dolinką) – znajdującego się na południowych peryferiach miasta. Są to osiedla o podobnym typie zabudowy (blokowej, luźnej, wysokiej), ale różnej wielkości i układzie zabudowy (rys. 1 i 2).

W celu określenia cech termicznych mikroklimatu osiedli mieszkaniowych skorelowano dane z punktów pomiarowych zlokalizowanych na osiedlach i na ich peryferiach. Zależności te opisano wzorami empirycznymi – równaniami prostych regresji. Żeby wykazać jak wielki jest wpływ zabudowy na pole temperatury powietrza w zależności od pory dnia, wyodrębniono 3 przedziały czasowe: pora ranna 7-11h, południowa 12-16 h i wieczorna 17-21 h (czasu letniego), zagęszczając pomiary do 1/2 h.

Istnieje ogólna prawidłowość, że współczynniki regresji są ujemne w porze rannej i wieczornej, natomiast w godzinach południowych mają znaki różne. Ich wartości w różnych punktach osiedli zawierają się n przedziałach:

Osiedle Stawki

rano	-0,44-0,02
południe	-0,33-0,37
wieczór	-0,55-0,23

Osiedle Służew

rano	-0,67-0,14
południe	-1,14-0,30
wieczór	-0,55-0,19

Przeciętne pole temperatury powietrza w osiedlach opisują równania(wykresy na rys.3) i współczynniki korelacji (r_{xy}):

Osiedle Stawki

rano	$y = 2,314 - 0,163x,$	$r_{xy} = -0,75$
południe	$y = 0,277 - 0,045x,$	$r_{xy} = -0,15$
wieczór	$y = 6,363 - 0,301x,$	$r_{xy} = -0,95$

Osiedle Służew

rano	$y = 2,769 - 0,167x,$	$r_{xy} = -0,70$
południe	$y = 3,509 - 0,160x,$	$r_{xy} = -0,46$
wieczór	$y = 7,378 - 0,353x,$	$r_{xy} = -0,99$

W godzinach porannych na osiedlach jest chłodniej niż poza nimi, zatem ujemne wartości współczynników regresji wskazują na pogłębianie się różnic temperatury między osiedlem i jego otoczeniem w miarę wzrostu temperatury; na obu osiedlach wzrost temperatury jest mniejszy o $0,2^{\circ}\text{C}/^{\circ}\text{C}$ niż w terenie otaczającym. W ciągu dnia, w miarę dalszego ogrzewania się powietrza, na małym osiedlu Stawki różnica temperatury między terenem zabudowanym i otwartym wykazuje niewielką zależność od zmiany temperatury w otoczeniu ($-0,04^{\circ}\text{C}/^{\circ}\text{C}$) na większym osiedlu Służew, podobnie jak w godzinach rannych, wzrostowi temperatury towarzyszy wzrost ujemnych różnic temperatury ($-0,18^{\circ}\text{C}/^{\circ}\text{C}$). W godzinach wieczornych, przy spadku temperatury powietrza, wzrastają, różnice między wartościami w osiedlach i poza nimi – przeciętnie o $0,3^{\circ}\text{C}/^{\circ}\text{C}$, zatem osiedle staje się coraz cieplejsze w porównaniu z otoczeniem.

Wypływa stąd wniosek, że powietrze w osiedlu nagrzewa się w godzinach porannych mniej intensywnie (około 20%), a w godzinach wieczornych wychładza się z intensywnością o 1/3 mniejszą niż w otoczeniu. Tak więc wpływ zabudowy na pole temperatury powietrza jest największy w godzinach wczesnorannych i późnowieczornych.

O przestrzennym zróżnicowaniu współczynników regresji w badanych osiedlach w ciągu dnia decyduje ekspozycja dosłoneczna, odległość od budynków i warunki lokalnej cyrkulacji powietrza. Dlatego w niektórych punktach współczynniki regresji mają znak dodatni, gdy w innych wysoką wartość ujemną. Największe wartości ($-1,1^{\circ}\text{C}/^{\circ}\text{C}$) stwierdzono w ciągu dnia na osiedlu Służew, a punkcie 2 położonym na skraju osiedla w wąskim przejściu między budynkami.

Opisane równania prostych regresji określają względne zmiany wyspy ciepła w osiedlu, w odniesieniu do temperatury otoczenia. Zależność różnicy średniej temperatury w punktach osiedlowych i punktu zewnętrznego od czasu (t) przedstawiają równania (rys. 4):

Osiedle Stawki

$$\text{rano} \quad y = 0,342 - 0,248t, \quad r_{ty} = -0,80$$

$$\text{południe} \quad y = -1,015 + 0,056t, \quad r_{ty} = -0,35$$

$$\text{wieczór} \quad y = -0,759 + 0,280t, \quad r_{ty} = -0,93$$

Osiedle Służew

$$\text{rano} \quad y = -0,289 - 0,186t, \quad r_{ty} = -0,77$$

$$\text{południe} \quad y = -0,652 - 0,034t, \quad r_{ty} = -0,20$$

$$\text{wieczór} \quad y = -1,047 + 0,394t, \quad r_{ty} = 0,96$$

Tak więc tendencja zmian różnicy temperatury między osiedlem i jego otoczeniem jest w obu osiedlach ujemna w godzinach rannych, a dodatnia w wieczornych. Rano osiedla pozostają coraz chłodniejsze w stosunku do otoczenia o $0,2^{\circ}\text{C}/\text{h}$, wieczorem coraz cieplejsze $0,3-0,4^{\circ}\text{C}/\text{h}$, gdy w godzinach południowych omawiane różnice termiczne nie wykazują regularnych zmian czasowych.

Zróżnicowanie przestrzenne współczynników regresji wykazuje zależność od lokalizacji punktów pomiarowych. Najwyższe wartości ujemne ($-0,6^{\circ}\text{C}/\text{h}$) wystąpiły w godzinach porannych na obu osiedlach; w punktach położonych po północnej stronie budynków, a największa wartość dodatnia ($0,6^{\circ}\text{C}/\text{h}$) w godzinach wieczornych na osiedlu Służew, w punkcie położonym po wschodniej stronie budynku.

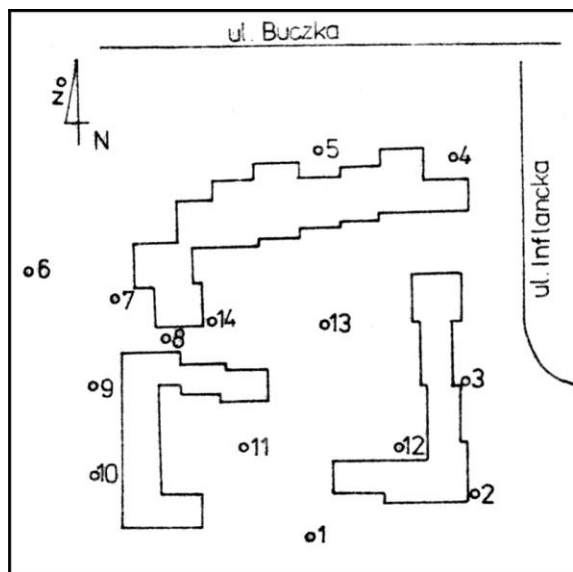
Przecinając proste regresji linią $y = 0$ (rys. 3 i 4) otrzymuje się graniczne wartości temperatury oraz terminy pojawienia się i zaniku osiedlowej wyspy ciepła. Na mniejszym, bardziej zwartym osiedlu Stawki pojawia się ona wieczorem później i przy niższych wartościach temperatury powietrza niż w peryferyjnym, luźnym osiedlu Służew nad Dolinką. Natomiast rano na osiedlu stawki wyspa ciepła utrzymuje się dłużej i zanika przy wyższych temperaturach.

Jeżeli uda się ustalić pewne zależności charakterystyczne dla różnych typów zabudowy, to będzie możliwe prognozowanie zmian. Wtedy będzie można określić jak powinno być zaprojektowane miasto (osiedle), aby zapewnić jego mieszkańcom korzystne warunki bioklimatyczne, tzn. odpowiednie warunki odczucia termicznego i odpowiedniej jakości powietrza atmosferycznego.

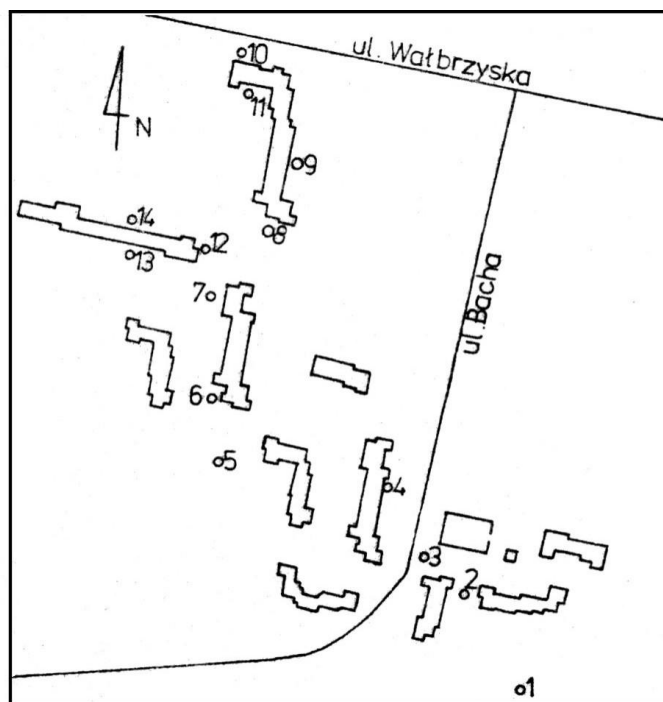
Wiedząc jakie muszą być spełnione warunki urbanistyczne, aby zapewnić człowiekowi odczucia warunków atmosferycznych zbliżone do komfortowych (na podstawie norm wypracowanych przez bioklimatologię – wskaźników klimatu odczuwalnego), można w pewnym stopniu modyfikować klimat w niewielkiej skali – uzyskać pożądane zmiany w środowisku. W warunkach miejskich jest to możliwe poprzez kształtowanie odpowiednio zróżnicowanych termicznie i dynamicznie powierzchni. Można np. wymusić określoną, najkorzystniejszą wymianę powietrza (poziomą i pionową), zapewniającą wynoszenie zanieczyszczeń, czy też zapewnienie odpowiednich warunków odczucia termicznego (za pomocą wskaźników bioklimatycznych), pozwoli ustalić optymalne układy osiedli mieszkaniowych.

Literatura

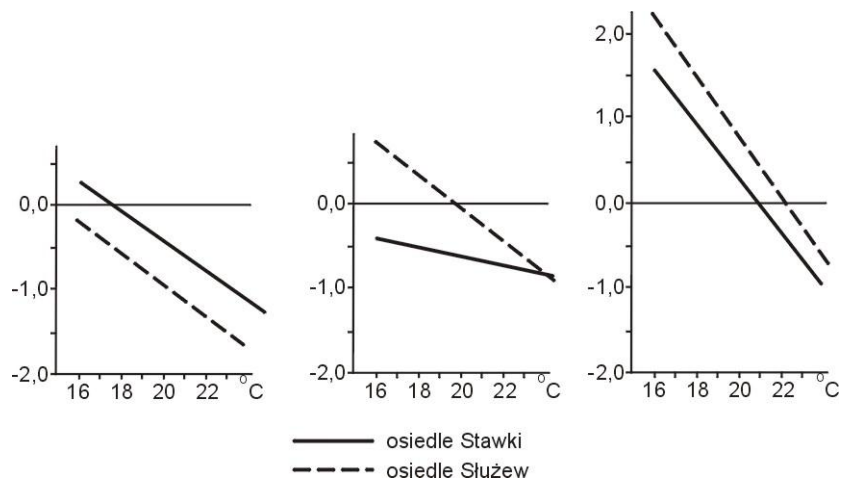
- Kaczorowska Z., 1967. *Opady Wielkiej Warszawy i jej okolic w okresie 1956-1960*. Prz. Geof., t. 12, z. 3-4.
- Kopacz-Lembowicz M., Kossowska-Cezak U., Martyn D., Olszewski K., 1984. *Wpływ zieleni miejskiej na kształtowanie środowiska miejskiego*. Praca zbiorowa Pod red. H.D. Szczepanowskiej. PWN, Warszawa
- Kossowska U., 1973. *Osobliwości klimatu wielkomięjskiego na przykładzie Warszawy*. Prace i Studia IG UW, z. 12 – Klimatologia, z. 7.
- Kossowska U., 1975. *Zmiany roczne różnic temperatury powietrza między śródmieściem i peryferiami Warszawy*. Prace i Studia IG UW. z. 17 – Klimatologia, z. 8.
- Kossowska-Cezak U., 1977. *Warunki termiczne Warszawy*. Prace i Studia IG UW. z. 22 – Klimatologia, z. 9.
- Stopa-Boryczka M., Kopacz-Leombowicz M., Kossowska-Cezak U., Ryczywolska E., Wawer J., 1984. *Badania wpływu zabudowy na klimat lokalny w Warszawie*. Materiały I Ogólnopolskiej Konferencji nt. „Klimat i bioklimat miast”, Łódź.
- Stopa-Boryczka M., Kopacz-Lembowicz M., Ryczywolska E., 1960. *Wpływ zabudowy na zróżnicowanie warunków mikroklimatycznych osiedli mieszkaniowych*. Praca Wykonana na zamówienie Instytutu Kształtowania Środowiska w ramach programu rządowego PR 5. Maszynopis
- Stopa-Boryczka M., Kopacz-Lembowicz M., Ryczywolska E., 1982. *Ocena klimatu lokalnego do projektu osiedla mieszkaniowego w Białolece Dworskiej*. Człowiek i Środowisko, t. 6, z. 3-4.



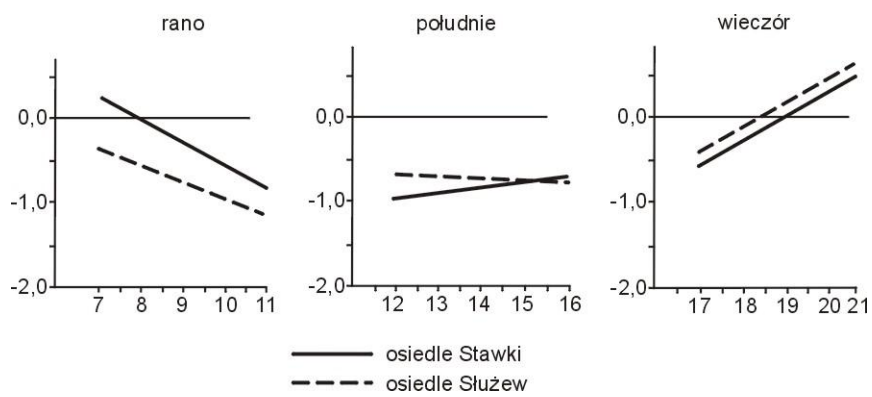
Rysunek 1. Rozmieszczenie punktów pomiarowych na osiedlu Stawki



Rysunek 2. Rozmieszczenie punktów pomiarowych na osiedlu Służew (punkt zewnętrzny znajduje się na SE od punktu nr 1 w odległości 320 m)



Rysunek 3. Proste regresji różnic temperatury między osiedlem i otoczeniem względem temperatury powietrza poza osiedlem Służew i osiedlem Stawki



Rysunek 4. Zależność różnicy średniej temperatury z punktów osiedlowych i punktu zewnętrznego od czasu (początkiem osi czasu $t = 1$ są terminy: rano 7.00, południe 12.00, wieczorem 17.00)

VIII. ZRÓŻNICOWANIE KLIMATU LOKALNEGO W WARSZAWIE NA PRZYKŁADZIE WYBRANYCH PRAC MAGISTERSKICH DOTYCZĄCYCH OSIEDLI

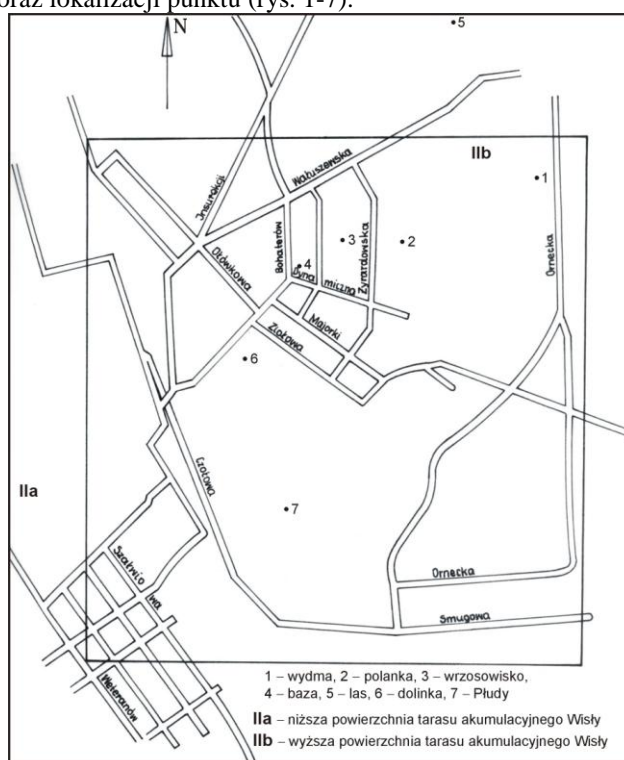
8.1. Osiedle BIAŁOŁĘKA DWORSKA

8.1.1. Zmiany dobowe temperatury powietrza w 1977 roku na przykładzie Białoleki Dworskiej

Autor: Małgorzata PANASZ

Opiekun naukowy: Maria STOPA-BORYCZKA

Na podstawie analizy przebiegu dobowego temperatury powietrza w Białolece Dworskiej stwierdzono, że jest on uzależniony przede wszystkim od pory roku, sytuacji synoptycznej oraz lokalizacji punktu (rys. 1-7).



Rysunek 1. Rozmieszczenie punktów obserwacyjnych na terenie Białoleki Dworskiej

1. Na podstawie rocznej serii obserwacji stwierdzono, że:

a) W okresie zimy krzywe średniego przebiegu dobowego temperatury powietrza wykazują duże spłaszczenie. Szczególnie widoczne to było w grudniu, kiedy amplituda

dobowa wahała się w granicach od 1,7° do 2,0°C. Tłumaczy się to niskim, zimowym położeniem Słońca.

b) Krzywe wykreślone dla miesięcy wiosennych były bardziej strome. Większe wahania temperatury spowodowane zostały dużym dopływem energii słonecznej przed południem i silnym wypromieniowaniem Ziemi nocą.

c) Najwyższe amplitudy dobowe w ciągu całego roku wystąpiły w czerwcu (las 13,2°C). Związane to było z ogólnym wzrostem temperatury w miesiącach letnich.

d) Jesienią wartości temperatury stopniowo malały, co powodowało zmniejszenie amplitudy dobowej. Jej gwałtowny spadek nastąpił w listopadzie.

2. Terminy występowania temperatur ekstremalnych uzależnione są od pory roku. Maksima przesuwają się latem ku terminom późniejszym, a zimą wcześniejszym. W miesiącach letnich Słońce znajduje się w swoim najwyższym położeniu. Zwiększa się wtedy długość okresu wzrostu temperatury, co powoduje, że maksima ulegają czasowemu opóźnieniu. Natomiast minima przesuwają się latem ku terminom wcześniejszym, a zimą późniejszym. Związane jest to z różnymi w ciągu roku porami wschodu Słońca.

3. Przestrzenne zróżnicowanie wartości ekstremów w miesiącach reprezentujących poszczególne pory roku wykazało, że najczęściej najniższe minimum występowało w lesie, zaś najwyższe w Płudach. Natomiast największa wartość maksimum pojawiała się dosyć często w lesie. Świadczy to o tym, że zachodziły tam największe wahania temperatury w ciągu doby.

4. Warunki pogodowe wywierają ogromny wpływ na przebieg temperatury. Jej najwyższe wartości w lipcu występowały w dniach, kiedy nad Polską zalegały masy powietrza polarno-morskiego ciepłego lub polarno-morskiego starego, powodujące latem bezchmurną pogodę. Jednak w omawianym miesiącu okolice Warszawy znajdowały się przeważnie pod wpływem cyrkulacji niżowej. Często padał deszcz, a wiatr znacznie zwiększał swoją prędkość. Właśnie wtedy temperatura osiągała najniższe wartości.

Dokładna analiza sytuacji synoptycznej wykazała, że okresy cieplejsze i chłodniejsze w lipcu związane były głównie z przejściami frontów oraz właściwościami zalegających mas powietrza.

5. Posterunki obserwacyjne, które funkcjonowały w lipcu, umieszczone były w miejscach o zróżnicowanym podłożu i różnej wysokości nad poziomem rzeki (Wisły).

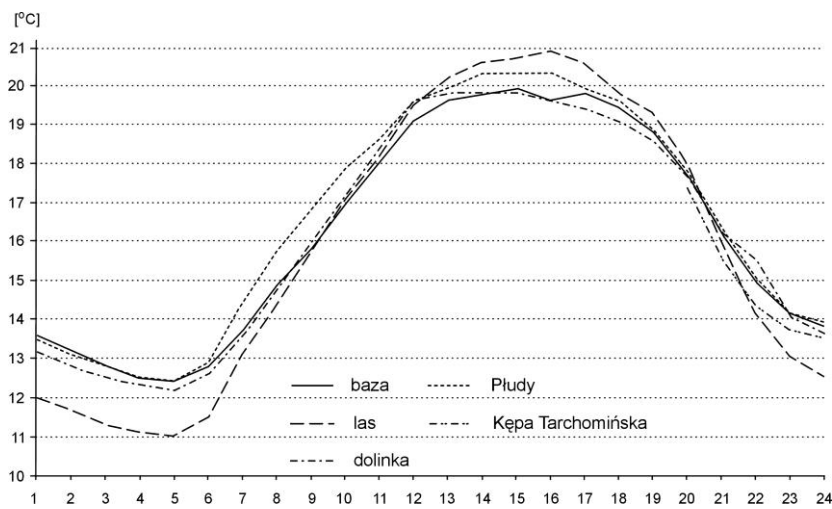
Z przeprowadzonych obserwacji wynika, że najniższe dzienne minimum na obu poziomach występowało w lesie, zaś najwyższe w Płudach. W godzinach wieczornych najcieplejszym punktem okazała się baza, a najchłodniejszym wrzosowisko. Obniżenie temperatury w lesie i na wrzosowisku tłumaczy się nocnymi spływami chłodnego, cięższego powietrza z pobliskich form wydmy. Natomiast wieczorne ocieplenie na bazie związane było z zabudową, która kumulując w ciągu dnia duże ilości ciepła wpływała w późniejszych godzinach na podwyższenie temperatury. Wysoka wartość dziennego minimum w Płudach spowodowana została powolnym wychłodzeniem wilgotnego gruntu. W południe najcieplejszym posterunkiem obserwacyjnym była wydma. Przyczyniło się do tego szybkie nagrzewanie piaszczystego podłoża występującego na tym punkcie.

6. Szczegółowa analiza warunków termicznych w 1977 r. z uwzględnieniem lipca wykazała, że na terenie Białołąki Dworskiej wydzielają się dwa obszary:

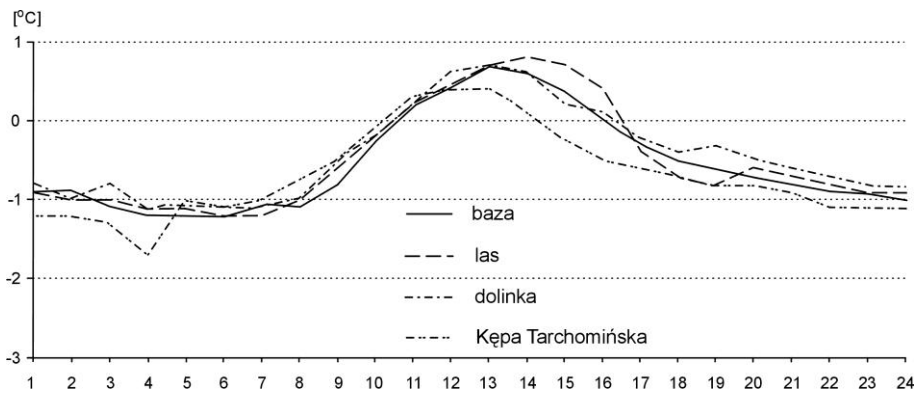
a) bardziej aktywna termicznie północna część badanego terenu, która szybko nagrzewa się, ale także szybko traci swoje ciepło.

b) mniej aktywna termicznie południowa część, która powoli się nagrzewa, ale też wolniej ulega ochłodzeniu.

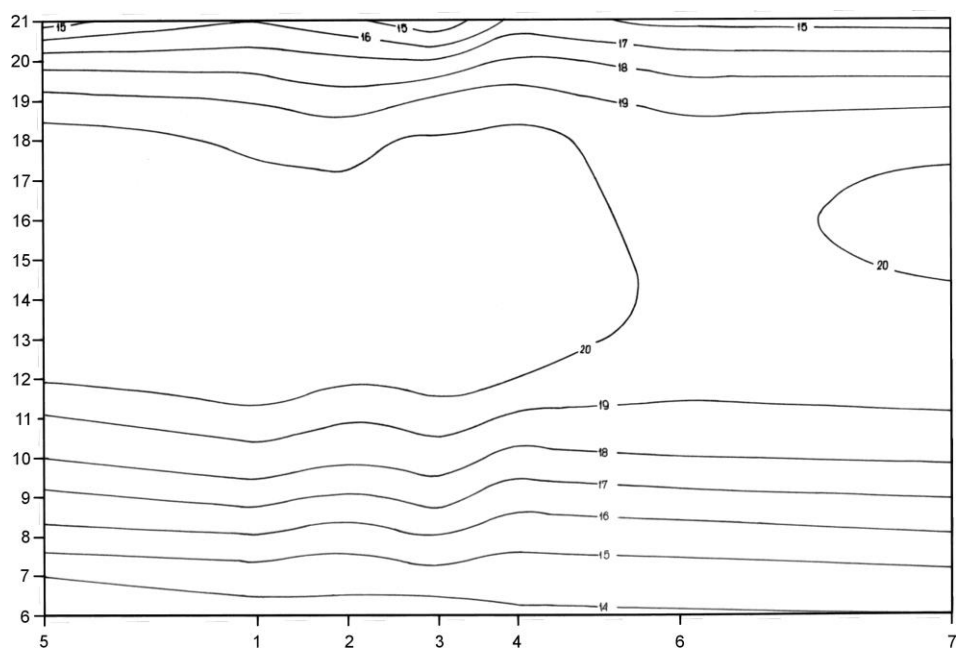
Należy spodziewać się, że po wprowadzeniu zabudowy w południowej części badanego terenu różnice termiczne między obydwoma wydzielonymi obszarami w ciągu dnia zatrą się lub będą kształtowały się odwrotnie niż obecnie. Natomiast wieczorem i nocą omawiane zróżnicowanie warunków termicznych pogłębi się jeszcze bardziej. Jednocześnie nocą uaktywnią się spływy świeżego powietrza z wydm, co z pewnością będzie korzystne dla mieszkańców osiedla, które zostanie wybudowane na terenie Białołąki Dworskiej.



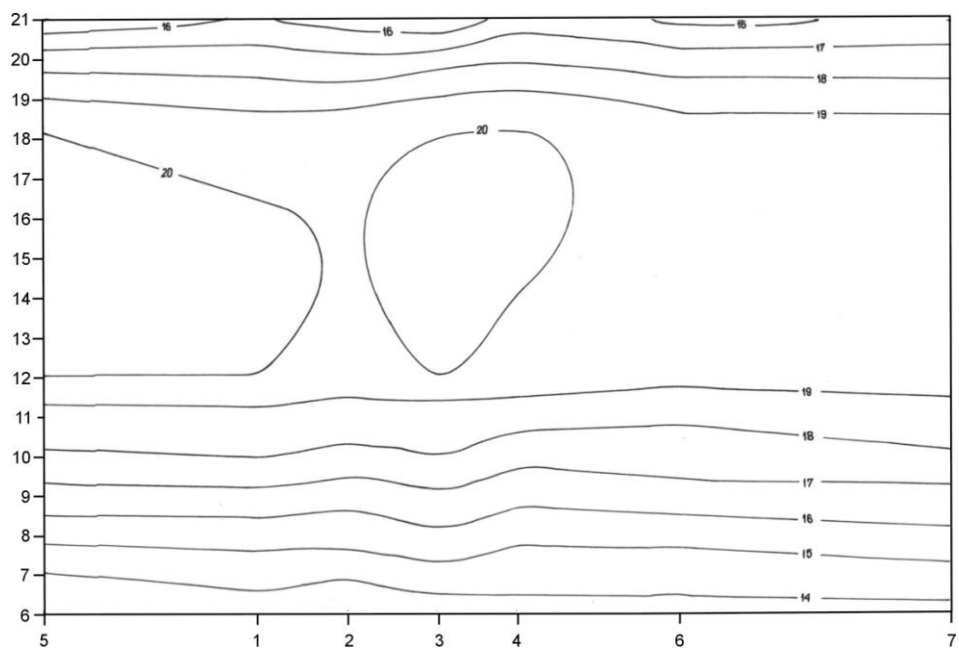
Rysunek 2. Średni przebieg dobowy temperatury powietrza na poziomie 1,5 m (lipiec)



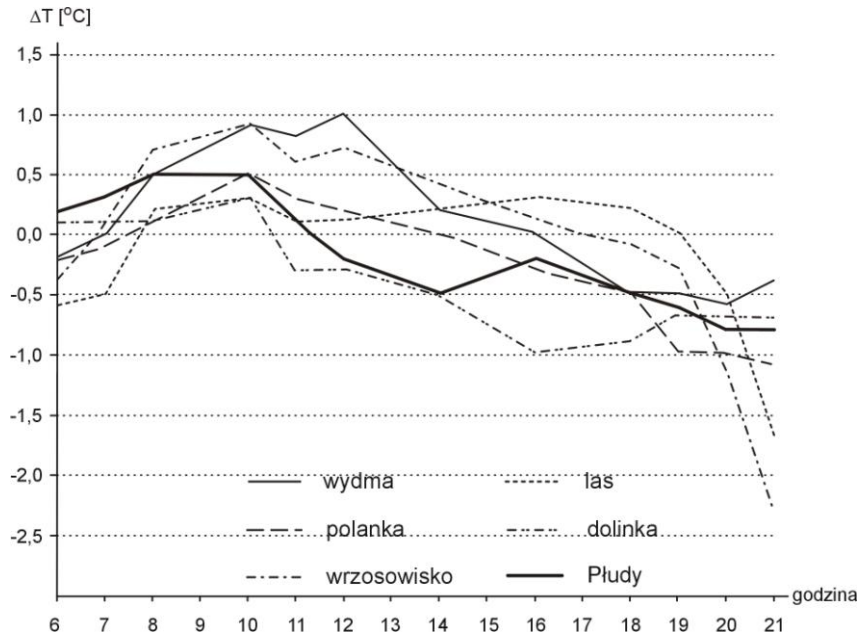
Rysunek 3. Średni przebieg dobowy temperatury powietrza na poziomie 1,5 m (grudzień)



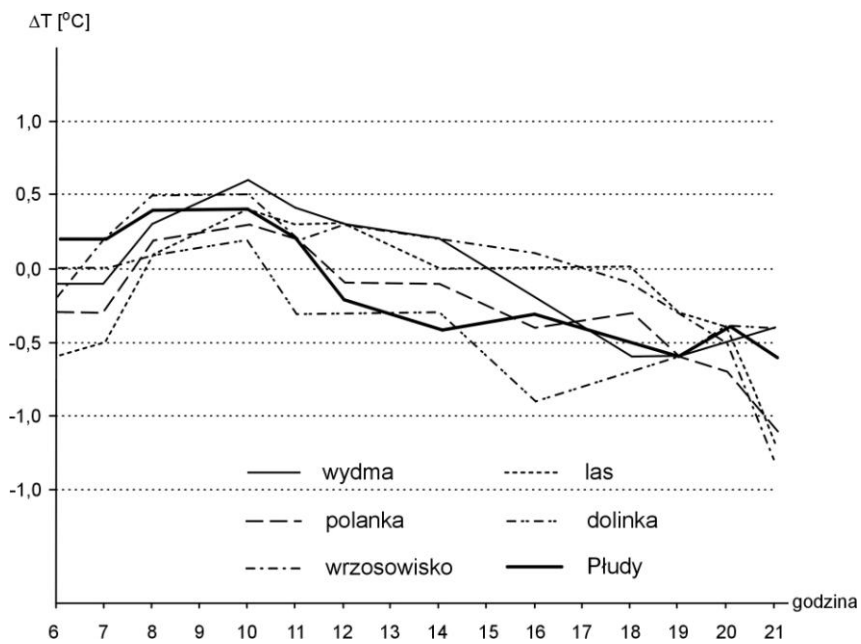
Rysunek 4. Rozkład średnich dziennych wartości temperatury powietrza w lipcu 1977 r. na poziomie 0,25 m



Rysunek 5. Rozkład średnich dziennych wartości temperatury powietrza w lipcu 1977 r. na poziomie 1,5 m



Rysunek 6. Różnice temperatury powietrza między Bazą a pozostałymi punktami na poziomie 0,25 m



Rysunek 7. Różnice temperatury powietrza między Bazą a pozostałymi punktami na poziomie 1,5 m

8.1.2. Zmiany dobowe i roczne wilgotności powietrza w Białoleńce Dworskiej w 1977 r.

Autor: Elżbieta KOWALCZYK-GUTOWSKA

Opiekunowie naukowci: Maria STOPA-BORYCZKA, Jerzy BORYCZKA

1. Analiza zmian rocznych poszczególnych parametrów wilgotności powietrza w Białoleńce Dworskiej wykazuje, że nie różnią się one zbyt od obserwowanych w naszej strefie klimatu umiarkowanego (rys. 1-3, tab. 1-5).

Jeżeli chodzi o prężność pary wodnej najwyższymi wartościami charakteryzuje się miesiąc lipiec, a najniższymi – luty. Wilgotność względna osiąga najniższe wartości w czerwcu, w listopadzie i grudniu.

Charakterystyczne miesiące dla niedosytu wilgotności powietrza to czerwiec z najwyższymi wartościami oraz miesiące zimowe (XII-II) mające wartości najniższe.

Na uwagę zasługuje fakt, że wiosna jest porą roku bardziej suchą niż jesień. Potwierdzeniem tego są wyższe wartości prężności pary wodnej i wilgotności względnej oraz niższe wartości niedosytu dla pory jesiennej w porównaniu z wiosną.

Wiadomo jest, że na wiosnę po niewielkim zimowym parowaniu atmosfera nie zawiera dużego zapasu wilgoci. Na zwiększenie wilgotności powietrza w jesieni wpływa letnie wzmożone parowanie oraz opady miesięcy letnich, które zaopatrzyły grunt w zapas wilgoci.

2. Maksymalne zróżnicowanie między stacjami omawianych parametrów (e , f , Δ) wilgotności powietrza przypada na miesiące późnowiosenne maj-czerwiec, najmniejsze zaś na okres zimy, co należy tłumaczyć przede wszystkim charakterem podłoża.

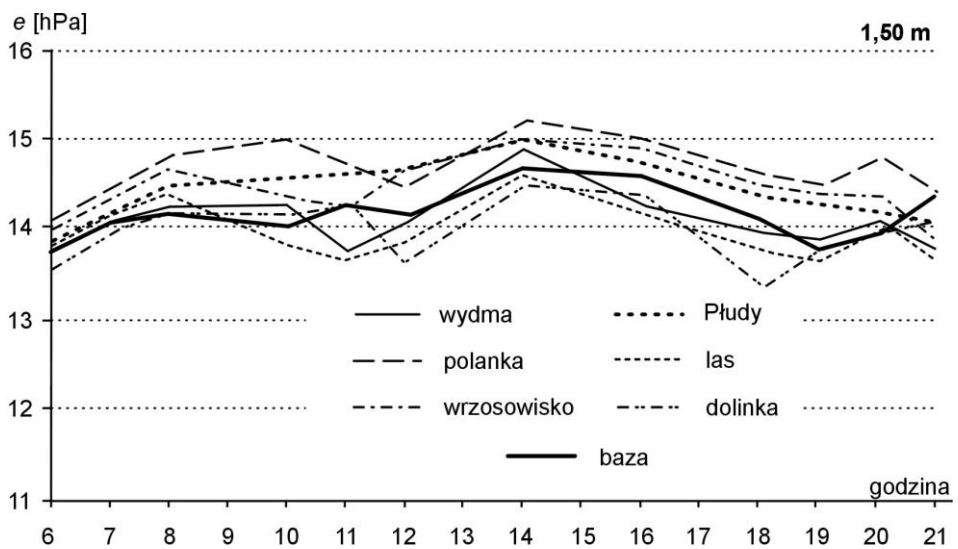
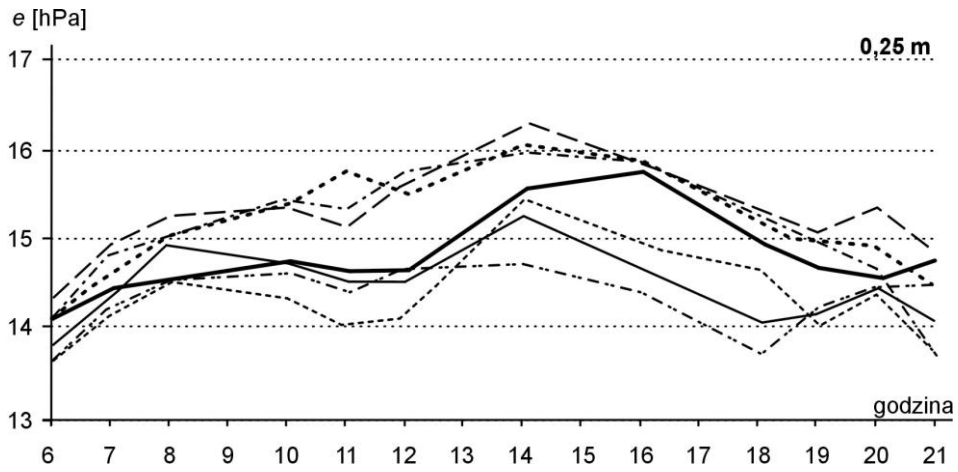
Wiosną przy znacznym wzroście temperatury zwiększa się możliwość intensywnego parowania, pod warunkiem, że dany obszar ma wystarczający zapas wilgoci (dolinka, Płudy). W związku z tym wzrasta zróżnicowanie wynikające z różnej lokalizacji stacji. Wyżej wymienione stacje ze względu na duży zapas wilgoci w gruncie mają wyższe wartości prężności pary wodnej oraz wilgotności względnej powietrza, a niższe niedosytu niż stacje położone na terenach suchych (wydma, wrzosowisko), gdzie te zapasy wilgoci są bardzo małe.

3. Analiza przebiegu dziennego omawianych parametrów wilgotności powietrza w lipcu na terenie Białoleńki Dworskiej pozwala stwierdzić, że największe zróżnicowanie między posterunkami występuje w godzinach południowych, a najmniejsza rano, co oczywiście jest uzależnione również od charakteru podłoża.

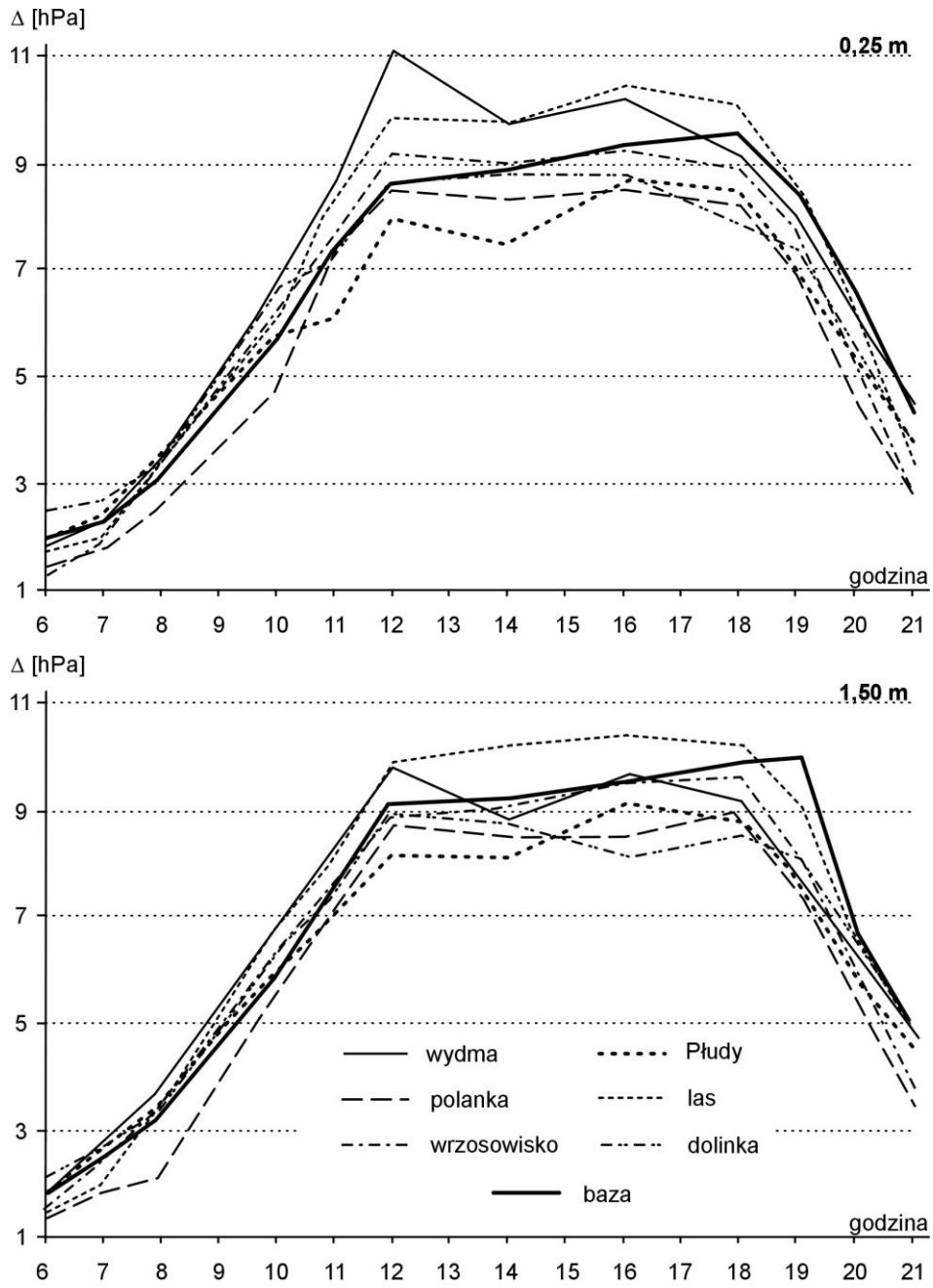
W godzinach porannych powierzchnia gruntu jest na wszystkich posterunkach pomiarowych raczej wilgotna, co niweluje różnice w wartościach wilgotności między nimi.

4. Generalnie rzecz biorąc, badania wilgotności na terenie Białoleńki Dworskiej pozwalają stwierdzić, że jest to obszar o dość korzystnych warunkach wilgotnościowych.

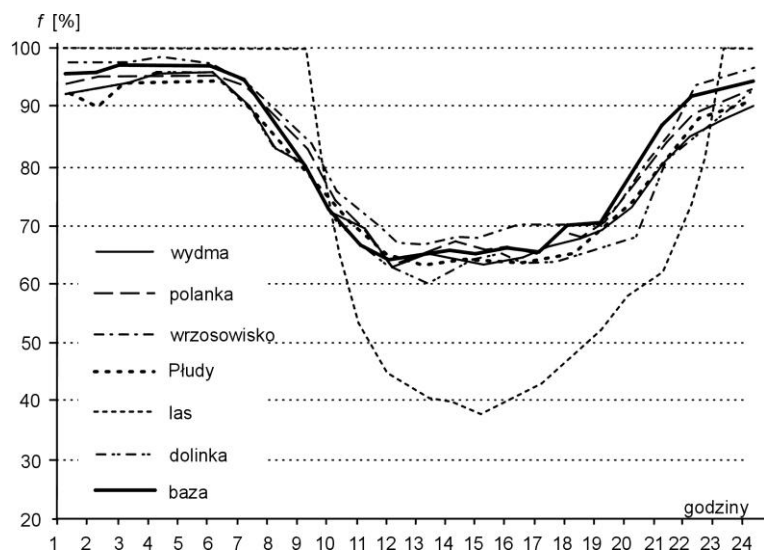
Fakt ten nie jest bez znaczenia, zwłaszcza, iż jak wiadomo, na terenie tym ma być zbudowane osiedle mieszkaniowe. Na interesującym nas obszarze najmniej korzystną porą roku z nieoptymalnymi wartościami wilgotności jest okres zimowy, który wykazuje zbyt wysokie wartości wilgotności w porównaniu z obszarem otaczającym.



Rysunek 1. Średnie miesięczne wartości ciśnienia pary wodnej (e) w poszczególnych godzinach na wszystkich stanowiskach (lipiec 1977)



Rysunek 2. Średnie miesięczne wartości niedosytu wilgotności powietrza (Δ) w poszczególnych godzinach na wszystkich punktach (lipiec 1977)



Rysunek 3. Średni dobowy przebieg wilgotności względnej (f) powietrza w lipcu 1977

Tabela 1. Przebieg dzienny ciśnienia pary wodnej w dniu 3 lipca 1977 r. (poziomy: 0,25 i 1,50 m n.p.g.)

Stacja	Godzina	6	7	8	10	11	12	14	16	18	19	20	21
	Wydma	0,25	11,2	12,7	12,4	13,1	13,2	13,1	13,7	13,6	13,3	13,2	12,3
	1,50	11,3	12,2	12,3	12,9	12,8	13,1	13,2	12,8	12,9	11,2	10,8	9,8
Polanka	0,25	11,7	13,1	13,8	13,5	13,7	12,5	14,6	14,6	14,0	11,6	12,1	11,0
	1,50	11,5	12,9	11,9	13,2	13,7	13,4	13,5	13,7	13,3	11,7	11,7	10,4
Wrzosowisko	0,25	11,6	13,2	13,3	13,8	13,6	13,8	15,1	14,1	15,2	11,6	11,7	10,4
	1,50	10,7	13,0	12,4	14,5	13,1	12,8	13,4	11,5	14,1	11,2	11,2	10,2
Baza	0,25	10,9	12,8	12,9	13,7	14,4	13,9	15,6	13,9	13,4	11,6	11,7	11,2
	1,50	11,2	12,1	12,3	12,9	13,2	13,5	15,1	13,4	13,1	11,0	11,0	10,1
	2,00	11,1	12,1	12,4	12,9	13,1	13,1	14,3	13,6	12,9	11,0	11,0	10,0
Las	0,25	11,4	12,4	12,6	13,1	12,7	13,0	13,7	13,7	13,0	11,0	11,0	8,9
	1,50	11,3	12,2	12,7	12,6	12,5	12,7	13,1	12,4	12,9	10,9	11,1	8,7
Dolinka	0,25	11,3	12,3	12,1	13,5	13,1	13,1	14,0	13,5	13,9	11,7	11,3	10,4
	1,50	11,1	12,0	12,0	12,9	12,6	13,0	13,8	12,9	13,3	11,3	10,9	10,2
Płudy	0,25	12,3	12,9	12,5	15,5	14,2	13,4	15,0	13,4	14,6	11,4	11,5	10,9
	1,50	11,8	12,5	12,6	14,5	12,6	13,0	13,6	13,2	13,4	10,9	11,0	10,0

Tabela 2. Przebieg dzienny ciśnienia pary wodnej w dniu 25 lipca 1977 r. (poziomy: 0,25 i 1,5 m n.p.g.)

Stacja	Godzina	6	7	8	10	11	12	14	16	18	19	20	21
Wydma	0,25	16,2	17,2	18,0	18,2	17,2	17,8	20,3	18,5	17,5	17,3	17,5	17,3
	1,50	16,3	17,5	16,8	18,0	16,9	17,7	18,8	16,3	16,3	17,1	16,6	16,8
Polanka	0,25	16,6	16,1	16,9	17,0	18,4	19,4	21,1	19,3	18,4	19,5	19,1	18,0
	1,50	16,3	16,8	16,8	17,5	19,1	18,4	21,3	18,7	17,6	19,2	18,4	17,7
Wrzosowisko	0,25	16,7	17,4	17,9	19,0	19,6	18,3	19,9	21,8	20,0	20,2	18,2	17,9
	1,50	16,6	17,4	17,7	17,7	17,0	16,7	20,5	20,1	18,8	17,9	18,0	17,6
Baza	0,25	16,1	17,0	16,7	18,4	19,2	18,5	19,3	18,1	18,8	17,5	18,5	17,8
	1,50	16,2	16,7	16,3	16,5	17,1	17,6	19,5	18,7	17,7	17,5	18,4	17,2
	2,00	16,0	16,1	16,4	15,2	18,7	19,6	20,4	17,0	17,2	17,3	18,2	16,7
Las	0,25	16,0	16,9	17,1	17,3	17,8	18,5	19,2	16,5	18,8	15,9	16,8	18,1
	1,50	16,3	16,3	16,9	16,9	16,7	16,8	18,5	16,4	17,0	15,9	17,1	16,1
Dolinka	0,25	16,5	17,0	17,2	17,6	16,6	18,8	19,7	17,1	13,9	16,7	17,8	16,4
	1,50	16,1	16,5	16,8	17,4	16,2	17,3	17,8	17,1	13,3	16,3	17,5	16,0
Płudy	0,25	17,2	18,1	18,4	18,9	22,6	23,2	22,8	19,8	17,7	17,0	18,2	17,7
	1,50	16,3	16,7	16,9	18,1	18,5	18,0	19,7	17,4	16,2	16,4	18,0	16,0

Tabela 3. Średnie miesięczne wartości terminowe oraz dobowe ciśnienia pary wodnej w lipcu 1977 r. w poszczególnych punktach (poziomy: 0,25 i 1,5 m n.p.g.)

Stacja	Termin klimatologiczny						Średnia dobowa dla lipca	
	I		II		III		0,25	1,5
	0,25	1,5	0,25	1,5	0,25	1,5		
Wydma	14,9	14,3	15,2	14,9	14,4	14,1	14,4	14,1
Polanka	15,2	14,8	16,2	15,2	15,3	14,8	15,2	14,7
Wrzosowisko	15,0	14,7	15,9	15,0	14,6	14,4	15,0	14,5
Baza	14,5	14,3	15,5	14,7	14,5	13,9	14,7	14,2
Las	14,5	14,4	15,4	14,6	14,3	14,1	14,3	14,0
Dolinka	14,5	14,2	14,7	14,5	14,4	14,0	14,3	14,0
Płudy	15,0	14,5	16,0	15,0	14,9	14,2	15,1	14,5

Tabela 4. Średni dzienny przebieg niedosytu wilgotności powietrza w lipcu 1977 r. w poszczególnych punktach (poziomy: 0,25 i 1,5 m n.p.g.)

Stacja	Godzina	6	7	8	10	11	12	14	16	18	19	20	21
	Wydma	0,25	1,8	2,3	3,4	6,7	8,7	11,1	19,7	10,2	9,1	8,0	6,1
	1,50	1,8	2,7	3,7	6,8	8,4	9,8	8,8	9,7	9,2	7,8	6,2	4,7
Polanka	0,25	1,4	1,7	2,5	4,7	7,3	8,5	8,3	8,5	8,2	6,9	4,5	2,7
	1,50	1,3	1,8	2,1	5,6	7,1	8,7	8,5	8,5	9,0	7,5	5,3	3,4
Wrzosowisko	0,25	1,4	1,9	3,4	6,3	7,6	9,2	9,0	9,2	8,9	7,7	5,1	2,7
	1,50	1,5	2,4	3,4	6,4	7,4	8,9	9,1	9,5	9,6	8,0	5,8	3,7
Baza	0,25	1,9	2,3	3,1	5,7	7,4	8,6	8,8	9,3	9,5	8,4	6,5	4,3
	1,50	1,8	2,5	3,2	5,9	7,1	9,1	9,1	9,6	9,9	10,0	6,6	4,7
	2,00	1,8	2,5	3,2	6,0	7,0	8,8	8,8	9,2	9,9	8,6	6,5	5,1
Las	0,25	1,7	2,0	3,3	6,1	8,4	9,8	9,7	10,4	10,0	8,6	6,2	3,4
	1,50	1,5	1,9	3,3	6,8	8,1	9,9	10,2	10,4	10,2	9,1	6,3	4,2
Dolinka	0,25	2,5	2,7	3,4	6,6	7,2	8,6	8,8	8,8	7,9	7,4	5,7	3,8
	1,50	2,1	2,6	3,4	6,3	7,4	9,0	8,8	8,1	8,5	8,1	6,3	4,9
Pludy	0,25	2,0	2,4	3,3	5,8	6,1	7,9	7,4	8,6	8,4	7,0	5,2	3,7
	1,50	1,9	2,6	3,5	6,1	7,0	8,1	8,1	9,1	8,8	7,6	5,9	4,5

Tabela 5. Średnie dobowe amplitudy wilgotności względnej powietrza w poszczególnych punktach pomiarowych w kolejnych miesiącach 1977 r.

Miesiąc Stacja	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Baza	11	15	35	32	35	43	32	23	36	20	10	10
Las	9	14	22	40	39	51	62	41	33	13	14	5
Dolinka	9	11	31	32	37	40	33	21	27	20	11	6
Pludy	11	13	31	33	31	–	31	52	30	20	8	6
Kępa Tar- chomińska	13	13	31	38	30	42	35	25	31	27	16	7

8.1.3. Wpływ podłoża na temperaturę powietrza na przykładzie Białoleki Dworskiej

Autor: Krystyna BĄCZYK

Opiekun naukowy: Maria STOPA-BORYCZKA

Analiza przebiegu dobowego temperatury powietrza na obszarze Białoleki Dworskiej w okresie styczeń-sierpień 1978 r. wykazała, że jest on zróżnicowany w zależności od pory roku, sytuacji pogodowej i podłoża stacji (rys. 1-7).

1. W okresie zimy (styczeń-luty) krzywe przebiegu średnich godzinnych wartości różnic temperatury powietrza między bazą a pozostałymi punktami wykazują, duże spłaszczenie, co świadczy o małym czasowo-przestrzennym zróżnicowaniu tego parametru. Ponadto obszar obniżenia między wydmowego jest w tym okresie nieco cieplejszy od otoczenia.

2. Zwiększony dopływ energii słonecznej w miesiącach wiosennych był bezpośrednią przyczyną występowania wyższych temperatur w godzinach rannych, wieczornych i nocnych na terenie obniżenia między wydmowego.

Obszar wydmowy zaś, okazał się, znacznie cieplejszy w godzinach około południowych, co spowodowane było intensywnym ogrzewaniem się piaszczystego podłoża.

3. Duże wahania dobowe wykazują krzywe przebiegu różnic temperatury powietrza między tymi dwoma analizowanymi obszarami w lecie. W ciągu całej doby o tej porze roku cieplejsze powietrze zalegało nad obszarem wydmowym, natomiast szybkie ochładzanie się piaszczystego podłoża w godzinach wieczornych powodowało obniżenie temperatury powietrza.

4. Najdłuższe okresy wzrostu i najwyższe sumy przyrostów temperatury powietrza na poszczególnych punktach wystąpiły w miesiącach maj-lipiec, natomiast bardzo powoli proces ten zachodził zimą. Analogicznie jak poprzednio najwyższe spadki temperatury miały miejsce w okresie od maja do sierpnia, a najniższe od stycznia do lutego.

5. Analiza zmian różnic temperatury powietrza z godziny na godzinę wykazała duże zróżnicowanie w zależności od pory roku. Zimą zmiany te są bardzo małe, natomiast powiększają się w miarę wzrostu temperatury powietrza.

6. Terminy występowania temperatur ekstremalnych ulegają przesunięciu w zależności od pory roku. Zimą najniższe temperatury w Białolece Dworskiej wystąpiły przed wschodem Słońca, natomiast w miesiącach wiosennych i letnich notowane one były tuż po jego wschodzie.

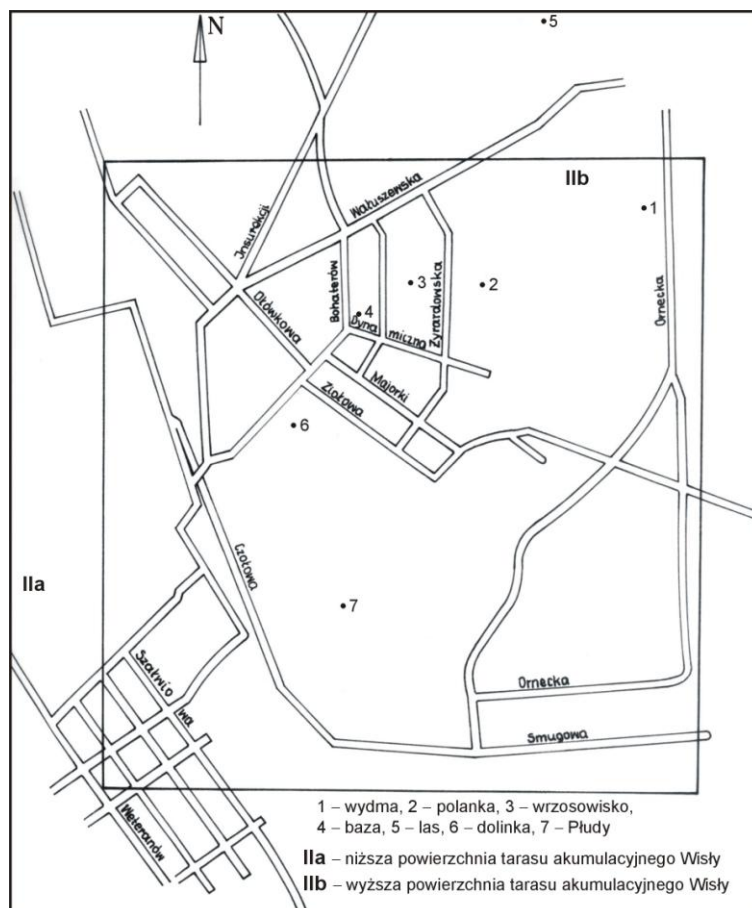
Temperatury maksymalne zaś rejestrowano w terminach popołudniowych, które różnicują się w czasie w zależności od pory roku.

7. Temperatury maksymalne najwyższe wartości osiągnęły w miesiącach kwiecień-sierpień na obszarze wydmowym, natomiast większe temperatury minimalne w ciągu całego roku notowano na terenie obniżenia międzywydmowego.

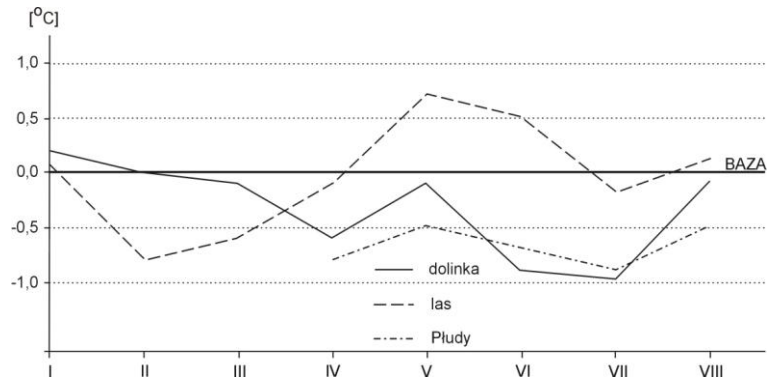
8. Prawidłowa pionowa stratyfikacja termiczna utrzymywała się w ciągu całego dnia na obszarze wydmowym, natomiast częstym zakłóceniom ulegała ona na terenie obniżenia między wydmowego. Przyczyniło się do tego znaczne wyniesienie terenu chroniące przed nocnym wychłodzeniem.

9. Znaczny wpływ na kształtowanie się temperatury powietrza wywierają warunki pogodowe. Jej najwyższe wartości w lipcu 1978 r. notowano po przejściu frontu ciepłego, kiedy nad Białoleką Dworską zalegały masy powietrza polarno-morskiego ciepłego. Najniższe wartości temperatury wystąpiły po przejściu frontu zokludowanego, przy napływie mas powietrza polarno-morskich.

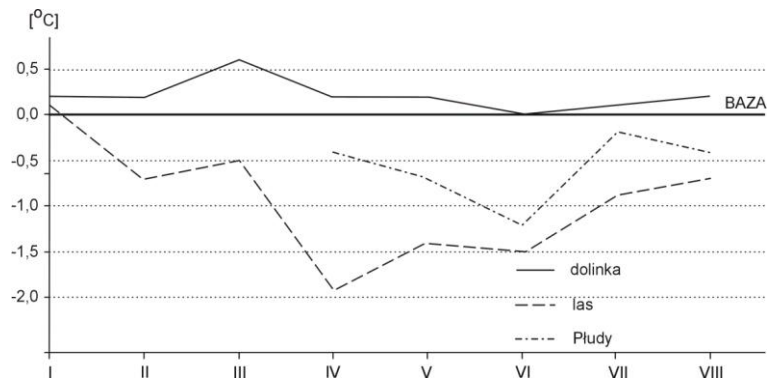
10. Po wprowadzeniu zabudowy na teren Białoleki Dworskiej warunki termiczne ulegną zmianie. Nastąpi wzrost temperatury powietrza na obszarze obniżenia między-wydmowego, wskutek czego będzie on znacznie cieplejszy od terenu wydmowego. Kontrasty te mogą pogłębiać się jeszcze bardziej nocą.



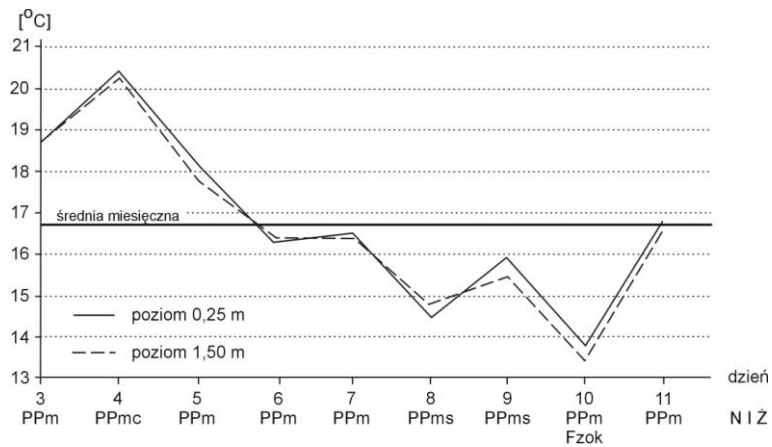
Rysunek 1. Rozmieszczenie punktów obserwacyjnych na terenie Białoleki Dworskiej



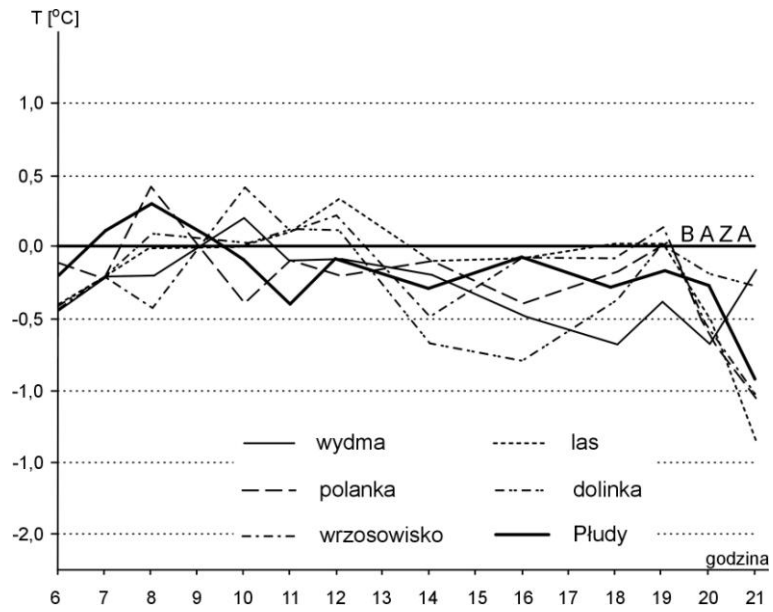
Rysunek 2. Różnice temperatury maksymalnej między bazą a pozostałymi punktami w poszczególnych miesiącach



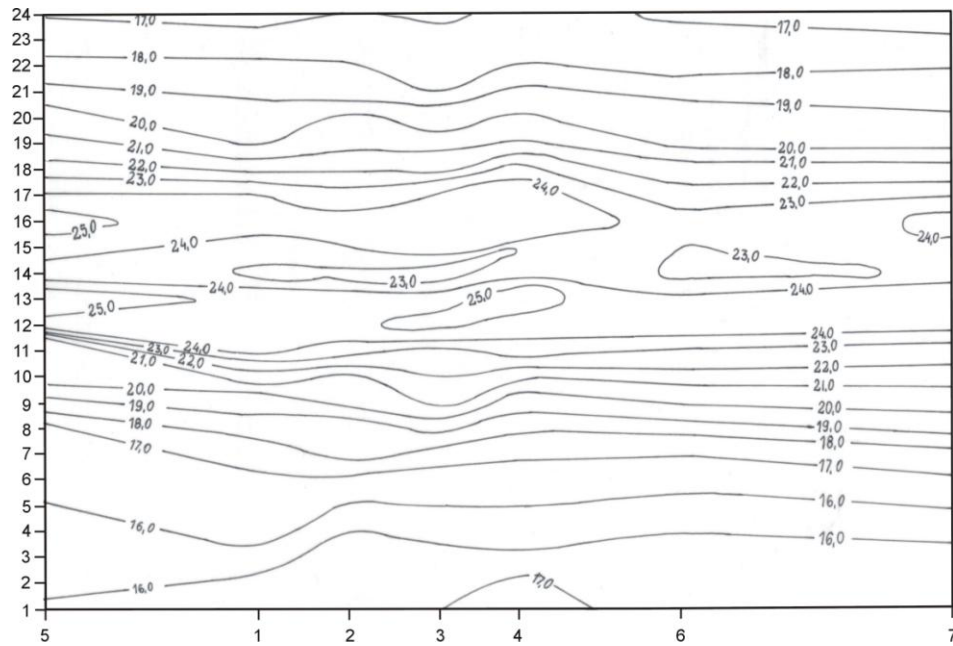
Rysunek 3. Różnice temperatury minimalnej między bazą a pozostałymi punktami w poszczególnych miesiącach



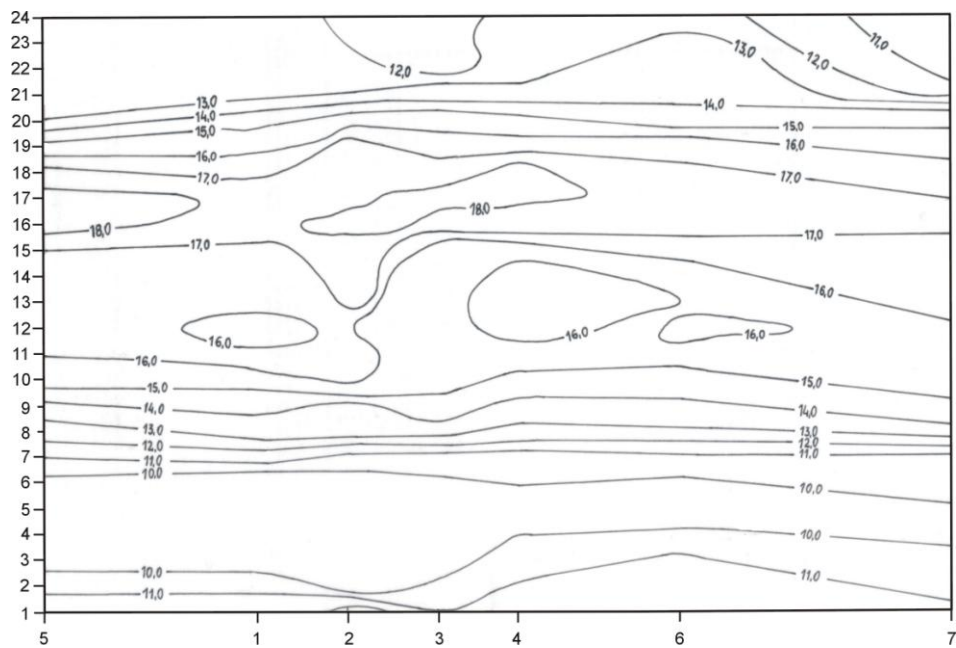
Rysunek 4. Zmiany temperatury powietrza z dnia na dzień w porównaniu z sytuacją synoptyczną



Rysunek 5. Różnice temperatury maksymalnej między bazą a pozostałymi punktami na poziomie 1,5 m



Rysunek 6. Rozkład temperatury powietrza w Białoleśce Dworskiej w dniu 4 lipca 1978 roku.



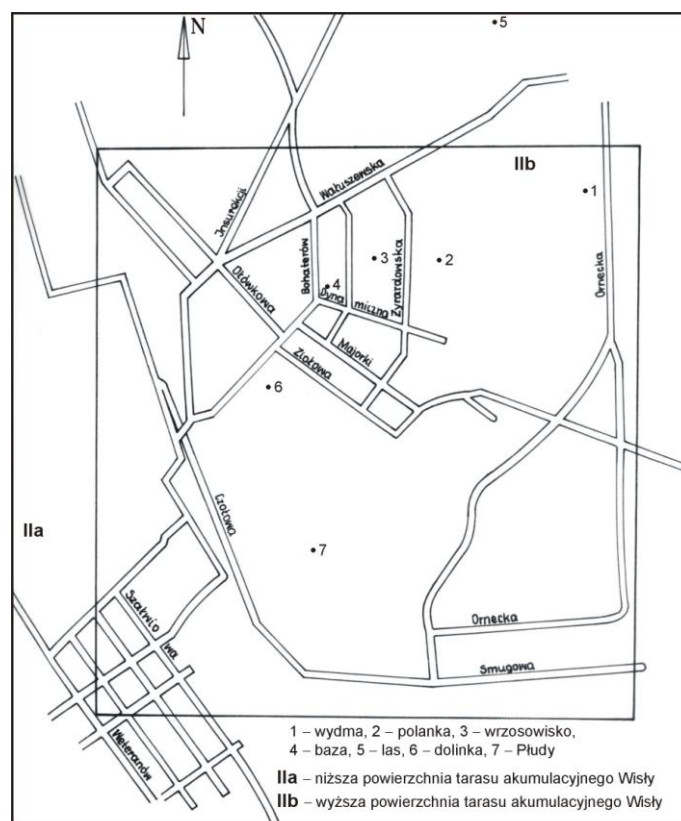
Rysunek 7. Rozkład temperatury powietrza w Białolecze Dworskiej w dniu 8 lipca 1978 roku

8.1.4. Wpływ podłoża na warunki wilgotnościowe w Białoleńce Dworskiej

Autor: Celina BOUŻYK

Opiekunowie naukowci: Maria STOPA-BORYCZKA, Jerzy BORYCZKA

Przeprowadzona analiza przebiegu dobowego i dziennego wilgotności powietrza pozwoliła na uchwycenie pewnych prawidłowości dotyczących kształtowania tego parametru w Białoleńce Dworskiej (rys. 1-4, tab. 1-4).

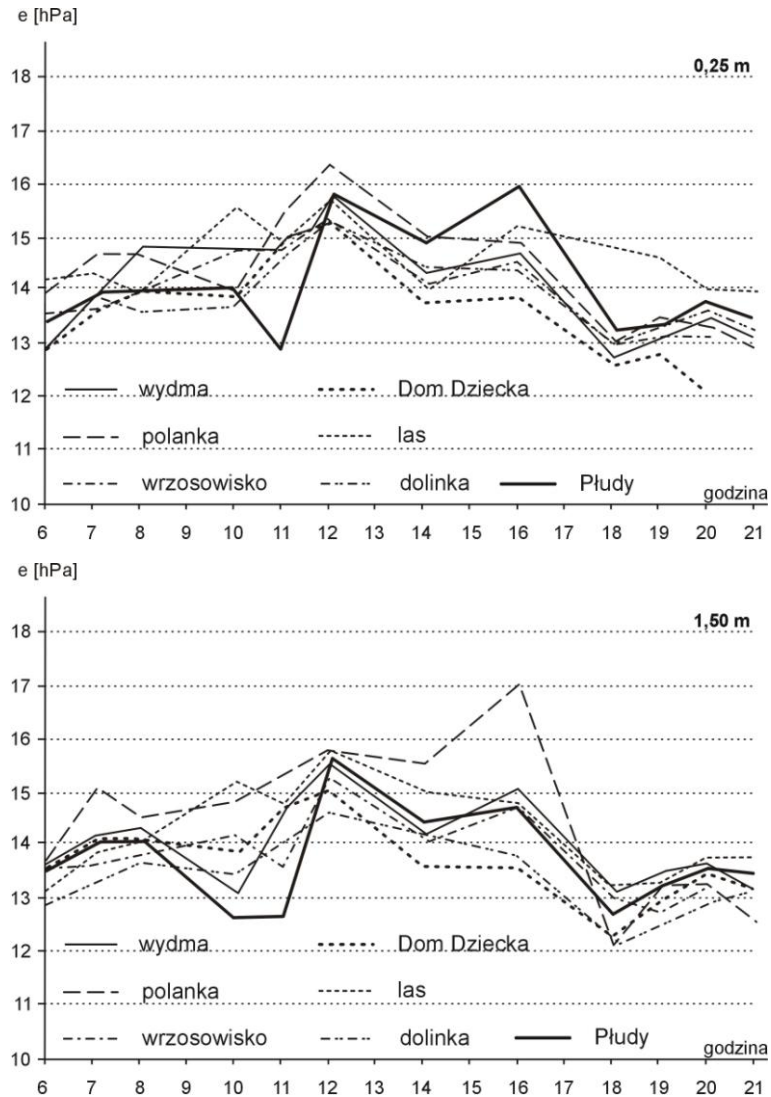


Rysunek 1. Rozmieszczenie punktów obserwacyjnych na terenie Białoleńki Dworskiej

Znacznie dokładniej opracowany został przebieg dzienny ze względu na duże braki w materiałach odnoszących się do zmian dobowych wilgotności. Niemniej powyższe badania wykazały, że o ilości pary wodnej w powietrzu, wilgotności względnej powietrza oraz niedosycie wilgotności powietrza decydują nie tylko warunki meteorologiczne, lecz w dużym stopniu zależy ona od podłoża, a także od pory roku i dnia.

Podłoże oraz otoczenie odgrywa największą rolę w kształtowaniu wartości tych parametrów w cieplej porze roku; pokrywa śnieżna w okresie zimowym znacznie modyfikuje zróżnicowanie przestrzenne, kształtuje się ono w granicach 2%. Obrazują to przebiegi dobowe wilgotności względnej powietrza. Przebieg dobowy jest wyraźny w cieplej porze roku 96% o

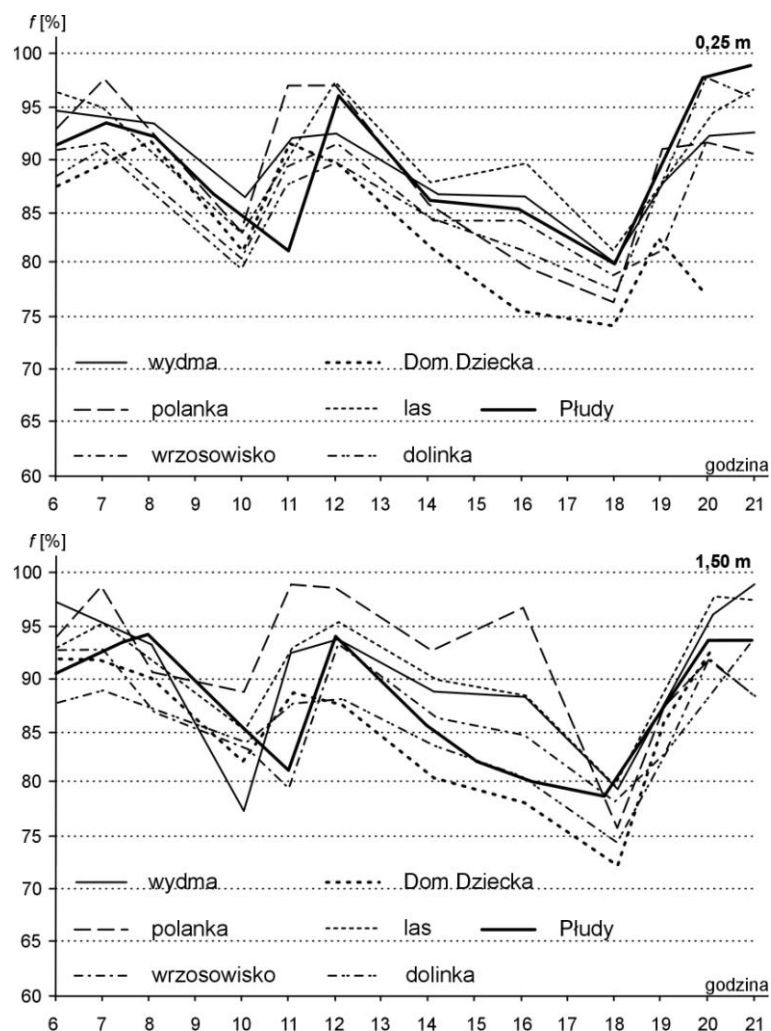
godzinie 3 i 46% o godzinie 14, zaś w chłodnej wilgotności względna powietrza przez całą dobę jest bardziej wyrównana (88% o godzinie 3 i 74% o godzinie 14). Analiza przebiegu dziennego wilgotności powietrza wskazuje też na zmiany zachodzące w zależności od zmian podłoża. Największą wilgotność powietrza notowano na punktach, których podłoże reprezentuje duże możliwości do parowania (wrzosowisko 79% o godzinie 14) zaś najniższą nad sztucznym podłożem – beton i asfalt (Dom Dziecka – 66% o godzinie 14). Stratyfikacja pionowa ciśnienia pary wodnej, wilgotności względnej powietrza i niedosytu wilgotności powietrza ulega zróżnicowaniu w zależności od pory dnia. Najsilniejszy spadek zawartości pary wodnej w powietrzu ku górze obserwuje się w godzinach około i popołudniowych od 12 do 18%, który zachodzi dzięki wzmożonemu parowaniu nad powierzchnią gruntu.



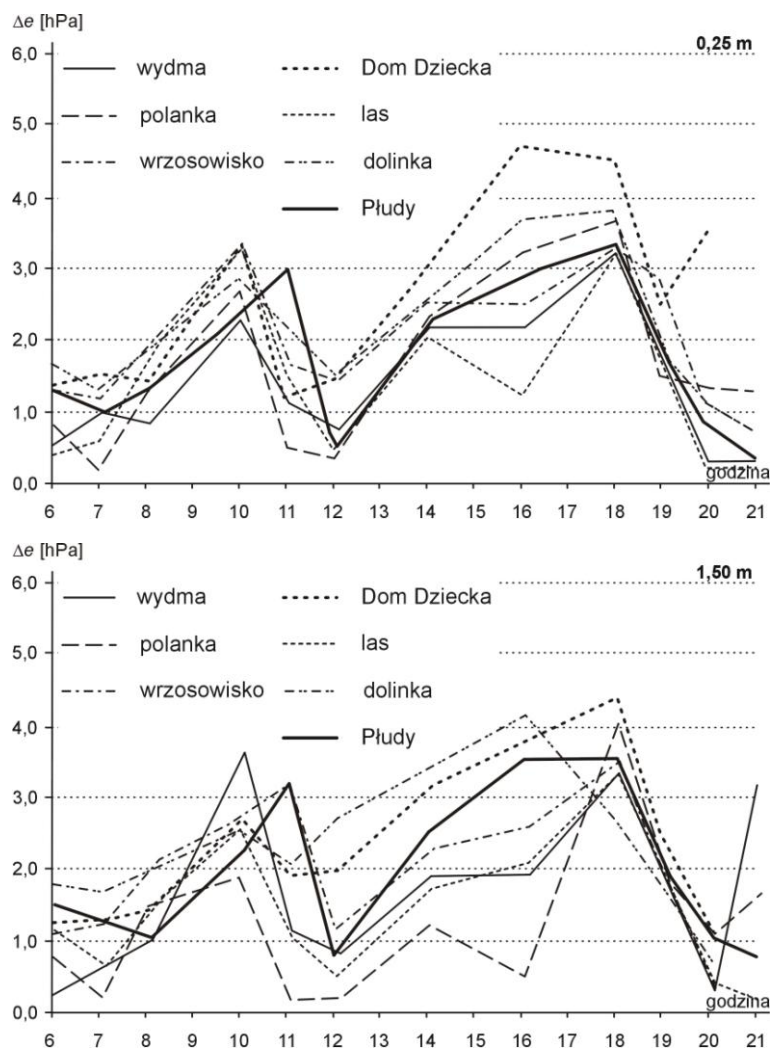
Rysunek 2. Przebieg dzienny ciśnienia pary wodnej (e) w dniu 10 lipca 1978 r.
poziom 0,25 m – rysunek górny, poziom 1,50 m – rysunek dolny

Wilgotność powietrza jak każdy element meteorologiczny występuje w przyrodzie w powiązaniu z innymi elementami. Najwyraźniejsze jej związki zachodzą z temperaturą powietrza. Badania korelacyjne wykazały, że jest to zależność funkcyjna. Ścisłość związku zmienia się w ciągu dnia, najsilniejszy jest on w okresie występowania najwyższych temperatur (0,6; 0,9). Obecność roślinności na ogół go osłabia, a niekiedy zmienia kierunek na przeciwny.

Reasumując można stwierdzić, że charakter podłoża w dużym stopniu decyduje o warunkach wilgotnościowych, modyfikuje lub zwiększa różnice przestrzenne.



Rysunek 3. Przebieg dzienny wilgotności względnej powietrza (f) w dniu 10 lipca 1978 r. poziom 0,25 m – rysunek górny, poziom 1,50 m – rysunek dolny



Rysunek 4. Przebieg dzienny niedosytu wilgotności powietrza (Δ) w dniu 10 lipca 1978 r. poziom 0,25 m – rysunek górny, poziom 1,50 m – rysunek dolny

Tabela 1. Średni dzienny przebieg prężności pary wodnej w lipcu 1978 r. na poziomie 0,25 m

Punkt obserwacyjny	Godzina	6	7	8	10	11	12	14	16	18	19	20	21
Wydma		14,0	14,6	15,3	15,7	15,8	15,4	15,3	15,6	15,2	15,0	15,3	14,7
Polanka		13,5	14,3	15,2	15,7	16,3	16,1	15,8	15,8	15,7	15,4	15,4	14,9
Wrzosowisko		13,6	14,2	15,2	16,3	15,5	16,3	16,1	16,0	15,4	15,3	15,8	15,3
Dom Dziecka		13,4	13,8	14,6	15,4	15,5	14,8	14,7	15,6	15,0	15,2	15,0	14,8
Las		13,5	14,2	15,1	15,9	15,9	16,0	15,9	16,7	15,9	15,9	15,9	14,9
Dolinka		13,2	13,9	14,6	15,8	15,4	14,9	14,7	15,1	14,7	14,5	14,8	16,1
Płudy		13,5	14,3	15,1	15,6	15,6	15,4	15,0	15,7	15,1	15,2	15,3	15,0

Tabela 2. Średni dzienny przebieg wilgotności względnej powietrza w lipcu 1978 r. na poziomie 0,25 m

Punkt obserwacyjny	Godzina	6	7	8	10	11	12	14	16	18	19	20	21
Wydma		95	92	88	76	74	72	70	69	73	76	82	85
Polanka		92	92	89	79	76	78	71	72	75	78	84	86
Wrzosowisko		93	91	88	77	75	76	74	72	73	79	85	88
Dom Dziecka		89	88	87	77	73	70	67	69	69	75	78	79
Las		92	92	90	79	74	72	72	73	74	79	85	88
Dolinka		92	89	87	77	71	72	70	71	72	75	80	86
Pludy		93	90	87	76	74	72	70	70	73	77	82	87

Tabela 3. Średni dzienny przebieg niedosytu wilgotności powietrza w lipcu 1978 r. na poziomie 0,25 m

Punkt obserwacyjny	Godzina	6	7	8	10	11	12	14	16	18	19	20	21
Wydma		0,3	1,3	1,9	5,1	6,2	6,7	6,1	7,2	5,6	4,5	3,8	2,6
Polanka		1,1	1,1	1,8	4,1	6,9	5,1	6,4	6,2	5,1	4,8	2,8	2,7
Wrzosowisko		0,8	1,3	2,0	4,9	5,7	5,3	6,0	6,9	5,6	4,5	2,6	1,8
Dom Dziecka		1,6	1,9	2,1	4,7	5,9	6,6	7,6	7,2	6,4	4,9	4,1	3,8
Las		1,0	1,2	1,8	4,3	5,8	6,8	6,6	6,5	5,3	4,2	2,6	2,0
Dolinka		1,2	1,3	2,2	4,8	6,3	6,8	6,6	6,3	5,6	4,7	3,7	2,3
Pludy		1,0	1,4	2,2	4,9	5,6	6,4	6,5	6,9	5,4	4,3	3,2	2,1

Tabela 4. Równania prostych regresji wskaźników wilgotności powietrza (e, f, Δ) względem temperatury powietrza (t) w godzinach: 8^h, 14^h, 20^h

8 ^h	14 ^h	20 ^h	Punkt obserwacyjny
$e = 1,1t + 0,22$ $f = -0,01t + 90,1$ $\Delta = 1,72t - 23,7$	$e = 0,42t + 2,31$ $f = -0,12t + 72,42$ $\Delta = -0,43t + 13,7$	$e = 0,72t + 4,13$ $f = -0,13t + 83,12$ $\Delta = -0,52t + 11,92$	Wydma
$e = 0,72t + 4,75$ $f = -0,31t + 96,71$ $\Delta = 1,14t - 14,73$	$e = 0,62t + 4,24$ $f = -0,34t + 79,52$ $\Delta = 1,42t - 20,72$	$e = -0,72t + 26,62$ $f = -0,14t + 86,34$ $\Delta = 0t + 2,81$	Polana
$e = 0,82t + 3,12$ $f = 0,21t + 91,74$ $\Delta = 1,32t - 17,61$	$e = 1,14t - 4,75$ $f = -0,12t + 74,13$ $\Delta = -1,21t + 28,62$	$e = -0,71t + 26,82$ $f = -1,13t + 92,61$ $\Delta = 0,85t - 10,81$	Wrzosowisko
$e = 0,71t - 4,44$ $f = 0,32t + 82,81$ $\Delta = 2,12t - 28,74$	$e = 0,92t - 2,51$ $f = -0,24t + 69,12$ $\Delta = 0,62t - 3,94$	$e = 0,51t + 6,72$ $f = 0,02t + 78,12$ $\Delta = 0,21t + 0,82$	Dom Dziecka
$e = 0,81t + 3,52$ $f = 0,31t + 85,81$ $\Delta = 0,11t + 3,21$	$e = -1,12t + 37,12$ $f = -0,22t + 76,32$ $\Delta = -1,14t + 27,84$	$e = 0,02t + 15,61$ $f = -0,07t + 87,30$ $\Delta = 0,82t - 10,42$	Las
$e = 1,07t - 1,12$ $f = 0,03t + 86,82$ $\Delta = 1,41t - 18,42$	$e = 1,41t - 1,12$ $f = -0,12t + 72,71$ $\Delta = 0,83t - 8,14$	$e = 0,42t + 8,31$ $f = -0,02t + 80,52$ $\Delta = 0,34t - 1,14$	Dolina
$e = 0,32t + 10,65$ $f = -0,31t + 92,42$ $\Delta = 0,71t - 8,42$	$e = 0,01t + 14,82$ $f = -0,06t + 71,82$ $\Delta = 1,81t - 26,92$	$e = 0,02t + 15,73$ $f = 0,14t + 80,61$ $\Delta = 2,0t - 29,44$	Pludy

8.1.5. Wpływ pogody na zróżnicowanie warunków odczuwalnych osiedla mieszkaniowego na przykładzie Białoleki Dworskiej

Autor: Wiesława DYBCZYŃSKA

Opiekun naukowy: Maria KOPACZ-LEMBOWICZ

Z przeprowadzonej analizy zależności zróżnicowania warunków odczuwalnych od sytuacji pogodowych wynika, iż:

Najkorzystniejsze warunki odczuwalne w Białolece Dworskiej obserwowano w porze letniej. Szczególnie korzystne dla organizmu człowieka są godziny ranne i wieczorne, w których dominują warunki komfortowe.

Dyskomfortowymi warunkami charakteryzuje się chłodna pora roku.

Podkreślić należałoby fakt, że na rozmieszczenie warunków odczuwalnych olbrzymią rolę odgrywa rzeźba terenu i rodzaj podłoża (rys. 1). Dzięki temu możemy wyróżnić dwa obszary:

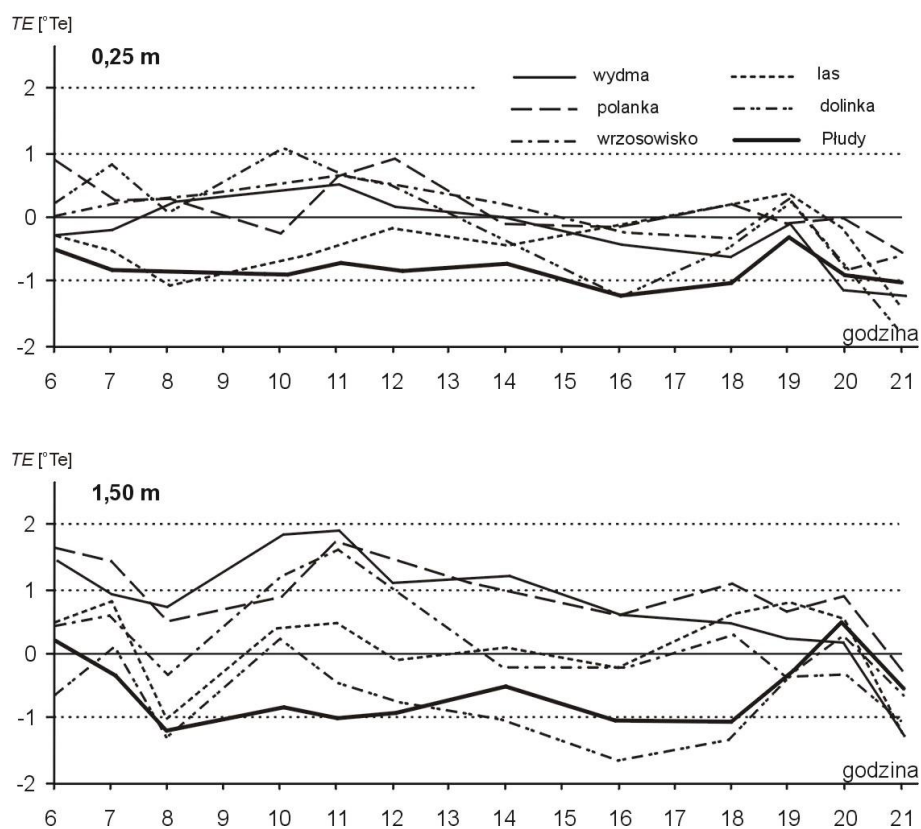
1. rejon wydmy, który jest terenem znacznie cieplejszym od otoczenia. W warunkach pogody chłodnej i mroźnej ulega on stosunkowo szybko wychłodzeniu. Ale gdy napływa powietrze ciepłe i suche (zwłaszcza w porze letniej) rejon ten ulega bardzo szybkiemu przegrzewaniu. Na obszarze samej wydmy obserwujemy zróżnicowanie warunków. Partie szczytowe bardziej podatne na działanie wiatru są chłodniejsze od jej zalesionych stoków, w których dochodzi do silnego przegrzewania;

2. rejon tarasu madowego, który w cieplej porze roku z reguły jest obszarem chłodniejszym od obszaru wydmy. Ma na to wpływ grawitacyjny spływ chłodnego powietrza wzdłuż stoków wyniesień wydmowych oraz łatwiejsze przewietrzanie tego obszaru. Z kolei w porze chłodnej obserwujemy na tym obszarze tendencję do tworzenia zastoiska powietrza. W przypadku powietrza wilgotnego nastąpi znaczna poprawa warunków odczuwalnych tego rejonu. Obszar ten jest również terenem, na którym często występują warunki inwersji termicznej.

Na kształtowanie warunków odczuwalnych oprócz rzeźby terenu i rodzaju podłoża mają wpływ inne czynniki, takie jak zieleni i zabudowa. Rola zieleni jest bardzo istotna, gdyż wpływa łagodząco na warunki odczuwalne. Mniejszy jest udział stanów chłodu jak i przegrzania. Zwarta zabudowa wpływa niekorzystnie na warunki odczucia. Mury domów i nawierzchnie ulic ulegają bardzo szybkiemu ogrzewaniu w ciągu dnia, wieczorem zaś wolniej oddają ciepło do otoczenia. Sprzyja to występowaniu warunków przegrzania do późnych godzin wieczornych.

Po wprowadzeniu zabudowy warunki odczuwalne obszaru Białoleki Dworskiej ulegną prawdopodobnie zmianom. W niektórych obszarach wpłyną dodatnio, w innych negatywnie. Poprzez zabudowę zostanie przesunięte maksimum występowania stanów przegrzania na godziny wieczorne. Jednocześnie nastąpi znaczne zmniejszenie prędkości wiatru. W przypadku obniżenia wpłynie ona dodatnio na warunki odczucia ciepła tego rejonu. Jednak w obszarze wydmy spowoduje niewątpliwie znaczne pogorszenie warunków. Dlatego też obszar ten powinien pozostać rejonem zalesionym a jednocześnie powinien być wykorzystany do uprawiania sportów zimowych.

Należałoby również planowo rozmieścić zielen, aby przy umiejętnym kierowaniu spływem powietrza z wydmy spowodować lepszą wentylację obszaru zastoiska powietrza – teren obniżenia w centralnej części osiedla.



Rysunek 1. Dzienny przebieg różnic temperatury efektywnej między punktem „Dom dziecka” a pozostałymi punktami pomiarowymi

8.1.6. Ocena warunków odczuwalnych dla potrzeb budownictwa w Białoleńce Dworskiej

Autor: Anna PIORUŃSKA

Opiekun naukowy: Maria KOPACZ-LEMBOWICZ

Z przeprowadzonej analizy zróżnicowania warunków odczuwalnych w ciągu roku wynika (rys. 1-4), że:

– najkorzystniejsze warunki odczuwalne w Białoleńce Dworskiej przypadają na ciepłą porę roku. Szczególnie dogodne dla organizmu człowieka są godziny ranne i wieczorne, w których dominują warunki komfortowe. Jedynie w porze południowej duży udział osiągają dyskomfortowe warunki związane z wysokimi temperaturami,

– chłodna pora roku (XI-IV) charakteryzuje się dyskomfortowymi warunkami chłodu, spowodowanymi dużą utratą ciepła z organizmu, co ogranicza w znacznym stopniu przebywanie na świeżym powietrzu. Konieczne jest zwrócenie uwagi w tej porze roku na odpowiednią izolację cieplną pomieszczeń mieszkalnych, co ograniczyłoby nadmierną utratę ciepła. Na terenie Białoleńki Dworskiej, przeznaczonym pod zabudowę, wyróżnić można dwa obszary: cieplejszy i chłodniejszy

1. Rejon wydmy jest terenem znacznie cieplejszym niż obszary płaskie, zajmujące centrum planowanego osiedla. Wyniesienia wydmy są najcieplejszym obszarem Białoleńki Dworskiej w ciągu całego roku. Przyczyniło się do tego nie tylko ukształtowanie terenu, ale i rodzaj podłoża. Zalesione wały wydmy zbudowane z materiału piaszczystego silniej nagrzewają się a ponadto wolniej oddają nagromadzone ciepło. Latem doprowadza to do występowania warunków przegrzania. Tereny piaszczyste wykazują pewne zróżnicowanie stanów odczucia ciepła. Szczególnie ciepłe są zadrzewione stoki wyniesień, natomiast wierzchołki wydmy bardziej podatne na łagodzący wpływ wiatru są chłodniejsze.

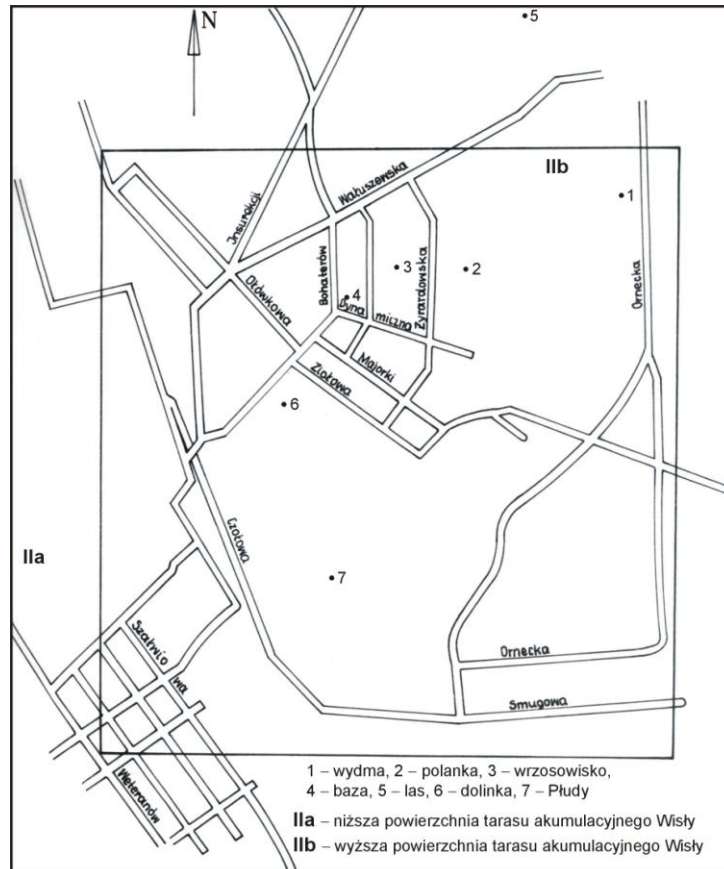
2. Terenem zdecydowanie najchłodniejszym jest płaskie obniżenie otoczone od wschodu i od zachodu wydmy. Jest to obszar wykorzystywany rolniczo, pokryty roślinnością. O tym, iż jest on rejonem chłodnym decyduje w dużym stopniu spływ chłodnego powietrza wzdłuż stoków wyniesień wydmych w dół, w kierunku centrum obniżenia.

Na kształtowanie odczuć cieplnych, oprócz rzeźby terenu i rodzaju podłoża, wpływają także inne czynniki, takie jak zieleni i zabudowa. Rola zieleni jest istotna ponieważ wpływa ona łagodząco na warunki odczuwalne. Na terenach pokrytych roślinnością występuje mniejszy udział stanów odczucia chłodu oraz ma miejsce mniejszy udział przegrzania. Zwarta zabudowa wpływa niekorzystnie na warunki odczuwalne. Mury domów i nawierzchnie ulic silnie nagrzewają się w ciągu dnia, wieczorem zaś wolniej oddają ciepło do otoczenia. Sprzyja to częstemu występowaniu warunków przegrzania w porze popołudniowej.

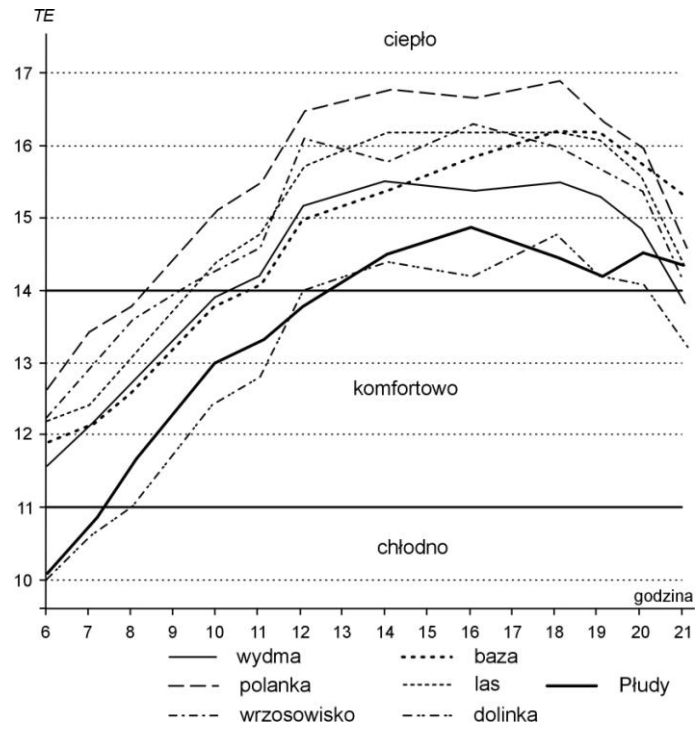
Po wybudowaniu osiedla mieszkaniowego warunki odczuwalne ulegną prawdopodobnie zmianie. Zostanie prawdopodobnie przesunięte na godziny wieczorne maksimum występowania stanów przegrzania, a także ich udział zostanie zwiększony.

Dla poprawienia warunków odczucia ciepła konieczne jest wprowadzenie na teren planowanego osiedla mieszkaniowego zieleni, ponieważ wpływa ona łagodząco na sytuację skrajne. Zimą powoduje zmniejszenie występowania warunków odczucia chłodu i zimna, latem natomiast sprzyja zmniejszeniu udziału stanów przegrzania organizmu.

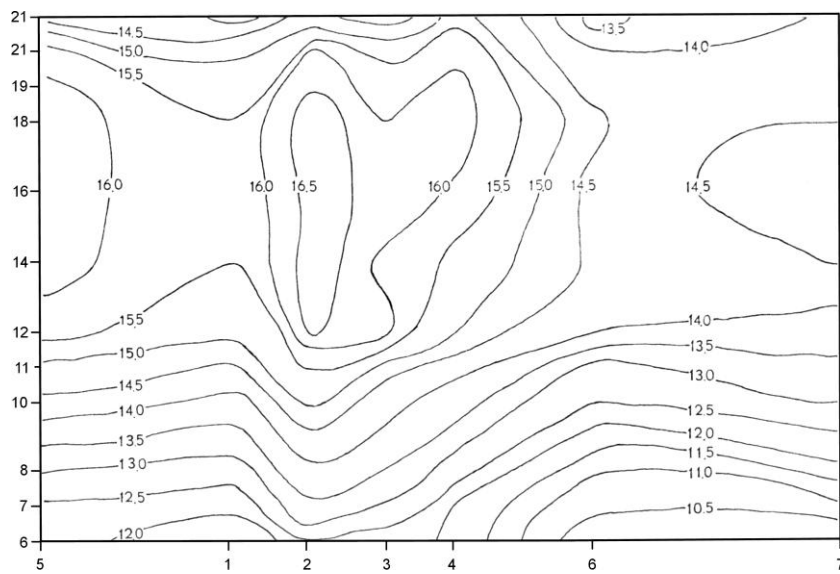
Wskazana byłaby lokalizacja obiektów sportowych, takich jak boiska do gier i zabaw, na terenie położonym w rejonie płaskiego obniżenia. Należałoby tu również wytyczyć dróżki spacerowe z ławkami lub ścieżki zdrowia. Rejon obniżenia nadaje się szczególnie do uprawiania sportów letnich. Zimą natomiast, terenem najlepiej nadającym się dla rekreacji są obszary wydymowe, które latem nie mogą być wykorzystane dla tego celu z powodu dominacji w tej porze roku warunków przegrzania.



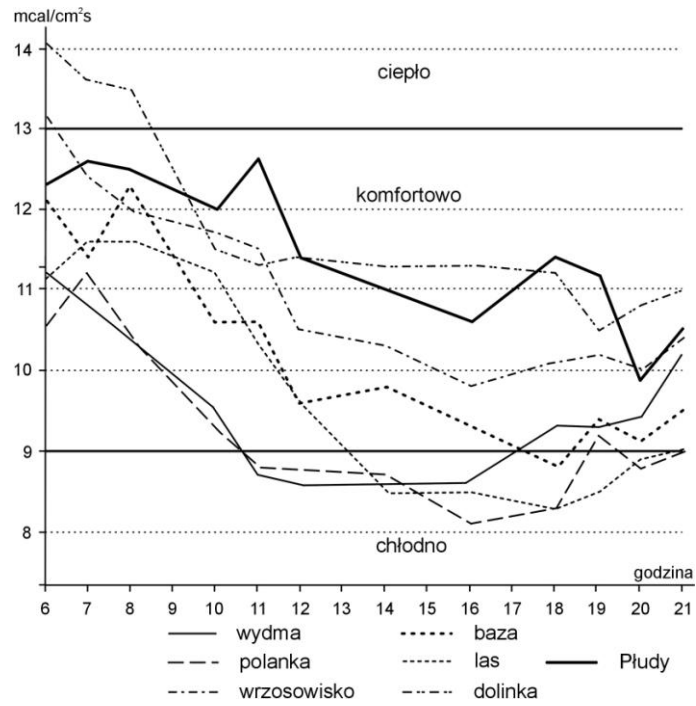
Rysunek 1. Rozmieszczenie punktów obserwacyjnych na terenie Białoleki Dworskiej



Rysunek 2. Średni dzienny przebieg temperatury efektywnej



Rysunek 3. Zróznicowanie średnich wartości temperatury efektywnej



Rysunek 4. Średni dzienny przebieg ochładzania katatermometrycznego

8.1.7. Ogólna charakterystyka bioklimatu okolic Białoleki Dworskiej za okres 1961-1970

Autor: Krystyna KOWALIK-BIAŁOWOLSKA
Opiekun naukowy: Maria KOPACZ-LEMBOWICZ

Warunki topoklimatyczne fragmentu Kotliny Warszawskiej na którym znajduje się Białoleka Dworska mogą być określone na podstawie pomiarów przeprowadzonych o godz. 13 na stacjach Legionowo i Warszawa-Bielany (rys.1-14).

Cechy bioklimatu badanego obszaru określone za pomocą temperatury ekwiwalentnej i efektywnej zależne są od pory roku. W chłodnej połowie roku dominują warunki chłodu (zimno-chłodno), najczęściej dni z warunkami zimna notuje się w lutym, ponad 50%. W cieplej połowie roku dominują warunki komfortu i przegrzania (ciepło-gorąco). Warunki komfortu opracowane na podstawie temperatury ekwiwalentnej występują najczęściej (ponad 25% wszystkich dni) w kwietniu, maju, lipcu, sierpniu, wrześniu, październiku i listopadzie) opracowane na podstawie temperatury efektywnej – w kwietniu, maju, wrześniu, październiku i listopadzie.

Poszczególne lata wykazują dużą zmienność warunków odczuwalnych, w roku 1963 na podstawie temperatury ekwiwalentnej obliczono 61 dni z warunkami przegrzania w Legionowie (70 – na Bielanach), a w 1966 ponad dwa razy więcej – 123 w Legionowie (157 – na Bielanach). W tych samych latach dni z warunkami chłodu i zimna notowano odpowiednio – 223 i 154 w Legionowie i 199 i 156 na Bielanach.

Roczna liczba dni komfortowych wyznaczona na podstawie temperatury ekwiwalentnej waha się w Legionowie od 56 do 108 i na Bielanach od 66 do 112, na podstawie temperatury efektywnej od 56 do 108 w Legionowie i od 64 do 117 na Bielanach. Najbardziej długotrwałe z pośród przedziałów odczucia cieplnego są okresy zimna i gorąca.

Do bliższej charakterystyki bioklimatycznej zimnej pory roku jest stosowany wskaźnik surowości pogody Bodmana. W chłodnej porze roku na podstawie tego wskaźnika dominują warunki komfortu (ponad 50% dni), warunki mroźne (niekorzystne) występują w około 10% dniach. Najbardziej korzystnymi miesiącami są: październik, listopad, grudzień, najmniej korzystnym miesiącem jest luty.

Uciążliwym stanem dla organizmu ludzkiego jest parność, pojawiająca się w cieplej porze roku. Okresy parne występują od czerwca do września (wyjątkowo w październiku). Na badanym terenie liczba dni parnych jest niewielka, przeważnie nie przekracza 10. Średnio miesięcznie notuje się od 1 do 2 dni parnych. Ponad 70% wszystkich okresów parności są to 1-dniowe, mniej uciążliwe. Najczęściej (około 70% wypadków) parność występuje przy wiatrach słabych – do 5 m/s.

Zmiany – wartości poszczególnych elementów meteorologicznych są również odczuwane przez ustrój człowieka, najsilniej organizm reaguje na zmiany temperatury i ciśnienia powietrza. Nieodczuwalne zmiany temperatury z dnia na dzień ($\Delta t < 2^{\circ}\text{C}$) występują najczęściej (40-50%). Najmniejsze wahania temperatury są notowane w lutym i marcu. Gwałtowne zmiany temperatury ($\Delta t > 6^{\circ}\text{C}$) występują najczęściej w

kwietniu, najrzadziej w marcu. Nieodczuwalne zmiany ciśnienia z dnia na dzień ($\Delta p < 6$ hPa) stanowią od 55 do 90%. Najmniejsze wahania ciśnienia występują w miesiącach letnich – czerwcu, lipcu i sierpniu. Gwałtowne zmiany ciśnienia ($\Delta p \geq 15$ hPa) występują głównie zimą (grudzień, styczeń, luty, marzec), w miesiącach letnich notowane są bardzo rzadko.

Warunki bioklimatyczne na obu stacjach rozpatrywane bardziej szczegółowo są zróżnicowane, z uwagi na odmienne położenie obu stacji. Jak już zaznaczono we wstępie Legionowo należy do stacji pozamiejskich, Warszawa-Bielany natomiast, ze względu na obecność budynków mieszkalnych jest zaliczana do stacji miejskich.

Obecnie warunki bioklimatyczne w Białołęce Dworskiej zbliżone są do warunków panujących, w Legionowie. Zgodnie z planem przestrzennej rozbudowy Warszawy, w niedługim czasie Białołęka Dworska stanie się dużym ośrodkiem miejskim i bioklimat terenu na którym jest położona zbliżony będzie, jak należy przypuszczać, do bioklimatu Warszawy.

We wszystkich miesiącach częstość warunków gorąca, obliczanych na podstawie temperatury efektywnej jest większa na Bielanach niż w Legionowie, częstość warunków zimna jest większa w Legionowie, tylko w sierpniu sytuacja jest odwrotna. We wszystkich latach liczba dni z warunkami zimna jest większa w Legionowie, roczna liczba dni z warunkami przegrzania jest większa na Bielanach. Średnia długość okresów gorących i ciepłych, jest większa na Bielanach, średnia długość okresów zimnych i chłodnych jest większa w Legionowie.

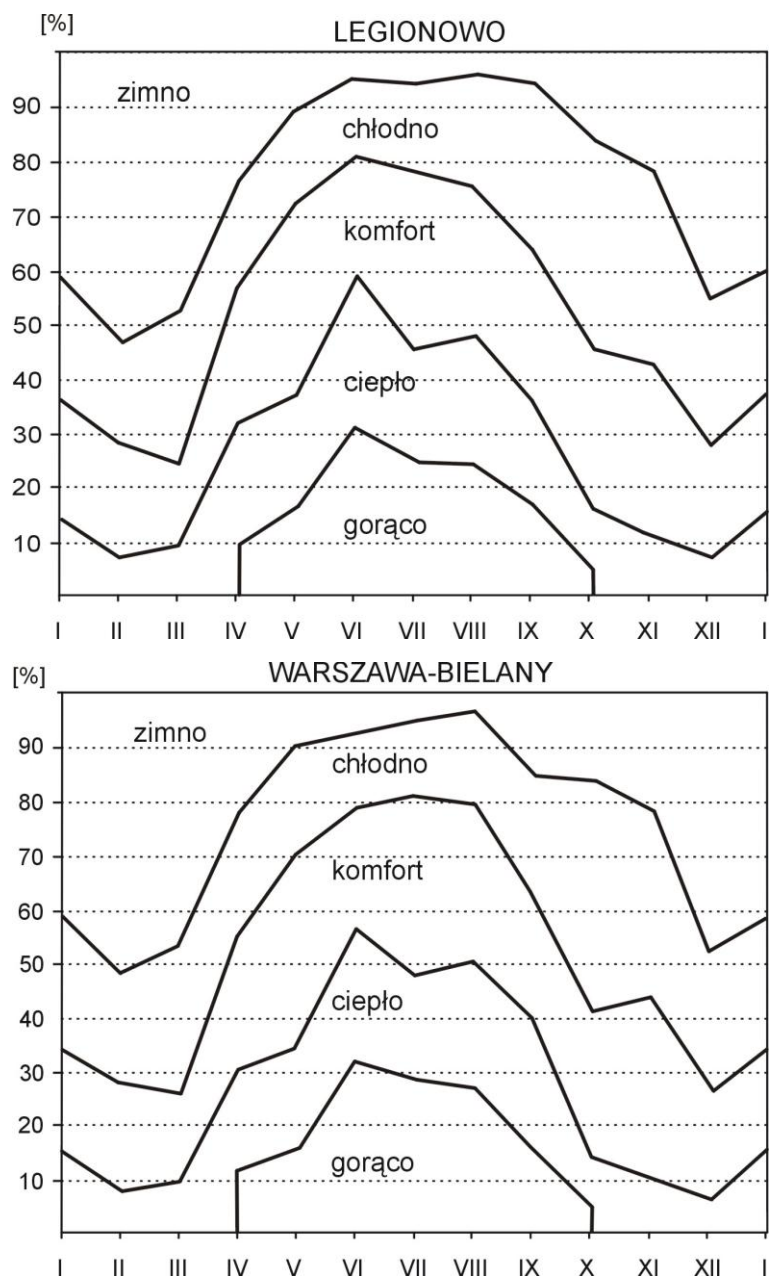
W chłodnej porze roku warunki chłodne i mroźne obliczono na podstawie wskaźnika Bodmana, w całym dziesięcioleciu przeważają w Legionowie, warunki komfortu – na Bielanach. We wszystkich miesiącach dni z warunkami komfortu, jest więcej na Bielanach, dni z warunkami chłodnymi i mroźnymi – w Legionowie.

Jeśli chodzi o zjawisko parności, jest ono obserwowane w Legionowie w czerwcu, lipcu, sierpniu i wrześniu; na Bielanach również w październiku, tak więc okres parności epizodycznej jest dłuższy na Bielanach. Średnia roczna liczba dni parnych jest większa w Legionowie i wynosi 6,2 dnia, na Bielanach – 6,0. Okresy parności na Bielanach są dłuższe i trwają do 4 kolejnych dni, w Legionowie do 3 dni. Na Bielanach większy jest udział dni parnych szczególnie uciążliwych, występujących przy temperaturze powietrza ponad 25 i ponad 30°C.

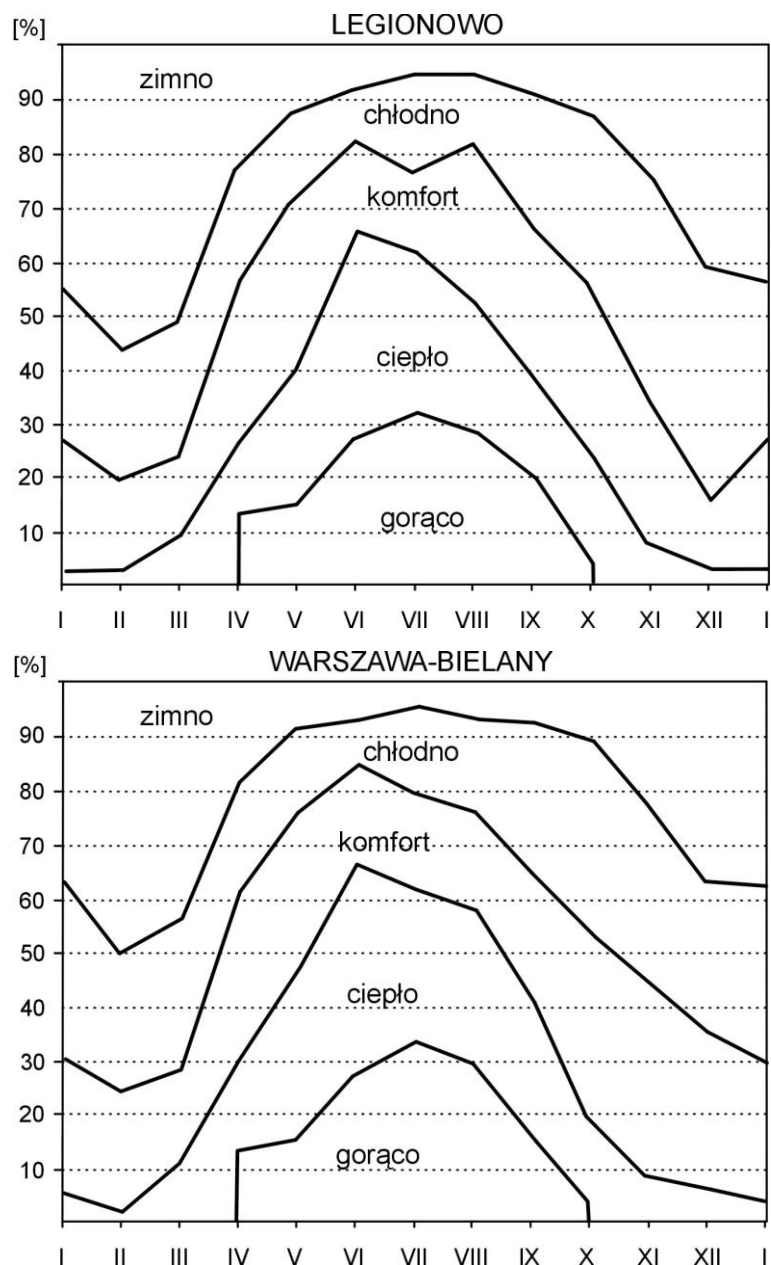
Mało odczuwalne przez organizm ludzki zmiany temperatury (do 4°C) we wszystkich miesiącach częściej występują w Legionowie, zmiany temperatury powyżej 4°C, niekorzystne dla człowieka, częściej występują w Legionowie, Różnice na obu stacjach w zmienności ciśnienia są nieznaczne.

Weryfikacje wniosków dotyczących perspektyw zmian bioklimatu w Białołęce Dworskiej może nastąpić dopiero, gdy stanie się ona typowym ośrodkiem miejskim.

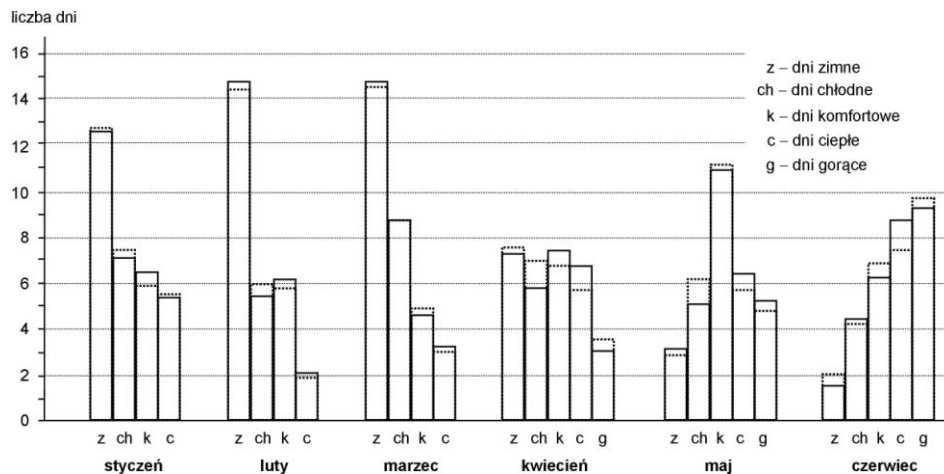
Należy dodać, że w opracowaniu tak dużej ilości danych pomocne byłoby użycie metod numerycznych i maszyn cyfrowych, co pozwoliłoby na bardziej efektywne badanie wpływu poszczególnych elementów meteorologicznych na warunki bioklimatyczne.



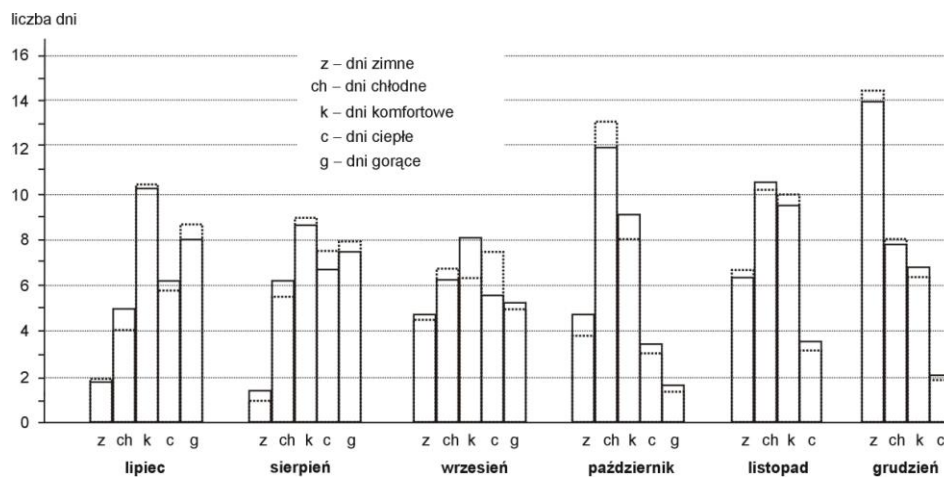
Rysunek 1. Częstość warunków odczuwalnych określonych temperaturą ekwiwalentną (wg M. Baranowskiej)



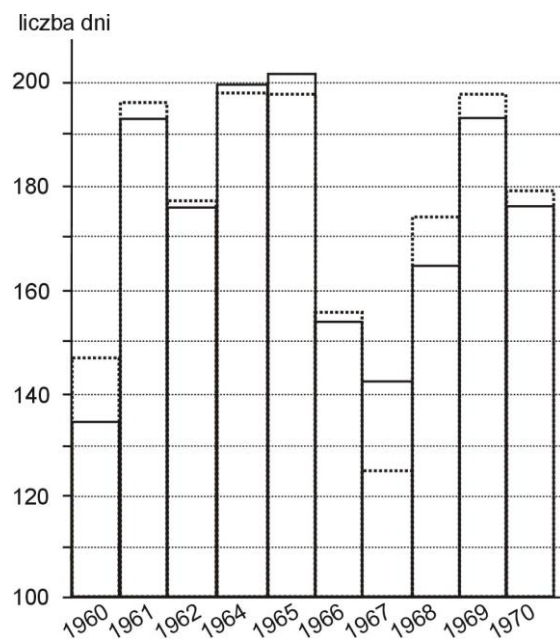
Rysunek 2. Częstość warunków odczuwalnych określonych temperaturą efektywną (wg M. Baronowskiej)



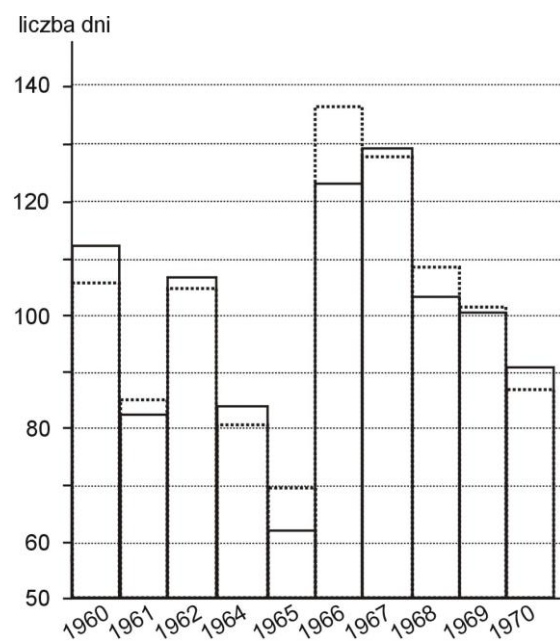
Rysunek 3. Średnia liczba dni zimnych, chłodnych, komfortowych, ciepłych i gorących na stacji Legionowo (linia ciągła) i Warszawa-Bielany (linia przerywana), wg temperatur ekwiwalentnych (w skali M. Baranowskiej) – miesiące I-VI



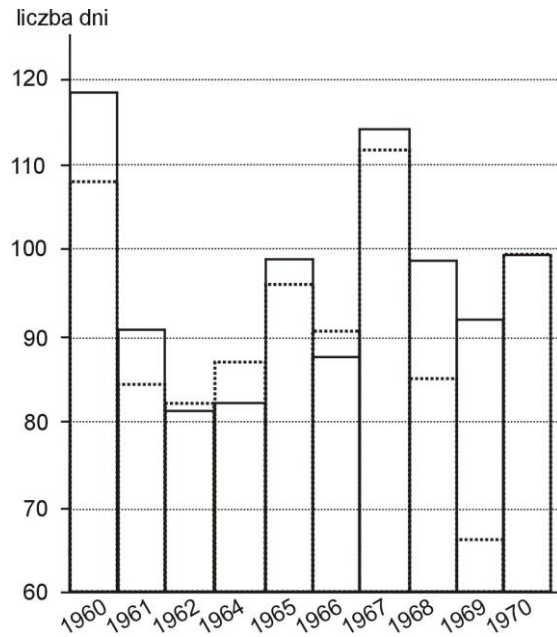
Rysunek 4. Średnia liczba dni zimnych, chłodnych, komfortowych, ciepłych i gorących na stacji Legionowo (linia ciągła) i Warszawa-Bielany (linia przerywana), wg temperatur ekwiwalentnych (w skali M. Baranowskiej) – miesiące VIII-XII



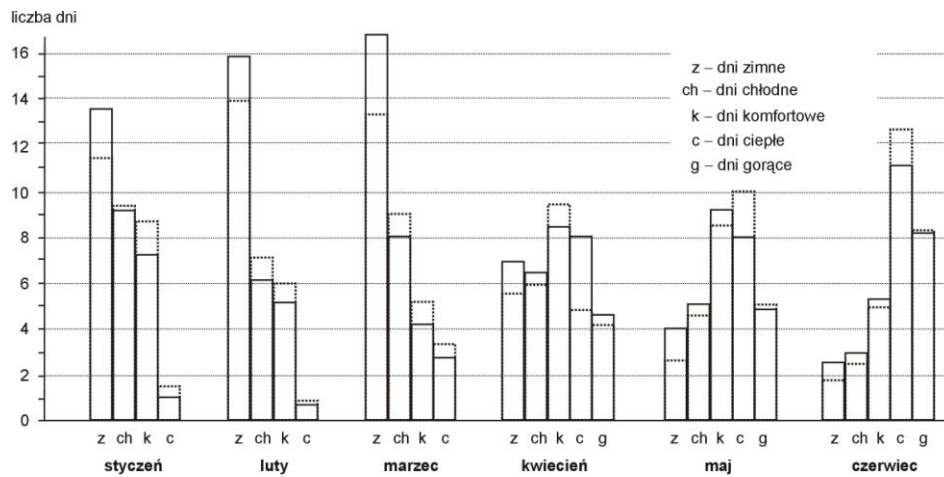
Rysunek 5. Liczba dni z warunkami chłodu (chłodno-zimno) określonych temperaturą ekwiwalentną. (linia ciągła – Legionowo, przerywana – Warszawa-Bielany)



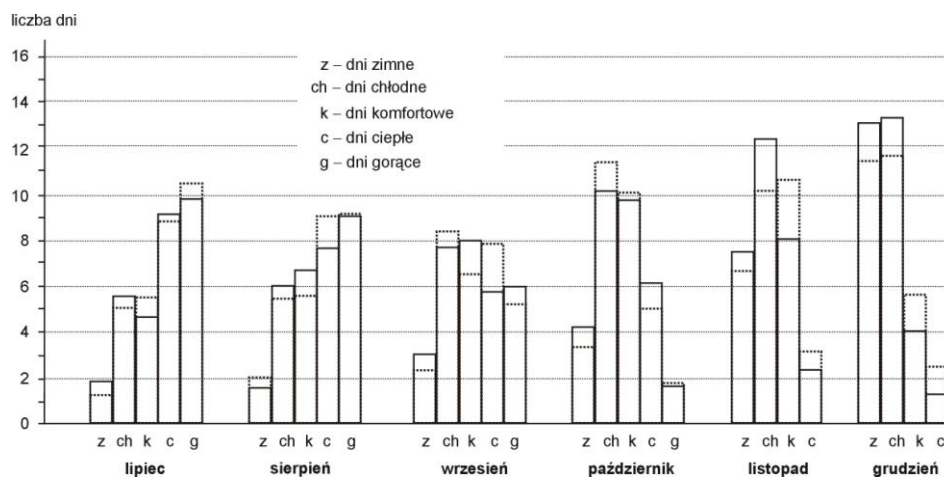
Rysunek 6. Liczba dni z warunkami komfortowymi określonymi temperaturą ekwiwalentną. (linia ciągła – Legionowo, przerywana – Warszawa-Bielany)



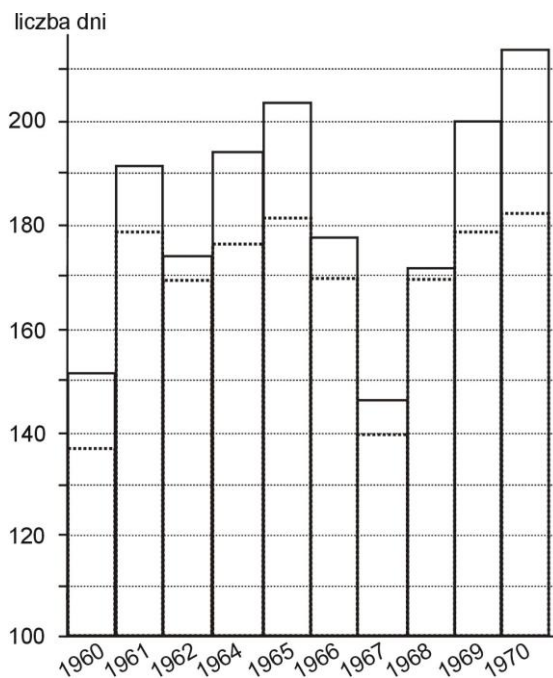
Rysunek 7. Liczba dni z warunkami przegrzania (ciepło-gorąco) i określonymi temperaturą ekwiwalentną (linia ciągła – Legionowo, przerywana – Warszawa-Bielany)



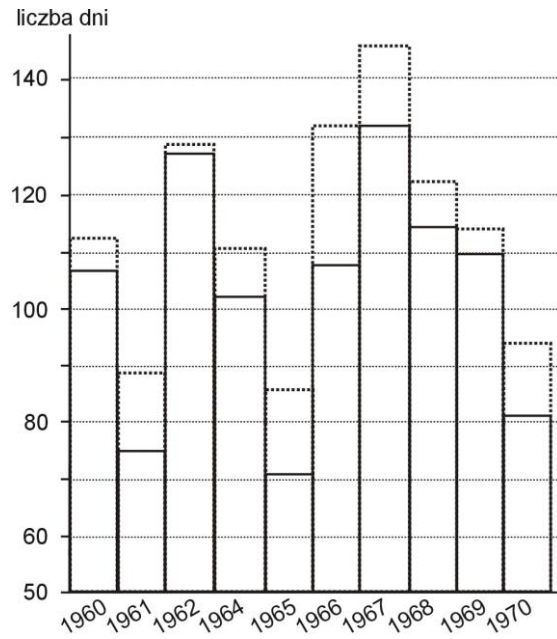
Rysunek 8. Średnia liczba dni zimnych, chłodnych, komfortowych, ciepłych i gorących na stacji Legionowo (linia ciągła) i Warszawa-Bielany (linia przerywana), wg skali temperatur efektywnych; godz. 13, okres 1961-1970 – miesiące I-VI



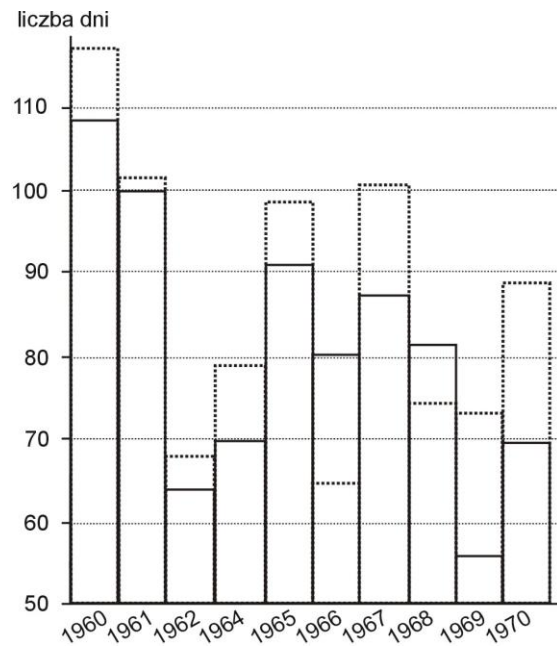
Rysunek 9. Średnia liczba dni zimnych, chłodnych, komfortowych, ciepłych i gorących na stacji Legionowo (linia ciągła) i Warszawa-Bielany (linia przerywana), wg skali temperatur efektywnych; godz. 13, okres 1961-1970 – miesiące VII-XII



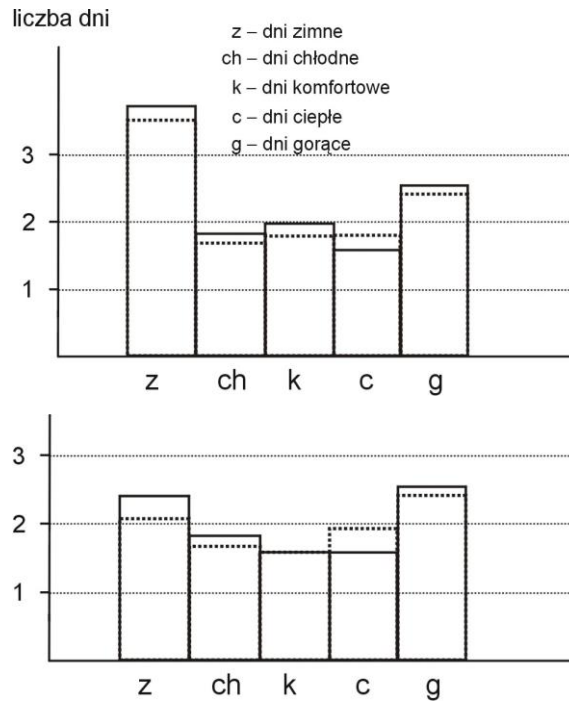
Rysunek 10. Liczba dni z warunkami chłodu (chłodno i zimno) określona temperaturą efektywną; godz. 13, okres 1961-1970 (linia ciągła – Legionowo, przerywana – Warszawa-Bielany)



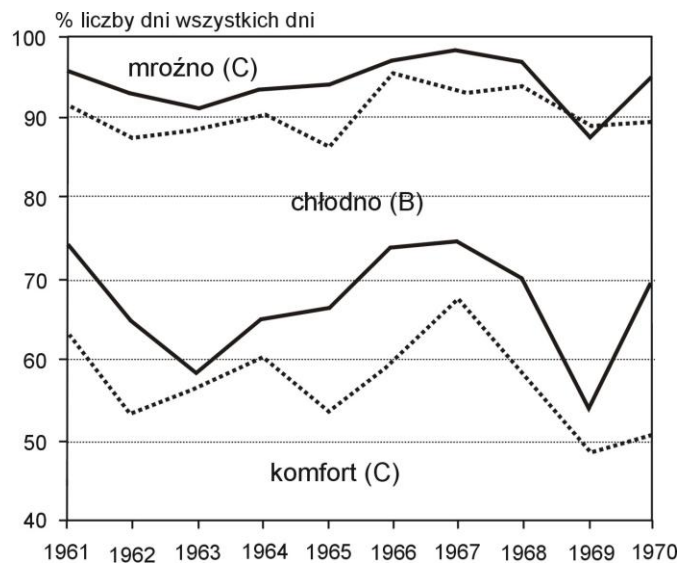
Rysunek 11. Liczba dni z warunkami komfortowymi określonymi temperaturą efektywną (linia ciągła – Legionowo, przerywana – Warszawa-Bielany)



Rysunek 12. Liczba dni z warunkami przegrzania określonymi temperaturą efektywną (linia ciągła – Legionowo, przerywana – Warszawa-Bielany)



Rysunek 13. Średni czas trwania odczuć ciepłych określonych temperaturą ekwiwalentną i efektywną (linia ciągła – Legionowo, przerywana – Warszawa-Bielany)



Rysunek 14. Częstość warunków odczucia ciepła w chłodnej porze roku określona wskaźnikiem surowości pogody Bosmana o godz. 13, w latach 1961-1970 (linia ciągła – Legionowo, przerywana – Warszawa-Bielany)

8.2. Osiedle CHOMICZÓWKA

8.2.1. Warunki termiczne osiedla Chomiczówka w Warszawie

Autor: Anna KAZUBEK

Opiekun naukowy: Krzysztof OLSZEWSKI

Osiedle „Chomiczówka” usytuowane jest w północno-zachodniej części Warszawy. Otoczenie osiedla stanowią: od strony zachodniej i południowej – ogródki działkowe od strony wschodniej – tereny zabudowane od północnego wschodu – zwarty teren zieleni od północy – niezabudowany obszar porośnięty trawą. W latach 1988-1989 na tym osiedlu były prowadzone pomiary meteorologiczne. Punkty pomiarowe zlokalizowano w dwóch częściach osiedla różniących się typem zabudowy (rys. 1, 2). Między ulicami: Bogusławskiego, Kwitnącą i Conrada przeważa zabudowa wysoka i luźna, która składa się z dziesięciopiętrowych bloków zorientowanych północ-południe. W drugiej części osiedla – między ulicami: Brązowniczą, Conrada i Księżycową – istnieje zabudowa luźna, niska i średniowysoka. Przeważają w tej części osiedla domy jednorodzinne oraz pięciokondygnacyjne bloki o charakterystycznym półkolistym kształcie. Powierzchnia osiedla wynosi około 51 ha z tego:

- powierzchnia zabudowana wynosi 3 ha
- tereny zieleni zajmują 45 ha
- inne niezabudowane tereny (parkingi, ulice...) zajmują 3 ha

Zieleń osiedla jest raczej uboga i stanowią ją pojedyncze drzewa. Niewielki zwarty obszar wysokich drzew występuje w okolicy punktu 7. Zabudowie niskiej towarzyszą ogródki przydomowe. Znaczną część osiedla stanowią trawniki (88% powierzchni osiedla). Rozległe trawniki występują między blokami i po ich zewnętrznej stronie.

Sieć istniejących stacji meteorologicznych jest zbyt rzadka by na podstawie ich pomiarów można było badać zróżnicowanie warunków topoklimatycznych w obrębie osiedli mieszkaniowych. Bardzo cennych danych dostarczyły pomiary prowadzone okresowo (lipiec 1988 i lipiec 1989) na gęstej sieci punktów obserwacyjnych w obrębie jednego osiedla. Tego typu dane zebrane podczas badań na osiedlu „Chomiczówka” zostały wykorzystane w niniejszej pracy.

Na obszarze osiedla zlokalizowano 15 stanowisk obserwacyjnych (rys. 2). Wszystkie punkty osiedlowe umieszczono na trawnikach w różnej odległości od budynków. Poza osiedlem umieszczono dwa punkty odniesienia – 1 i 17. W celu dokładniejszego zapoznania się z warunkami panującymi w otoczeniu poszczególnych punktów poniżej podano ich krótką charakterystykę:

- punkt 1 – umieszczono poza osiedlem, z dala od bloków;
- punkt 3 – usytuowano na wąskim pasie trawnika, ciągnącym się po zachodniej stronie dwunastopiętrowego bloku;
- punkt 4 – usytuowano po wschodniej stronie tego samego co punkt 3 bloku;
- punkt 5 – od strony zachodniej i północnej sąsiedował z wysokimi blokami;
- punkt 7 – umieszczono w centralnej części osiedla o zabudowie wysokiej, w stosunkowo większej odległości od bloków, z trzech stron osłonięty przez wysokie drzewa;

punkt 9 – zlokalizowany był na północnym krańcu osiedla na otwartym piaszczysto-trawiastym terenie;

punkt 11 – usytuowano pomiędzy dwoma piętnasto piętrowymi blokami;

punkt 12 – otoczony przez średnio wysokie bloki oraz zabudowę parterową;

punkt 13 – umieszczono pomiędzy średnio wysokim blokiem;

punkt 14 – domem jednorodzinny od południa, sąsiedował z długim trzypiętrowym;

punkt 15 – blokiem a od zachodu z grupą drzew otoczony przez zabudowę średniowysoką i niską;

punkt 16 – zlokalizowany był w pobliżu dużego parkingu samochodowego i pętli autobusowej umieszczono na otwartej przestrzeni nad Potokiem Punkt 17 – Bielańskim, z dala od zieleni i budynków mieszkalnych.

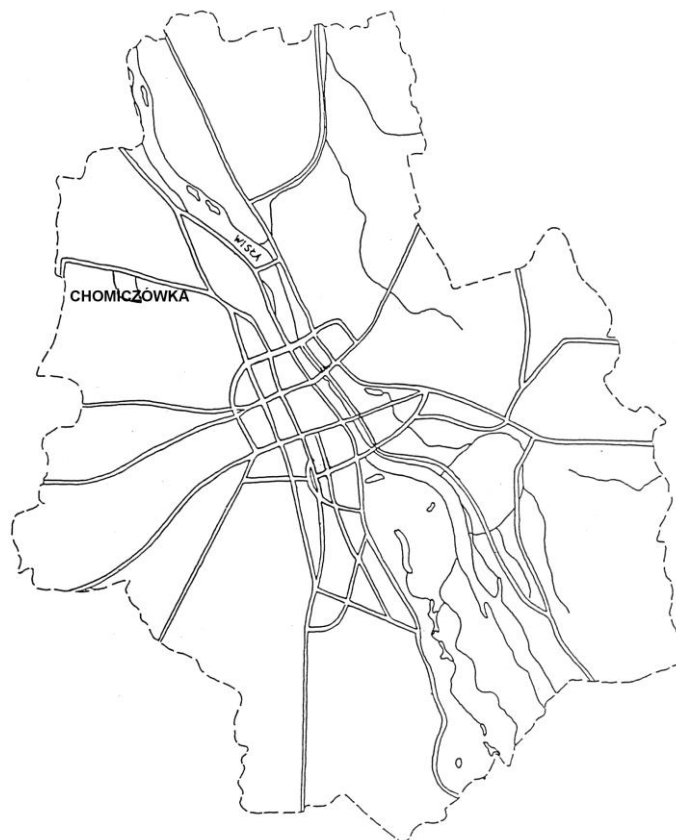
Przeprowadzona analiza potwierdziła, że zróżnicowanie warunków termicznych zależy od pory dnia, ekspozycji dosłonecznej, typu zabudowy oraz warunków pogodowych (rys. 3-5, tab. 1-4). W godzinach wczesnorannych to zróżnicowanie jest najmniejsze. W miarę wzrostu temperatury powietrza rośnie zróżnicowanie przestrzenne temperatury. W godzinach rannych najszybszy wzrost temperatury zaobserwowano na nasłonecznionych terenach otwartych oraz na terenach eksponowanych w kierunku wschodnim. Wymienione fragmenty osiedla były o 1,1-1,7°C cieplejsze od poza osiedlowych. Do zdecydowanie najchłodniejszych obszarów należały tereny o ekspozycji zachodniej, na których notowano maksymalnie niższe o 1,8°C temperatury niż na zewnątrz osiedla. W godzinach popołudniowych zaobserwowano również duże różnicowanie warunków termicznych jak w godzinach rannych. Jednakże zmiana warunków nasłonecznienia wpłynęła na zmianę rozkładu temperatury. Tereny eksponowane w kierunku wschodnim przestały być najcieplejszymi obszarami. Zanotowane tam wartości temperatury były mniejsze o 1,8°C niż poza osiedlem. Największe wartości temperatury zanotowano na punktach o ekspozycji południowej oraz na otwartych trawnikach, gdzie było o 1,6°C cieplej niż w otoczeniu osiedla. Po osiągnięciu maksimum temperatura szybko spadała na punktach zewnętrznych, natomiast spadek temperatury wewnątrz osiedla przebiegał wolniej. Wolniejsze wychładzanie się osiedla świadczy o ocieplającym wpływie zabudowy. W godzinach wieczornych całe osiedle stało się średnio o 1°C cieplejsze od otoczenia.

W zależności od pory dnia zmieniał się pionowy rozkład temperatury powietrza. W godzinach rannych największy spadek temperatury wraz z wysokością zaobserwowano na punktach o ekspozycji wschodniej oraz na punktach zewnętrznych. Notowane na tych terenach spadki temperatury między poziomami 0,25 a 1,5 m wynosiły 0,9-1,5°C. Na terenach o ekspozycji zachodniej utrzymywał się jeszcze radiacyjny typ stratyfikacji temperatury powietrza. W godzinach popołudniowych największy spadek temperatury miał miejsce na terenach otwartych i o ekspozycji południowej. Temperatura na wysokości 1,5 m była o 0,9-1,1°C niższa niż przy gruncie.

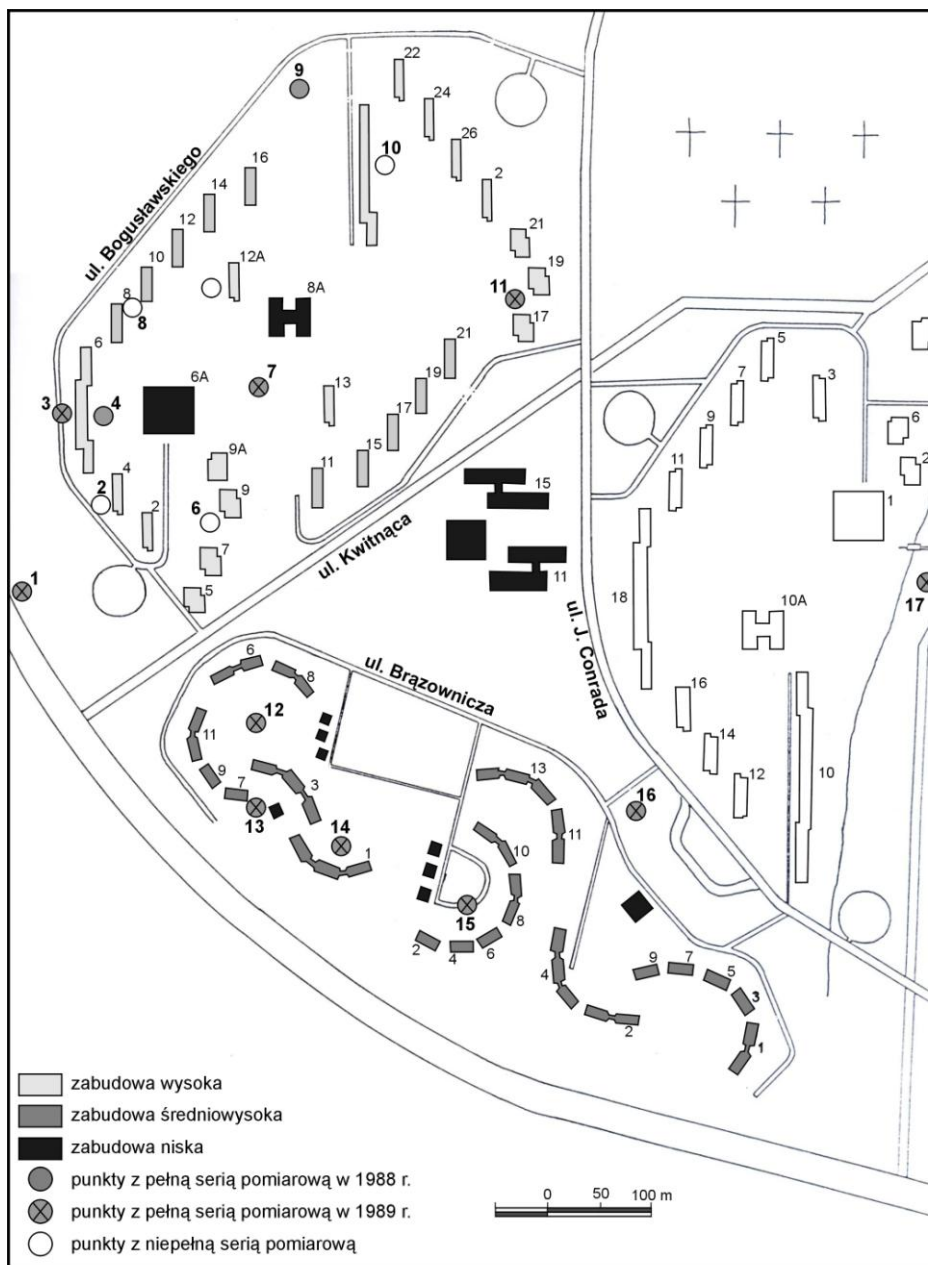
W godzinach wieczornych następowało wyrównanie się temperatury powietrza między poziomami oraz przejście z insolacyjnego na radiacyjny typ stratyfikacji. W ciągu całego dnia największe różnice między poziomami obserwowano na zewnątrz osiedla. Świadczy to o szybkim nagrzewaniu i szybkim wychładzaniu się terenów naturalnych.

Wielkość zróżnicowania termicznego zależy również od typu zabudowy. Część osiedla o zabudowie wysokiej charakteryzowała się większymi różnicami temperatury zarówno w samej zabudowie jak i w stosunku do terenów otaczających. Zróżnicowanie temperatury w części osiedla o zabudowie średniowysokiej było mniejsze, a zmierzone wartości temperatury nieznacznie różniły się od temperatury terenów naturalnych.

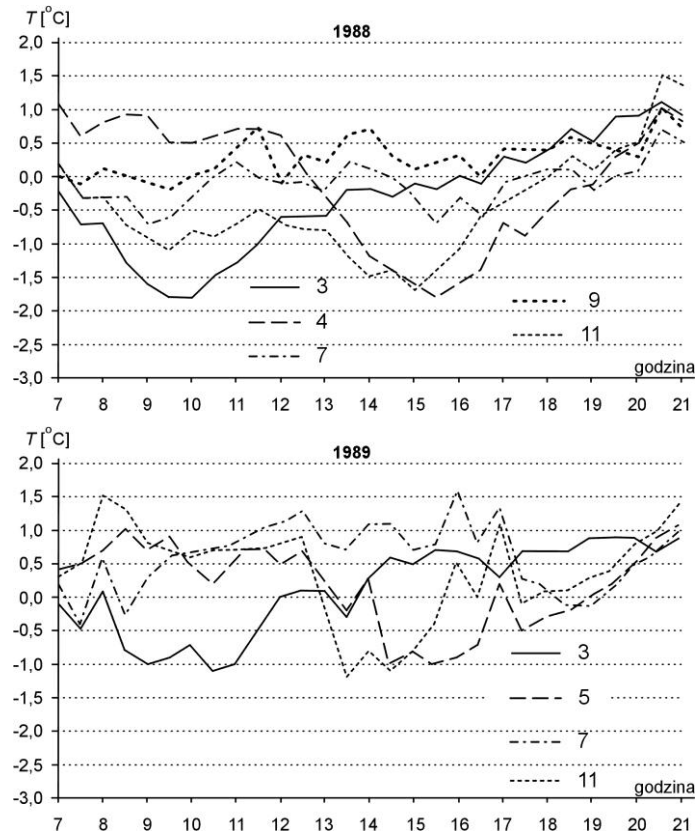
Na kształtowanie się kontrastów termicznych znaczny wpływ ma panująca pogoda. Pogoda słoneczna i bezwietrzna uwypukla zróżnicowanie przestrzenne i pionowe temperatury, zaś pogoda pochmurna łagodzi kontrasty termiczne. W dniu słonecznym różnice temperatury między osiedlem a jego otoczeniem dochodziły do 4°C, natomiast w dniu pochmurnym nie przekraczały 2°C. Przy dużym zachmurzeniu cały obszar osiedla znajduje się w podobnych warunkach, dlatego temperatury są wyrównane. W dniu słonecznym uwypukla się także zróżnicowanie temperatury w przygruntowej warstwie powietrza. Różnice temperatury między poziomami 0,25 i 1,50 m przy pogodzie słonecznej dochodziły do 3,8°C natomiast przy pogodzie pochmurnej nie przekraczały 0,9°C.



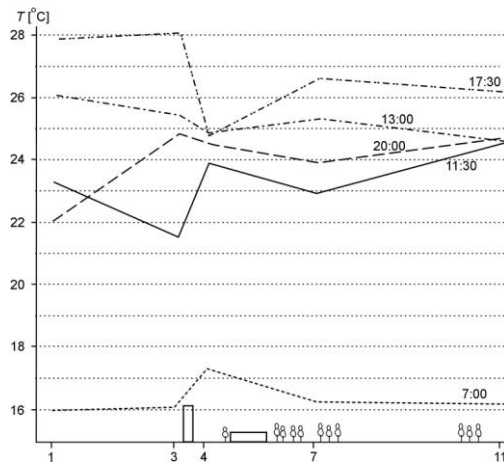
Rysunek 1. Położenie osiedla Chomiczówka



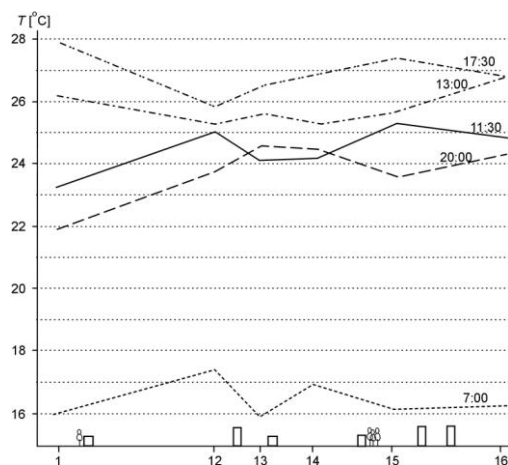
Rysunek 2. Plan osiedla mieszkaniowego Chomiczówka i rozmieszczenie punktów pomiarowych



Rysunek 3. Przebieg dzienny średnich różnic temperatury powietrza między punktami części osiedla o zabudowie wysokiej i punktem zewnętrznym (lipiec 1988 i 1989)



Rysunek 4. Profil zmian temperatury powietrza w północnej części osiedla Chomiczówka. Pogoda słoneczna (26 VII 1988 r.)



Rysunek 5. Profil zmian temperatury powietrza w południowej części osiedla Chomiczówka. Pogoda słoneczna (26 VII 1988 r.)

Tabela 1. Średnie różnice temperatury powietrza między punktami części osiedla o zabudowie wysokiej i punktem zewnętrznym, lipiec 1988 i 1989

1988	Punkt pomiarowy				
Godz.	3	4	7	9	11
7.00	-0,2	1,1	0,1	0,0	0,2
7.30	-0,7	0,6	-0,3	-0,1	-0,3
8.00	-0,7	0,8	-0,3	0,1	-0,3
8.30	-1,3	0,9	-0,3	0,0	-0,7
9.00	-1,6	0,9	-0,7	-0,1	-0,9
9.30	-1,8	0,5	-0,6	-0,2	-1,1
10.00	-1,8	0,5	-0,3	0,0	-0,8
10.30	-1,5	0,6	0,0	0,1	-0,9
11.00	-1,3	0,7	0,2	0,4	-0,7
11.30	-1,0	0,7	0,0	0,7	-0,5
12.00	-0,6	0,6	-0,1	-0,1	-0,7
12.30	-0,6	0,1	-0,1	0,3	-0,8
13.00	-0,6	-0,3	-0,2	0,2	-0,8
13.30	-0,2	-0,7	0,2	0,6	-1,2
14.00	-0,2	-1,2	0,1	0,7	-1,5
14.30	-0,3	-1,4	0,0	0,3	-1,4
15.00	-0,1	-1,6	-0,3	0,1	-1,7
15.30	-0,2	-1,8	-0,7	0,2	-1,4
16.00	0,0	-1,6	-0,3	0,3	-1,1
16.30	-0,1	-1,4	-0,6	0,0	-0,6
17.00	0,3	-0,7	-0,1	0,4	-0,4
17.30	0,2	-0,9	0,0	0,4	-0,2
18.00	0,4	-0,5	0,1	0,4	0,0
18.30	0,7	-0,2	0,1	0,6	0,3
19.00	0,5	-0,1	-0,2	0,5	0,1
19.30	0,9	0,3	0,0	0,4	0,4
20.00	0,9	0,5	0,1	0,3	0,5
20.30	1,1	1,0	0,7	1,0	1,5
21.00	0,9	0,8	0,5	0,7	1,3

1989	Punkt pomiarowy			
Godz.	3	5	7	11
7.00	-0,1	0,4	0,2	0,3
7.30	-0,5	0,5	-0,4	0,5
8.00	0,1	0,7	0,6	1,5
8.30	-0,8	1,0	-0,3	1,3
9.00	-1,0	0,7	0,3	0,8
9.30	-0,9	0,9	0,6	0,7
10.00	-0,7	0,5	0,7	0,6
10.30	-1,1	0,2	0,7	0,7
11.00	-1,0	0,6	0,8	0,7
11.30	-0,5	0,8	1,0	0,7
12.00	0,0	0,5	1,1	0,8
12.30	0,1	0,7	1,3	0,9
13.00	0,1	0,3	0,8	0,0
13.30	-0,3	-0,2	0,7	-1,2
14.00	0,3	0,2	1,1	-0,8
14.30	0,6	-1,0	1,1	-1,1
15.00	0,5	-0,8	0,7	-0,8
15.30	0,7	-1,0	0,8	-0,4
16.00	0,7	-0,9	1,6	0,5
16.30	0,6	-0,7	0,8	0,0
17.00	0,3	0,2	1,4	1,1
17.30	0,7	-0,5	0,3	0,1
18.00	0,7	-0,3	0,2	0,1
18.30	0,7	-0,2	-0,1	0,1
19.00	0,9	0,0	-0,1	0,3
19.30	0,9	0,2	0,1	0,4
20.00	0,9	0,5	0,5	0,9
20.30	0,7	0,9	0,7	1,0
21.00	0,9	1,1	1,0	1,4

Tabela 2. Średnie różnice temperatury powietrza między punktami osiedla o zabudowie średniowysokiej i punktem zewnętrznym, lipiec 1988 i 1989

1988	Punkt pomiarowy						1989	Punkt pomiarowy					
Godz.	12	13	14	15	16	17	Godz.	12	13	14	15	16	17
7.00	0,8	0,0	0,2	-0,1	0,5	0,2	7.00	0,0	0,0	0,8	-0,2	0,3	0,5
7.30	0,5	-0,6	-0,2	-0,6	0,3	-0,1	7.30	0,1	-0,2	0,5	-0,4	0,4	0,9
8.00	0,5	-0,5	-0,2	-0,7	0,4	0,0	8.00	0,7	0,8	1,7	0,3	0,8	1,1
8.30	0,2	-0,4	-0,5	-0,4	0,2	-0,1	8.30	1,0	1,3	1,5	1,5	1,0	1,0
9.00	0,3	-0,1	-0,5	-0,6	0,1	-0,1	9.00	0,5	1,0	0,5	0,8	0,7	0,2
9.30	-0,1	-0,2	-0,6	-0,5	0,0	-0,3	9.30	0,5	1,0	0,5	0,8	0,7	0,2
10.00	0,1	0,0	-0,7	-0,3	0,1	-0,1	10.00	1,4	0,6	0,4	0,7	0,5	0,7
10.30	-0,1	-0,1	-0,4	-0,1	0,3	-0,1	10.30	0,3	0,3	0,2	0,6	0,5	0,4
11.00	0,2	0,1	-0,5	-0,1	0,4	0,4	11.00	0,2	0,4	0,3	0,3	1,6	0,7
11.30	0,6	0,3	-0,2	0,1	0,4	0,4	11.30	0,2	0,7	0,8	0,5	0,7	0,7
12.00	-0,1	-0,1	-0,6	-0,4	0,3	0,4	12.00	0,1	0,3	0,1	0,8	0,9	0,7
12.30	0,0	-0,1	-0,5	-0,7	0,2	-0,1	12.30	0,3	0,3	-0,4	0,6	1,2	0,6
13.00	-0,2	-0,3	-0,7	-0,9	0,1	0,0	13.00	0,0	0,1	-0,3	0,6	0,8	0,5
13.30	0,2	0,1	-0,2	-0,3	0,3	0,4	13.30	-0,8	-0,1	-0,5	-0,3	0,3	0,1
14.00	0,0	0,0	-0,2	-0,4	0,8	0,4	14.00	-0,1	0,0	-0,4	-0,1	0,9	0,4
14.30	0,0	-0,1	-0,5	-0,7	0,4	0,1	14.30	-0,2	-0,1	-0,5	-0,1	0,0	0,0
15.00	-0,1	-0,1	-0,9	-0,7	0,1	-0,2	15.00	0,2	0,1	-0,2	0,1	0,5	0,4
15.30	-0,3	-0,7	-0,7	-0,8	-0,2	-0,2	15.30	0,1	0,0	-0,1	0,2	1,0	0,5
16.00	-0,2	-0,7	-0,6	-0,7	0,1	0,0	16.00	0,7	0,6	0,4	0,9	1,3	0,2
16.30	-0,3	-0,5	-0,2	-0,8	-0,2	0,2	16.30	0,3	0,7	0,5	-0,1	0,5	-0,1
17.00	-0,4	-0,4	-0,2	-0,2	0,6	0,3	17.00	0,6	0,6	-0,4	0,6	0,5	0,2
17.30	-0,5	-0,4	-0,2	-0,2	0,5	0,0	17.30	-0,7	-0,7	-0,3	0,8	0,3	-0,3
18.00	-0,2	-0,2	-0,1	-0,1	0,6	0,1	18.00	-0,3	-0,3	-0,3	0,7	0,5	0,2
18.30	-0,2	0,0	0,1	0,1	0,7	0,2	18.30	-0,4	-0,4	-0,5	0,7	0,3	-0,3
19.00	-0,1	-0,2	-0,2	-0,1	0,4	-0,1	19.00	-0,1	0,1	-0,3	0,7	0,4	-0,1
19.30	0,1	0,1	0,3	0,0	0,4	0,1	19.30	0,2	0,4	-0,1	0,8	0,6	-0,1
20.00	0,2	0,3	0,3	0,0	0,4	0,3	20.00	0,8	0,7	0,4	1,1	0,8	0,0
20.30	0,8	0,5	0,6	0,4	1,0	0,5	20.30	0,2	0,6	0,2	1,0	1,0	0,2
21.00	0,3	-0,2	0,2	0,0	0,6	0,2	21.00	0,7	0,9	0,6	1,0	1,1	0,1

Tabela 3. Średnie różnice temperatury powietrza między punktami osiedla i punktem zewnętrznym, pogoda słoneczna (26 VII 1988)

Godz.	Punkty pomiarowe										
	3	4	7	9	11	12	13	14	15	16	17
7.00	0,1	1,3	0,3	-0,1	0,2	1,5	0,0	1,0	0,2	0,3	0,8
7.30	-0,7	0,8	0,3	-0,4	0,7	1,5	-0,5	0,4	-0,8	1,8	0,8
8.00	-0,1	0,4	-0,1	-0,1	1,4	1,5	-0,7	0,5	-0,9	0,6	0,8
8.30	-2,4	0,0	-0,2	-2,1	-1,4	0,2	-1,3	-0,9	-2,3	-0,5	-1,5
9.00	-2,2	-0,5	-2,2	-0,9	-1,4	-0,2	-1,7	-0,6	-1,7	-0,3	-0,4
9.30	-1,8	-1,6	-2,2	-0,9	-1,4	-0,5	-1,9	-0,2	-2,0	-1,6	-0,6
10.00	-2,7	-0,9	-1,2	0,2	-1,4	-0,3	-1,7	-1,4	-1,9	-1,1	0,1
10.30	-0,5	0,9	0,2	2,5	0,7	1,0	-0,2	0,2	-0,7	1,4	1,5
11.00	-1,2	0,3	-0,2	2,2	0,2	-0,1	-0,2	-0,8	1,1	0,2	0,1
11.30	-1,7	0,6	-0,3	2,7	1,4	1,7	0,8	0,9	2,0	1,6	1,0
12.00	-0,1	-0,4	0,5	0,3	-1,0	-1,2	-0,6	0,1	0,4	0,8	0,2
12.30	0,0	-0,4	0,7	0,9	-0,7	0,0	0,4	-1,6	0,2	0,5	0,4
13.00	-0,6	-1,2	-0,7	-0,3	-1,4	-0,8	-0,5	-0,8	-0,4	0,7	-1,0
13.30	0,6	-0,5	0,5	1,5	-0,6	0,2	0,8	0,7	0,4	1,6	0,4
14.00	0,6	-2,3	0,3	1,0	-1,7	0,5	0,9	0,2	0,1	1,3	0,1
14.30	0,4	-1,8	0,0	0,5	-1,6	-1,6	1,1	1,4	-0,2	0,9	-0,5
15.00	-0,2	-2,4	-0,1	0,1	-2,4	-1,4	0,5	-1,4	-0,2	0,1	-1,0
15.30	-0,1	-2,3	-0,9	0,1	-1,7	-1,3	-1,0	-1,4	-0,1	-0,2	0,3
16.00	0,1	-2,6	-0,1	-0,6	-1,8	-0,7	-1,7	-0,8	-0,3	-0,6	-0,5
16.30	0,1	-2,1	-0,5	-0,7	-0,8	-1,2	-0,7	-0,3	-0,4	0,7	-0,4
17.00	0,7	-1,7	0,0	0,3	-0,9	-1,0	-0,4	-0,2	-0,2	-0,3	0,7
17.30	0,3	-3,1	-1,2	0,4	-1,6	-2,0	-1,4	-0,1	-0,5	-1,1	-0,1
18.00	2,0	-0,8	0,2	0,6	0,0	-0,4	0,3	0,1	1,0	0,7	0,8
18.30	1,3	-1,6	-0,7	0,1	0,3	-0,8	-0,2	0,0	0,0	0,3	-0,4
19.00	2,0	-0,4	0,1	1,2	0,7	0,0	0,8	0,8	0,7	0,9	0,7
19.30	1,7	0,0	-0,1	0,8	0,6	0,1	0,5	0,3	0,4	0,2	0,4
20.00	2,9	2,6	2,0	2,3	2,8	1,8	2,6	2,5	1,6	2,3	2,1
20.30	1,4	2,3	1,6	1,4	2,8	1,8	1,9	1,2	1,1	1,6	1,3
21.00	1,4	2,0	1,8	1,7	3,3	1,8	1,8	1,4	0,7	2,1	1,6

Tabela 4. Średnie różnice temperatury powietrza między punktami osiedla i punktem zewnętrznym, pogoda słoneczna (7 VII 1989)

Godz.	Punkty pomiarowe									
	3	5	7	11	12	13	14	15	16	17
7.00	-0,3	0,7	-0,3	1,0	1,9	-0,4	0,6	0,2	1,0	1,7
7.30	-1,6	1,0	-0,9	1,1	-0,1	-0,7	-0,3	-0,8	-0,4	0,1
8.00	-2,8	1,2	-0,4	1,5	-0,5	-0,6	0,9	0,1	-0,1	0,3
8.30	-2,8	-0,4	-1,2	-1,2	-1,0	0,0	-1,4	0,9	-0,2	0,3
9.00	-1,5	0,9	-0,6	-0,1	0,1	0,4	0,7	1,6	1,3	1,5
9.30	-2,1	0,0	-0,5	0,2	-0,8	1,1	-0,9	1,6	1,3	1,5
10.00	-3,0	-1,2	-0,9	-0,5	-1,1	-0,4	-1,7	-1,0	-1,1	-0,1
10.30	-1,5	0,9	0,6	1,9	0,3	0,2	-0,4	2,1	0,4	-0,2
11.00	-1,0	1,9	1,1	2,2	0,0	1,6	0,8	1,4	0,2	2,5
11.30	-0,2	1,6	1,3	-0,1	0,3	1,6	2,1	1,9	0,6	0,6
12.00	-0,1	-0,1	0,3	0,6	-0,1	-1,4	-0,2	0,4	2,5	0,4
12.30	1,3	1,1	2,5	1,9	1,5	0,8	0,6	1,7	3,9	2,1
13.00	0,7	-0,2	2,1	1,2	0,2	1,6	-0,4	0,8	3,1	0,5
13.30	0,9	1,6	2,1	-0,5	-0,7	-1,1	-0,7	1,0	2,1	0,3
14.00	0,3	-0,2	1,5	-2,2	-1,4	-0,1	-1,4	-1,1	2,2	0,7
14.30	0,1	-1,7	1,7	-2,3	0,1	-0,3	-1,8	0,2	-0,7	0,3
15.00	0,9	-1,1	0,3	-1,4	0,0	-0,5	-1,1	-0,7	2,0	0,6
15.30	0,4	-1,2	3,2	-0,7	1,2	-1,2	-1,1	-0,7	2,0	0,6
16.00	1,7	-1,8	2,9	-0,7	-0,1	-0,6	-1,3	0,2	1,1	1,1
16.30	0,4	-1,6	3,0	0,1	-2,1	-1,3	-1,6	-0,1	0,8	-0,4
17.00	1,4	-1,2	1,5	0,6	-0,8	-0,8	-0,6	-0,6	0,3	1,8
17.30	1,4	-1,3	0,4	0,6	-0,9	-1,3	-1,3	-0,9	0,0	1,1
18.00	1,8	-0,8	0,7	-0,4	-0,6	-0,9	-0,8	-0,4	0,7	1,9
18.30	1,8	-0,3	-0,1	0,7	-0,6	-0,2	-0,4	-0,4	1,1	0,5
19.00	2,0	-0,8	-0,4	0,3	-0,5	-0,4	-0,5	-0,5	1,4	0,1
19.30	2,7	0,8	0,5	1,1	0,9	0,8	0,4	0,8	3,5	0,7
20.00	1,8	-0,1	0,2	1,7	1,1	1,3	0,7	-0,3	1,8	-0,3
20.30	0,2	0,7	-0,3	1,1	0,7	0,2	0,0	-1,6	1,3	-0,7
21.00	1,7	3,0	1,8	3,5	3,1	3,3	2,7	1,1	3,1	0,5

8.3. Osiedle SADY ŻOLIBORSKIE

8.3.1. Warunki bioklimatyczne w osiedlu Sady Żoliborskie

Autor: Irma KIJOWSKA

Opiekun naukowy: Maria KOPACZ-LEMBOWICZ

Analiza wyników badań prowadzonych w osiedlu Sady Żoliborskie (rys. 1), a stanowiąca niniejsze opracowanie, pozwoliła na przedstawienie istniejących warunków odczuwalnych z wyjaśnieniem przyczyn ich zróżnicowania. Określono również cechy warunków odczucia ciepła terenu rozbudowanego w stosunku do otoczenia.

W pracy podjęto próbę opisaną przyczyn zróżnicowania warunków odczuwalnych na terenie badanego osiedla, charakteryzując w ten sposób wpływ obszaru zabudowanego na warunki bioklimatyczne. Wykazano znaczenie przyczyn naturalnych w kształtowaniu warunków termicznych, a mianowicie rolę przewietrzania oraz nasłonecznienia. Badane osiedle okazało się terenem interesującym z powodu różnorodnych typów zabudowy, oraz ze względu na duży udział terenów zielonych. W związku z tym powstała możliwość określenia wpływu człowieka na warunki odczuwalne poprzez zagospodarowanie terenu.

Pomiary na osiedlu Sady Żoliborskie prowadzone były w lipcu 1986 roku, a więc tylko w okresie lata. O wyborze tego miesiąca w celu prowadzenia badań, zdecydował fakt, że w cieplej porze roku występują, największe różnice wartości określonych elementów meteorologicznych między obszarem zabudowanym a otoczeniem, co pozwala lepiej wyodrębnić cechy charakterystyczne miasta. W okresie gdy na osiedlu prowadzono pomiary, czyli w lipcu 1986 roku, zanotowano szczególnie wysokie wartości temperatury powietrza, co świadczy o tym, że był to miesiąc wyjątkowo gorący. W niektórych dniach temperatura powietrza była bardzo wysoka, rzadko spotykana w naszych szerokościach geograficznych, a mianowicie dochodząca do 33°C.

W związku z tak wysoką temperaturą powietrza zanotowaną w okresie badań, obliczone wartości temperatury efektywnej (TE) kształtują się również bardzo wysoko (rys. 2, tab. 1). Na punkcie zewnętrznym stwierdzono najniższą średnią wartość temperatury efektywnej wynoszącą 13,5 o godz. 7.00, natomiast najwyższą 21,4°TE na stanowisku 3 w południe. W całym okresie badań dominowały odczucia „ciepło” i „gorąco”. Jedynie w godzinach rannych na niektórych punktach występował stan „komfortu”, natomiast w pozostałej części dnia aż do godzin wieczornych w całym osiedlu utrzymywały się niekorzystne warunki termiczne z powodu przegrzania. Punkt zewnętrzny reprezentujący warunki otoczenia osiedla charakteryzuje się średnim przebiegiem dziennym TE w stosunku do osiedla. Okazał się chłodniejszy od punktów położonych w zabudowie niskiej, ale równocześnie cieplejszy niż stanowiska usytuowane w zabudowie 10-piętrowej.

Poszukując przyczyn zróżnicowania warunków odczuwalnych w badanym osiedlu, wyodrębniono przyczyny naturalne tzn.: przewietrzanie i nasłonecznienie oraz zmiany warunków termicznych wynikające z zagospodarowania terenu przez człowieka – typ i układ zabudowy oraz rola zieleni miejskiej.

Punkty dobrze przewietrzane, zlokalizowane wśród wysokiej zabudowy oraz punkt zewnętrzny charakteryzują się w takich warunkach pogodowych najkorzystniej-

szymi warunkami odczuwalnymi. Natomiast część osiedla o zabudowie niskiej z dużą ilością zieleni, gdzie zanotowano niskie wartości prędkości wiatru okazała się obszarem o bardzo niekorzystnych warunkach termicznych dla człowieka. Ogromną rolę odgrywa również nasłonecznienie. Punkty dobrze oświetlone w ciągu całego dnia charakteryzują się dużymi wartościami temperatury powietrza a w konsekwencji również temperatury efektywnej (rys. 3). A więc warunki odczucia ciepła są na tych stanowiskach pomiarowych najbardziej niekorzystne. Tak więc większe prędkości wiatru czyli w efekcie lepsze przewietrzanie wpływają na obniżenie wartości temperatury efektywnej (rys. 4). Również ograniczony dopływ promieniowania słonecznego w okresie letnim wpływa na polepszenie warunków odczuwalnych.

Człowiek zagospodarowując teren, tworząc osiedla i miasta modyfikuje warunki klimatyczne, a przez to również warunki bioklimatyczne.

Analiza wyników badań prowadzonych w osiedlu Sady Żoliborskie potwierdziła ogromne znaczenie typu i układu zabudowy w kształtowaniu warunków odczuwalnych. Zabudowa niska w lecie niekorzystnie kształtuje warunki bioklimatyczne.

Sz szczególnie niekorzystne odczucia termiczne występują w zabudowie 2 i 4 piętrowej o układzie „ulicowym”, silnie nasłonecznionej przez większą część dnia. Jest to wynikiem ograniczonego przewietrzania wskutek zwartej zabudowy jak również hamowania ruchu powietrza przez zielen wypełniającą przestrzeń między zabudowaniami. Wentylacja takiego typu zabudowy jest możliwa tylko wzdłuż głównej ulicy. W zabudowie niskiej kwaterowej, ze względu na układ ulic i budynków możliwy jest napływ powietrza z różnych kierunków. Jednakże ruch powietrza jest również słaby, w związku z tym stwierdzone warunki odczuwalne są niekorzystne dla człowieka. Warunki termiczne w zabudowie niskiej kwaterowej, jak też o układzie ulicowym są gorsze niż w otoczeniu osiedla. Badania wykazały, że dużą wietrznością charakteryzują się obszary o luźnej, wysokiej zabudowie, ze względu na modyfikowanie prędkości wiatru w kierunku zwiększenia wartości tego elementu. W związku z tym stwierdzono lepsze warunki odczuwalne dla człowieka w zabudowie wysokiej 10-piętrowej, zarówno w stosunku do pozostałej części osiedla jak też do punktu zewnętrznego.

Drugą formą oddziaływania człowieka na warunki bioklimatyczne jest tworzenie terenów zielonych. Obszary zieleni miejskiej spełniają wielorakie funkcje.

Z jednej strony zwarte kompleksy drzew i krzewów mogą w dużym stopniu zahamować ruch powietrza, przez co utrudniają przewietrzanie. Jest to zjawisko bardzo niekorzystne w okresie lata, w upalne dni, gdy dominują odczucia „ciepło” i „gorąco”.

Zaś z drugiej strony, drzewa i krzewy zacieniają pewne obszary ograniczając dopływ promieniowania słonecznego. Wskutek tego nie następuje tak duży wzrost temperatury powietrza, jak w miejscach dobrze eksponowanych na słońce w ciągu całego dnia. Badania prowadzone w celu poznania klimatu miasta, a szczególnie warunków odczuwalnych, pozwolą w przyszłości na świadome modelowanie tychże odczuć termicznych. Odpowiednie projektowanie osiedli w znacznym stopniu może polepszyć warunki odczuwalne dla człowieka.

W lecie niekorzystne odczucie z powodu przegrzania można poprawić poprzez tworzenie zabudowy luźnej, by umożliwić dobre przewietrzanie. Ogromne znaczenie ma również ograniczenie dopływu energii słonecznej w dni upalne w celu obniżenia wartości temperatury powietrza, co można osiągnąć poprzez tworzenie terenów zielonych. Oprócz tej

funkcji zieleni miejskiej wpływa również na poprawy jakości powietrza poprzez częściowe likwidowanie zanieczyszczeń powietrza miejskiego. Wykorzystany w procesie fotosyntezy dwutlenek węgla zostaje przetworzony w tlen, tak potrzebny dla zdrowia człowieka. Istnieje szereg metod polepszenia klimatu miasta w obrębie osiedli mieszkaniowych:

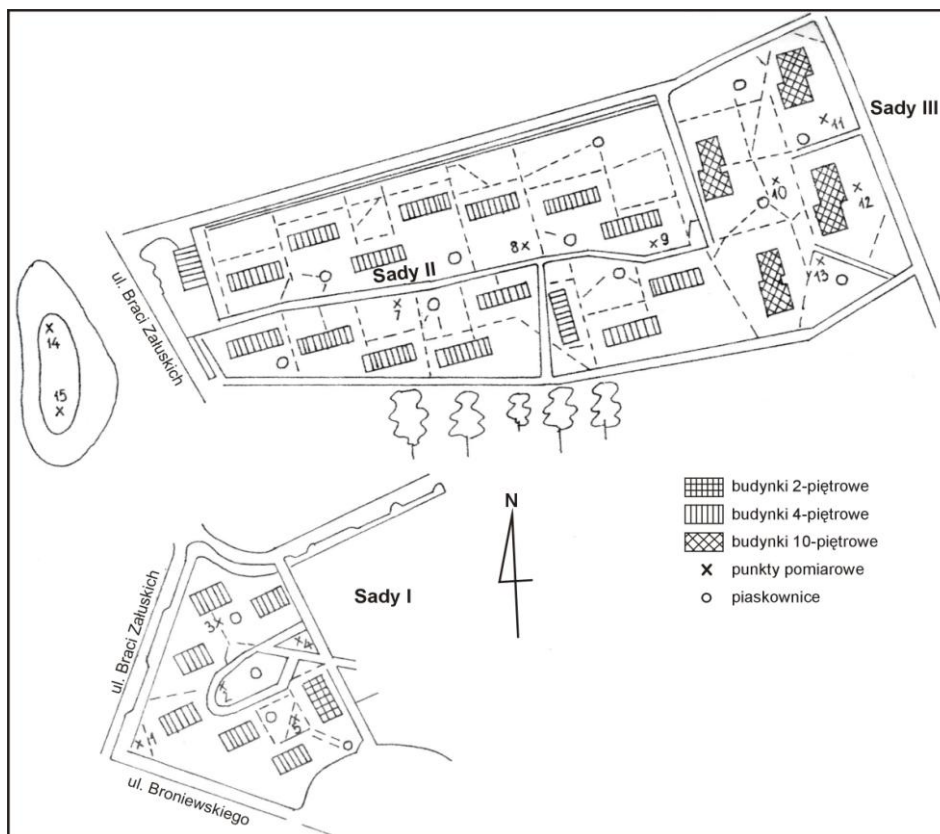
1. polepszenie jakości powietrza odpowiednią przestrzenną lokalizacją przemysłu w zależności od warunków lokalnych (wiatry i turbulencja),
 - ograniczenie ruchu samochodowego,
 - stosowanie napędu elektrycznego,
2. właściwe ustawienie budynków względem siebie:
 - wybór odpowiednich odstępów między budynkami oraz właściwej szerokości ulic, by zapewnić dobre nasłonecznienie oraz wentylację w osiedlu,
 - lokalizacja miejsc rekreacyjnych oraz placów zabaw dla dzieci w miejscach nasłonecznionych i chronionych przed wiatrem na dni „chłodne” oraz w zacienionych i przewiewnych na dni „upalne”,
3. kształtowanie terenów zielonych:
 - zakładanie trawników (chłoną pył),
 - sadzenie drzew i krzewów wzdłuż ulic oraz między budynkami w celu oddziaływania na wiatr, promieniowanie słoneczne oraz rozprzestrzenianie się pyłu,
 - zakładanie parków o urozmaiconym układzie i rodzajach roślinności.

Niniejsza praca, której celem jest określenie warunków bioklimatycznych wybranego do badań osiedla warszawskiego – Sady Żoliborskie, jest jednym z nielicznych opracowań w tym zakresie.

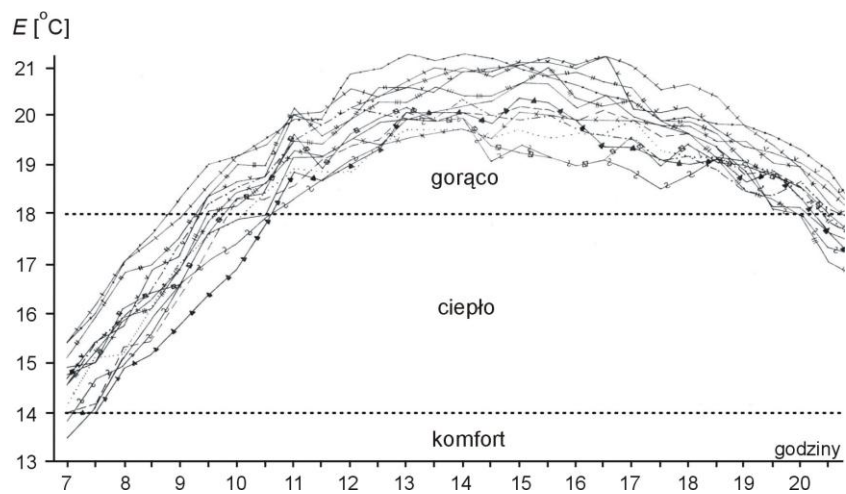
Być może wnioski uzyskane w trakcie poszukiwań przyczyn zróżnicowania warunków odczuwalnych w terenie zabudowanym, pozwolą na poszerzenie wiedzy dotyczącej zagadnień bioklimatu miasta. W przyszłości zaś będą wykorzystane w planowaniu i projektowaniu osiedli mieszkaniowych.

Tabela 1. Częstość warunków odczucia ciepła (%). Osiedle Sady Żoliborskie, lipiec 1986

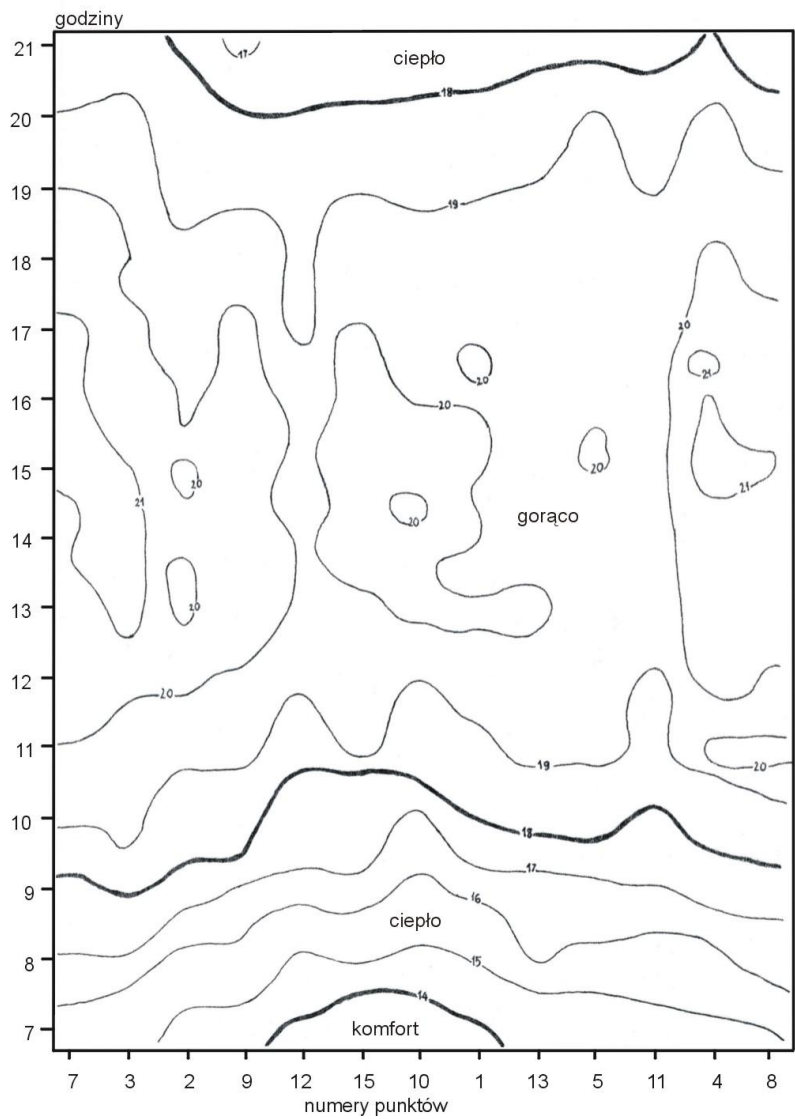
Numer punktu	Dyskomfort ciepła	Komfort	Dyskomfort chłodu
1	79,3	16,5	4,2
2	64,1	11,4	4,5
3	69,4	10,3	0,3
4	67,5	11,2	1,3
5	62,5	14,1	3,4
7	92,6	6,6	0,8
8	86,3	11,4	2,4
9	80,8	14,4	4,6
10	61,1	14,4	4,5
11	84,0	11,2	4,6
12	76,2	15,4	6,4
13	83,0	9,0	6,0
15	80,6	14,9	4,5



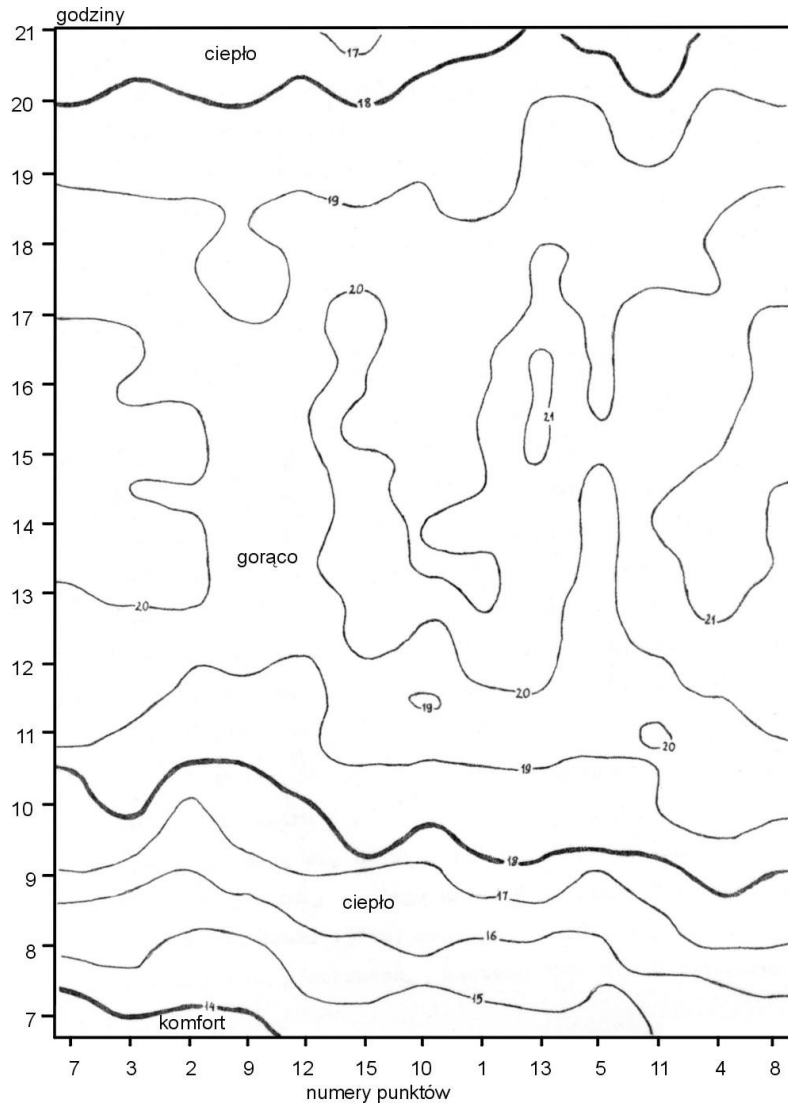
Rysunek 1. Plan osiedla mieszkaniowego Sady Żoliborskie



Rysunek 2. Przebieg dzienny temperatury efektywnej. Osiedle Sady Żoliborskie, lipiec 1986



Rysunek 3. Rozkład temperatury efektywnej. Osiedle Sady Żoliborskie, lipiec 1986.
 Układ punktów w zależności od oświetlenia w poszczególnych porach dnia



Rysunek 4. Rozkład temperatury efektywnej. Osiedle Sady Żoliborskie, lipiec 1986.
Układ punktów w zależności od stopnia przewietrzania

8.3.2. Warunki odczuwalne osiedli warszawskich o dużym udziale i strukturze zieleni

Autor: Grażyna DUDZICKA

Opiekun naukowy: Maria KOPACZ-LEMBOWICZ

Głównym celem niniejszej pracy jest określenie klimatycznego i bioklimatycznego wpływu jednego z elementów zagospodarowania terenu zieleni na przykładzie trzech warszawskich osiedli: „Stawki”, „Służew nad Dolinką” i „Sady Żoliborskie” (rys. 1-3).

Przeprowadzone w tych miejscach badania pozwoliły stwierdzić, że zielenie osiedlowa rozpatrywana w skali całego osiedla wywiera latem pewien wpływ na poszczególne elementy meteorologiczne i wskaźnik bioklimatyczny, ale jest to widoczne jedynie tam, gdzie udział roślinności wyraźnie przeważa w strukturze zagospodarowania terenu, a ponadto tylko wtedy, gdy ma ona urozmaicony (drzewiasto – krzewiasto – trawnikowy) charakter. W osiedlach z jednolitą trawnikową zielenią, gdzie duże powierzchnie zajmują: zabudowa, chodniki, wybetonowane placyki i parkingi, zdecydowanie większą rolę odgrywa sztuczne podłoże.

Z analizy materiałów pomiarowych wynika, że temperatura w obszarach zabudowanych niezależnie od charakteru pokrycia terenu jest w ciągu dnia, latem, niższa niż na otwartych poza osiedlowych, trawnikowych punktach zewnętrznych (tab. 1-2). Różnica osiedle-otoczenie nie przekraczała jednak w okresie pomiarów 1°C i jedynie w najbardziej zazielenionym i najintensywniej zagospodarowanym osiedlu (Sady Żoliborskie) zależnie od charakteru zabudowy sięgała od 0,9°C w kwatrowych Sadach I do 1,4°C w układzie wieżowcowym Sadów II. Zróżnicowanie sytuacji termicznej pojawiło się dopiero w godzinach wieczornych. O tej porze dnia, osiedla o mieszanej, zajmującej procentowo dużą powierzchnię zieleni dłużej utrzymują niższą temperaturę w stosunku do otaczającego je miejskiego terenu otwartego. Daje się przy tym zauważyć pewien wpływ stopnia otwarcia samej zabudowy na ten proces. Zwarta, zamknięta budynkami i roślinnością struktura osiedlowa (Sady I) w większym stopniu osłabia i modyfikuje ochładzający o tej porze wpływ zieleni, niż luźny, dobrze przewietrzany, a więc i przez to chłodniejszy układ budynków (Sady II). W osiedlach, gdzie powierzchnie zieleni (głównie trawniki) zajmują mniej niż 40% terenu (Stawki – 26%, Służew nad Dolinką – 38%) a gdzie dużo jest powierzchni sztucznych dłużej magazynujących ciepło, tempo wychładzania jest wolniejsze niż na punktach zewnętrznych i przez to już po godzinie 19⁰⁰ ujawnia się osiedlowa wyspa ciepła”. Warto zauważyć, że każde z tych osiedli ma inną, strukturę wewnętrzną. Taką sytuację termiczną, notuje się niezależnie od charakteru letniej pogody, choć jak wykazuje przeprowadzona analiza pojedynczych wybranych dni pomiarowych im wyższa jest temperatura i mniejsze zachmurzenie tym silniejsze i wyraźniejsze jest zróżnicowanie termiczne między osiedlami i ich punktami zewnętrznymi.

Potwierdza się również stwierdzony podczas badania „czystych układów zieleni” np. parkowej, wpływ roślinności osiedlowej na intensyfikację procesów nagrzewania i wychładzania nawet do poziomu jaki reprezentują otwarte, dobrze nasłonecznione tereny poza osiedlowe. Ale jest to widoczne jedynie w osiedlu o bardzo urozmaiconym i dużym powyżej 60% udziale zieleni – w Sadach Żoliborskich.

W pozostałych osiedlach nagromadzenie wolno nagrzewających się i wychładzających powierzchni zabudowanych daje wyraźne spowolnienie tych procesów w stosunku do terenu otwartego. W związku z tym niezależnie od charakteru pogody przyrost i spadek temperatury w osiedlu „zazielenionym” jest o 1-1,5°C wyższy w tym samym czasie niż w pozostałych osiedlach.

Analiza warunków wilgotnościowych, określonych za pomocą wilgotności względnej nie wykazała szczególnie dużych i wyraźnych różnic między osiedlami, które dały by się wyjaśnić charakterem zagospodarowania terenu i obecnością zieleni. Badania wykazały natomiast, że nie zawsze niższa temperatura powietrza w ramach zabudowy prowadzi do wyższych wartości wilgotności względnej niż na terenie poza osiedlowym. Dzieje się tak jedynie wówczas, gdy osiedle jest gorzej przewietrzane na skutek zamknięcia układem zabudowy, albo gdy posiada gęstą zróżnicowaną roślinność. Często oba te czynniki współwystępują w jednym osiedlu (np. w Sadach Żoliborskich).

Z charakteru krótkookresowej dziennej zmienności wilgotności względnej wynika, że osiedle o większym stopniu „zazielenienia” (Sady Żoliborskie) sprzyjało niezależnie od charakteru zabudowy wyraźniejszemu uporządkowaniu zmian wilgotności zarówno w stosunku do swojego otoczenia jak i pozostałych osiedli. Ponadto intensywniej zachodził w nim wieczorny przyrost wilgotności dzięki choćby zmagazynowaniu wody w roślinności osiedlowej i szybszemu spadkowi temperatury niż na terenie otwartym. Natomiast z pozostałych dwu osiedli najsilniej destabilizowało latem sytuację wilgotnościową wysokie, luźne, lecz częściowo zamknięte układem budynków osiedle Stawki, zaś wyrównany przebieg i niskie wartości zarówno ubytków jak i przyrostów codziennych wilgotności względnej miał luźny, otwarty, porośnięty niską trawiastą roślinnością Służew naci Dolinką.

Zabudowa z reguły deformuje ruch powietrza, a wysokość i ustawienie budynków może zmieniać prędkość wiatru. Wszystkie poznane dotąd prawidłowości i związki zabudowy z ruchem powietrza potwierdziły się przy analizie przebiegu i zmienności prędkości wiatru w tych trzech osiedlach. Trudniej wykryć natomiast w złożonej strukturze osiedla wyraźny związek zieleń-prędkość wiatru. W przypadku zieleni niskiej, przeważającej na terenie Stawek i Służewa trudno mówić o jakimkolwiek widocznym deformacyjnym wpływie na ruch powietrza, natomiast łatwiej daje się odczytać zarówno w przebiegu, jak i w wartościach prędkości wiatru obecność zamykającej i wypełniającej zabudowę roślinności w trzecim osiedlu – Sadach Żoliborskich. Powiązanie średniowysokiej, luźnej i otwartej zabudowy (Sady I i II) z gęstą, mieszaną zielenią prowadzi tam do wyrównania dziennego przebiegu prędkości wiatru i osłabienie jej w stosunku do terenu otwartego nawet o 1-1,5 m/s. Przy małej ruchliwości powietrza latem, zwłaszcza w głębi zabudowy, takie wytłumienie prędkości wiatru przyczynia się do wyraźnego pogarszania warunków odczuwalnych nie mówiąc o stanie aerosanitarnym powietrza. Dla porównania w niezadrzewionym luźnym i otwartym osiedlu (Służew nad Dolinką), które jest również gorzej przewietrzane od swego otoczenia, osłabianie prędkości wiatru w ciągu dnia przekracza 0,7 m/s.

Analiza sytuacji bioklimatycznej, określonej za pomocą ochładzania katatermometrycznego wykazała, że w okresie lata we wszystkich badanych osiedlach i na terenach otwartych wokół nich przeważają przez cały dzień warunki dyskomfortu cieplnego (gorąco i ciepło). Ponadto większość terenów zabudowanych ma niższe ochładzanie niż

teren otwarty dobrze nasłoneczniony, ale również lepiej przewiewany. Średnie różnice nie były w okresie badań wysokie sięgały $1,5 \text{ mcal/cm}^2 \cdot \text{s}$ między luźną, otwartą zabudową Służewa nad Dolinką a jego punktem zewnętrznym i zależnie od zabudowy od $1 \text{ mcal/cm}^2 \cdot \text{s}$ między wieżowcowymi i zazielenionymi Sadami II do $2,0\text{-}3,0 \text{ mcal/cm}^2 \cdot \text{s}$ w luźnych, lecz zamkniętych pozostałych fragmentach Sadów Żoliborskich, a ich otwartym otoczeniem. Odmiennie wygląda sytuacja bioklimatyczna na Stawkach, gdzie ochładzanie cechuje się największą zmiennością w ciągu dnia i bardziej skomplikowanym przez to przebiegiem, a ponadto z racji większej ruchliwości powietrza w osiedlu notuje się tam większe niż na terenie niezabudowanym wartości wskaźnika bioklimatu. Intensywnie zagospodarowane osiedle z dużym udziałem mieszanej roślinności (Sady Żoliborskie) odznacza się na tle innych osiedli wyrównanym dziennym przebiegiem ochładzania i dłużej trwającymi niekorzystnymi odczuciami. Dzieje się tak za sprawą słabego przewietrzania w ciągu dnia za co odpowiedzialna jest w dużej mierze roślinność.

Każdy układ zabudowy osiedlowej w specyficzny dla siebie sposób wpływa na rozkład i częstość występowania poszczególnych odczuć ciepła. Natomiast z analizy zróżnicowania częstości odczuć ciepłych między poszczególnymi osiedlami i ich punktami zewnętrznymi wynika, że najmniejsze deformacje w strukturze odczuć wywołuje luźna, otwarta, mieszana pod względem wysokości i z małym udziałem niskiej zieleni zabudowa Służewa nad Dolinką.

Wysokie luźne, lecz zamknięte Stawki mimo podobnego charakteru roślinności redukcją odczucia przegrzania i prowadzą do zwiększenia udziału „komfortu ciepłego” w stosunku do terenu niezabudowanego. Natomiast różne układy zabudowy Sadów Żoliborskich, charakteryzujące się obecnością gęstej zieleni wywołują przyrost odczuć „ciepła” i nieco mniejszy „gorąca”, a spadek „komfortu” w porównaniu z miejskim terenem otwartym. Ponadto na ich przykładzie można wykazać, że im bardziej zamknięty (z powodu ustawienia budynków i roślinności) jest układ osiedla tym większy jest udział stanów przegrzania w ogólnej strukturze cieplnej (różnica w stosunku do luźnego, otwartego, wieżowcowego osiedla z rozrzuconą wysoką zielenią sięga nawet 10%). Jest to dobry przykład w jakim stopniu roślinność i zabudowa mogą wpływać na siebie wzajemnie.

Z analizy krótkookresowej zmienności ochładzania katatermometrycznego wynika, że każdy układ osiedlowy osłabia wahania tego wskaźnika w ciągu dnia w porównaniu z terenem otwartym. Największą zmiennością odznaczała się sytuacja bioklimatyczna na terenie wysokiej, luźnej struktury Stawek. Luźny, otwarty, o przewadze wysokiej zabudowy Służew nad Dolinką miał w ciągu dnia najbardziej stabilną sytuację bioklimatyczną, natomiast luźna, otwarta, średniowysoka i wysoka zabudowa Sadów Żoliborskich miała pośrednią zmienność ochładzania cięższą bardziej w kierunku Stawek. Mimo, że różnice w przebiegu ochładzania w różnych typach osiedli nie są duże, a zmienność waha się od $1,0\text{-}1,5 \text{ mcal/cm}^2 \cdot \text{s}$ na godzinę, to można jednak zauważyć, że gęsta, mieszana zieleń wkomponowana w zabudowę nie przyczynia się swą obecnością do stabilizacji i wyrównywania wahań warunków odczuwalnych w krótkich okresach czasu, co widać zwłaszcza w odniesieniu do osiedli słabo zazielenionych. Oczywiście może być za to odpowiedzialny w dużym stopniu i sam układ zabudowy, ale w Sadach Żoliborskich badano różne, pod względem struktury tego czynnika osiedla i we wszystkich zmienność była zbliżona.

Ciekawie przedstawia się sytuacja bioklimatyczna w różnych sytuacjach pogodowych. Na tle pozostałych osiedli zazielenione Sady Żoliborskie wykazują wyraźniejsze ukierunkowanie przebiegu ochładzania zwłaszcza w godzinach rannych i przedwieczornych przy pogodzie cieplej, prawie bezwietrznej niż pozostałe dwa osiedla. W dniu pochmurnym widoczne jest natomiast mniejsze zróżnicowanie ochłodzenia (z powodu mniejszej przewodności tego osiedla) w poszczególnych porach dnia niż na Stawkach, czy Służewie. Również zakres zmienności ochładzania w poszczególnych seriach pomiarowych był w Sadach Żoliborskich bardziej wyrównany w dniu pogodnym i pochmurnym niż w pozostałych dwu osiedlach.

Jak więc wynika z analizy materiałów pomiarowych pochodzących z trzech warszawskich osiedli, zieleni osiedlowa w okresie lata nie zawsze modyfikuje klimat i bioklimat lokalny w kierunku pożądanym przez ludzi. Ponadto należy pamiętać, że warunki klimatyczne kształtują się pod wpływem wielu czynników, których efekty często nie dają się oddzielić. W niniejszej pracy w takim związku pozostawały, zabudowa i roślinność. Z szacunkowych zestawień wpływu obu tych czynników, rola zieleni osiedlowych, nawet tam gdzie przeważa ona w strukturze zagospodarowania terenu, wydaje się być mniejsza niż klimatotwórcze działanie zabudowy i powierzchni sztucznych. Ponadto wpływ zieleni podlega nieustannym zmianom wywołanym choćby przez rozwój już istniejącej szaty roślinnej.

W założeniach niniejsza praca miała na celu zbadanie i przedstawienie sytuacji mikro- i bioklimatycznej tych osiedli (ponieważ takie prace już istnieją), a wręcz przeciwnie jej celem było zbadanie wpływu tylko jednego czynnika klimatycznego w obrębie zabudowy – jakim jest roślinność. Być może wnioski uzyskane w toku tych badań staną się przyczynkiem olanych to dokładniejszego (opartego na szerszych i bogatszych) opracowania poświęconego zieleni miejskiej.

Z powyższych analiz wynika, że charakter pogody bardzo wyraźnie wpływa zarówno na przebieg, zakres wahań, jak i wartości ochładzania katatermometrycznego, które jest jednym ze wskaźników warunków odczuwalnych.

Wśród szeregu elementów meteorologicznych, kształtujących pogodę największy wpływ na sytuację bioklimatyczną ma prędkość wiatru. Zmiany prędkości wiatru zachodzące w krótkim okresie czasu, jak wykazały obserwacje, niezależnie od typu pogody we wszystkich osiedlach, odzwierciedlają się w przebiegu i zmienności ochładzania katatermometrycznego. Nawet niewielkie sięgające 1-2 m/s prędkości wiatru mocą przy wyraźnej tendencji temperatury, np. przy intensywnym porannym wzroście, czy wieczornym jej spadku wyeliminować jej wpływ na przebieg ochładzania, a nawet doprowadzić do wyraźnego wiatrowego ukierunkowania tego wskaźnika (np. Stawki 5 VII, 17 VII 1982 r., Służew nad Dolinką 27 VII 1983 r.). Inną prawidłowością obserwowaną we wszystkich osiedlach jest to, że bezchmurna pogoda z temperaturą w granicach 20-30°C w ciągu dnia sprzyja, przy dużym zróżnicowaniu termicznym osiedli i otaczających je obszarów otwartych, niwelowaniu różnic bioklimatycznych tych terenów.

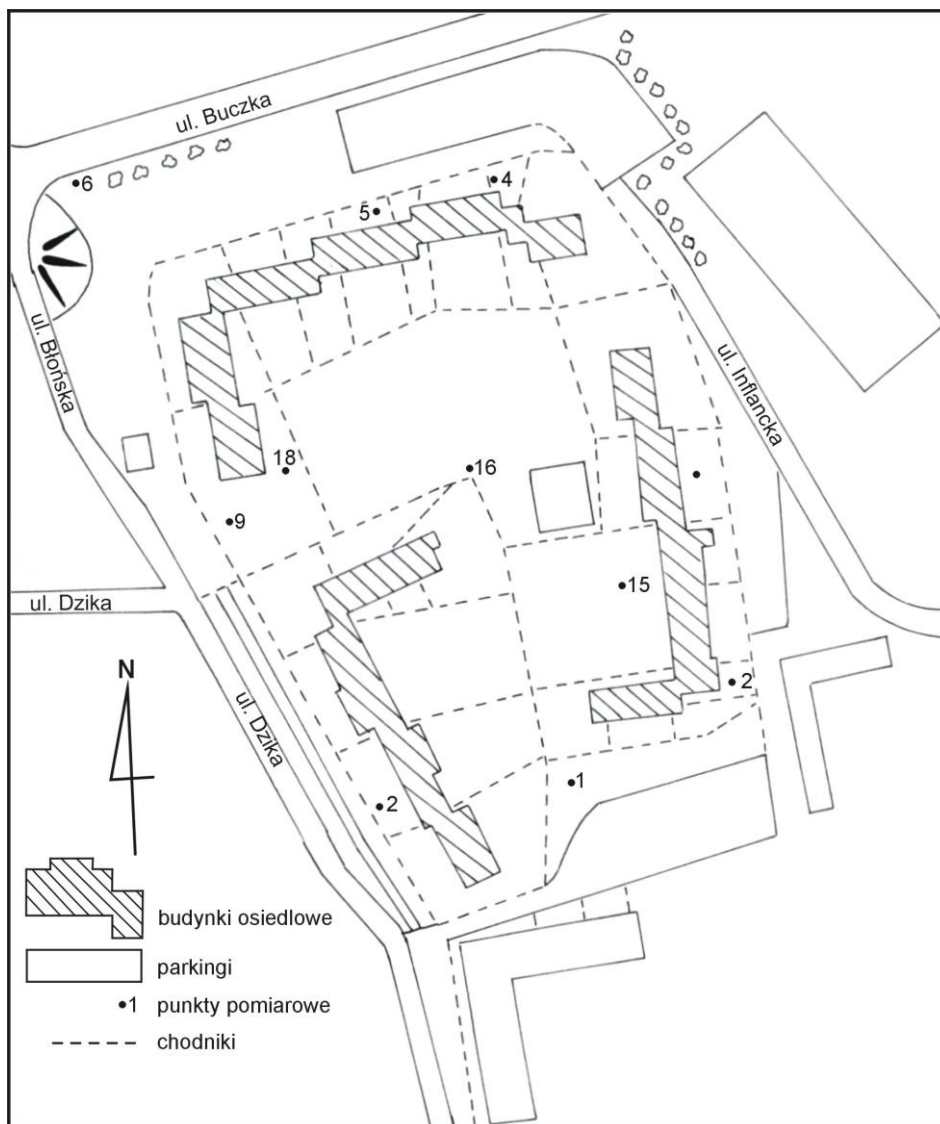
Wzrost zachmurzenia i wietrzności, przy temperaturach poniżej 20°C, zdecydowanie pogłębia zróżnicowanie ochładzania osiedle - punkt zewnętrzny, które między innymi w tym typie pogody może objawiać się odmiennymi odczuciami ciepłymi tych obszarów, na co zwracano uwagę przy analizie poszczególnych serii pomiarowych takiego dnia.

Z tabeli przedstawiającej zmienności wybranych elementów meteorologicznych i ochładzania katatermometrycznego wynika, że osiedle Sady Żoliborskie ma w dniu pogodnym i ciepłym zblizoną zmienność ochładzania jak podczas dnia chłodnego i wietrznego, natomiast Stawki i Służew wykazują większe różnice tego parametru między obydwoma typami pogody, gdyż mają zniwelowany zakres zmian i przebieg ochładzania w dniu pogodnym i bardzo zróżnicowany, o szerokim zakresie wahań przy pogodzie chłodnej i wietrznej. Przyczyną tego zróżnicowania między osiedlami jest charakter ich przewietrzania, za który jak się wydaje odpowiedzialny jest układ zabudowy (jego otwartość i wysokość), a z drugiej strony zagospodarowanie terenów wokół budynków, a zwłaszcza obecność zieleni osiedlowej – traktowanej jako przeszkoda dla ruchu powietrza. Obecność mieszanej zieleni w Sadach Żoliborskich przyczynia się do osłabienia prędkości wiatru w sytuacjach, gdy w pozostałych osiedlach ruch powietrza jest szczególnie zmienny, a prędkości wysokie.

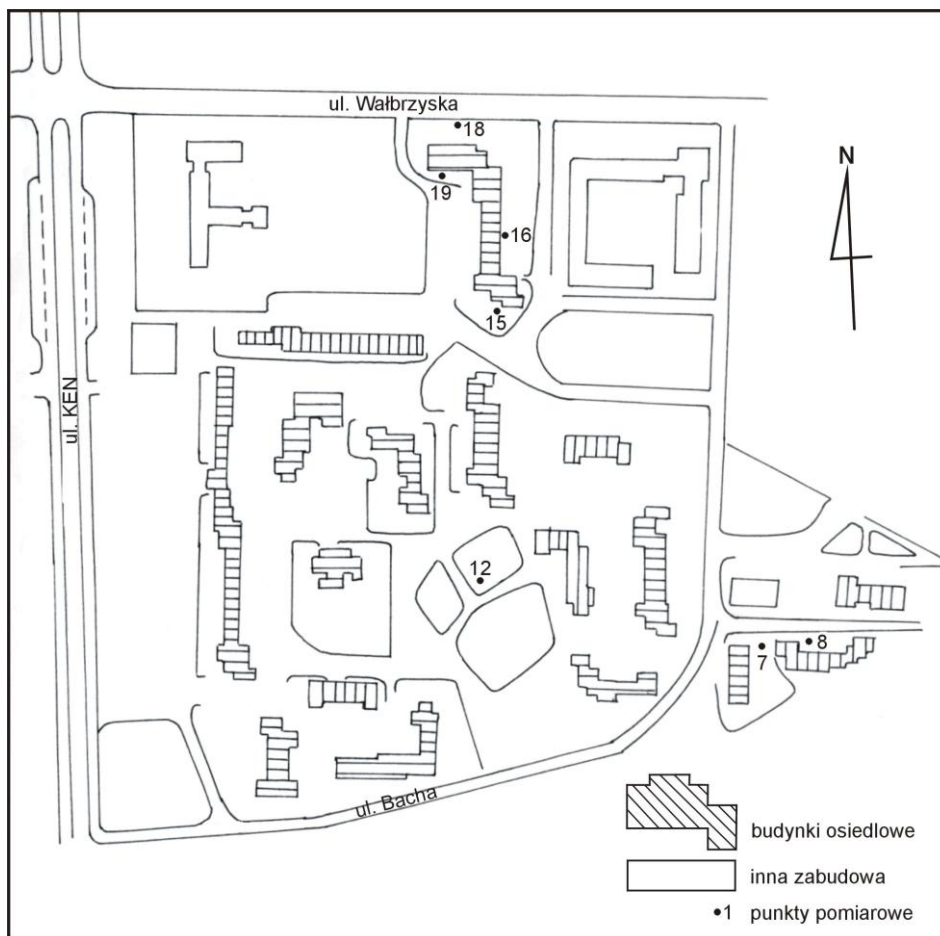
Ponadto Sady Żoliborskie wykazują zwłaszcza w okresie porannych i wieczornych serii z pogodą ciepłą wyraźniejsze niż w innych osiedlach ukierunkowanie przebiegu ochładzania. Objawia się to w porannym spadku i wieczornym wzroście ochładzania. Taką tendencję można obserwować również na punktach zewnętrznych Stawek i Służewa, natomiast w samych osiedlach nie jest ona widoczna. Przyczyn tego zjawiska można by upatrywać w charakterze zagospodarowania poszczególnych obszarów osiedlowych i poza osiedlowych.

Obecność dużych powierzchni naturalnych (roślinności) zarówno w Sadach Żoliborskich jak i punktach zewnętrznych wszystkich osiedli przyspiesza procesy nagrzewania i wychładzania i to może być siłą sprawczą tych dłuższych jednokierunkowych zmian ochładzania katatermometrycznego. Nie obserwuje się tego procesu przy pogodzie pochmurnej z większą zmiennością wiatru, czy w godzinach popołudniowych, kiedy temperatura powietrza stabilizuje się w związku z ustaniem procesów nagrzewania powierzchni terenu, zatem duży wpływ na to zjawisko musi mieć zmienność temperatury i towarzyszący jej słaby wiatr. Można zatem stwierdzić, że podczas pogody radiacyjnej (małe prędkości wiatru i niewielkie zachmurzenie), dominującą rolę w kształtowaniu warunków odczuwalnych ma czynnik termiczny.

Poza tymi zasadniczymi różnicami wszystkie osiedla niezależnie od fizjograficznych różnic między nimi, reagują w zbliżonych warunkach termiczno-wiatrowych podobnie, i ani zabudowa, ani zagospodarowanie terenu w widoczny sposób nie modyfikują w specyficzny dla siebie sposób sytuacji bioklimatycznej.



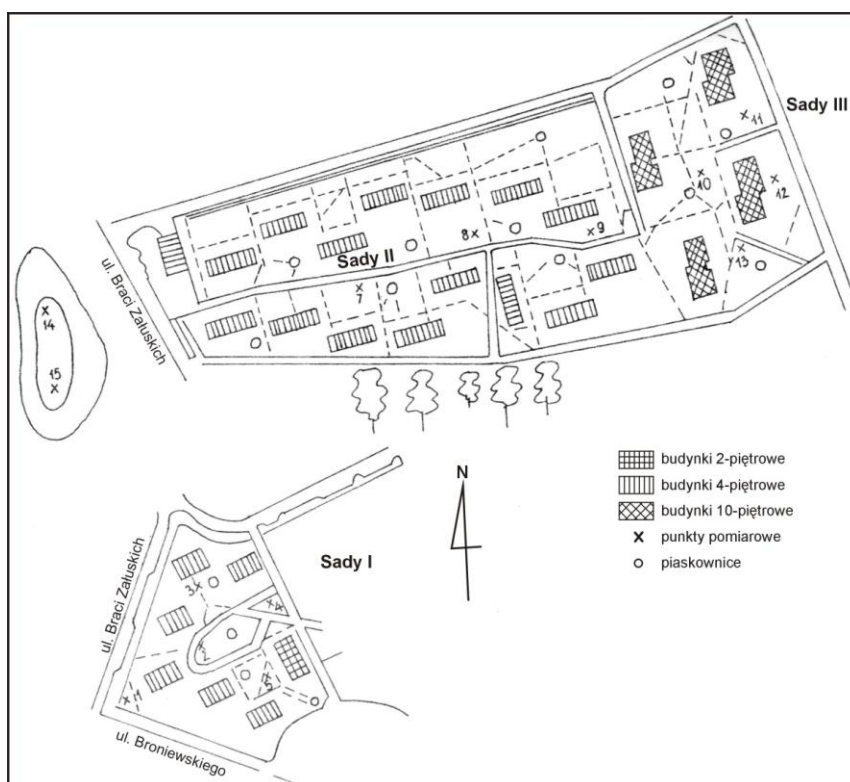
Rysunek 1. Plan osiedla mieszkaniowego Stawki



Rysunek 2. Plan osiedla mieszkaniowego Służew nad Dolinką

Tabela 1. Częstość warunków odczucia ciepła w osiedlach: Stawki (lipiec 1982), Służew nad Dolinką (czerwiec-lipiec 1983), Sady Żoliborskie (lipiec 1986)

Stan odczuć	Stawki			Służew nad Dolinką		Sady Żoliborskie			
	Punkt zewnętrzny	Wnętrze osiedla	Obrzeże osiedla	Punkt zewnętrzny	Osiedle	Punkt zewnętrzny	Sady I	Sady II	Sady IV
Gorąco	17	9	10	3	6	27	41	26	43
Ciepło	59	58	60	61	58	47	48	53	43
Komfort	22	17	22	14	21	24	10	18	12
Przyjemny chłód	2	12	7	20	12	2	1	2	2
Chłód	–	4	1	2	3	–	–	0,2	–
Zimno	–	–	–	–	0,1	–	–	–	–



Rysunek 3. Plan osiedla mieszkaniowego Sady Żoliborskie

Tabela 2. Zmienność temperatury (T), prędkości wiatru (v) i ochładzania katatermometrycznego (H) w osiedlach: Stawki, Służew nad Dolinką, Sady Żoliborskie w 3. seriach pomiarowych

	Dzień pogodny				Dzień pochmurny		
	Stawki	Służew nad dolinką	Sady Żoliborskie		Stawki	Służew nad dolinką	Sady Żoliborskie
T [°C]	22-29 7,0	19-26 7,0	21-28 7,0	Seria poranna	12-16 4,0	11-16 5,0	12-18 6,0
v [m/s]	1-2	0,5-1,5	~1,0		2,0-3,5	2,0-3,5	1,0-2,0
H [mcal/c ² ·s]	8-5 3,0	6-7,5 1,5	7-4 3,0		18,5-15 3,4	22,4-15,7 6,7	9-12 3,0
T [°C]	28-29 1,0	25-27 2,0	26-28 2,0	Seria popołudniowa	18-21 3,0	21-18 3,0	18-20 2,0
v [m/s]	1,0-1,5	1,0-2,0	0,5-1,5		2,0-4,0	3,0-5,0	1,5-2,0
H [mcal/c ² ·s]	3-5 1,5	5-7,8 3,0	3-5 2,0		11-16,5 5,3	14-19 5,0	10-13 3,0
T [°C]	27-23 3,5	25-22 3,4	26-22,5 3,5	Seria wieczorna	17-15 2,0	17-16 1,0	19-17 2,0
v [m/s]	1,5-2,0	0,7-1,5	1,0-2,0		0,5-2,5	2,0-3,0	1,0-2,0
H [mcal/c ² ·s]	7-9 2,0	7-5,5 1,5	6-9 3,0		7-14 7,0	13,17 3,6	9-13 4,0

8.4. Osiedle STAWKI

8.4.1. Mikroklimat osiedla „Stawki” w Warszawie

Autor: Walentyna LEONIUK

Opiekun naukowy: Maria STOPA-BORYCZKA

Celem pracy jest określenie deformacji pól zmiennych meteorologicznych pod wpływem zabudowy (wysokiej, luźnej, blokowej) na przykładzie osiedla „Stawki” w Warszawie.

Cel ten osiągnięto przez wyznaczenie różnic: temperatury i wilgotności powietrza, prędkości wiatru, temperatury ekwiwalentnej i efektywnej oraz ochładzania katatermometrycznego między osiedlem a otoczeniem.

Punktami wyjścia w tego rodzaju badaniach były wartości średnie podstawowych elementów meteorologicznych obliczone dla poszczególnych terminów (7.00 – 11.00, 12.00 – 16.00, 17.00 – 21.00, co pół godziny) w lipcu 1982 r.

Terenem badań objęte było osiedle „Stawki” położone w lewobrzeżnej części Warszawy. Powierzchnia osiedla to około 7,3 ha, z czego 9,7% stanowi powierzchnia zabudowy (3 bloki i pawilon usługowo-handlowy), drogi, chodniki, place zabaw stanowią 64% a zieleń osiedlowa – 26,3% (głównie trawniki i roślinność krzewiasta i młode drzewka).

Utworzona na osiedlu sieć obserwacyjna obejmowała 18 punktów, z czego 17 znajdowało się w osiedlu a jeden – poza osiedlem. Wszystkie punkty zlokalizowane były na trawnikach, w różnej odległości od budynków i o różnej ekspozycji (wyjątek stanowił punkt 8 położony na placu zabaw o podłożu piaszczystym) (rys.1).

Przed przystąpieniem do zasadniczego tematu dokonano analizy zmian dziennych rozpatrywanych elementów i wskaźników biometeorologicznych (traktując je jako bryłę) na tle otoczenia.

Zmiany dzienne analizowanych elementów przypominają sinusoidy. Rzutują na to dzienne wahania w dopływie promieniowania słonecznego.

Najwyższa średnia temperatura powietrza przypadła na godziny popołudniowe (24,7°C o godz. 15.30), najniższa zaś na poranne (16,8°C o godz. 7.00).

Zmiany dzienne ciśnienia pary wodnej kształtowały się odwrotnie. Maksymalną wartość notowano w godzinach porannych (15,6 hPa o godz. 7.30, 8.00 i 10.00), natomiast minimalna po południu (14,6 hPa o godz. 16.00). Z kolei ekstremalne wartości wilgotności względnej powietrza wystąpiły o godz. 7.00 (80%) oraz o godz. 15.30 i 16.00 (48%).

Jeśli chodzi o prędkość wiatru to jest ona jedynym elementem meteorologicznym, którego najniższą wartość zanotowano w godzinach wieczornych (0,9 m/s o godz. 20.30), zaś najwyższą w godzinach popołudniowych (2,1 m/s o godz. 14.30).

Wartości poszczególnych elementów rzutowały na wartości wskaźników biometeorologicznych. Wobec tego zmiany dzienne temperatury ekwiwalentnej, efektywnej oraz ochładzania katatermometrycznego przypominają również sinusoidy.

Zarówno temperatura ekwiwalentna jak i efektywna wykazywały minimalne wartości rano (odpowiednio 39,9^oTe i 12,3^oTE o godz. 7.00), zaś maksymalne po południu (41,3^oTe o godz. 14.00 i 19,2^oTE o godz.15.30).

W przypadku ochładzania katatermometrycznego wartości malały od 11,6 mcal/cm²·s o godz. 7.00 do 7,3 mcal/cm²·s o godz. 20.30.

Średnia temperatura powietrza w osiedlu w ciągu dnia była niższa (nawet o 1,1°C o godz. 13.30), zaś w godzinach wieczornych i wczesnorannych wyższa niż w otoczeniu. Wiąże się to z mniejszym tempem nagrzewania się i wychładzania terenów zabudowanych. Natomiast wilgotność powietrza w ciągu dnia była znacznie wyższa w osiedlu w odniesieniu do otoczenia. Największe różnice wilgotności względnej notowano wieczorem (7% o godz. 17.00). Wtedy różnice ciśnienia pary wodnej między osiedlem i poza nim dochodziły do 1,5 hPa (godz. 18.30). Wynikało to prawdopodobnie z większej prędkości wiatru i parowania sztucznie zraszanych trawników.

Prędkość wiatru również wykazywała wyższe wartości w stosunku do terenów poza osiedlowych (maksymalnie o 0,6 m/s o godz. 10.30, 14.30, 17.30).

Kierunek wiatru był zdeformowany w stosunku do dominującego. Różnice w wartościach poszczególnych elementów meteorologicznych między osiedlem a otoczeniem pociągnęły za sobą odmiennosć warunków odczuwalnych (rys. 2-3). Określane za pomocą trzech wskaźników wykazały, że wg temperatury ekwiwalentnej korzystniejsze warunki biometeorologiczne występowały w otoczeniu, ponieważ w osiedlu wartości T_e były (prawie cały dzień) wyższe. Największe różnice między osiedlem a otoczeniem wystąpiły w godzinach wieczornych. Dochodziły one nawet do 2,4°C (godz. 21.00).

Wartości temperatury efektywnej osiągały zaś, przez dłuższą część dnia, wyższe wartości na terenach poza osiedlowych (maksymalnie o 1,4°). Fakt ten pozwala stwierdzić, że wiatr przyczynił się do poprawienia warunków odczuwalnych w osiedlu, dzięki czemu były one tam bardziej korzystne.

Ochładzanie katatermometryczne wskazuje również na występowanie lepszych warunków biometeorologicznych w osiedlu. Wartości tego wskaźnika były wyższe na obszarze zabudowanym (maksymalnie o 2,1 mcal/cm²·s o godz. 10.30).

Należy jednak przypomnieć, że w badanym okresie w osiedlu „Stawki” i jego otoczeniu panowały głównie warunki przegrzania („ciepło” i „gorąco”), „komfort” natomiast odczuwano jedynie w godzinach wczesno rannych i późnowieczornych.

Analiza różnic ze średnich w poszczególnych punktach wykazała, że pola zmiennych meteorologicznych w osiedlu mogą być deformowane pod wpływem ekspozycji dosłonecznej i wiatrowej a także zależą od odległości od budynków. Dlatego też zasadniczy trzon pracy stanowią badania zróżnicowania warunków mikroklimatycznych w osiedlu w zależności od pory dnia.

We wszystkich przypadkach przebieg dzienny różnic jest podobny do opisanego dla całego osiedla. Wskazuje to na dominującą rolę insolacji w kształtowaniu pól zmiennych meteorologicznych. Pewne odrębności zmian dziennych wynikają z ekspozycji dosłonecznej, co najlepiej widać na przykładzie temperatury powietrza. Mimo zbliżonych przebiegów dziennych różnice między punktami o odmiennej ekspozycji mogą być znaczne.

Największym zróżnicowaniem termicznym wyróżniał się okres poranny, kiedy to ekspozycja dosłoneczna odgrywała dominującą rolę (rys. 4). Mniejsze różnice temperatury przypadały na pozostałe pory dnia, zwłaszcza na okres okołopołudniowy i popołudniowy ze względu na wzmożoną konwekcję od południowej strony budynków. Wyjątek pod tym względem stanowi północna strona osiedla, gdzie tempo nagrzewania się i wychładzania było najmniejsze.

Pole temperatury w osiedlu warunkuje zróżnicowanie wilgotności powietrza (rys. 5). Ponadto istnienie obszarów zacienionych i oświetlonych wywołuje mikro cyrkulację powietrza w osiedlu (rys. 6).

Zróżnicowanie warunków meteorologicznych w osiedlu w zależności od pory dnia przedstawia tabela 1.

Różnice wartości wskaźników biometeorologicznych umożliwiły wydzielenie na osiedlu „Stawki” obszarów o ekstremalnych warunkach odczuwalnych (rys. 7).

Według temperatury efektywnej zdecydowanie najlepsze warunki odczuwalne występowały w ciągu całego dnia po zewnętrznej stronie bloków o ekspozycji północnej (p. 5) oraz między blokami (p. 10). Występowały tam co prawda głównie stany przegrzania, ale wartości TE niewiele przekraczały granice „komfortu”. Natomiast obszary szczególnie niekorzystne dla organizmu człowieka położone były głównie w południowo-wschodniej części osiedla, z tym że zmieniały się one nieco w zależności od pory dnia. W serii porannej były to tereny o ekspozycji wschodniej (p. 3), południowo-wschodniej (p. 2) i południowej (p. 1), w godzinach południowych – tereny o ekspozycji południowo-wschodnie (p. 2) i południowej (p. 1) oraz obszar pozaosiedlowy (p. 6), zaś w serii wieczornej – o ekspozycji południowo-zachodniej (p. 12).

Podobne wyniki otrzymano w wyniku analizy ochładzania katatermometrycznego. Według tego wskaźnika wyodrębniono dodatkowo obszary wewnątrzosiedlowe (p. 14, 16, 18), jako szczególnie dogodne dla organizmu człowieka.

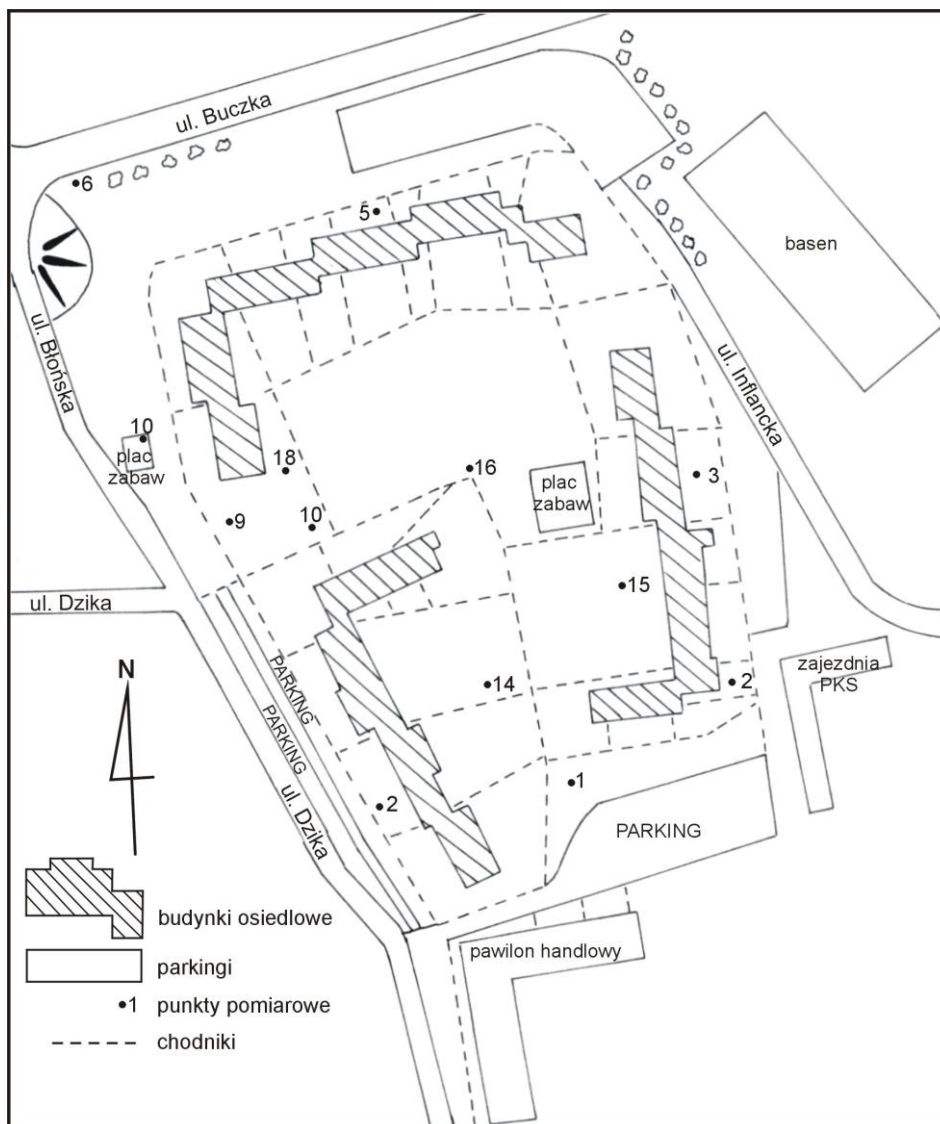
Zastosowanie temperatury ekwiwalentnej i efektywnej do oceny warunków odczuwalnych umożliwiło dokładniejsze prześledzenie roli wiatru w kształtowaniu odczuć cieplnych człowieka. Pozwoliło to także na określenie warunków przewietrzania poszczególnych fragmentów osiedla.

Poznane cechy charakterystyczne mikroklimatu osiedla „Stawki” – o zabudowie wysokiej, luźnej, blokowej – mogą być przydatne w prognozowaniu zmian klimatu w nowych tego typu osiedlach. Ponadto poznane zróżnicowanie warunków odczuwalnych w osiedlu pozwala na odpowiednie rozmieszczenie placów zabaw dla dzieci, miejsc rekreacji itp. Umożliwi to wskazanie najbardziej odpowiedniego miejsca – pod względem biometeorologicznym – w zależności od warunków pogodowych.

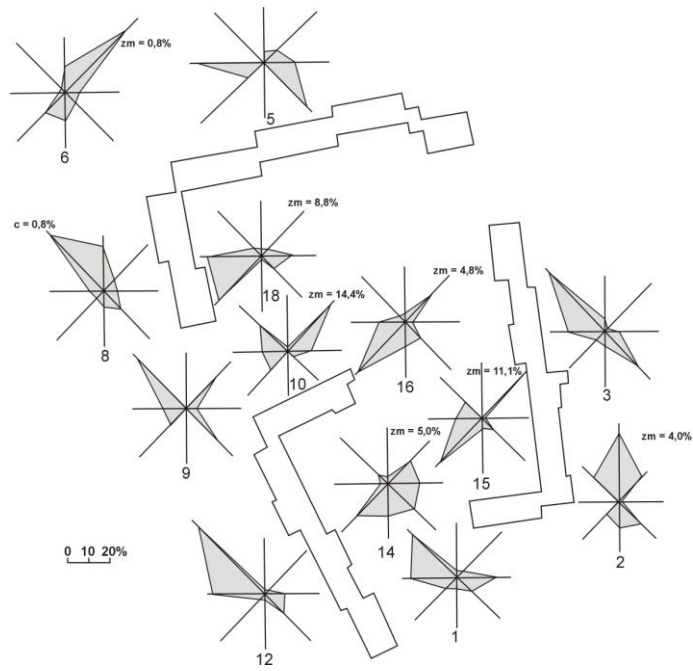
Skonstruowanie zaś pewnych modeli matematycznych określających zmiany klimatu lokalnego pod wpływem różnego typu zabudowy może ułatwić właściwe zagospodarowanie terenu, odpowiednie do jego warunków fizycznogeograficznych.

Tabela 1. Ekstremalne różnice zmiennych meteorologicznych w osiedlu Stawki – lipiec 1982

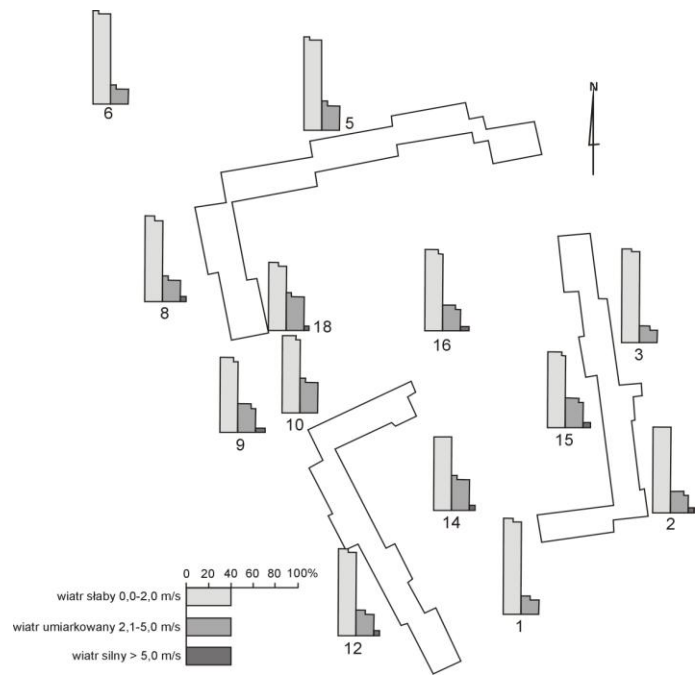
Seria pomiarowa Element meteorologiczny	Poranna		Popołudniowa		Wieczorna	
	Różnice w osiedlu	Godzina	Różnice w osiedlu	Godzina	Różnice w osiedlu	Godzina
Temperatura powietrza (°C)	min 0,9	7.00	1,2	12.00	0,9	19.30
	max 2,6	10.30	2,1	13.30	1,7	17.00
Ciśnienie pary wodnej (hPa)	min 0,7	7.00	0,9	14.00	0,8	19.30
	max 1,8	10.30	1,9	15.00	2,2	21.00
Wilgotność względna (%)	min 5	7.00	4	14.30	2	19.30
	max 10	9, 10.30	10	12.30	10	21.30
Prędkość wiatru (m/s)	min 0,8	10.00	0,7	16.00	0,7	19.30
	max 1,3	8.30	1,6	13.00	2,6	19.00



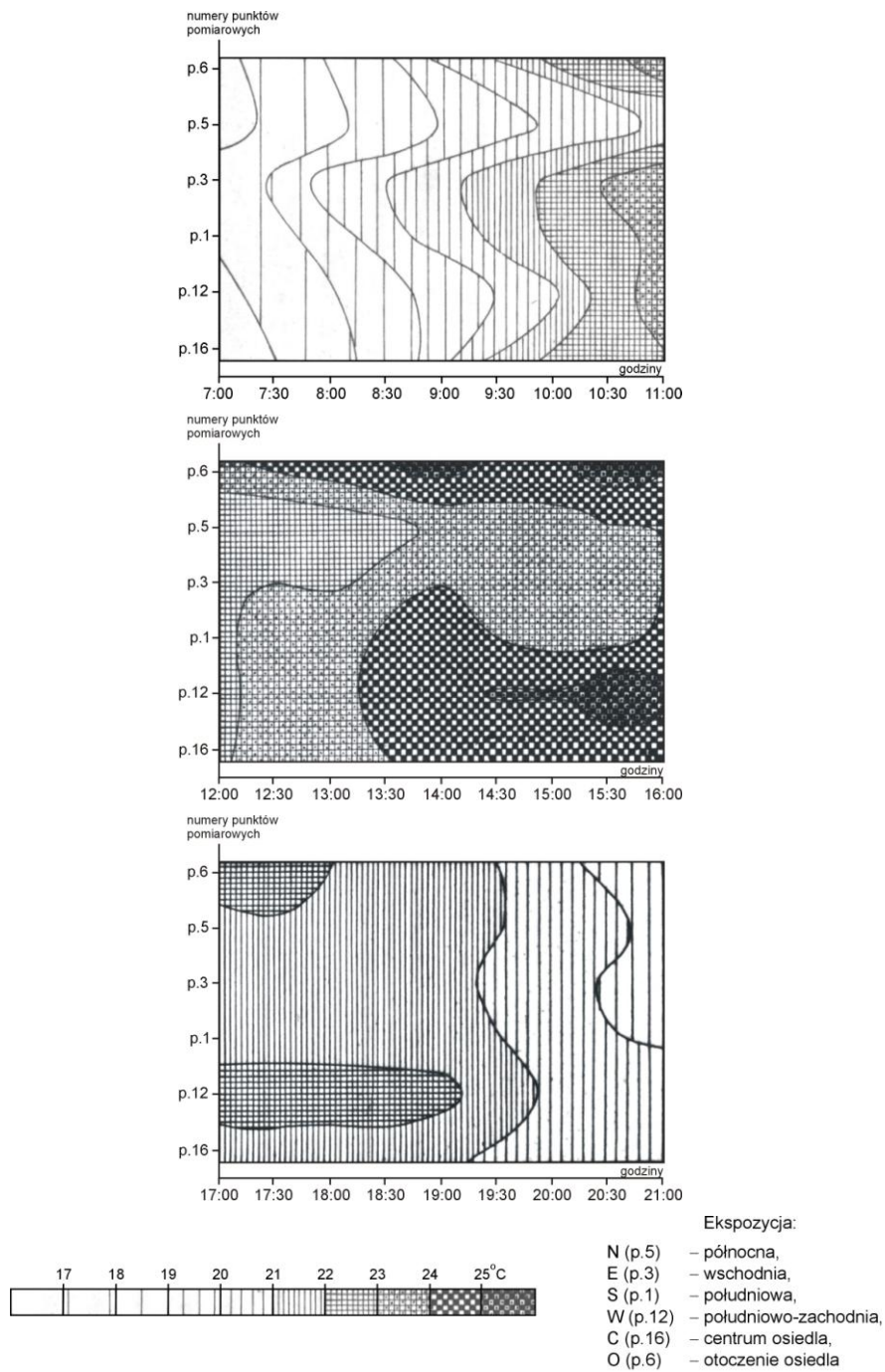
Rysunek 1. Plan osiedla mieszkaniowego Stawki



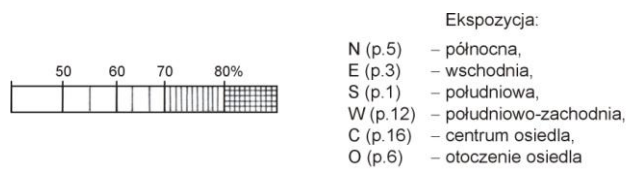
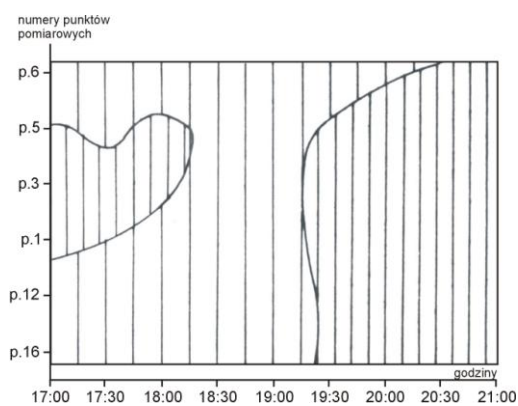
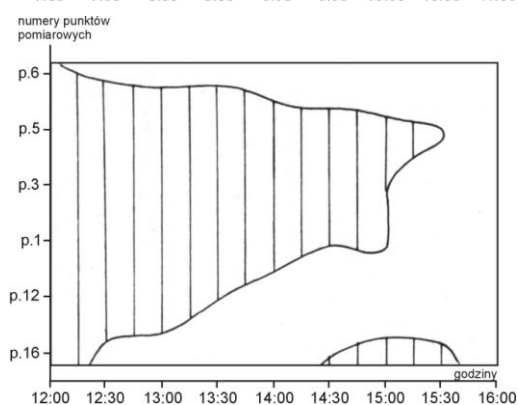
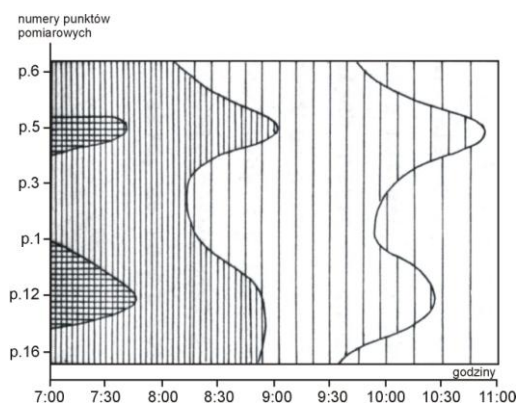
Rysunek 2. Częstość występowania różnych kierunków wiatru – lipiec 1982



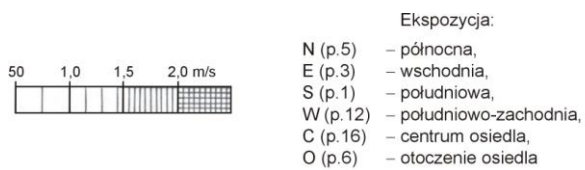
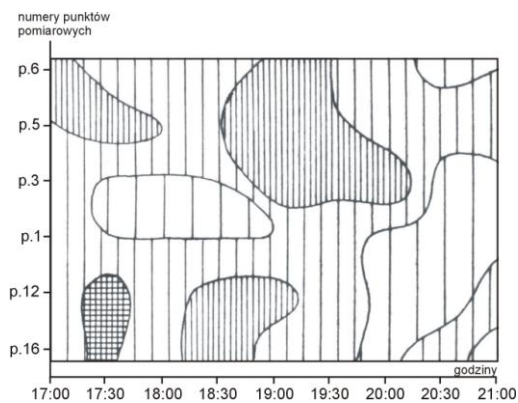
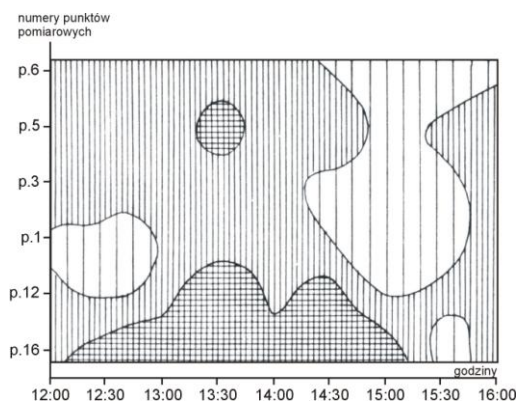
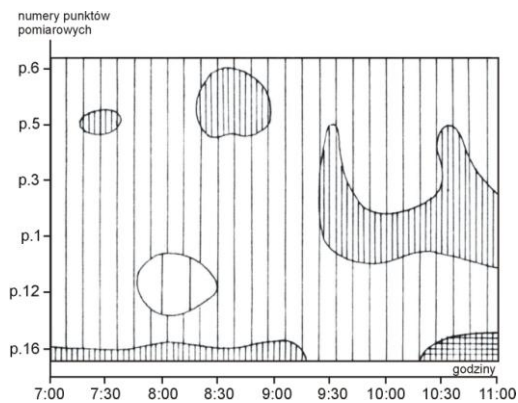
Rysunek 3. Częstość występowania określonych prędkości wiatru w ciągu dnia – lipiec 1982



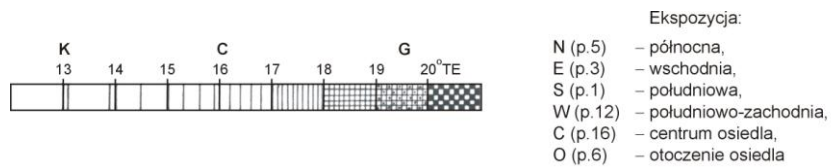
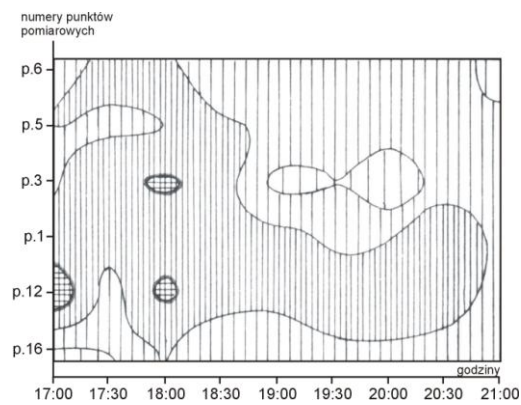
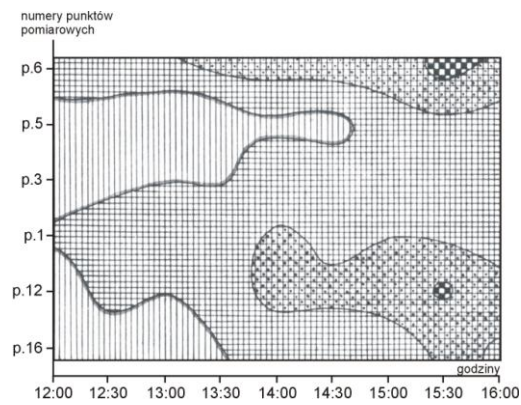
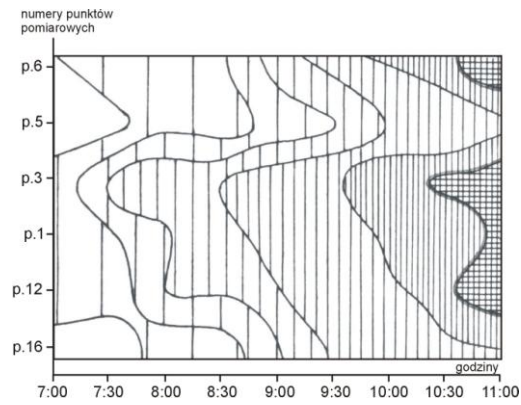
Rysunek 4. Rozkład temperatury powietrza w zależności od ekspozycji osiedla – lipiec 1982



Rysunek 5. Rozkład wilgotności względnej powietrza w zależności od ekspozycji osiedla – lipiec 1982



Rysunek 6. Rozkład prędkości wiatru w zależności od ekspozycji osiedla – lipiec 1982



Rysunek 7. Rozkład temperatury efektywnej w zależności od ekspozycji osiedla – lipiec 1982

8.5. Osiedle SZWOLEŻERÓW

8.5.1. Mikroklimat osiedla Szwoleżerów w Warszawie

Autor: Urszula SZCZĘŚNIAK

Opiekun naukowy: Urszula KOSSOWSKA-CEZAK

Celem pracy jest charakterystyka warunków mikroklimatycznych niewielkiego osiedla mieszkaniowego, jakim jest Osiedle Szwoleżerów w Warszawie.

Osiedle Szwoleżerów powstało na początku lat 70. XX wieku i usytuowane jest w dzielnicy Śródmieście, zajmując powierzchnię 4 ha, a zamieszkuje je około 1800 osób. Otoczenie osiedla stanowią w przeważającej części tereny zielone. Zabudowa jest średniowysoka (5-kondygnacyjna, 1 budynek – 7-kondygnacyjny). Tereny zabudowane stanowią 15,6%, tereny zieleni 57,3%, a tereny niezabudowane 30,7%. Zieleń osiedlowa jest urozmaicona, sporo jest drzew i krzewów. Od strony zachodniej przebiega ruchliwa arteria komunikacyjna – Wisłostrada (rys. 1).

Na obszarze osiedla zlokalizowano 14 stanowisk obserwacyjnych, a poza osiedlem punkt 15 – będący punktem odniesienia (rys. 2). Wykorzystano pomiary wykonane w dniach 22 – 26 czerwca 1981r. oraz od 27 lipca do 1 sierpnia 1981r. w trzech seriach: rannej od 7 do 11, południowej od 12 do 16 i wieczornej od 17 do 21, co pół godziny.

Zakres badań terenowych obejmował warunki termiczne, wilgotnościowe i wiatrowe kształtujące się pod wpływem zabudowy, rodzaju podłoża i stopnia pokrycia terenu zielenią.

Z uwagi na krótkie serie pomiarowe, wykonywane tylko w okresie letnim, wnioski odnosić się będą jedynie do tego sezonu. Częstość występowania poszczególnych typów pogody istotnie wpływa na warunki klimatyczne, tym bardziej w przypadku tak krótkiego okresu obserwacyjnego. Dlatego też istnieje możliwość pewnej przypadkowości wniosków.

Osiedle Szwoleżerów ma mały obszar, dlatego uzyskane wyniki na sieci 14 punktów pomiarowych i jednym poza nim są mało zróżnicowane. Przyczyniają się do tego dość podobne warunki środowiska, tzn. duże pokrycie roślinnością. Mimo małego zróżnicowania, niejednokrotnie udało się uchwycić pewne zależności pomiędzy przebiegiem czasowym i zróżnicowaniem przestrzennym badanego elementu klimatu a strukturą osiedla i typem pogody.

Pogoda bezchmurna i bezwietrzna istotnie wpływa na większe zróżnicowanie warunków klimatycznych w osiedlu i uwidacznia oddziaływanie nawet najmniejszych lokalnych cech rzeźby terenu i struktury zagospodarowania osiedla (ustawienie budynków, tereny zieleni). Z kolei pogoda pochmurna zmniejsza zróżnicowanie wewnątrz osiedla. Zmiany warunków pogodowych obejmują między innymi kierunki i prędkości wiatru, od których również zależy zróżnicowanie warunków klimatycznych w osiedlu i jego otoczeniu. Przy występujących wiatrach, które wpływają istotnie na przewietrzanie osiedla, różnice klimatyczne w osiedlu zmniejszają się.

Wyniki pomiarów opracowanych tu elementów meteorologicznych świadczą o ich zależności od bezpośredniego promieniowania słonecznego. Wyraża się to w narastaniu kontrastów termicznych, wilgotnościowych a także wiatrowych w miarę zbliżania się południa i ich zmniejszeniem do momentu zachodu słońca (tab. 1).

W ciągu dnia na terenie osiedla Szwoleżerów było cieplej niż w terenie otwartym. Po-

nieważ osiedle stanowi mozaikę miejsc odsłoniętych, zacienionych, dobrze lub mniej przewietrzanych występuje zróżnicowanie między różnymi częściami osiedla zarówno w rozkładzie przestrzennym – poziomym, jak i pionowym. Największe różnice temperatury między punktami w osiedlu wystąpiły w porze południowej. Stwierdzono, iż najwyższą temperaturą odznaczały się miejsca o dobrej ekspozycji dosłonecznej, np. otwarte trawniki nawet o 2,5°C, najniższą zaś miejsca zacienione. Nad otwartymi trawnikami wystąpiły także największe zmiany pionowych gradientów temperatury tzn. spadek lub wzrost z wysokością.

Pod osłoną drzew zmiany z wysokością są znacznie mniejsze, a przebieg dzienny stratyfikacji złagodzony, co skłania do twierdzenia, iż pokrycie podłoża i charakter otoczenia (typ roślinności) wpływają znacznie na rozkład pionowy temperatury w przygrunтовой warstwie powietrza. W porze rannej w punktach o ekspozycji zachodniej było chłodniej do 1°C, zaś w punktach dosłonecznych o ekspozycji wschodniej było cieplej do 1°C. Wieczorem w osiedlu było chłodniej niż na punkcie zewnętrznym o ponad 2°C.

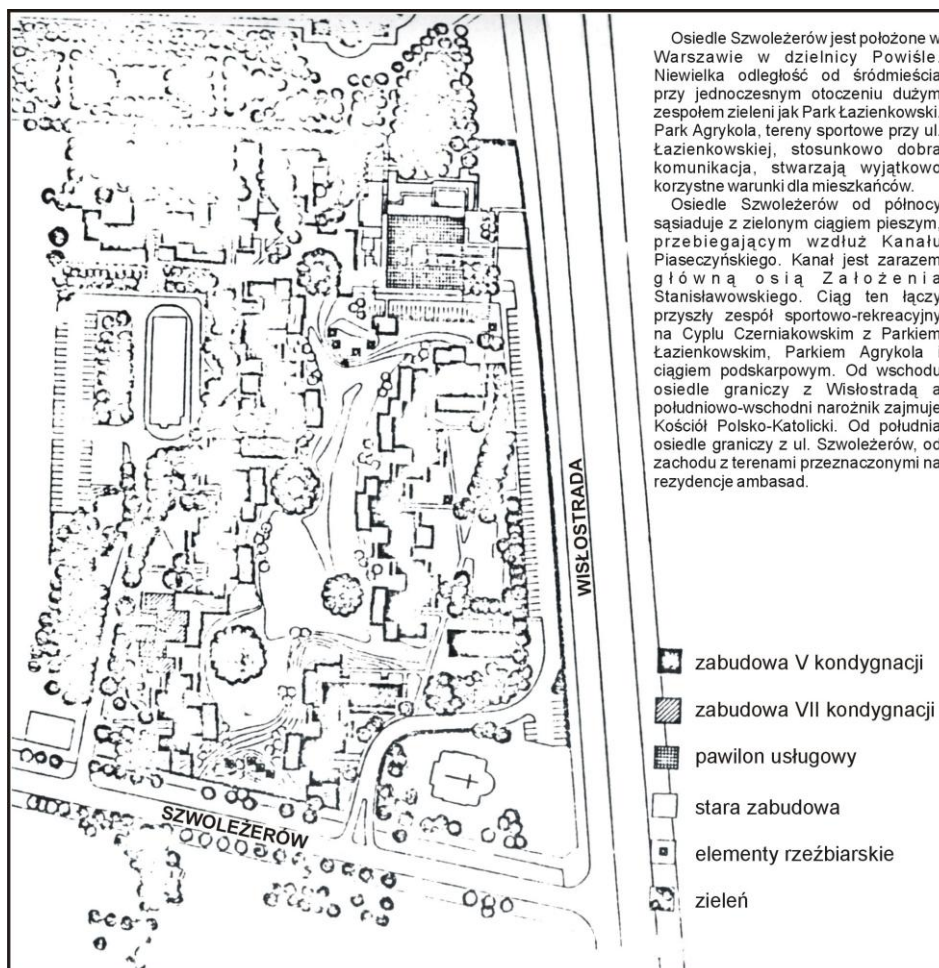
Temperatura powietrza wpływa także na zróżnicowanie w rozkładzie przestrzennym i stratyfikację ciśnienia pary wodnej. Najwyższe jej wartości wystąpiły w miejscach stanowiących źródło pary wodnej, tzn. nad trawnikami, zwłaszcza w miejscach niezacienionych, najniższe zaś w miejscach zacienionych, np. w otoczeniu zwartej zieleni wysokiej. Największe (do 3 hPa) zróżnicowanie w rozkładzie przestrzennym i stratyfikacji ciśnienia pary wodnej na osiedlu stwierdzono w okresie występowania najwyższych wartości temperatury, tzn. w godzinach okołopołudniowych. Pionowy rozkład ciśnienia pary wodnej charakteryzuje występowanie wyższych wartości na wysokości 0,25 m nad powierzchnią gruntu, tzn. spadek wraz z wysokością.

Rozkład wilgotności względnej również zależy od temperatury powietrza: najwyższe wartości występują w miejscach cienistych i chłodnych, najniższe na nasłonecznionych i dobrze przewietrzanych. W ciągu dnia cały teren osiedla ma wyższą wilgotność względną o kilka a nawet kilkanaście %, co jest wywołane obecnością dużej ilości zieleni. Podobnie jak w przypadku ciśnienia pary wodnej, większa wilgotność względna występowała na wysokości 0,25m nad powierzchnią gruntu i spadała wraz z wysokością.

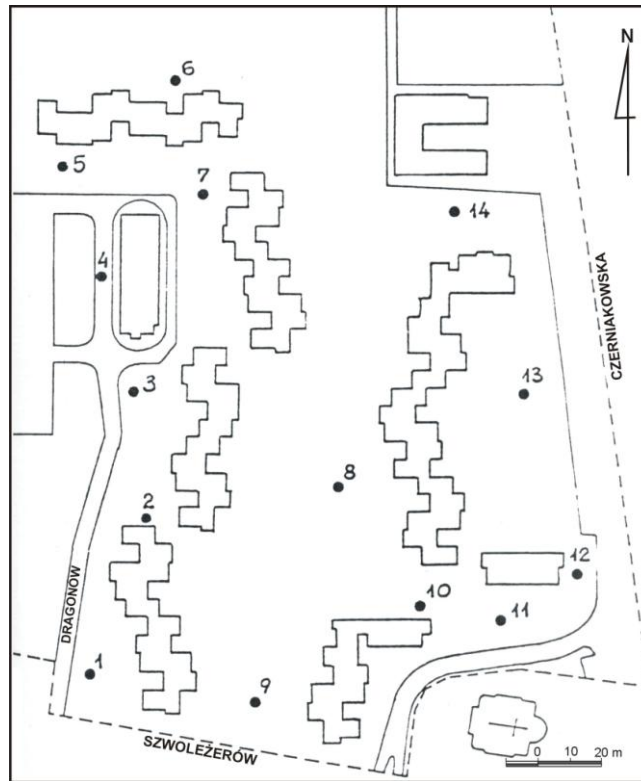
Kierunki i prędkości wiatru obserwowane w osiedlu (rys. 3-4) różniły się od występujących na terenie otwartym i są wynikiem wielokrotnych odbić i odkształceń spowodowanych usytuowaniem budynków i obecnością zieleni (drzew, krzewów, trawników). Najwyższe prędkości wiatru i najmniej zakłócone kierunki wystąpiły na terenie otwartym na zewnątrz osiedla. Różnice w prędkości wynosiły w godzinach rannych maksymalnie do 1 m/s, w południe występował wzrost zróżnicowania do 1,5 m/s, a wieczorem prędkości wyraźnie zmniejszały się. Najmniejsze prędkości i zniekształcone kierunki wystąpiły w przejściach między budynkami i bezpośrednim otoczeniu zieleni. Dominowały wiatry zachodnie i północno-wschodnie oraz północno-zachodnie, silnie uzależnione od przestrzennej struktury zabudowy. Rozkład pionowy prędkości wiatru charakteryzował się występowaniem mniejszych prędkości na poziomie 0,25 m nad powierzchnią gruntu, co związane jest z wpływem szorstkości podłoża.

Tabela 1. Zróżnicowanie warunków meteorologicznych w osiedlu Szwoleżerów w zależności od pory dnia

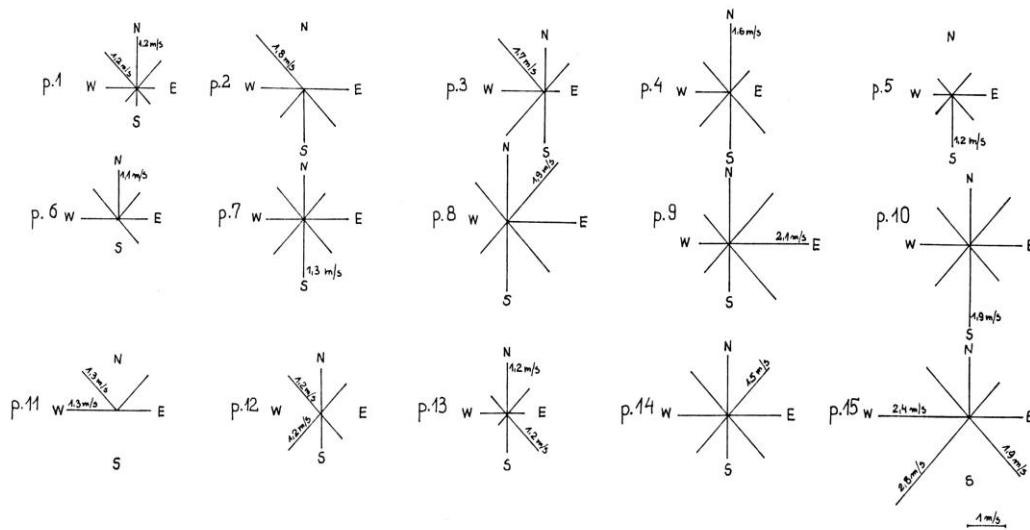
Seria pomiarowa Element meteorologiczny	Wartości średnie		
	Poranna	Popołudniowa	Wieczorna
Temperatura powietrza (°C)	min 17,4 max 18,5	18,5 20,0	16,4 18,0
Ciśnienie pary wodnej (hPa)	min 14,4 max 17,4	12,3 15,3	12,3 14,7
Wilgotność względna (%)	min 71 max 82	56 67	62 75
Prędkość wiatru (m/s)	min 0,3 max 1,2	0,6 1,9	0,5 1,5



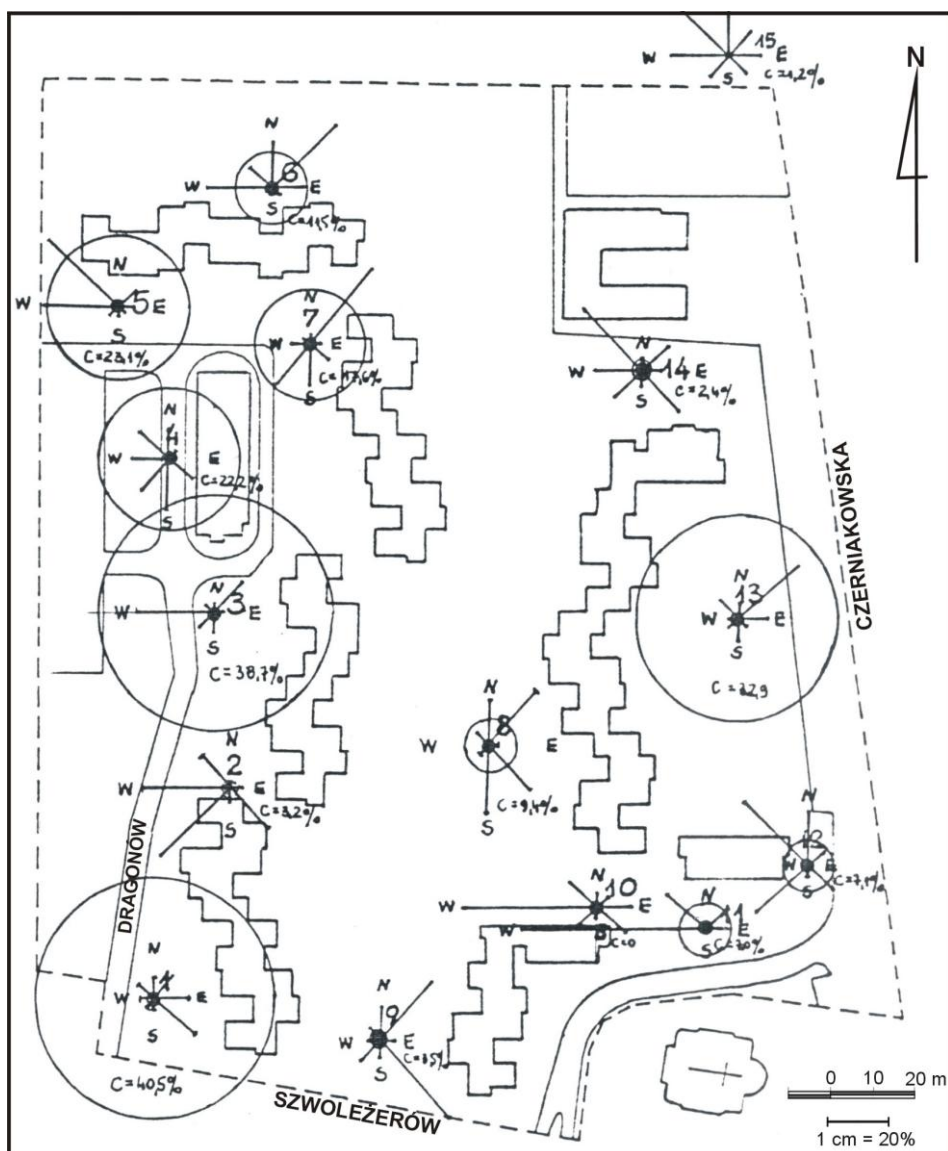
Rysunek 1. Struktura przestrzenna osiedla Szwoleżerów



Rysunek 2. Rozmieszczenie stanowisk pomiarowych na terenie osiedla Szwoleżerów



Rysunek 3. Kierunki i największe prędkości wiatru w poszczególnych punktach w osiedlu Szwoleżerów



Rysunek 4. Procentowy udział kierunków wiatru i cisz w poszczególnych punktach w osiedlu Szwoleżerów

8.6. Osiedle WYGLĘDÓW-OLIMPIJSKA

8.6.1. Warunki odczuwalne w osiedlach warszawskich Sady Żoliborskie i Olimpijska

Autor: Barbara GAWRYŚ

Opiekun naukowy: Maria KOPACZ-LEMBOWICZ

Celem pracy jest określenie zróżnicowania warunków odczuwalnych w warszawskich osiedlach: o zabudowie średniowysokiej – Sady Żoliborskie z przewagą budynków 2 i 4-piętrowych oraz kilkoma budynkami 10 piętrowymi, z dużym udziałem różnorodnej zieleni i luźnej zabudowy niskiej – jednorodzinnej – osiedle Wyględów-Olimpijska z dużym udziałem zieleni. Materiały źródłowe stanowiły wyniki pomiarów podstawowych elementów meteorologicznych z 15 stanowisk obserwacyjnych w osiedlu Sady Żoliborskie (w tym 2 punkty poza osiedlem) z okresu 2-23 lipca 1986 r. (rys. 1) oraz z 20 stanowisk (w tym 2 punkty poza osiedlem) w osiedlu Wyględów-Olimpijska z okresu 3-25 lipca 1984 r. i 2 -24 lipca 1985 r. (rys. 2).

Pomiary temperatury, wilgotności powietrza, kierunku i prędkości wiatru oraz katatermometryczne prowadzono z reguły od godziny 7 do 21, co pół godziny na dwóch poziomach 0,25m i 1,5 m. Na podstawie zebranego materiału obliczono wskaźniki bioklimatyczne: ochładzanie katatermometryczne (H) i temperaturę efektywną (TE).

Uzyskane wyniki badań pozwalają stwierdzić, iż każdy typ zabudowy miejskiej wywiera wpływ na klimat lokalny i warunki odczuwalne. W niniejszym opracowaniu przedstawiono poziome i pionowe zróżnicowanie warunków odczuwalnych w osiedlach o zabudowie średniowysokiej (Sady Żoliborskie) i niskiej (Olimpijska) – rys. 3-10, tab. 1.

Oba osiedla mimo różnic w zabudowie, mają wiele cech wspólnych. Charakteryzują się stosunkowo dużym udziałem zieleni, podobnymi wartościami i przebiegiem wilgotności względnej, temperatury powietrza oraz prędkości wiatru.

Temperatura powietrza, zarówno w osiedlu Olimpijska, jak i na Sadach Żoliborskich miała taki sam przebieg na obu badanych poziomach. W ciągu całego dnia osiedla były chłodniejsze od otoczenia (z wyjątkiem punktów najcieplejszych rano) i dopiero od około godz. 20.00 w osiedlu Olimpijska notowano wyższe wartości temperatury powietrza na punkcie zewnętrznym.

Prędkość wiatru była większa na punktach zewnętrznych niż w osiedlach. Na obu poziomach przyjmowała w otoczeniu osiedli adekwatne wartości. Wewnątrz osiedla większe prędkości wiatru na poziomie 0,25 m i na poziomie 1,5 m stwierdzono na Sadach Żoliborskich.

Wartości wymienionych wyżej składowych temperatury efektywnej wpłynęły na przebieg dzienny tego wskaźnika bioklimatycznego. Szczególnie uwidocznił się tu wpływ prędkości wiatru. Otóż na poziomie 1,5m temperatura efektywna była przez cały dzień wyższa w osiedlach niż w ich otoczeniu (odwrotnie niż temperatura powietrza).

Wczesnym ranem występuje małe zróżnicowanie TE między osiedlem i jego otoczeniem, a także między poszczególnymi punktami w osiedlu bez względu na rodzaj zabudowy.

Maksymalne przyrosty temperatury efektywnej (średnio w osiedlach o $2,5^{\circ}TE$) notowano rano do godziny 10.00.

W serii południowej przebieg TE jest odmienny w obu osiedlach. Na Sadach Żoliborskich występują wówczas największe różnice między punktami wewnątrzosiedlowymi i wy-

noszą $2,1^{\circ}\text{TE}$. W tym czasie na Olimpijskiej wiele punktów jest zacienionych, a temperatura efektywna przyjmuje podobne wartości wewnątrz osiedla i w jego otoczeniu. Poziome różnice wynoszą kilka dziesiątych stopnia TE. Maksymalną wartość TE $21,7^{\circ}$ na osiedlu Sady Żoliborskie zanotowano o godz. 14.00, a na osiedlu Olimpijska $18,7^{\circ}\text{TE}$ o godz. 15.30.

Wieczorny spadek TE jest wolniejszy niż jej wzrost rano. Wewnątrz osiedla Olimpijska w serii wieczornej spadek TE został zahamowany w godz. 17.00-19.00, ponieważ punkty osiedlowe znalazły się ponownie pod wpływem bezpośredniego działania promieni słonecznych.

Przebieg temperatury efektywnej na poziomie 0,25 m w osiedlu Olimpijska jest podobny jak na poziomie 1,5 m, to znaczy osiedle pozostaje cieplejsze od otoczenia (max TE $19,6^{\circ}$ o godz. 15.30.). Natomiast na osiedlu Sady Żoliborskie nawiązuje do przebiegu dziennego temperatury powietrza, co sprawia, iż otoczenie okazało się cieplejsze od osiedla (max TE o godz. 16.30.).

Normalna stratyfikacja składowych temperatury efektywnej sprawia, iż w terenie otwartym temperatura efektywna maleje ze wzrostem wysokości, co daje ujemny znak pionowych różnic TE. Taka sytuacja w ciągu całego dnia panowała w otoczeniu osiedli i dominowała w osiedlach.

Największe wartości pionowych różnic TE notowano na wszystkich badanych punktach w godzinach porannych i popołudniowych. W osiedlu Sady Żoliborskie wyraźniej wyższe różnice pionowe TE wystąpiły na punkcie zewnętrznym (o ok. 1°TE), podczas gdy na Olimpijskiej miały podobne wartości w osiedlu i jego otoczeniu. W serii wieczornej pionowe różnice TE przyjmują najmniejsze wartości (kilka dziesiątych stopnia TE), przy czym zaciera się zróżnicowanie między osiedlami i ich punktami odniesienia.

W osiedlu Olimpijska w przypadku pionowych różnic TE odrębność osiedla od otoczenia nie jest tak wyraźna, jak na Sadach. Na Olimpijskiej pionowe różnice TE były w ciągu całego dnia podobne na wszystkich punktach.

Wewnątrz osiedli pojawiały się w ciągu dnia dodatnie pionowe różnice TE, a ich przyczyną była mikrocyrkulacja lokalna. Wieczorem zaś, inwersja temperatury powietrza często powodowała zmianę znaku na dodatni. Dobra wentylacja niweluje pionowe różnice temperatury powietrza oraz temperatury efektywnej między poziomami.

W toku prowadzonych badań stwierdzono, iż zieleń w otoczeniu punktu „przesuwa” o około 2 godziny termin wystąpienia maksymalnej wartości temperatury efektywnej. Znaczny udział zieleni w otoczeniu wyhamowuje wzrost temperatury efektywnej, a także zmniejsza jej pionowe zróżnicowanie o $0,1^{\circ}\text{TE}$. Prawidłowość ta potwierdzona została dla różnych typów pogody.

Temperatura efektywna była w niniejszej pracy wykładnikiem przestrzennego zróżnicowania warunków odczuwalnych. Na osiedlach Olimpijska i Sady Żoliborskie więcej niekorzystnych stanów przegrzania notowano wewnątrz osiedli (o 4-12%). Maksymalne zróżnicowanie częstości występowania przegrzania między osiedlem Sady Żoliborskie i jego otoczeniem zaobserwowano rano i wieczorem, zaś w osiedlu Olimpijska w godzinach około południowych.

Zdecydowanie gorsze warunki odczuwalne ukształtowały się na poziomie 0,25 m. Ruch powietrza przy powierzchni gruntu jest najsłabszy, wobec czego, zasadniczego znaczenia nabiera nasłonecznienie punktu i temperatura powietrza. Niekorzystne warunki odczuć termicznych, w jakich przebywają latem bawiące się na powietrzu dzieci, każe zwrócić szczególną uwagę na lokalizację placów zabaw i piaskownic w takich miejscach, aby nie przeciążać nie w pełni rozwiniętego u dzieci układu termoregulacyjnego.

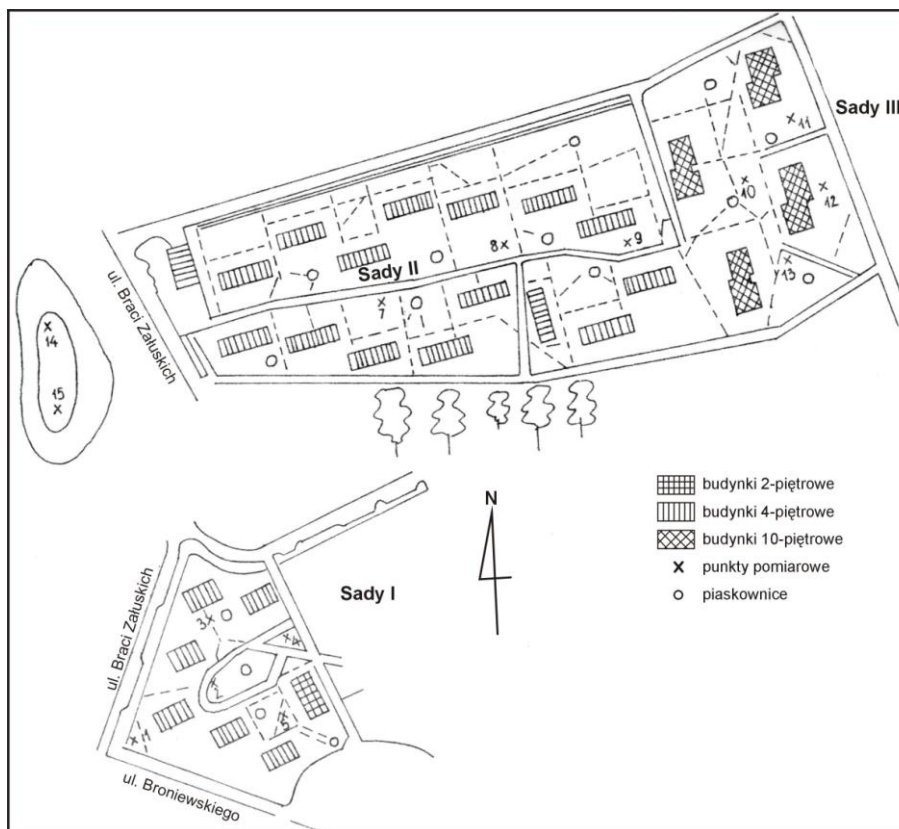
W obu osiedlach stwierdzono prawidłowości, które zapewniają w okresie letnim optymalne warunki odczuwalne. Są to:

- niezbyt długie nasłonecznienie punktu, a w przypadku poziomu 0,25 m jego całkowite zacielenie,
- ekspozycja wschodnia i zachodnia – co pozwala ograniczyć szczególnie do-
kuczliwy w godzinach popołudniowych stan hipertermii,
- dobre warunki przewietrzania, ale z wykluczeniem położenia na trasie tzw. „przeciągów”,
- obecność zieleni w bliskim sąsiedztwie.

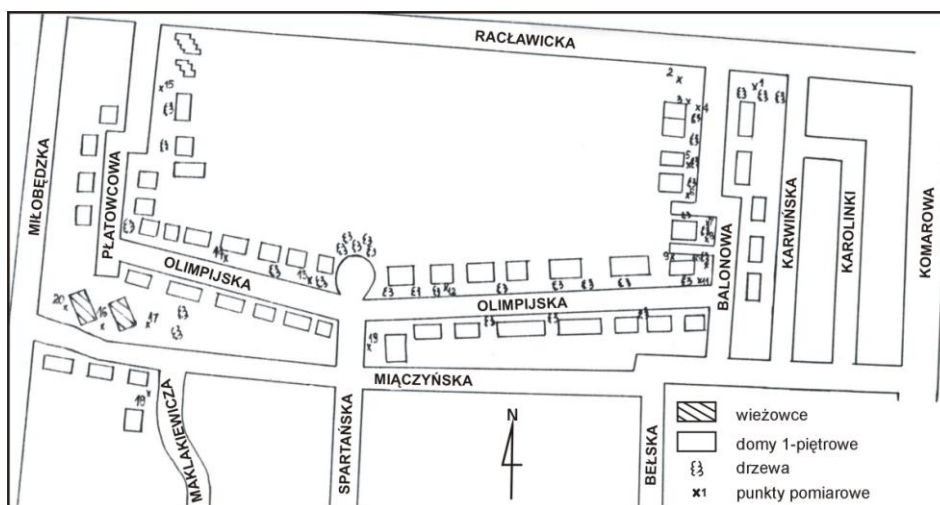
Podsumowując badania i opracowania dotyczące różnych typów zabudowy należy stwierdzić, iż w miarę wzrostu liczby kondygnacji wzrasta wpływ zabudowy na klimat. Zabudowa niska, rozproszona modyfikuje klimat minimalnie, zaś zabudowa średniowysoka (na osiedlu Sady Żoliborskie głównie 4-piętrowa) już wyraźnie oddziałuje na elementy meteorologiczne i warunki odczuwalne. Nasuwa się pytanie, czy zabudowa 2-3-kondygnacyjna nie stanowi granicy, poniżej której wpływ zabudowy na klimat jest mało istotny? Odpowiedź na to pytanie wymaga kontynuacji badań klimatu osiedli miejskich.

Tabela 1. Różnice pionowe średnich wartości temperatury efektywnej w osiedlu Sady Żoliborskie

Godz.	Punkty pomiarowe									
	1	2	3	4	5	7	8	9	15	
7.00	-0,5	-0,4	0,2	-0,8	-0,2	0,1	-0,1	-1,1	-1,2	
7.30	-0,8	-0,4	-0,5	-0,2	-0,1	0,0	-0,3	-0,1	-1,9	
8.00	-0,2	-0,7	-0,2	-0,6	-0,1	-0,3	-0,2	0,1	-0,8	
8.30	-1,1	0,0	0,4	-0,2	-0,3	-0,1	-0,9	-1,1	-1,3	
9.00	-0,5	0,0	-0,4	-0,7	-0,6	-0,2	-0,2	-0,5	-1,5	
9.30	-0,7	-0,7	-0,4	-0,8	-0,4	-0,1	-0,4	-0,2	-1,4	
10.00	-0,4	-1,2	-0,6	-1,2	-0,7	-0,4	-0,9	-0,7	-1,8	
10.30	-1,1	-1,0	-0,7	-0,7	-0,6	0,1	-0,9	-0,5	-1,9	
11.00	-1,3	-1,0	-0,4	-0,4	-0,5	-0,3	-0,8	-0,8	-1,6	
11.30	-1,3	-0,8	-0,4	-0,4	-0,5	-0,3	-0,8	-0,8	-1,6	
12.00	-0,6	-0,5	-1,0	-1,0	-0,6	0,5	-0,5	-0,7	-1,8	
12.30	-0,9	-0,6	-0,4	-0,5	-0,2	-0,4	0,7	-0,7	-1,8	
13.00	-0,8	-1,4	-0,1	-0,5	-0,8	-0,3	-0,8	-1,1	-1,9	
13.30	-0,8	-0,7	-0,4	-0,6	-0,3	-0,3	-0,5	-0,8	-1,1	
14.00	-0,1	-0,7	-0,1	-0,7	-0,6	-0,4	-0,5	-0,9	-1,5	
14.30	-0,8	-0,3	0,1	-0,9	-0,4	-0,1	-0,5	-1,0	-1,5	
15.00	-0,8	-0,2	-0,3	0,2	-0,4	-0,4	-0,2	-0,9	-1,6	
15.30	-0,9	0,0	-0,1	-0,4	-0,3	-0,3	-0,6	-0,4	-1,2	
16.00	-0,4	-0,4	-0,4	-0,9	-0,4	-0,1	-0,2	-0,7	-1,4	
16.30	-0,5	-0,2	-0,3	-1,1	-0,2	0,2	-0,4	-1,1	-1,0	
17.00	-0,5	-0,4	-0,1	-0,8	-0,4	0,0	-0,4	-0,6	-0,9	
17.30	-0,6	-0,5	0,2	-0,4	-0,3	-0,5	-0,4	-1,4	-0,9	
18.00	-0,4	-0,6	0,0	-0,3	-0,3	0,1	-0,4	-0,1	-0,8	
18.30	0,0	-0,6	-0,3	-0,5	-0,6	-0,1	0,1	-0,1	-0,8	
19.00	-0,6	-0,3	-0,1	-0,3	-1,2	-0,3	0,0	-0,2	-0,8	
19.30	0,0	-0,2	0,3	-0,3	-0,2	-0,2	0,4	-0,1	-0,9	
20.00	-0,3	0,0	-0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	-0,1	-0,1	
20.30	-0,6	0,0	0,4	-0,4	-0,1	0,3	0,0	-0,7	-0,7	
21.00	0,1	0,0	-0,3	0,2	-0,4	0,3	0,5	-0,2	-0,2	



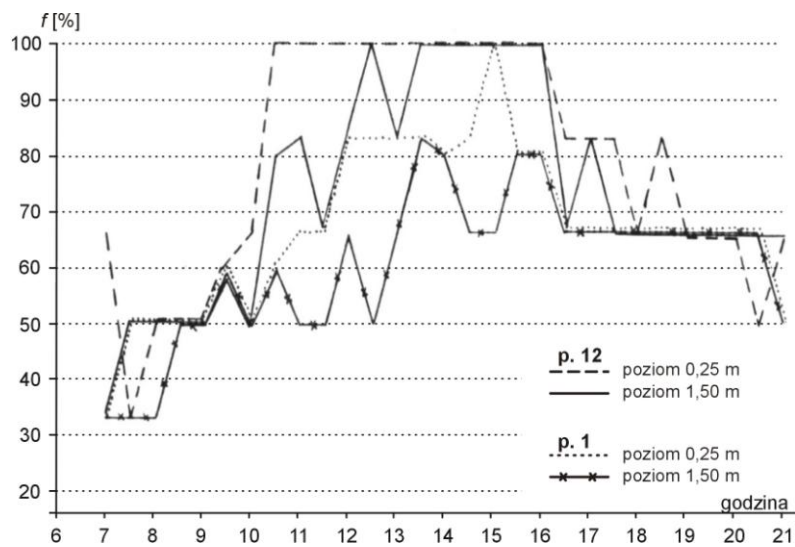
Rysunek 1. Plan osiedla Sady Żoliborskie i lokalizacja punktów pomiarowych



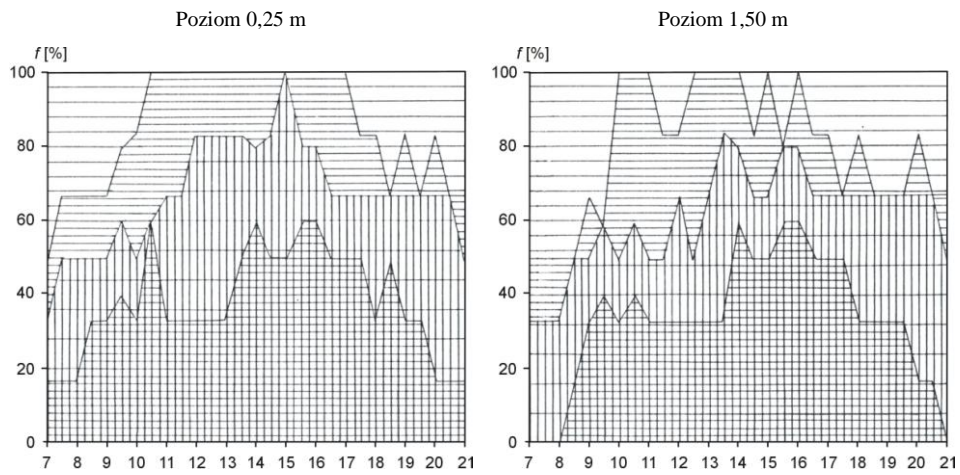
Rysunek 2. Plan osiedla Wyględów-Olimpijska i lokalizacja punktów pomiarowych



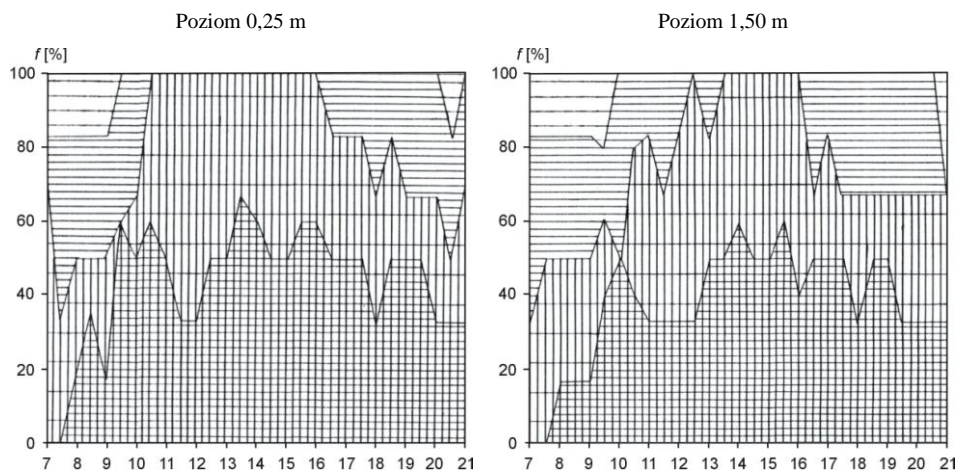
Rysunek 3. Przebieg dzienny temperatury efektywnej



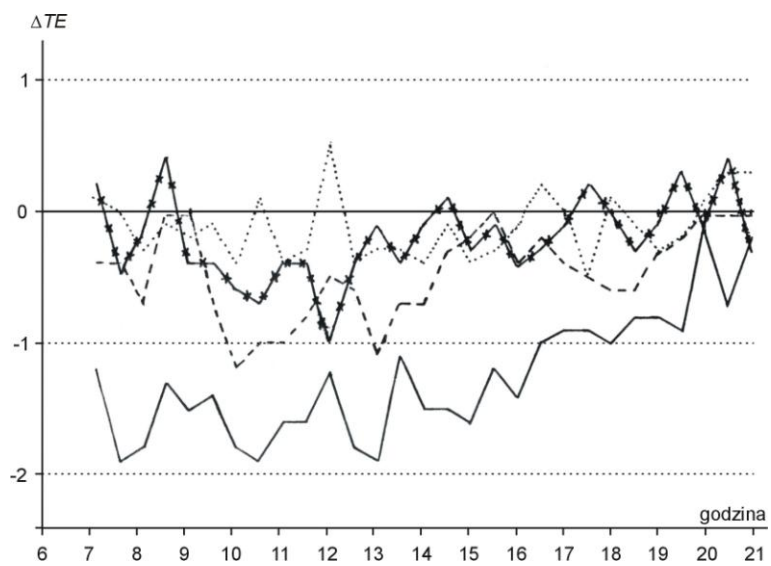
Rysunek 4. Udział częstości warunków przegrzania w osiedlu (punkt 12) i poza osiedlem (punkt 1) Olimpijska, lipiec 1984 i 1985 r.



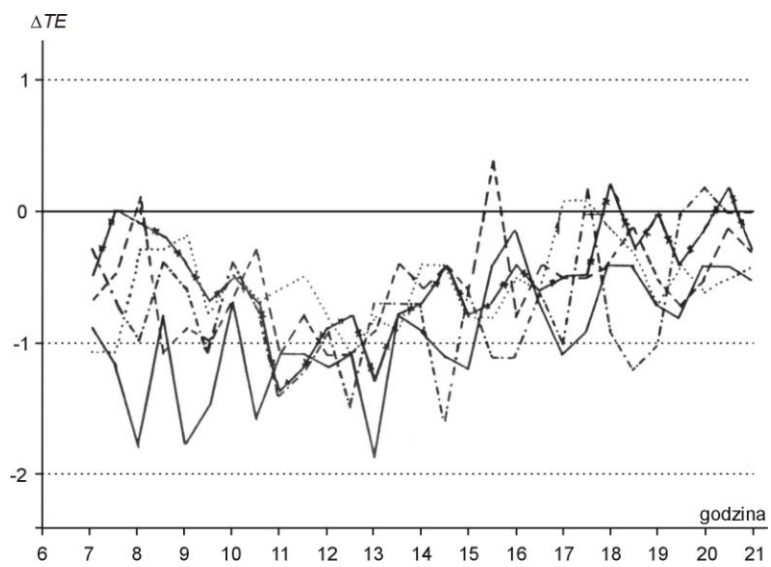
Rysunek 5. Częstość odczuć termicznych w punkcie 1 w osiedlu Olimpijska, lipiec 1984 i 1985



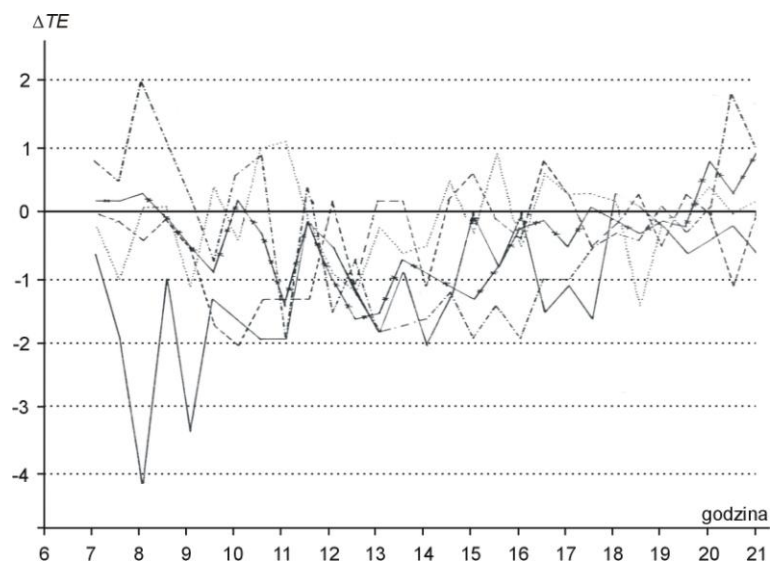
Rysunek 6. Częstość odczuć termicznych w punkcie 12 w osiedlu Olimpijska, lipiec 1984 i 1985



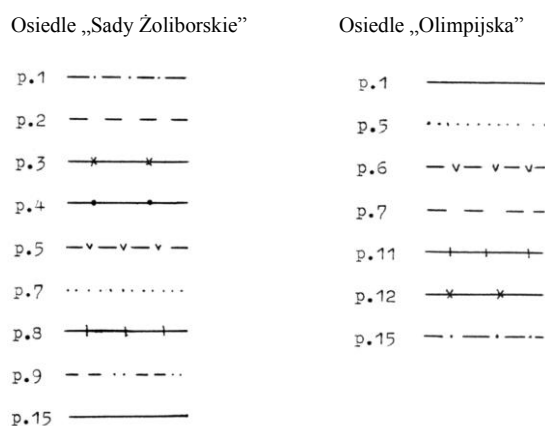
Rysunek 7. Różnice średnich wartości temperatury efektywnej między poziomami $TE_{1,5\text{ m}}$ – $TE_{0,25\text{ m}}$. Osiedle Sady Żoliborskie, lipiec 1986 r



Rysunek 8. Różnice średnich wartości temperatury efektywnej między poziomami $TE_{1,5\text{ m}}$ i $TE_{0,25\text{ m}}$; osiedle Olimpijska, lipiec 1984 i 1985 r.



Rysunek 9. Różnice temperatury efektywnej między poziomami $TE_{1,5m}$ i $TE_{0,25m}$ w dniu pogodnym 10 lipiec 1984 r.; osiedle Olimpijska.



Skala stanów odczuć termicznych wg M. Baranowskiej:

- TE > 18,0 gorąco
- 14,0 < TE ≤ 18,0 ciepło
- 11,0 < TE ≤ 14,0 komfort
- 7,0 < TE ≤ 11,0 chłodno
- TE ≤ 7,0 zimno

Rysunek 10. Legenda do rysunków: Sady Żoliborskie i Olimpijska

8.7. Osiedle SŁUŻEW NAD DOLINKĄ

8.7.1. Mikroklimat osiedla Służew nad Dolinką w Warszawie

Autor: Maria WACŁAWSKA

Opiekun naukowy: Urszula KOSSOWSKA-CEZAK

Celem pracy było określenie związku i wpływu struktury przestrzennej terenu zabudowanego (układu zabudowy, wysokości, położenia w stosunku do stron świata oraz na różnych formach terenu) na kształtowanie się warunków mikroklimatycznych w osiedlu mieszkaniowym Służew nad Dolinką, położonym w południowej części Warszawy. W osiedlu tym występuje zabudowa mieszana z równym udziałem średniowysokiej i wysokiej, luźna i otwarta. Budynki niższe mają 3-4 kondygnacje, wyższe 10-12 kondygnacji. Większość budynków ma zorientowane dłuższe osie w kierunku północ-południe. W okresie badań (od czerwca do lipca 1983 r.) między budynkami występowały rozległe tereny otwarte, porośnięte niską zielenią, jedynie w południowo-zachodniej części osiedla znajdowała się zwarta grupa wysokiej zieleni oraz w dnie doliny – wzdłuż Potoku Służewieckiego.

Materiał źródłowy stanowiły wyniki pomiarów warunków termicznych, wilgotnościowych i anemologicznych z okresu od 12 czerwca do 28 lipca 1983 r. z 15 punktów obserwacyjnych, w tym punkt 1 – poza osiedlem stanowił punkt odniesienia (rys. 1).

Mikroklimat osiedla mieszkaniowego Służew nad Dolinką w okresie letnim różnił się od mikroklimatu terenu otaczającego to osiedle. Warunki klimatyczne w warstwie powietrza do 1,5 m wewnątrz osiedla również wykazywały pewne zróżnicowanie przestrzenne. Na podstawie dotychczasowej analizy rozkładów wybranych elementów meteorologicznych można stwierdzić wyraźną zależność warunków mikroklimatycznych od struktury przestrzennej zabudowy.

Wewnątrz zabudowy warunki mikroklimatyczne kształtowały się w ścisłym związku z dopływem promieniowania bezpośredniego do powierzchni czynnych. Układ zabudowy wielokondygnacyjnej powodował wystąpienie zróżnicowania warunków po stronach nasłonecznionych i zacienionych. Wymiana cieplna między gruntem, powierzchnią ścian budynków, alejek itd. a powietrzem w zabudowie, w miejscach nasłonecznionych, była intensywniejsza niż w terenie niezabudowanym. Temperatura powietrza po wschodniej i południowej stronie zabudowy była w godzinach porannych i około południowych wyższa niż poza zabudową i najwyższa w osiedlu. Wieczorem najcieplej było w środkowej (wewnętrznej) części osiedla, w miejscach o ekspozycji południowej oraz terenach przyległych do zachodnich ścian budynków. Nad powierzchnią betonową, stale zacienioną przez strop, występowały w ciągu dnia jedne z niższych wartości temperatury w osiedlu. Dopiero w późnych godzinach wieczornych miejsce to okazywało się cieplejsze w porównaniu z innymi punktami w osiedlu i poza nim. Większy dopływ promieniowania bezpośredniego do powierzchni czynnych o ekspozycji wschodniej i południowej powodował w miejscach nasłonecznionych rozwój intensywniejszych ruchów pionowych powietrza. W miejscach zacienionych między godz. 7 a 16 wymiana powietrza była znacznie słabsza.

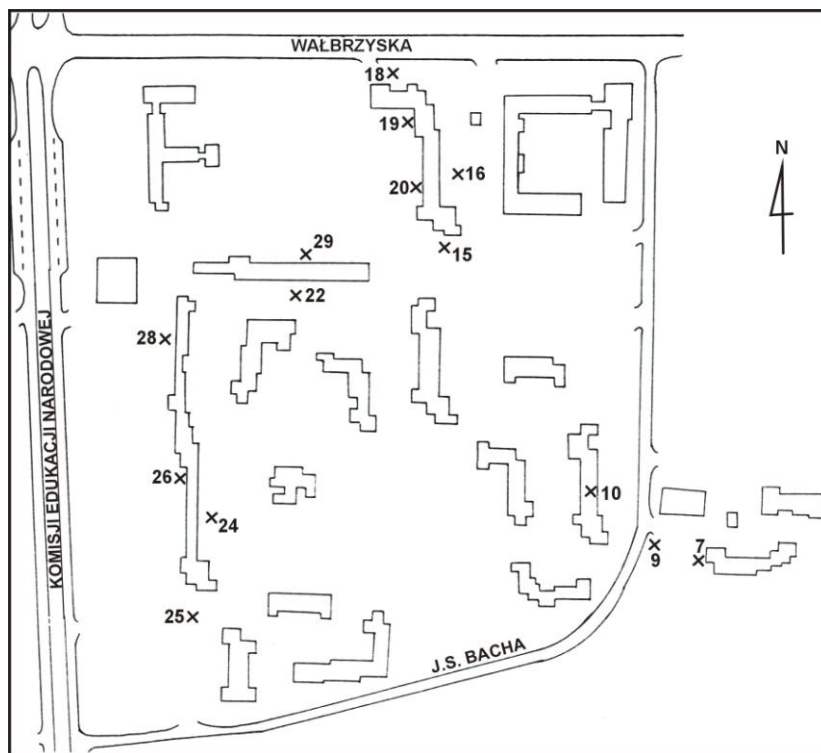
Warunki wilgotnościowe w osiedlu były uzależnione od większej liczby czynników. Na ogół w miejscach najcieplejszych ciśnienie pary wodnej było również podwyższone, a wartości wilgotności względnej niższe. Zależność procesu parowania od rodzaju powierzchni parującej i prędkości wiatru była przyczyną modyfikacji warunków wilgotnościowych. W miejscach w osiedlu o przeciętnych wartościach temperatury powietrza, ale stale najlepiej przewietrzanych ciśnienie pary wodnej nad powierzchnią czynną było najniższe w osiedlu, a także w stosunku do terenu otwartego.

Z powodu małego pionowego zróżnicowania termicznego różnice ciśnienia pary wodnej między wysokością 0,25m a 1,5m były niewielkie (tab. 1). Ogólnie większe ciśnienie pary wodnej w powietrzu notowano w pobliżu powierzchni czynnej. Wartości zbliżone na obu wysokościach wystąpiły przy słabych ruchach wstępujących i słabej turbulencji, ale dużym parowaniu oraz przy także słabej wymianie pionowej powietrza i małym parowaniu. Zmienność rozkładu pionowego wilgotności względnej w czasie można uzasadnić silniejszą reakcją tego elementu na mniejsze zmiany w rozkładzie temperatury, nawet bez zmiany typu stratyfikacji (tab. 2). We wczesnych godzinach popołudniowych, w czasie najsilniej rozwiniętej turbulencji reakcje te były bardzo wyraźne. W godzinach wieczornych przeważał w osiedlu spadek wilgotności względnej wraz ze wzrostem wysokości, typowy w warunkach występującej inwersji temperatury.

Największą prędkością wiatru w osiedlu w ciągu dnia charakteryzowały się punkty położone na obrzeżu osiedla (tab. 3). Zbliżone prędkości, a nawet w niektórych godzinach wyższe notowano między wysokimi budynkami i w przejściu pod budynkiem. Układ zabudowy w pierwszym przypadku i kształt przejścia w drugim sprzyjał kanalizowaniu przepływu powietrza i wzrostowi prędkości wiatru. Najsłabsze prędkości występowały w miejscach osłoniętych wysoką roślinnością i ścianami budynków w północno-zachodniej części osiedla oraz wzdłuż ścian długich budynków o orientacji dłuższej osi północ-południe. Przy wyższych prędkościach wiatru na wysokości 1,5 m różnice prędkości między poziomami 1,5 a 0,25 m w obu przypadkach były porównywalne w godzinach 7-16. Mniejsze różnice prędkości wiatru w zabudowie w stosunku do terenu otwartego wystąpiły wieczorem. W warunkach inwersji wychłodzona warstwa powietrza w pobliżu ziemi zmniejszała szorstkość podłoża.

Dominującymi kierunkami wiatru na terenie osiedla były wiatry północne i północno-zachodnie, natomiast w terenie otwartym przeważał wiatr o kierunku zachodnim.

Wyniki przedstawione w pracy (tab. 4) potwierdzają wnioski z innych prac: W. Leoniuk i M. Żołnierowicz-Kasprzyk, a zróżnicowanie warunków mikroklimatycznych w osiedlu mieszkaniowym uwarunkowane jest nie tylko ekspozycją, porą dnia ale również typem pogody.



Rysunek 1. Plan osiedla i rozmieszczenie stanowisk obserwacyjnych na terenie osiedla Służew nad Dolinką

Tabela 1. Średnie wartości ciśnienie pary wodnej i różnice między osiedlem i punktem odniesienia oraz między poziomami 1,5 i 0,25 m w trzech seriach pomiarowych

Punkty	Seria ranna (średnia)			Seria południowa (średnia)			Seria wieczorna (średnia)		
	$P_n - P_o$	1,5	0,25	$P_n - P_o$	1,5	0,25	$P_n - P_o$	1,5	0,25
1	15,0	-	-0,7	16,6	-	-0,5	13,8	-	-0,8
7	13,8	-1,2	-0,3	14,6	-2,0	-0,2	11,9	-1,9	-0,1
9	13,9	-1,1	-0,6	16,0	-0,6	-0,9	12,3	-1,5	-0,5
10	13,1	-1,9	-0,1	13,9	-2,7	0,1	11,0	-2,8	0,0
15	10,9	-4,1	-0,4	12,4	-4,2	-0,3	9,3	-4,5	-0,2
16	13,6	-1,4	-1,0	15,3	-1,3	-0,3	11,5	-2,3	-0,4
18	13,9	-1,1	-0,3	14,2	-2,4	-0,6	11,6	-2,2	-0,3
19	14,1	-0,9	-0,1	15,2	-1,4	-0,2	12,2	-1,6	0,0
20	13,9	-1,1	-0,3	14,6	-2,0	-0,4	11,6	-2,2	-0,3
22	14,0	-1,0	-0,2	15,1	-1,5	-0,6	12,0	-1,8	-0,1
24	14,4	-0,6	-1,9	15,1	-1,5	-0,6	12,5	-1,3	-0,5
25	12,6	-2,4	-0,3	12,9	-3,7	-0,5	9,9	-3,9	-0,1
26	13,2	-1,8	-0,2	14,1	-2,5	-0,8	11,3	-2,5	-0,3
28	13,7	-1,3	-0,5	14,7	-1,9	-0,4	11,6	-2,2	-0,5
29	14,4	-0,6	-0,6	15,1	-1,5	-0,7	12,0	-1,8	-0,5

Tabela 2. Średnie wartości wilgotności względnej i różnice między osiedlem i punktem odniesienia oraz między poziomami 1,5 i 0,25 m w trzech seriach pomiarowych

Punkty	Seria ranna (średnia)			Seria południowa (średnia)			Seria wieczorna (średnia)		
	$P_n - P_o$	1,5-0,25		$P_n - P_o$	1,5-0,25		$P_n - P_o$	1,5-0,25	
1	62	-	-1	64	-	2	56	-	-3
7	59	-3	-1	57	-7	1	48	-8	-1
9	53	-9	-1	57	-7	-2	50	-6	-2
10	58	-4	0	57	-7	0	45	-11	0
15	46	-16	-1	49	-15	0	39	-17	0
16	55	-7	-1	60	-4	0	48	-8	-1
18	60	-2	-2	58	-6	-1	48	-8	-1
19	64	2	0	60	-4	0	50	-6	0
20	64	2	0	59	-5	1	48	-8	-3
22	59	03	0	59	05	1	48	-8	-3
24	50	-	02	59	05	01	52	-4	-2
25	54	-8	0	51	-13	0	40	-16	0
26	61	-1	-1	57	-7	0	46	-10	-1
28	62	0	-3	58	-6	-1	47	-9	-1
29	62	0	-2	62	-2	-3	50	-6	-2

Tabela 3. Średnie wartości prędkości wiatru i różnice między osiedlem i punktem odniesienia oraz między poziomami 1,5 i 0,25 m w trzech seriach pomiarowych

Punkty	Seria ranna (średnia)			Seria południowa (średnia)			Seria wieczorna (średnia)		
	$P_n - P_o$	1,5-0,25		$P_n - P_o$	1,5-0,25		$P_n - P_o$	1,5-0,25	
1	1,8	-	0,5	2,4	-	0,6	2,4	-	0,7
7	2,1	0,3	0,5	2,6	0,2	0,3	2,7	0,3	0,2
9	2,2	0,4	0,7	2,4	0,0	0,8	1,8	-0,6	0,3
10	2,5	0,7	0,0	2,6	0,2	0,0	2,5	0,1	0,0
15	2,1	0,3	0,3	2,5	0,1	0,4	2,3	-0,1	0,0
16	1,3	-0,5	0,4	1,4	-1,0	0,2	1,5	-0,9	0,4
18	1,4	-0,4	0,2	1,9	-0,5	0,2	2,0	-0,4	0,0
19	1,0	-0,8	0,2	1,4	-1,0	0,4	1,4	-1,0	0,2
20	1,3	-0,5	0,2	1,7	-0,7	0,3	1,8	-0,6	0,0
22	1,3	-0,5	-	1,5	-0,9	-	1,4	-1,0	-
24	1,3	-1,5	-	1,7	-0,7	-	1,5	-0,9	-
25	2,1	0,3	-	2,2	-0,2	-	2,4	0,0	-
26	1,0	-0,8	-	1,1	-1,3	-	1,5	-0,9	-
28	1,2	-0,6	-	1,4	-1,0	-	1,9	-0,5	-
29	1,7	-0,1	-	1,8	-0,6	-	2,2	-0,2	-

Tabela 4. Zróżnicowanie warunków meteorologicznych w osiedlu Służew na Dolinką w zależności od pory dnia

Seria pomiarowa	Poranna	Popołudniowa	Wieczorna
Temperatura powietrza (°C)	min 19,0	20,6	20,8
	max 23,5	22,1	21,4
Ciśnienie pary wodnej (hPa)	min 10,9	12,4	9,3
	max 14,4	16,0	12,5
Wilgotność względna (%)	min 46	51	39
	max 64	62	52
Prędkość wiatru (m/s)	min 1,0	1,1	1,4
	max 2,5	2,6	2,7

8.7.2. Warunki termiczne w osiedlach warszawskich o wysokiej zabudowie

Autor: Monika ŻOŁNIEROWICZ-KASPRZYK

Opiekun naukowy: Maria STOPA-BORYCZKA

Miasto (zabudowa, ulice, place pokryte asfaltem, chodniki, zieleń, sztuczne źródła ciepła, źródła emisji zanieczyszczeń powietrza) jako dzieło wielu pokoleń ludzi – deformuje pole temperatury powietrza.

Celem niniejszej pracy było określenie deformacji pól temperatury powietrza pod wpływem zabudowy (wysokiej, luźnej, blokowej) na przykładzie dwóch warszawskich osiedli „Stawki” (rys. 1) oraz „Służew nad Dolinką” (rys. 2). Cel ten osiągnięto poprzez wyliczenie różnic temperatury powietrza między osiedlami i otoczeniem. W tym przypadku otoczenie reprezentowane było przez stację Warszawa-Okęcie

Materiałami wyjściowymi, które wykorzystywano w tego rodzaju badaniach, były wartości średnie temperatury powietrza dla poszczególnych terminów (7-11 h, 12-16 h, 17-21 h) co pół godziny i godzinę, za okres miesiąca lipca 1982 oraz czerwca i lipca 1983. Oprócz tych podstawowych danych wykorzystano również wartości średnie z pięcioletnia 1961-1965 dla poszczególnych miesięcy oraz średnie dobowe wartości temperatury za okres 29 VI – 7 VII, 19-28 VII 1983. Dane te pochodzą ze stacji miejskich (warszawskich) i pozamiejskich (okolice Warszawy).

Przed przystąpieniem do zasadniczego tematu pracy dokonano analizy zmian czasowych (rocznych i dobowych) pola temperatury powietrza, traktując miasto jak „bryłę” na tle otoczenia.

Badając zmiany roczne temperatury powietrza porównano poszczególne fragmenty miasta z otoczeniem. Roczny przebieg różnic temperatury powietrza jest uzależniony przede wszystkim od ilości dopływu energii promienistej od Słońca do powierzchni Ziemi oraz od wymiany ciepła między zwiększoną powierzchnią czynną jaką stanowią budynki, chodniki, parkingi, ulice a otaczającą atmosferą.

Istnieje pewne zróżnicowanie między przebiegami rocznymi poszczególnych wskaźników temperatury powietrza. Wykazują one jednak ogólną prawidłowość. Średnia temperatura minimalna i średnia dobowa cechują się dodatnimi różnicami w ciągu całego roku – są wyższe w mieście niż w otoczeniu. Wyróżnia się jedynie temperatura maksymalna, której różnice zmieniają znak z dodatniego w miesiącach zimowo-wiosennych na ujemny w okresie letnio-jesiennym. Zabudowa w znacznym stopniu przyczynia się do zróżnicowania warunków w ciągu roku. Wpływ zabudowy miejskiej silnie zaznacza się w lecie i na początku jesieni, natomiast najslabiej w listopadzie i marcu. W miesiącach zimowych zabudowa również, znacznie oddziałuje na pole temperatury – absorpcja promieniowania przez zwiększoną powierzchnię czynną, dopływ sztucznego ciepła z ogrzewanych budynków.

Wielokondygnacyjna powierzchnia czynna w mieście mająca cechy dużej ilości ciepła w ciągu dnia i jego wypromieniowania nocą powoduje powstanie tzw. miejskiej „wyspy ciepła” – miasto jest cieplejsze od otoczenia. W ciągu zaistniałej miejskiej „wyspy ciepła” różnice między miastem i otoczeniem przy pogodzie radiacyjno-insolacyjnej dochodzą do 4,3°C.

Badając oddziaływanie miasta na pole temperatury powietrza wyodrębniono całe jego fragmenty oraz poszczególne części osiedla. W osiedlach zaznacza się również duży wpływ zabudowy na temperaturę powietrza. Od godziny 17.00 do 21.00 osiedla są cieplejsze w stosunku do otoczenia (Okęcie).

Różnice temperatury powietrza między osiedlami i jego peryferiami są znaczne, a ich wartości o godzinie 21 dochodzą do 3,5°C na osiedlu „Służew nad Dolinką” i 2,5°C na osiedlu „Stawki”. W ciągu dnia temperatura powietrza w terenie zabudowanym jest niższa w stosunku do terenów zewnętrznych. Spowodowane jest to m.in. zmniejszeniem dopływu promieniowania ze względu na zacienienie dużej powierzchni osiedla (cień budynków). Poza tym ściany bloków pochłaniają znaczne ilości ciepła (większe niż tereny zielone), które w nocy je emitują, wpływając na podwyższenie temperatury w najbliższym otoczeniu.

Badając poszczególne fragmenty osiedli, stwierdzono, że pole temperatury powietrza w osiedlach jest deformowane pod wpływem ekspozycji słonecznej. Pole temperatury powietrza zależy od usytuowania danego miejsca, czyli od odległości od budynku, chodnika czy parkingu. We wszystkich przypadkach przebieg dzienny różnic jest podobny do opisanego dla całego osiedla. Dowodzi to znaczny wpływ insolacji na deformację pola temperatury powietrza. Pewne rozbieżności przebiegów dziennych temperatury powietrza wynikają zarówno z samej lokalizacji w osiedlu, jak też z jego ekspozycji słonecznej.

Istotna jest również lokalizacja całego osiedla. Osiedle „Służew nad Dolinką” – osiedle peryferyjne, w południowej części miasta, „Stawki” – osiedle położone w centrum miasta. W porze porannej cechy termiczne tych osiedli są podobne, w porze południowej uwidaczniają się duże różnice w przebiegach temperatury powietrza na osiedlach „Służew nad Dolinką” i „Stawki”. Osiedle „Stawki” charakteryzuje się bardziej wyrównanym przebiegiem temperatury niż osiedle „Służew nad Dolinką”. Prawie wszystkie punkty na osiedlu wykazują dodatnie wartości różnic temperatury względem otoczenia. Natomiast przebieg różnic temperatury powietrza na osiedlu „Służew nad Dolinką” wykazuje duże zróżnicowanie termiczne pomiędzy poszczególnymi punktami pomiarowymi. To zróżnicowanie jest prawdopodobnie spowodowane usytuowaniem osiedla „Służew”. Ekspozycja południowa osiedla powoduje, że punkty o tej samej ekspozycji (południowej) charakteryzują się znacznie większymi wartościami temperatury niż pozostałe. Jest to związane z bezpośrednim oddziaływaniem na nie Słońca. Na osiedlu „Stawki” to niewielkie zróżnicowanie termiczne (dodatnie różnice ΔT) spowodowane jest w miarę równomiernym oświetleniem.

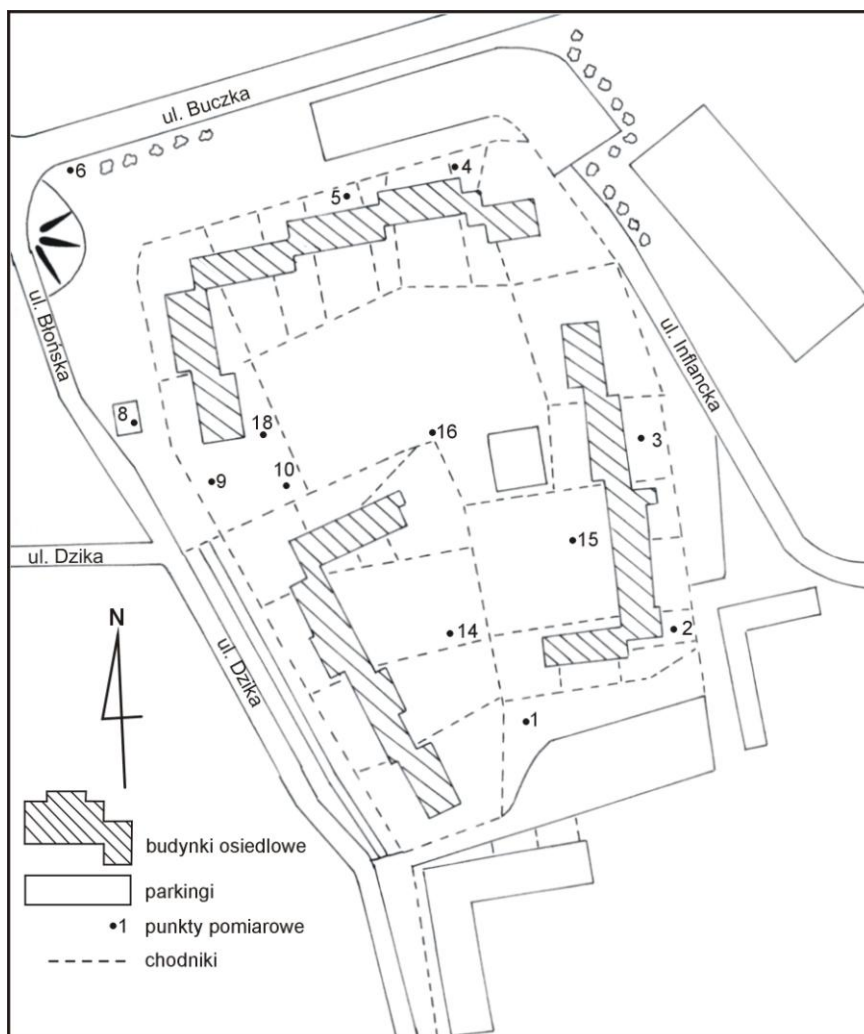
Wieczorem na osiedlu „Służew nad Dolinką” rozpiętość różnic jest niewielka, natomiast na osiedlu „Stawki” dochodzi nawet do 2,2°C. Ponadto, różnice temperatury powietrza między punktami o odmiennej ekspozycji są znaczne. Najniższe wartości temperatury występują w ciągu dnia po północnej stronie osiedli budynków. Natomiast najwyższe jej wartości występują w różnych fragmentach osiedli w zależności od pory dnia.

Na początku dnia, najcieplej jest po wschodniej stronie bloków. Później czyli w godzinach południowych i popołudniowych i wieczornych najcieplej jest po południowej stronie oraz po południowo-zachodniej i zachodniej (rys. 3-6).

Zróżnicowanie warunków termicznych w osiedlu uwarunkowane jest nie tylko ekspozycją i porą dnia, lecz także typem pogody. Przy pogodzie radiacyjno-insolacyjnej różnice tempe-

ratury powietrza między osiedlem i otoczeniem są największe. Wtedy zróżnicowanie w samym osiedlu jest także duże.

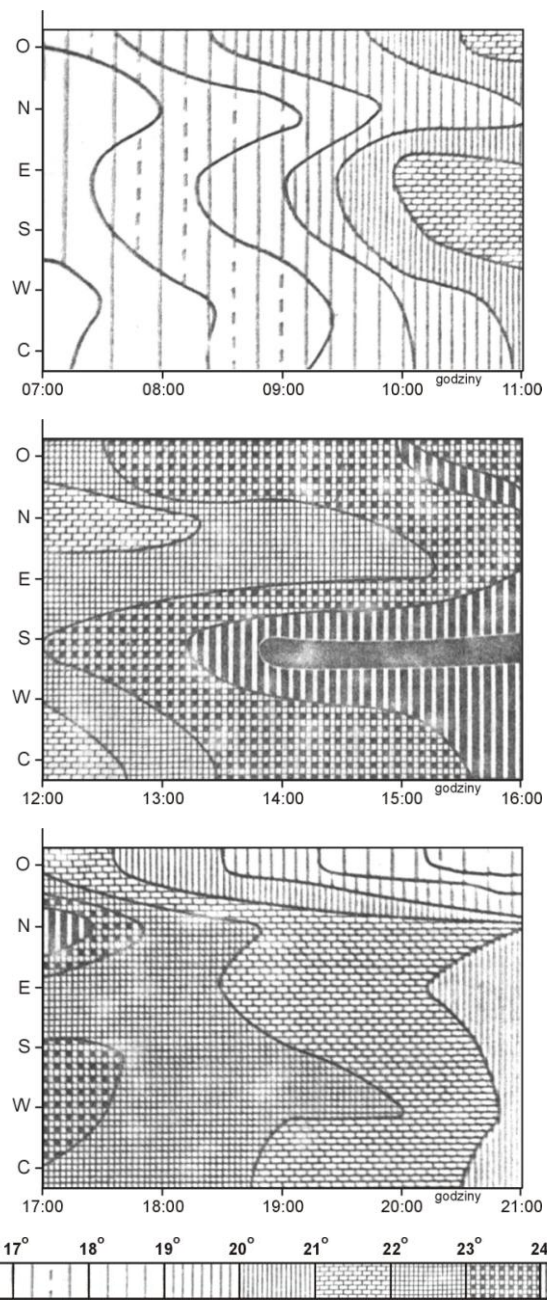
Poznane cechy termiczne osiedli „Służew nad Dolinką” oraz „Stawki” o zabudowie wysokiej, luźnej, blokowej – mogą być wykorzystywane w prognozowaniu zakresu deformacji pola temperatury – zmian klimatu lokalnego w nowych tego typu osiedlach.



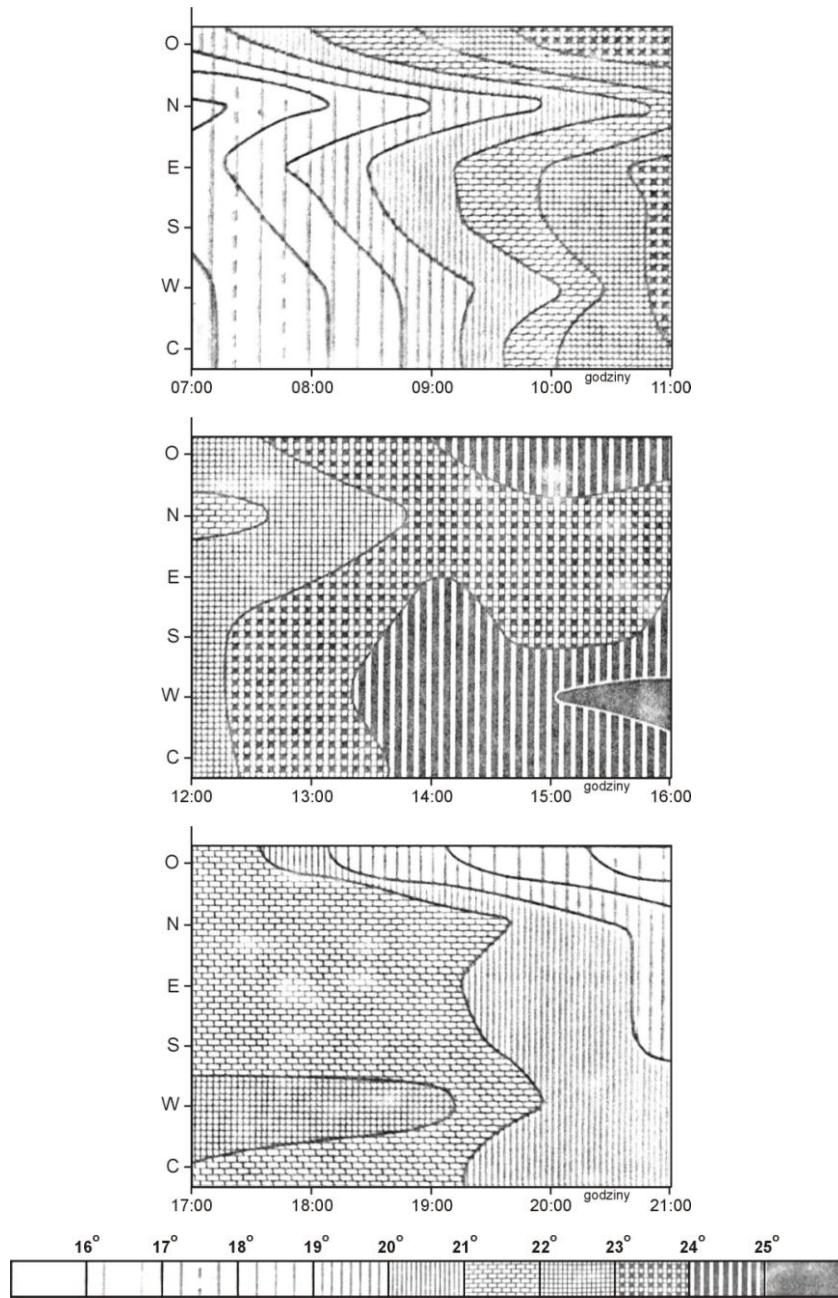
Rysunek 1. Plan osiedla mieszkaniowego „Stawki”



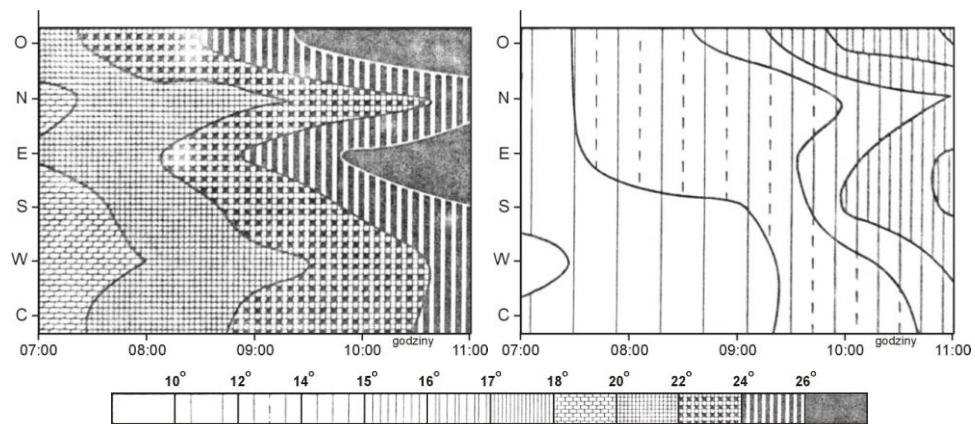
Rysunek 2. Plan osiedla mieszkaniowego „Służew nad Dolinką”



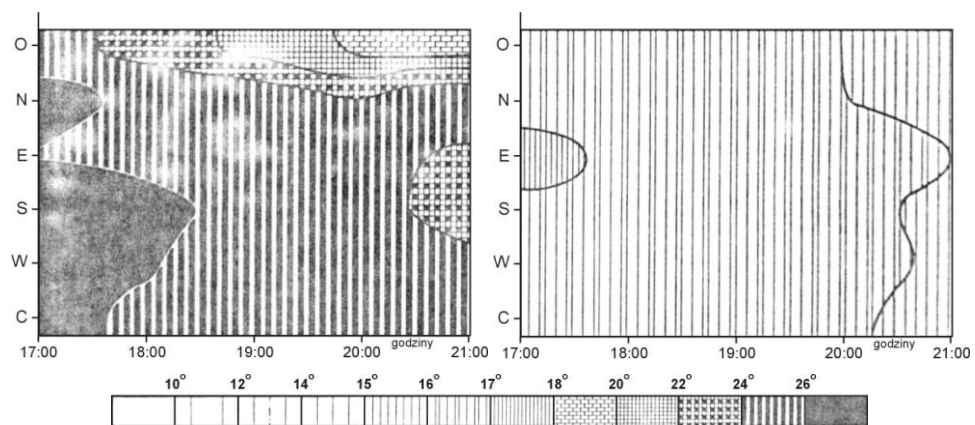
Rysunek 3. Rozkład temperatury powietrza w zależności od ekspozycji punktów („Służew nad Dolinką”)



Rysunek 4. Rozkład temperatury powietrza w zależności od ekspozycji punktów („Stawki”)



Rysunek 5. Rozkład temperatury powietrza w zależności od ekspozycji punktów („Służew nad Dolinką” – seria poranna)



Rysunek 6. Rozkład temperatury powietrza w zależności od ekspozycji punktów („Służew nad Dolinką” – seria wieczorna)

8.7.3. Wpływ wysokiej zabudowy na kierunek i prędkość wiatru w osiedlach warszawskich

Autor: Grzegorz GRABOWSKI

Opiekun naukowy: Maria STOPA-BORYCZKA

Celem pracy było określenie zakresu deformacji pola wiatru wywołanych przez wysoką zabudowę, na przykładzie warszawskiego osiedla Służew nad Dolinką, a zlokalizowanego na południowych peryferiach miasta.

Cel ten osiągnięto poprzez wydzielenie rejonów o różnych prędkościach wiatru i wykreślenie układu linii prądów powietrza w osiedlu względem otoczenia. Rozpatrywano przy tym wszystkie kierunki napływu powietrza do wnętrza osiedla, od najczęściej występujących wiatrów zachodnich (27,5%) do najrzadszych, południowych (4,3%) i południowo-wschodnich (4,7%) w badanym okresie (czerwiec-lipiec 1983).

Praca składa się z dwóch części (poza wstępem, w którym przedstawiono w zarysie stan badań wiatru w Polsce, ze szczególnym uwzględnieniem rejonu Warszawy). Pierwsza z nich poświęcona jest ogólnym prawidłowościom oddziaływania miasta i jego zabudowy na pole wiatru, przedstawionym w świetle literatury krajowej i zagranicznej.

Miasta na tle otoczenia wyróżniają się przede wszystkim mniejszymi prędkościami wiatru (duża szorstkość podłoża). W przypadku Warszawy, różnice między centrum a peryferiami dochodzą do 1,4 m/s (Stopa-Boryczka i inni, 1984). Jednak wewnątrz miast notuje się też i lokalny wzrost prędkości wiatru. Ma on miejsce w zwarto zabudowanych ciągach ulic oraz w przewężeniach między równoległe stojącymi budynkami, gdy napływający strumień powietrza zgodny jest z ich osią podłużną (efekt tunelowy). Miasta charakteryzują się też dużą zmiennością kierunków wiatru w warstwie przyziemnej (turbulencja), uwarunkowaną położeniem ulic, budynków w stosunku do napływającego powietrza.

Mechaniczne oddziaływanie zabudowy na poziomy ruch powietrza nie jest jedynym powodem jego deformacji. Miasto w związku ze swymi specyficznymi cechami termicznymi (wyspa ciepła) jest terenem tworzenia się lokalnego systemu wiatrów wiejących ku centrum, tzw. bryzy miejskiej, lecz tylko w warunkach pogody słabogradientowej (Kossowska 1973, Lewińska 1982). Podobnie termiczną genezę mają słabe mikroprądy powietrza, pojawiające się pomiędzy nasłonecznionymi a zacienionymi ścianami budynków, okalającymi ulice czy podwórza.

Miasta nizinne powodują także antycyklonalny skręt wiatru (do 10°) w warstwie powietrza ponad nimi, a wynikający z dużej szorstkości podłoża (Lenart 1976).

Druga zasadnicza część pracy ma charakter metodyczno-poznawczy. Poznane dotychczas prawidłowości znajdują tylko częściowe potwierdzenie w praktyce. Powodem jest ograniczenie się w pracy do badania, przyziemnej warstwy powietrza (pomiar prowadzono na wysokości 1,5 m nad poziomem terenu).

Do wykazanych, charakterystycznych cech pola wiatru w osiedlu o zabudowie wysokiej, luźnej i częściowo zamkniętej zaliczyć można:

- Sterowanie wiatru przez ściany długich budynków, niezależnie od kierunku napływu głównego strumienia powietrza. W jednym z punktów pomiarowych, położonym w bezpośredniej bliskości budynku o długości ok. 170 m, wiatry równoległe do

jego ściany czołowej stanowiły aż 77% obserwacji, natomiast wiatry prostopadłe do niej tylko 3%.

- Jednotorowy przepływ powietrza w „korytarzach” pomiędzy równolegle stojącymi budynkami. Wiatry zgodne z ich osią podłużną stanowią powyżej 40-50% ogółu obserwacji, zaś prostopadłe do tej osi nie są wcale notowane.

- Duże wahania kierunków wiatru po zawietrznej stronie budynku, zwłaszcza od strony wnętrza osiedla. Przeważają wtedy powrotne prądy powietrza (50-70), z kierunków przeciwnych w stosunku do napływającego wiatru (turbulencja).

- Wzrost prędkości wiatru (względem otoczenia) w pobliżu narożników wysokich budynków. W punkcie narożnym, położonym na północnym skraju osiedla, notuje się najwyższe prędkości wiatru, niezależnie od kierunku napływu głównego strumienia powietrza. Wynoszą one średnio 3,3 m/s przy prędkości 2,3 m/s w punkcie zewnętrznym.

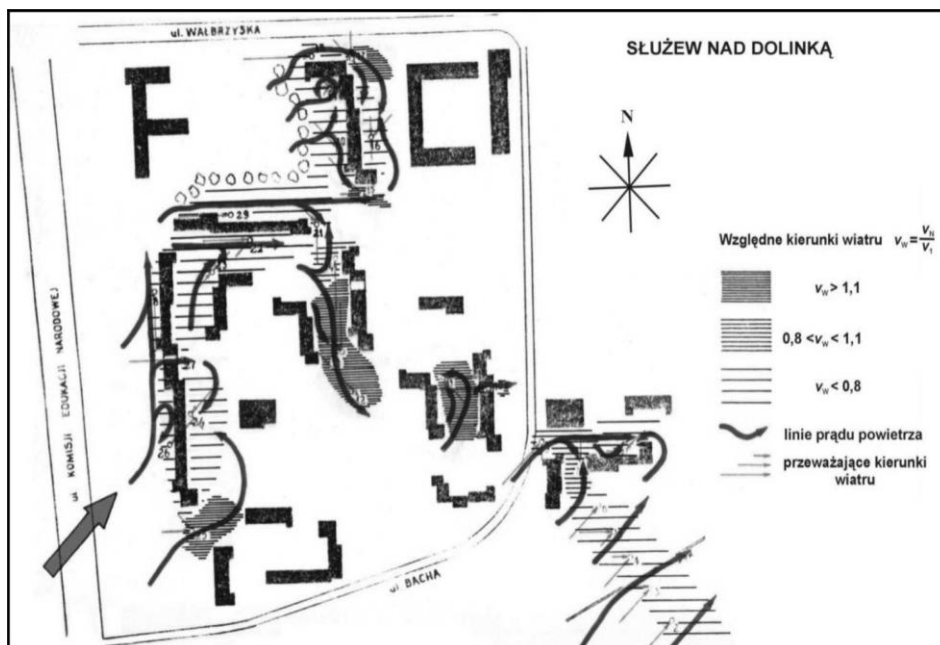
- Przyspieszenie strumienia powietrza w „korytarzach” między budynkami przy wiatrach o kierunkach zgodnych z ich osią podłużną (o 25-50%).

- Spadek prędkości wiatru we wnętrzu osiedla. Największy występuje w swoistych niszach, szczelnie osłoniętych z dwu stron przez ściany budynku – do 1,2 m/s (gdy w danych warunkach ściany te bezpośrednio osłaniają od wiatru, jego prędkość spada nawet do 0,6 m/s).

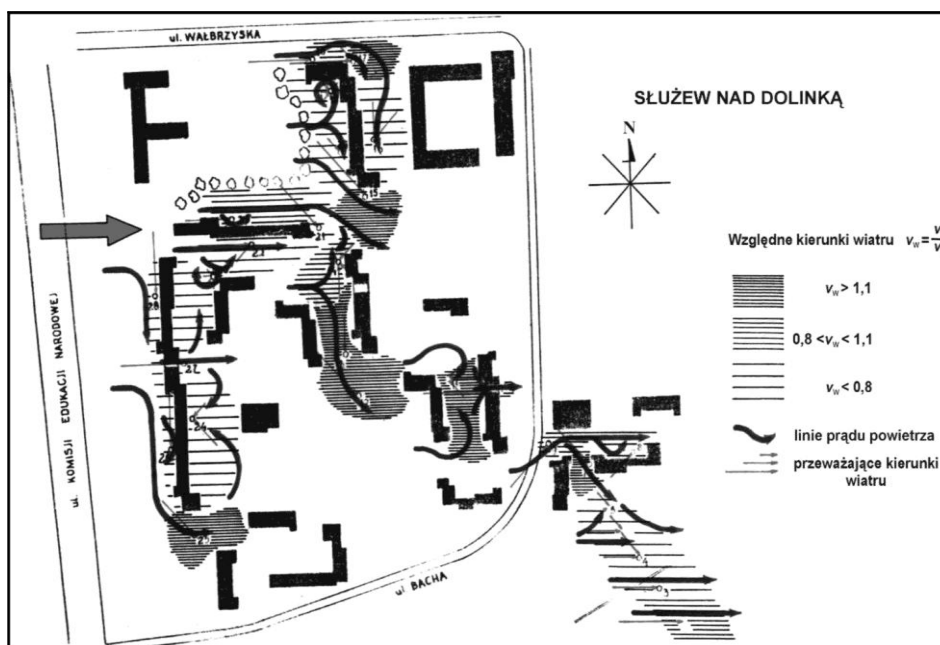
- Podobnie małe prędkości wiatru (średnio 1,2-1,5 m/s) występują, w bezpośredniej bliskości ścian najdłuższych budynków, zwłaszcza od ich strony zawietrznej (0,4-0,9 m/s).

Uzyskane wyniki są reprezentatywne dla miesięcy letnich, kiedy występują najmniejsze w ciągu roku prędkości wiatrów (rys. 1-4).

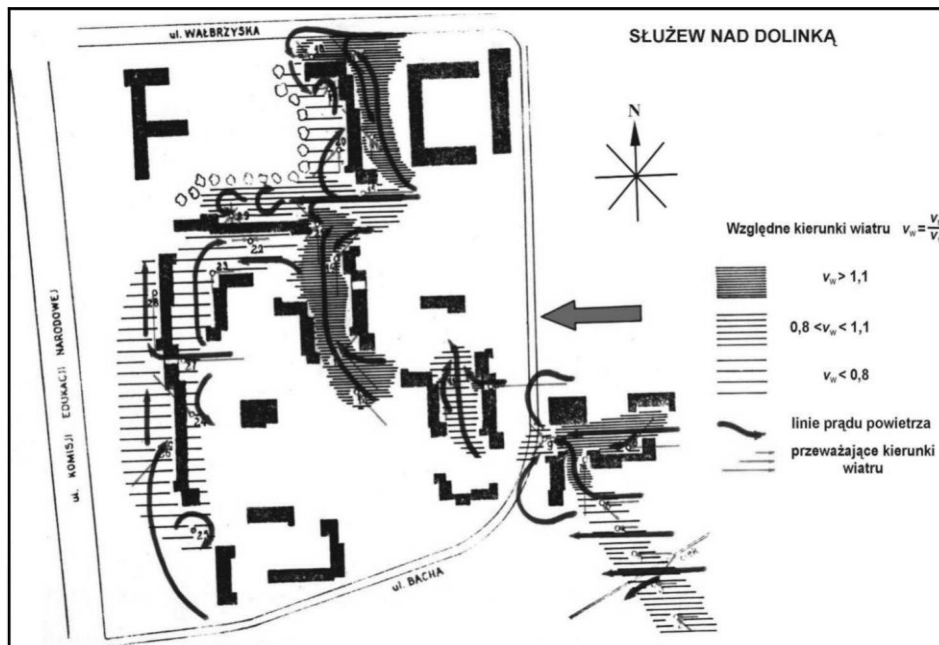
Praca niniejsza może stanowić podstawę do oceny warunków biometeorologicznych osiedla. Ruch powietrza spełnia bowiem ważną rolę w kształtowaniu odczuć termicznych, odbieranych przez organizm człowieka. Wiatr obok temperatury powietrza i jego wilgotności (tzw. temperatura efektywna) decyduje o warunkach odczuwalnych w danym miejscu. Intensywność poziomego ruchu powietrza (także pionowego) wpływa też na jego stan higieniczny (stopień zanieczyszczenia pyłami i szkodliwymi związkami chemicznymi). Stąd poznanie cech charakterystycznych pola wiatru w zabudowie miejskiej może mieć praktyczne znaczenie przy projektowaniu nowych osiedli mieszkaniowych.



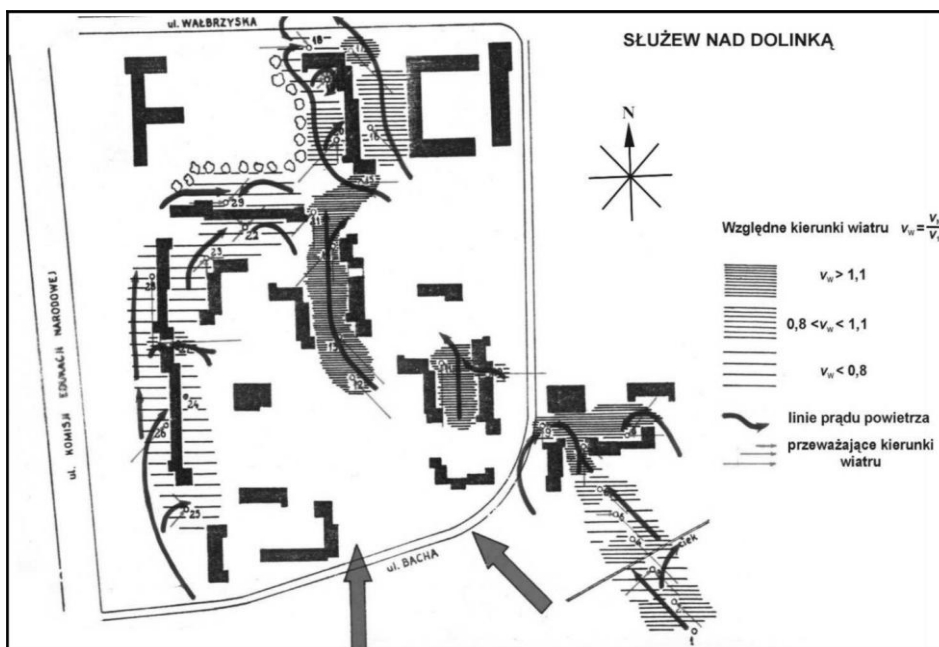
Rysunek 1. Układ linii prądów powietrza w osiedlu przy wiatrach południowo-zachodnich



Rysunek 2. Układ linii prądów powietrza w osiedlu przy wiatrach zachodnich



Rysunek 3. Układ linii prądów powietrza w osiedlu przy wiatrach wschodnich



Rysunek 4. Układ linii prądów powietrza w osiedlu przy wiatrach południowo-wschodnich i południowych

8.8. Osiedle KABATY

8.8.1. Wpływ zabudowy na warunki termiczno-wilgotnościowe na osiedlu Kabaty w Warszawie

Autor: Aleksandra BŁASZCZYK

Opiekun naukowy: Jolanta WAWER

Od wieków człowiek przystosowuje środowisko przyrodnicze na swoje potrzeby. Obszary zurbanizowane, gdzie żyje człowiek podlegają ciągłym zmianom a ich poszczególne elementy oddziałują na siebie kształtując specyficzne cechy miasta. Oprócz przekształceń powierzchni ziemi na potrzeby budownictwa i transportu, zasobów wodnych, roślinności i świata zwierzęcego człowiek wpływa na klimat lokalny. Elementy meteorologiczne pod wpływem czynników naturalnych i antropogenicznych ulegają w mieście różnym deformacjom. Szczególnie podatne na oddziaływania antropogeniczne są takie elementy jak: temperatura powietrza, wilgotność względna oraz kierunek i prędkość wiatru.

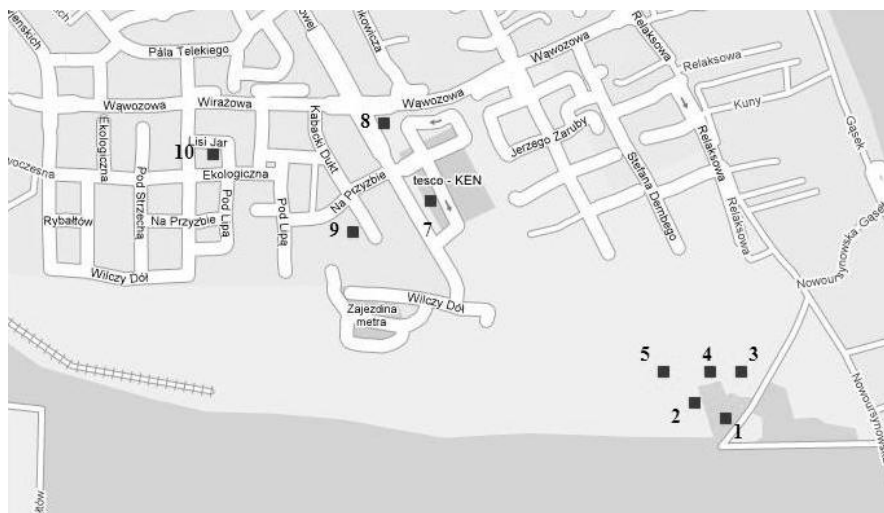
Wpływ zabudowy na zmianę warunków termicznych i wilgotnościowych w mieście został dostrzeżony już w XIX w. Od tego czasu wzrosło zainteresowanie klimatem miasta oraz jego deformacjami w różnych typach zabudowy. Ze względu na bogatą historię, Warszawę cechuje różnorodność zabudowy. W różnych częściach miasta panują, zatem, osobliwe warunki klimatyczne, deformowane poprzez specyficzny układ zabudowy, różnego rodzaju powierzchni czynne, zieleń miejską lub jej brak, sztuczne źródła ciepła, zmianę bilansu wodnego, zanieczyszczenia powietrza (Stopa-Boryczka i inni, 1984). Z literatury dotyczącej klimatu miasta wynika, że całościowy obraz klimatu miejskiego to mozaika poszczególnych klimatów tj. dzielnicy mieszkaniowej, przemysłowej, biurowo-usługowej, wyróżniając dodatkowo pewne cechy charakteru zabudowy: zwarta, wysoka, luźna, willowa (Warakowski, 1984). Biorąc pod uwagę warunki klimatyczne całej Warszawy odznacza się ona na tle otoczenia przede wszystkim zmniejszonym dopływem promieniowania słonecznego, wyższą temperaturą powietrza (zwłaszcza minimalną) i dłuższym okresem bezprzymrozkowym, mniejszą wilgotnością względną i większym niedosytem wilgotności powietrza, większym zachmurzeniem oraz mniejszą liczbą dni pogodnych, większymi sumami opadu atmosferycznego, mniejszą prędkością wiatru (Stopa-Boryczka i inni, 2001).

Poniższa analiza będzie próbą porównania wyników pomiarów z czerwca 2004 i 2005 roku przeprowadzonych na osiedlu Kabaty w Warszawie wykorzystanych w dwóch pracach licencjackich: Gogacz K., 2005, *Klimat miasta – cechy charakterystyczne i struktura wewnętrzna* oraz Błaszczuk A., 2007, *Wpływ zabudowy na warunki termiczno-wilgotnościowe*.

Na podstawie danych zebranych z dwóch stanowisk pomiarowych, charakteryzujących się odmiennymi warunkami położenia określone zostanie, w jaki sposób różnicują się wybrane elementy meteorologiczne pod wpływem rodzaju zabudowy i pokrycia terenu w skali lokalnej. Należy zaznaczyć, że na wyniki pomiarów ma znaczny wpływ sytuacja synoptyczna. W zależności od typu pogody różnice między poszczególnymi terminami badań mogą ulegać zmianie.

Punkty pomiarowe

Obszarem badań jest osiedle Kabaty położone w południowej części Warszawy, na którym założono 10 punktów pomiarowych (rys. 1). Do poniższej analizy zostały wybrane dwa punkty, odznaczające się skrajnie różnym pokryciem terenu, a co za tym idzie kontrastowymi właściwościami termicznymi i wilgotnościowymi. Są to: pkt. 10 – Skwer Złotówki (osiedle mieszkaniowe) i pkt. 1 – Las Kabacki. Pomiary odbywały się, co 30 min, między godziną 10:00 a 18:00 w dniach 11.06.2004 r. oraz 18.06.2005 r.



Rysunek 1. Rozmieszczenie punktów pomiarowych w Kabatach

Sytuacja synoptyczna w dniach pomiarów

W dniu 12 czerwca 2004 r. nad Polską kształtował się układ niżowy. Centrum niżu przesuwało się z nad Europy Zachodniej w kierunku północno-wschodnim. Przez Polskę z zachodu na wschód przemieszczały się strefy przelotnych opadów deszczu. Warszawa znajdowała się pod wpływem powietrza polarnego morskowego (PPm), po przejściu frontu chłodnego. W ciągu dnia zachmurzenie umiarkowane i duże. Miejscami wystąpiły przelotne opady deszczu. Temperatura maksymalna tego dnia wyniosła 23°C, natomiast minimalna 12°C.

Dnia 18 czerwca 2005 r. Polska znajdowała się pod wpływem powietrza polarnego morskowego (PPm) napływającego nad obszar kraju z północy. W Warszawie widoczne było oddziaływanie klina wyżowego, objawiające się wzrostem ciśnienia i zmniejszeniem się zachmurzenia. Około godziny 11:00 wystąpiły przelotne opady deszczu. Temperatura maksymalna w Warszawie wynosiła 18°C, zaś temperatura minimalna 14°C.

Warunki termiczne

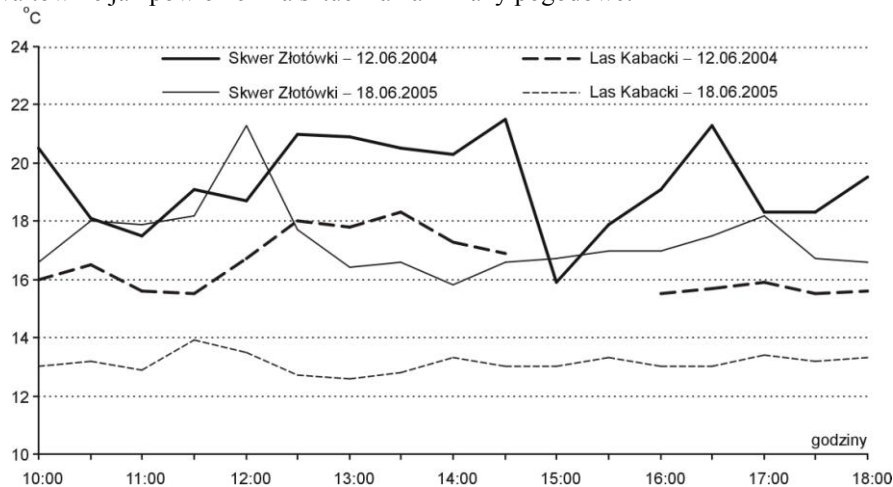
Stan warunków termicznych panujących w Kabatach w ciągu dwóch lat jest bardzo podobny (rys. 2). Świadczy on o stałym występowaniu podwyższonych wartości

temperatury w terenie zabudowanym w stosunku do wartości stwierdzonych w Lesie Kabackim. Ponadto w ciągu dnia zaznacza się ciągły wzrost wartości temperatury powietrza aż do godzin popołudniowych. Jednocześnie należy zaznaczyć, iż istotny wpływ na wartości elementów meteorologicznych ma sytuacja synoptyczna, która to może być przyczyną znacznego zróżnicowania warunków lokalnych. W 2004 roku dzienne minimum przypadające na godzinę 17:30 wyniosło w Lesie Kabackim 15,5°C a maksimum temperatury wynoszące 21,3°C odnotowane zostało o godzinie 14:30 na Skwerze. Średnia temperatura w terenie zielonym wynosi 16,5°C a na Skwerze Złotówki 19,3°C.

W Kabatach w 2005 roku najwyższe wartości temperatury powietrza przypadają w punkcie zlokalizowanym wewnątrz osiedla mieszkaniowego przy Skwerze Złotówki. Najwyższa temperatura w przebiegu dziennym wyniosła 21,3°C i wystąpiła w południe. Najniższa temperatura odnotowana została w Lesie Kabackim o godz. 13:00 i wyniosła jedynie 12,6°C. W terenie zielonym średnia temperatura w ciągu dnia wyniosła 13,1°C.

Zatem wystąpiły znaczne kontrasty termiczne między punktem leśnym a tym położonym wśród zabudowy zwłaszcza w godzinach porannych i popołudniowych. W obu przypadkach w godzinach popołudniowych (od godziny 16:00) widoczny jest (rys. 2) ponowny wzrost temperatury powietrza. Może on być spowodowany poprawą warunków pogodowych w przypadku roku 2005 (brak zachmurzenia wpłynął na zwiększenie ilości promieniowania słonecznego docierającego do powierzchni czynnych) oraz szczytem komunikacyjnym, który wpływa wzrost stężenia zanieczyszczeń w powietrzu oraz większej emisji ciepła (sprzyja to podwyższeniu temperatury powietrza w mieście).

Jednocześnie można zauważyć, że charakter zmian temperatury powietrza w danym punkcie jest odmienny. W przypadku terenu leśnego wahania temperatury powietrza są mniejsze, gdyż teren ten jest mniej podatny na zmianę warunków meteorologicznych. Biorąc pod uwagę opady przelotne, które w znaczny sposób zmieniły warunki termiczne wśród zabudowy, to dla warunków panujących w lesie nie miały one aż tak dużego znaczenia. Powierzchnia czynna, mimo, że jest naturalną nie reagowała tak gwałtownie jak powierzchnia sztuczna na zmiany pogodowe.

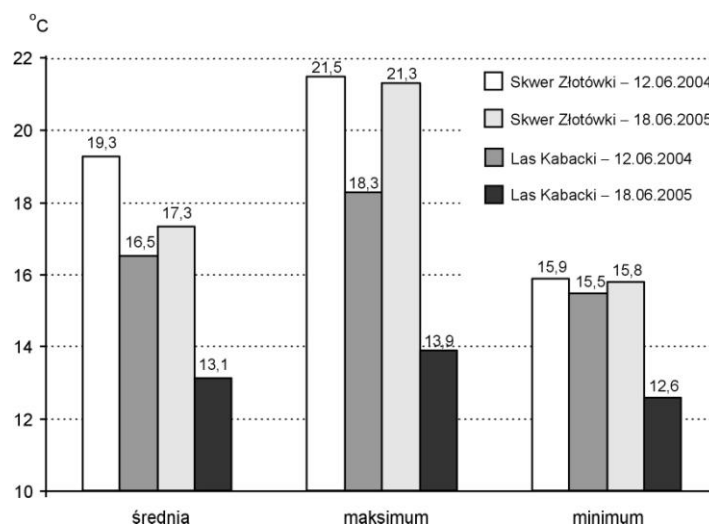


Rysunek 2. Przebieg temperatury powietrza w Kabatach w dniach 11 czerwca 2004 r. oraz 18 czerwca 2005 r.

Ważnym aspektem w analizie cech termicznych terenu zabudowanego jest to, że w ciągu dnia pewne jego partie są zacienione. Skutkuje to zmniejszeniem kontrastu termicznego między punktami położonymi na terenie zielonym i w zabudowie. Zakres wahań temperatury powietrza w godzinach porannych i popołudniowych wynosi w 2005 roku ok. 4°C i jest znacznie mniejszy od wahań temperatury przypadających na godziny okołopołudniowe (7,8°C) i godziny szczytu komunikacyjnego ok. godz. 17:00 (5,6°C), kiedy to różnice w termice między poszczególnymi partiami miasta bądź w jego fragmencie są największe.

Podobne wartości różnic temperatury powietrza w poszczególnych porach dnia między wybranymi punktami w Kabatach uzyskano podczas pomiarów terenowych w 2004 roku. W godzinach porannych termiczna różnica między punktem najcieplejszym (położonym w terenie zabudowanym) a tym najchłodniejszym (Las Kabacki) wyniosła 4,6°C. Po południu o godzinie 16:30 kontrast termiczny między punktem leśnym a punktem położonym w terenie zabudowanym osiągnął swoje maksimum i wyniósł 5,6°C (Gogacz 2005).

Taki rozkład wartości temperatury powietrza dowodzi stałemu, ocieplającemu wpływowi zabudowy na klimat lokalny. Mimo odmiennych warunków pogodowych (w 2004 r. pogoda związana z niżem, duże zachmurzenie, częste przelotne opady deszczu) panujących podczas dwóch terminów pomiarów terenowych, uzyskane wartości zakresu wahań temperatury powietrza są zbliżone a swoje maksima osiągają w podobnych porach dnia (po południu, około godziny 16:30-17:00, wartość 5,6°C).



Rysunek 3. Temperatura powietrza średnia, najwyższa i najniższa w przebiegu dziennym w różnych latach

Należy zaznaczyć, że sztuczna powierzchnia czynna odznacza się dużą pojemnością cieplną, długo pochłania ciepło oraz wolno je oddaje. Dlatego właśnie na wykresie (rys. 2) widać przesunięcie maksimum temperatury powietrza (rok 2005) w pkt. 10 (godzina 12:00) względem maksimum temperatury przypadającego w pkt. 1 (godzina 11:30).

Analizując wartości średnie, najwyższe i najniższe w ciągu dnia temperatury powietrza (rys. 3) można określić ich zmienność w poszczególnych latach oraz podać pewne prawidłowości zróżnicowania temperatury powietrza między terenem leśnym a zabudowanym.

Największa różnica między punktami wystąpiła w przypadku temperatury maksymalnej w 2005 roku, gdyż wyniosła ona aż 7,4°C. Mniejszy kontrast wystąpił w 2004 roku, kiedy to różnica między wartością najniższą temperatury powietrza między lasem a terenem zabudowanym wyniosła jedynie 0,4°C. Większe różnice między poszczególnymi wartościami temperatury powietrza wystąpiły w 2005 roku.

Mimo odmiennych warunków pogodowych w obu dniach pomiarów wartości temperatury powietrza (średnia, najwyższa, najniższa) uzyskane na Skwerze wśród zabudowy są zbliżone. Świadczy to o osobliwych cechach terenu zabudowanego, który jest znacznie cieplejszy niż otaczające go tereny zielone, a wartości, jakie uzyskuje się w różnych pomiarach potwierdzają, występowanie charakterystycznego klimatu lokalnego. Znacznie większe wahania w wartościach temperatury w poszczególnych latach wystąpiły w punkcie leśnym, co przedstawia poniższa tabela (tab. 1).

Tabela 1. Różnice w wartościach temperatury powietrza średniej, najwyższej i najniższej w przebiegu dziennym między rokiem 2004 a 2005 w wybranych punktach pomiarowych

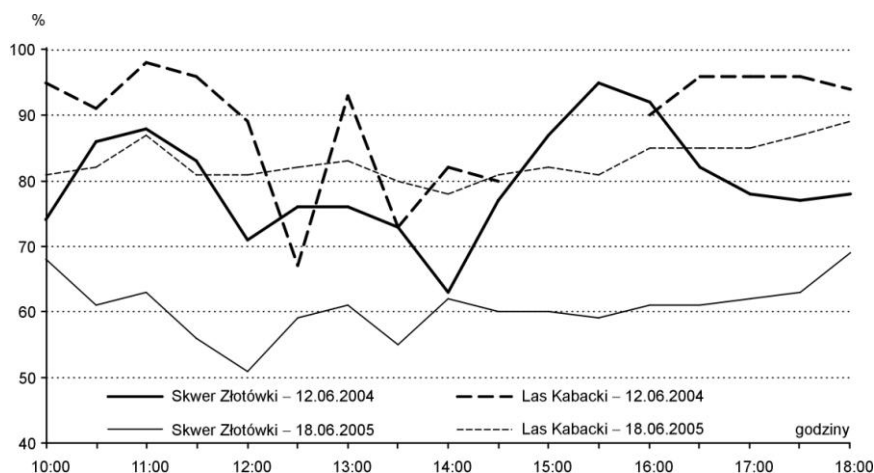
	punkt pomiarowy	średnia	maksimum	minimum
Temperatura powietrza [°C]	Skwer Złotówki	2,0	0,2	0,1
	Las Kabacki	3,4	4,4	2,9

W analizie dziennego przebiegu temperatury powietrza nie zaznacza się wyraźne zjawisko miejskiej wyspy ciepła. Spowodowane jest to krótkim przebiegiem pomiarów (10:00-18:00). Pomiary o godzinie 10:00 mimo wszystko obrazują fakt, że tereny zabudowane charakteryzują się podwyższoną temperaturą powietrza w stosunku do terenów peryferyjnych.

Warunki wilgotnościowe

W przypadku wilgotności zależność w stosunku do temperatury jest odwrotna. Oznacza to, że wartości wilgotności maleją aż do godzin popołudniowych (Bednarek, 1979). Teren leśny odznacza się podwyższonymi wartościami wilgotności względnej, natomiast obszar zabudowany wartościami najmniejszymi (rys. 4-5, tab. 2).

Na wstępie należy zaznaczyć, iż porównywanie warunków wilgotnościowych z roku 2004 do tych z 2005 jest bezzasadne, gdyż 12.06.2004 r. wystąpiły przelotne opady deszczu, wpływając na podwyższenie poszczególnych wartości wilgotności względnej nawet do 99% (Gogacz 2005).



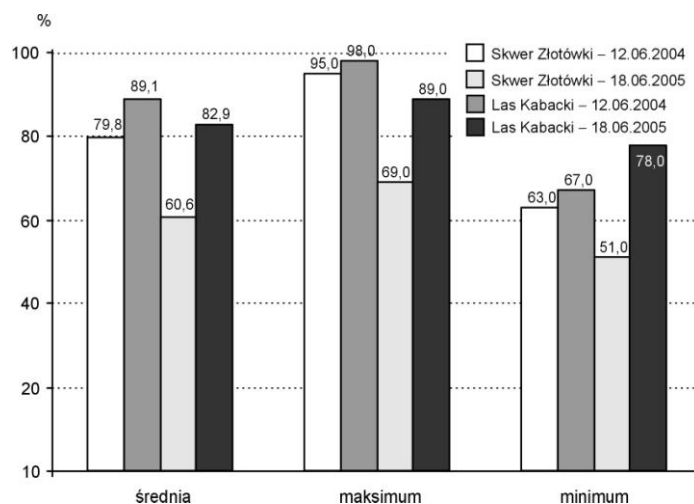
Rysunek 4. Przebieg wilgotności względnej powietrza w Kabatach w dniach 11 czerwca 2004 r. oraz 18 czerwca 2005 r.

W 2005 roku najwyższa wilgotność względna powietrza w punkcie 1 (Las Kabacki) przypadła na godzinę 18:00 wynosząc 89%, a najniższa 78% zmierzona około godziny 14:00. W punkcie 10 (Skwer Złotówki) najwyższa wilgotność względna przypadła na godzinę 18:00 (69%), najniższa zaś (51%) o godzinie 12:00. Średnia wilgotność wyniosła w tym punkcie jedynie 60,6% czyli była o 22,3 % niższa niż średnia wilgotność powietrza leśnego. Różnica między najwyższą a najniższą wartością wilgotności względnej odnotowanej w lesie wynosi 11%, natomiast na Skwerze Złotówki wyniosła 18%. Pomiary w 2004 roku nie oddają charakteru zróżnicowania pokrycia terenu. Po wystąpieniu opadów atmosferycznych na wszystkich stanowiskach pomiarowych wzrosły wartości wilgotności względnej. Na stanowisku leśnym najniższą wartością wilgotności powietrza było 67% a w terenie zabudowanym 63%. Różnica między wartościami uwidacznia się jedynie w przypadku wartości średnich, gdyż w osiedlu jest ona o 9,3% niższa niż w terenie leśnym.

Z analizy powyższych wartości wynika, że cechą najważniejszą tak dużego terenu zielonego jest stałe obniżanie temperatury powietrza i wzrost wilgotności powietrza w stosunku do terenów zabudowanych. Takie wartości wilgotności względnej powietrza wynikają z charakteru podłoża. Sztuczne betonowe powierzchnie odznaczają się mniejszą retencją i większym sływem powierzchniowym niż powierzchnie naturalne. Dodatkowo woda opadowa jest odprowadzana do kanalizacji, więc nie bierze ona udziału w parowaniu wpływającym na zmiany wartości wilgotności powietrza.

Tabela 2. Różnice w wartościach wilgotności względnej powietrza średniej, maksymalnej i minimalnej między rokiem 2004 a 2005 w wybranych punktach pomiarowych

	punkt pomiarowy	średnia	maksimum	minimum
Wilgotność względna powietrza [%]	Skwer Złotówki	19,2	26,0	12,0
	Las Kabacki	6,2	9,0	-11,0



Rysunek 5. Wilgotność względna powietrza średnia, najwyższa i najniższa w przebiegu dziennym w różnych latach

W przypadku wilgotności względnej i różnic uzyskanych między pomiarami w roku 2004 a 2005 największe kontrasty uzyskano w terenie zabudowanym. Na podwyższenie wartości wilgotności względnej w 2004 roku miały opady, które w znaczny sposób podwyższyły wartości wilgotności zmierzonej na Skwerze Złotówki i sięgają one aż 26%.

Wnioski

- Celem pracy jest określenie zakresu oddziaływania zabudowy na warunki termiczne i wilgotnościowe. Próbę rozwiązania tego problemu przedstawiono na przykładzie osiedla mieszkaniowego Kabaty, położonego na skraju południowej części Warszawy. Materiały źródłowe obejmują 2 dni pomiarów 11.06.2004 i 18.06.2005r. przeprowadzonych w ramach ćwiczeń terenowych z meteorologii i klimatologii.
- Miarami intensywności nagrzewania i wychładzania terenów zabudowanych w zależności od pory dnia i warunków pogodowych są różnice temperatury i wilgotności względnej powietrza między punktem 10 zlokalizowanym w osiedlu mieszkaniowym – Skwer Złotówki i punkcie 1 – położonym w Lesie Kabackim.
- W 2004 roku w godzinach porannych najmniejsza termiczna różnica między punktem położonym w terenie zabudowanym a położonym w Lesie Kabackim wyniosła 1,6°C (godzina 10:30). Po południu o godzinie 16:30 kontrast termiczny między punktem leśnym a punktem położonym w terenie zabudowanym osiągnął swoje maksimum i wyniósł 5,6°C.
- W 2005 uzyskano podobne wartości różnic temperatury powietrza w poszczególnych porach dnia między wybranymi punktami w Kabatach. Największa różnica między temperaturą zmierzoną w Lesie Kabackim a zmierzoną na Skwerze wyniosła aż 7,8°C (godziny okołopołudniowe, kiedy to teren zabudowany jest znacznie cieplejszy niż obszar naturalny). Najmniejsze kontrasty termiczne między zabudową a terenem zielonym wystąpiły o godzinie 14:00, kiedy to teren zabudowany był tylko o 2,5°C cieplejszy od terenu

leśnego (wynik przelotnych opadów deszczu, które znacząco wpłynęły na obniżenie wartości temperatury zmierzonych we wszystkich punktach pomiarowych).

- Zróżnicowanie wilgotności względnej było niewielkie ze względu na charakter warunków pogodowych. Jednakże większe wartości wilgotności powietrza wystąpiły w lesie Kabackim.

Literatura

- Bednarek A., 1979, *Wpływ zwartej zabudowy śródmiejskiej na warunki mikroklimatyczne na przykładzie Warszawy*, Zeszyt Naukowy SGGW-AR, Leśnictwo 27, Warszawa.
- Błaszczyk A., 2007, *Wpływ zabudowy na warunki termiczno-wilgotnościowe*, praca licencjacka wykonana na WGiSR UW.
- Gogacz K., 2005, *Klimat miasta – cechy charakterystyczne i struktura wewnętrzna*, praca licencjacka wykonana na WGiSR UW.
- Kossowska-Cezak U., 1973, *Osobliwości klimatu wielkomiejskiego na przykładzie Warszawy*, Prace i Studia IG UW, 12, seria: Klimatologia 7, Warszawa.
- Stopa-Boryczka M., Kopacz-Lembowicz M., Kossowska-Cezak U., Ryczywolska E., Wawer J., 1984, *Badania wpływu zabudowy na klimat lokalny w Warszawie*, Materiały z I Ogólnopolskiej Konferencji nt.: Klimat i bioklimat miasta, Łódź.
- Stopa-Boryczka M., Kopacz-Lembowicz M., Wawer J., 2001, *Klimat Warszawy w pracach Zakładu Klimatologii Uniwersytetu Warszawskiego, Badania Środowiska fizycznogeograficznego aglomeracji warszawskiej*, Prace Geograficzne, nr.180, IG i PZ PAN, Warszawa.
- Warakomski W., 1984, *Refleksje na temat metod badania klimatu miast*, Materiały I Ogólnopolskiej Konferencji nt.: Klimat i bioklimat miasta, Łódź.

8.9. Osiedla „Przyjaźń” – JELONKI

8.8.1. Wpływ warunków meteorologicznych na rozprzestrzenianie się zanieczyszczeń powietrza w porze zimowej i wiosennej w 1969/70 roku

Autor: Witold HUCULAK

Opiekunowie naukowci: Wincenty OKOŁOWICZ, Zofia KACZOROWSKA, Jerzy BORYCZKA

Celem pracy jest szczegółowa analiza kształtowania się wartości klimatycznego wskaźnika turbulencyjności w warstwie 1,5-21,5 m w powiązaniu z prędkościami i kierunkami wiatru, rodzajami mas powietrza, ciśnienia atmosferycznego, stopnia zachmurzenia i rodzajami chmur niskich w okresie: III. 1969- V. 1970 na podstawie materiału obserwacyjnego z Warszawy (Jelonki). Jest nim też charakterystyka rozkładów zapylenia w otoczeniu źródeł naziemnych w warunkach meteorologicznych badanego okresu. Analizę rozkładu zapylenia oparto na wyliczeniach stężeń pyłów przy powierzchni gruntu wziętych z literatury wzorów. Ze względu na szereg trudnych do uniknięcia uproszczeń metodycznych uzyskane wyniki stanowią jedynie przybliżoną charakterystykę zagadnienia.

W pracy zastosowano wzory Roberta na rozkład gęstości pyłów w otoczeniu punktowych naziemnych źródeł emisji:

$$\rho(x, y, z) = \frac{Q}{4\pi x} \left(\frac{K_y}{K_z} \right)^{-0,5} \cdot \exp \left[-\frac{u}{4x} \left(\frac{y^2}{K_y} + \frac{z^2}{K_z} \right) \right]$$

$$\rho_{\max} = \frac{Q}{4\pi x} \left(\frac{K_y}{K_z} \right)^{-0,5}$$

W warunkach miejskich, ze względu na duże nagromadzenie przeszkód dochodzi do silnego wymieszania powietrza, co powoduje, że parametry określające wymianę turbulencyjną nie podlegają zmienności z wysokością w warstwie rzędu kilkudziesięciu metrów. W tym przypadku założenia Roberta: $u(z) = \text{const}$, $K_y = \text{const}$, $K_z = \text{const}$ są w przybliżeniu spełnione, co pozwala wykorzystać powyższe wzory w analizie rozprzestrzeniania się pyłów. Korzystając z publikacji J. Boryczki i W. Okołowicza (1964b) dla średnich warunków meteorologicznych w warstwie kilkudziesięciu metrów nad powierzchnią Ziemi przyjęto stosunek $K_y/K_z = 2,5$.

Analiza dobowego przebiegu temperatury wykazała, że amplitudy temperatury zmieniają się w zależności od wysokości zgodnie z wykładniczą zależnością

$$a_1/a_2 = e^{-\lambda(z_1 - z_2)}, \quad \lambda = (v/2K_i)^{0,5}$$

gdzie: $v = 2\pi/86400$, K_i – współczynnik turbulencji.

Powyższe zależności pozwalają otrzymać wyrażenie na K_i w postaci podanej przez J. Boryczkę (1964, 1970):

$$K_i = 6,86 \cdot 10^{-6} (z_2 - z_1)^2 \cdot \log^{-2}(a_1/a_2)$$

Przybliżone rozkłady gęstości pyłu w otoczeniu źródeł naziemnych otrzymano przyjmując w przypadku średnich wartości założenie, że $K_z = K_i$.

Wyniki badań związków wskaźnika turbulencyjnego K_i z kierunkiem i prędkością wiatru, zachmurzeniem i ciśnieniem atmosferycznym i jego wpływu na rozkład stężeń pyłów przedstawiono w tabelach: 1a, 1b, 2a, 2b, 3, 4, 5 i na rysunkach: 1, 2, 3a, 3b, 4a, 4b i 5.

W okresie zimowym największym średnim dobowym prędkościom wiatru (>6,0 m/s) odpowiadały największe wartości wskaźnika turbulencyjności (6102 cm²/s). Im mniejsze prędkości, tym mniejsze są przeciętne wartości K_i tak, że w przedziale 0–2 m/s otrzymujemy zaledwie $K_i = 1290$ cm²/s. W okresie wiosennym zmienność jest podobna. Dążąc do uzyskania jak najbardziej równomiernego rozkładu wartości K_i z poszczególnych dni na wszystkie przedziały klasowe prędkości, zdecydowano się na przyjęcie innych, granic tych przedziałów niż w odniesieniu do pory zimowej. Jak widać, ze wzrostem średniej dobowej prędkości wiatru następuje szybki wzrost średnich wartości wskaźnika K_i od 3908 cm²/s w przedziale 0-2,5 m/s, do 14900 cm²/s w przedziale $\geq 5,6$ m/s.

Biorąc pod uwagę nie wartości średnie, lecz kolejne, pojedyncze dni rozpatrywanego okresu, znajdziemy wiele odchyłeń od tej ogólnej prawidłowości co ostatecznie znajduje swój wyraz w rezultatach wyliczeń korelacji między prędkością wiatru a wartościami współczynnika K_i . Znaczny rozrzut wartości K_i można tłumaczyć jednoczesnym nakładaniem się na siebie różnokierunkowych oddziaływań wielu czynników istotnych w kształtowaniu się mniej lub bardziej intensywnej turbulencji.

Linie regresji wartości $y = \log K_i$ względem średniej dobowej prędkości wiatru (x) określone są równaniami:

$$\text{zima} - y = 0,084x + 3,236$$

$$\text{wiosna} - y = 0,109x + 3,487$$

Współczynniki regresji w obu przypadkach wykazują znaczną rozbieżność a współczynnik korelacji r wyniósł w okresie zimowym zaledwie $r = 0,15$, będąc tylko nieco większym w porze wiosennej $r = 0,21$. Mimo to, można stwierdzić, że istnieje związek między wskaźnikiem K_i i prędkością wiatru. Zależność wskaźnika K_i od prędkości wiatru (polegająca na ogólnym wzroście wartości K_i wraz ze wzrostem prędkości) znaleziona przy średnich pełnej liczby danych nie daje się już stwierdzić w obliczeniach z uwzględnieniem poszczególnych kierunków wiatru. Przekonuje nas o tym porównanie ze średnimi, „kierunkowymi” wartościami K_i w poszczególnych miesiącach. Kierunki, z którymi wiążą się znaczne wartości współczynnika K_i powinny, w myśl tego, co powiedziano wyżej, cechować się również znacznymi prędkościami wiatru. Dane przedstawione w tabeli nie potwierdzają prawidłowości ogólnej. Można przypuszczać, że niewielka liczebność, w oparciu o którą wyliczono średnie kierunkowe wartości K_i , nie pozwoliła na uchwycenie tej zależności. Wyliczone na podstawie małej liczby danych średnie mogą, przy znacznych skokach wartości K_i w dniach o podobnych nawet warunkach meteorologicznych, kształtować się w sposób dość przypadkowy. Trzeba również liczyć się z tym, że na wartości K_i wpływają, poza prędkością wiatru, również inne czynniki.

Tak w okresie zimowym jak i wiosennym zróżnicowanie wartości K_i w zależności od kierunku wiatru jest znaczne, średnie dla całej zimy wykazują rozpiętość wartości od niespełna 1000 cm^2/s do ponad 25 000 cm^2/s .

Szczególnie dużymi wartościami wskaźnika K_i wyróżniają się kierunki: SE (25200) i S (9058 cm^2/s). W pozostałych przypadkach wartości te oscylują między 3000 a 4000 cm^2/s z wyjątkiem kierunków: NW (1791) i NE (989 cm^2/s). Dla cisz, co jest w pełni zrozumiałe, średnia wartość K_i jest mała (1325 cm^2/s).

Wiosną zdecydowanie najwyższe średnie wartości K_i są związane również z kierunkiem wiatru SE (40.300 cm^2/s). Duże są również wartości K_i w przypadku kierunków: NE i E (> 20000 cm^2/s) natomiast najmniejsze – z kierunków: W (2949 cm^2/s), NW (4622) i N (5871 cm^2/s). Podobnie jak i zimą, również i w okresie III-V z ciszami wiąże się stosunkowo niska średnia wartość $K_i = 4731 \text{ cm}^2/\text{s}$.

Podsumowując przedstawione wyniki pracy sformułować można kilka zasadniczych stwierdzeń:

1. Zarówno zimą jak i na wiosną uwidocznił się wyraźny związek między średnimi wartościami klimatycznego wskaźnika turbulencyjności a średnimi prędkościami wiatru.

2. Analiza zebranego materiału nie wykazała istnienia wyraźnego związku między wartościami K_i a ciśnieniem atmosferycznym, masami powietrza, stopniem zachmurzenia i rodzajami chmur niskich.

3. Stwierdzono znaczne zróżnicowanie wartości K_i w zależności od kierunku wiatru. Przyczyny wystąpienia tak istotnych różnic w okresie zimowym nie są jasne, natomiast wydaje się, że różnice wiosenne można tłumaczyć położeniem stacji (wyższe wartości wskaźnika przy wiatrach od strony miasta).

4. Intensywność wymiany turbulencyjnej była w okresie wiosennym większa ($K_i = 9272 \text{ cm}^2/\text{s}$) niż zimą ($K_i = 3960 \text{ cm}^2/\text{s}$). W każdej z badanych pór roku zaznaczyła się zależność średnich miesięcznych wartości K_i , od prędkości wiatru. Jednak różnic między średnimi wartościami w zimie i wiosną nie da się wytłumaczyć różnicami prędkości wiatru. Miesiącami o najintensywniejszej wymianie turbulencyjnej były marzec i maj, o najsłabszej zaś – grudzień i styczeń. Uzyskane wyniki odbiegają od rezultatów wcześniej przeprowadzonych na tej samej stacji badań, które wykazały zdecydowany wzrost wartości K_i w porze zimowej w porównaniu do okresu wiosennego. Z przedstawionych danych wynika, że średnią zimową wartość K_i można uznać za wyższą, wiosenną natomiast za niższą od wartości, jakich należałoby się spodziewać przeciętnie w okresie wieloletnim.

5. Analiza rozkładów zanieczyszczeń w otoczeniu źródeł naziemnych wykazała ogólnie większe zagrożenia w porze zimowej. Zimą najbardziej narażone na szkodliwe oddziaływanie zanieczyszczeń były tereny położone na południo-zachód, zachód, południo-wschód i wschód od założonego źródła emisji, wiosną zaś – na północo-wschód, wschód, południo-wschód i południe od źródła.

Tabela 1a. Zależność średniej wartości K_i od średniej prędkości wiatru w okresie zimowym

Prędkość wiatru (v , m/s) Warszawa-Okęcie	0,0-2,0	2,1-4,0	4,1-6,0	$\geq 6,0$
Współczynnik K_i (cm^2/s)	1260	3944	4430	6102

Tabela 1b. Zależność średniej wartości K_i od średniej prędkości wiatru w okresie wiosennym 1970

Prędkość wiatru (v , m/s) Warszawa-Okęcie	0,0-2,5	2,6-4,0	4,1-5,5	$\geq 5,5$
Współczynnik K_i (cm^2/s)	3908	6276	13460	14900

Tabela 2a. Kształtowanie się wartości wskaźnika turbulencyjnego K_i w zależności od ciśnienia atmosferycznego w zimie 1969/1970

Ciśnienie atm. (hPa)	$\leq 984,9$	985,0-994,9	995,0-1004,9	1005,0-1014,9	$\geq 1015,0$
Liczebność	3	11	17	19	5
Wskaźnik K_i (cm^2/s)	18360	4926	2079	5576	2372
Prędkość wiatru (m/s)	5,0	5,5	4,4	3,9	2,2
Zachmurzenie	6,7	7,1	5,9	6,0	4,8

Tabela 2b. Kształtowanie się wartości wskaźnika turbulencyjnego K_i w zależności od ciśnienia atmosferycznego wiosną 1970

Ciśnienie atmosferyczne (hPa)	$\leq 984,9$	985,0-994,9	$\geq 1005,0$
Wskaźnik K_i (cm^2/s)	5451	10540	12 700
Prędkość wiatru (m/s)	5,5	4,4	4,1
Zachmurzenie	6,1	5,0	4,3

Tabela 3. Kształtowanie się wartości wskaźnika turbulencyjnego K_i w zależności od kierunku wiatru w okresie grudzień 1969 – maj 1970

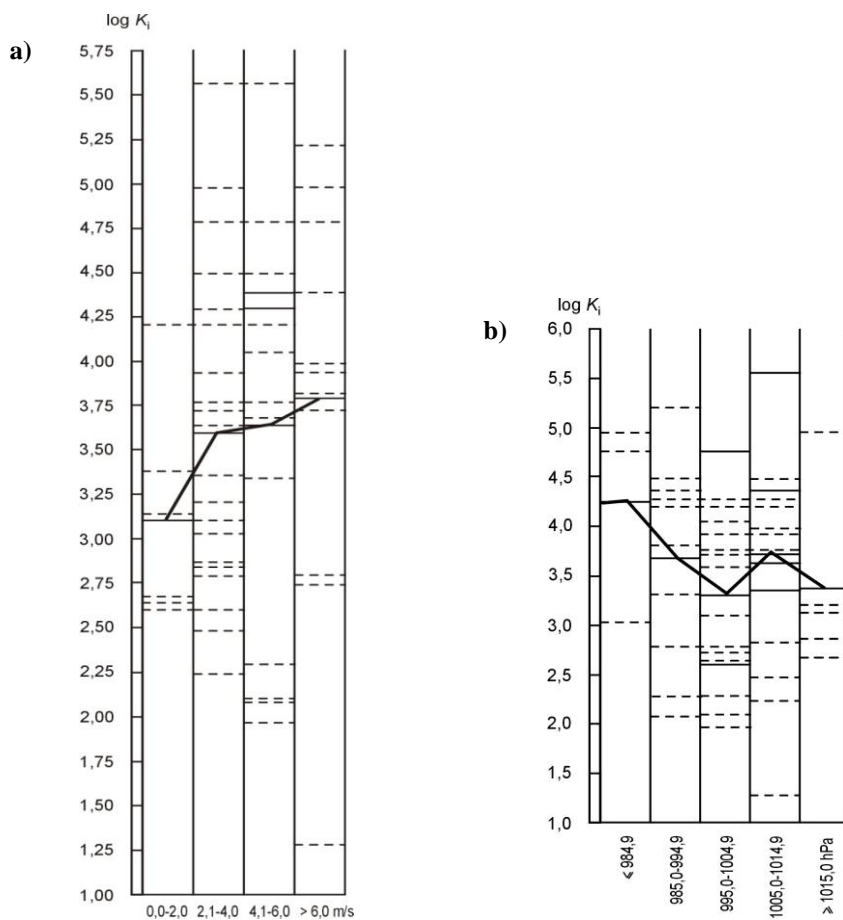
Data		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	C
Zima 1969/1970	K_{sr}	3627	989	3499	25200	9058	3726	3530	1791	1325
	v_{sr}	4,8	4,7	4,4	4,7	3,5	4,1	4,7	4,1	0,0
XII 1969	K_{sr}	7201	1910	2645	33690	3326	916	1374	1805	1048
	v_{sr}	4,3	4,5	4,9	3,8	2,9	2,6	3,4	3,1	0,0
I 1970	K_{sr}	4696	121	5957	34470	10220	4151	2789	2046	1617
	v_{sr}	4,6	5,2	3,6	3,4	3,2	5,5	5,4	5,4	0,0
II 1970	K_{sr}	441	459	1972	19320	14790	6516	10550	1434	2507
	v_{sr}	6,2	5,0	3,7	5,7	3,9	3,8	5,9	4,2	0,0
Wiosna 1970	K_{sr}	5871	21110	20440	40300	14440	10560	2949	4622	4731
	v_{sr}	4,1	4,3	4,6	4,4	4,5	5,5	4,8	3,6	0,0
III 1970	K_{sr}	39770	24220	5880	37790	19700	17250	3825	4830	–
	v_{sr}	3,0	5,0	4,9	4,3	5,0	6,2	5,7	5,0	–
IV 1970	K_{sr}	5171	11330	42880	40180	13750	7587	2288	6297	1938
	v_{sr}	3,4	3,0	3,0	4,0	4,9	5,6	4,9	3,1	0,0
V 1970	K_{sr}	5211	21210	44160	43270	8191	8015	2831	3245	6106
	v_{sr}	4,6	4,2	4,5	4,9	2,1	3,8	3,5	3,2	0,0

Tabela 4. Zależność średniej wartości K_i od średniego dobowego stopnia zachmurzenia w okresie grudzień 1969 – maj 1970

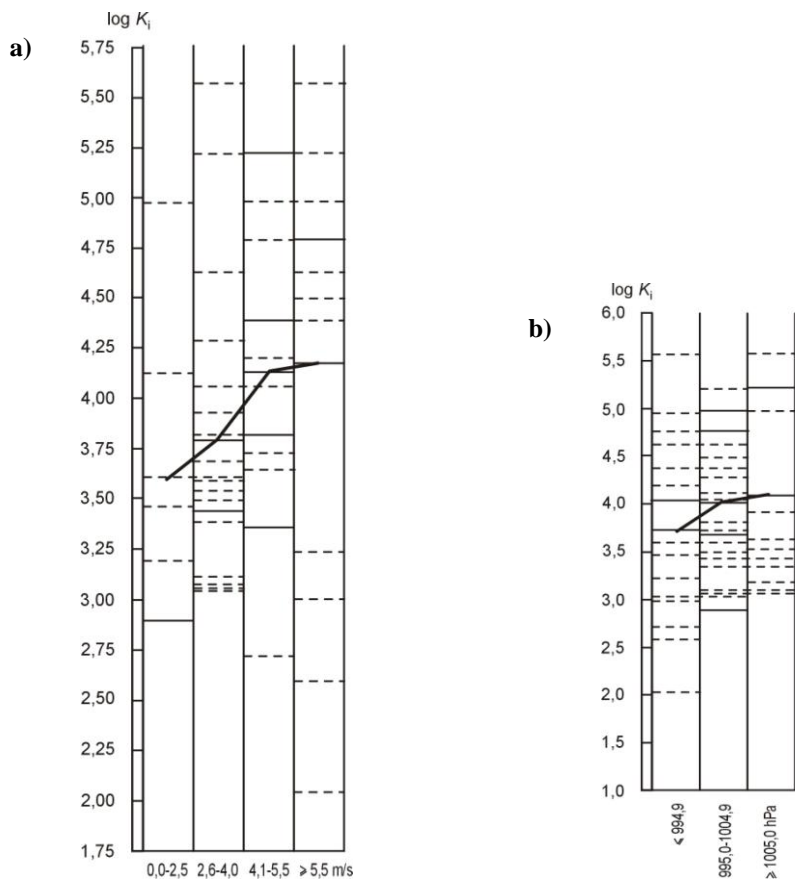
Zachmurzenie	≤ 3	3,0-4,9	5,0-6,9	7,0-8,0
Zima	4536	3032	2733	5040
Wiosna	6961	13230	8301	6988

Tabela 5. Średnie wartości wskaźnika turbulencyjnego K_i , prędkości wiatru, stopnia zachmurzenia i ciśnienia atmosferycznego w okresie grudzień 1969 – maj 1970

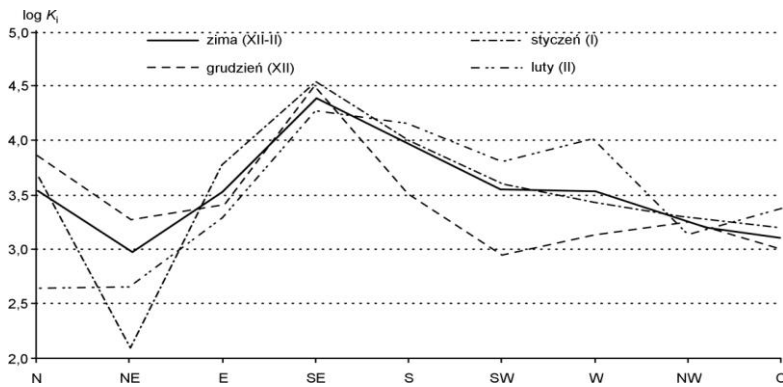
Okres	Prędkość wiatru [m/s]	Zachmurzenie	Ciśnienie [hPa]	K_i [cm^2/s]
XII/69	3,9	6,1	1006,2	2793
I/70	4,2	6,4	1003,9	3980
II/70	5,0	5,8	995,3	7216
Zima 69/70	4,3	6,1	1002,6	3960
III/70	5,2	5,9	997,5	10440
IV/70	4,4	5,5	997,6	7631
V/70	3,8	4,3	103,4	9952
Wiosna 70	4,4	5,2	999,8	9272

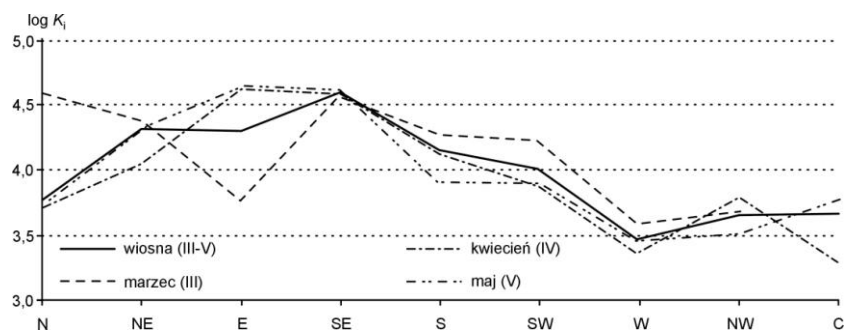


Rysunek 1. Zależność wskaźnika K_i od prędkości wiatru (a) i od ciśnienia atmosferycznego (b) z ukazaniem rozrzutu wartości w poszczególnych przedziałach klasowych – zima 1969/1970

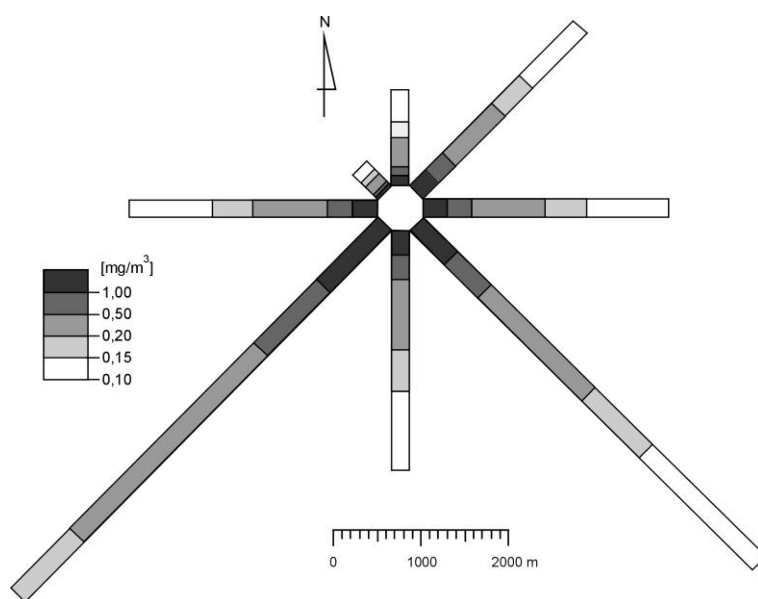


Rysunek 2. Zależność wskaźnika K_i od prędkości wiatru (a) i od ciśnienia atmosferycznego (b) z ukazaniem rozrzutu wartości w poszczególnych przedziałach klasowych – wiosna 1969/1970

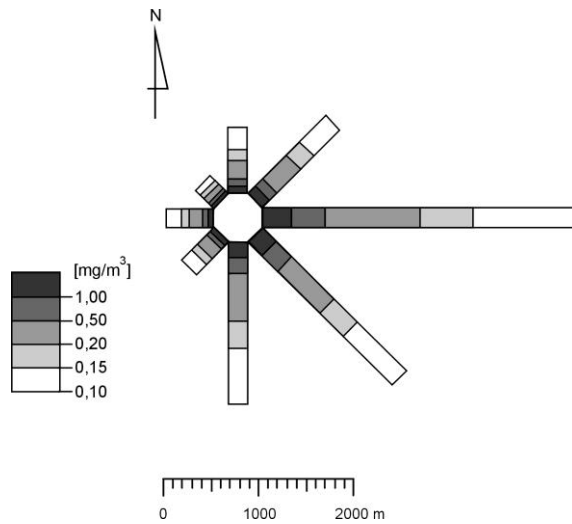




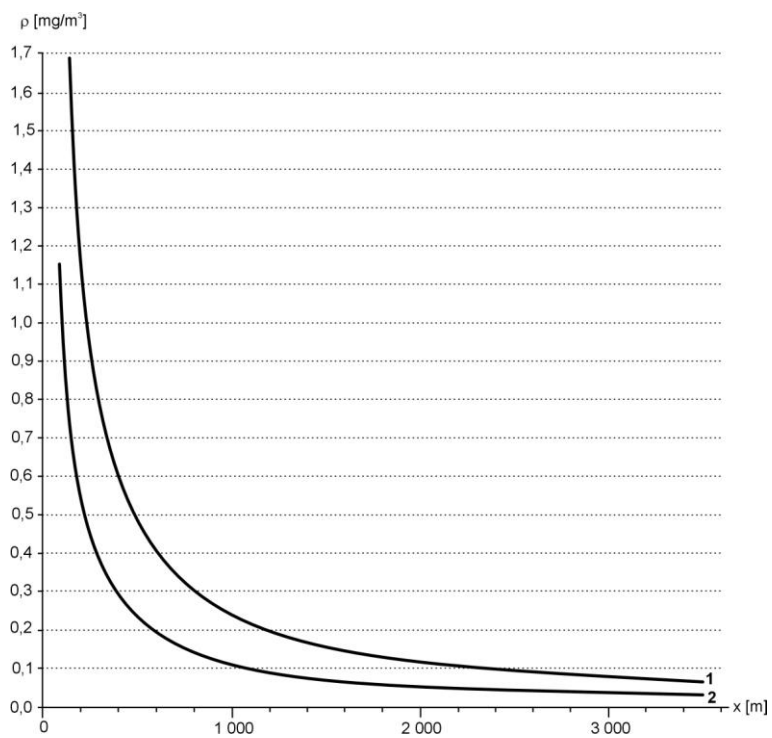
Rysunek 3b. Kształtowanie się wskaźnika turbulencyjnego K_i w zależności od kierunku wiatru w okresie wiosennym



Rysunek 4a. Rozkład gęstości pyłów przy powierzchni gruntu dla źródła naziemnego o wydajności $Q = 2\text{g/s}$ w okresie zimowym przy różnych kierunkach wiatru



Rysunek 4b. Rozkład gęstości pyłów przy powierzchni gruntu dla źródła naziemnego o wydajności $Q=2\text{g/s}$ w okresie wiosennym przy różnych kierunkach wiatru



Rysunek 5. Rozkład przestrzenny gęstości pyłów przy powierzchni gruntu w okresie zimowym (1) i wiosennym (2) dla źródła naziemnego o wydajności $Q=2\text{g/s}$ w przedziale prędkości wiatru v 2-5 m/s

8.9.2. Wpływ warunków meteorologicznych na rozprzestrzenianie się zanieczyszczeń powietrza w porze letniej i jesiennej w 1970 roku

Autor: Barbara KLEMENTYS

Opiekunowie naukowci: Wincenty OKOŁOWICZ, Zofia KACZOROWSKA, Jerzy BORYCZKA

Celem niniejszej pracy jest ilościowe określenie intensywności turbulencyjnego rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń powietrza emitowanych ze źródeł naziemnych o różnej wydajności w miesiącach letnich i jesiennych 1970r. w zależności od warunków atmosferycznych panujących w badanym okresie, oraz wykazanie konieczności przeprowadzania studiów klimatologicznych równoległe z badaniami nad mechanizmem turbulencyjnego rozprzestrzeniania się pyłów przy wszelkich zastosowaniach praktycznych.

Podstawą niniejszego opracowania są materiały obserwacyjne zebrane w okresie miesięcy letnich i jesiennych 1970 r. na stacji Warszawa-Jelonki. Codzienne pomiary temperatur ekstremalnych, prędkości i kierunków wiatrów oraz zjawisk atmosferycznych wykonywano na dwóch poziomach (1,5 i 21,5 m) celem ustalenia intensywności ruchów turbulencyjnych zależnych od kształtowania się amplitudy temperatury na różnych wysokościach. Punkty pomiarowe usytuowane na terenie jednostki Straży Pożarnej w odległości ok. 30 m, możliwie z dala od zabudowań, przy czym jedną z klatek meteorologicznych umieszczono na wieży z wysokości 20 m (rys. 1). Błędy pomiarowe wynikające z usytuowania punktów obserwacyjnych mogą być dość duże ze względu na bliskość przeszkód (budynki, drzewa) osłaniających klatkę na poziomie 1,5 m od strony północnej, wschodniej i południowej, oraz ze względu na dużą pojemność cieplną wieży (poziom 21,5 m).

Dla uzupełnienia materiału obserwacyjnego danymi dotyczącymi innych elementów meteorologicznych jak prędkość wiatru, wielkość zachmurzenia, wilgotność względna itp. wykorzystano dane ze stacji synoptycznej Warszawa-Okęcie. Celem dokonania możliwie najbardziej obiektywnych porównań uśredniono wartości badanych elementów na podstawie dwóch wybranych terminów (03^h i 12^h) odpowiadających mniej więcej momentowi występowania temperatury minimalnej i maksymalnej. Na podstawie zmian dobowych amplitud temperatury wraz z wysokością określono ilościową intensywność wymiany ciepła wyznaczając tzw. klimatyczny wskaźnik turbulencyjny K_i i zmiany jego średnich wartości w zależności od warunków atmosferycznych (tab. 1, 2a, 2b, 2c, 3a, 3b, 4-5, rys. 2-3)

Znajomość intensywności turbulencyjnej wymiany powietrza ma znaczenie przy określaniu wielkości i kierunku transformacji pyłów. Teoretyczne metody wyznaczania rozkładu gęstości pyłów zakładają stałość średnich prędkości wiatru i współczynników turbulencyjnej wymiany powietrza. Z pewnym przybliżeniem można przyjąć te założenia w przypadku warunków miejskich, gdzie termiczny i mechaniczny wpływ zabudowań osiąga wysokość ok. 60 m. Dla powyższych założeń rozwiązanie Roberta najlepiej opisuje rozprzestrzenianie się zanieczyszczeń w środowisku miejskim. Przy wyznaczaniu maksymalnych stężeń dla wartości średnich i stosunkowo długiego okresu czasu przyjmuje się, że wartość współczynnika pionowej turbulencyjnej transformacji masy K_z równa jest wartości klimatycznego wskaźnika turbulencyjnego K_i obliczonego na podstawie dobowych amplitud temperatury. Wyznaczone w ten sposób rozkłady gęsto-

ści pyłów są przeważnie zawyżone w porównaniu z wynikami badań empirycznych ze względu na przyjęte założenia stałości kierunku i prędkości wiatru, które w rzeczywistości jako jeden z przejawów zjawiska turbulencji podlegają ciągłym pulsacjom, w wyniku czego obszar stężeń maksymalnych ustawicznie zmienia swe położenie.

W procesie wymiany turbulencyjnej wszystkie przenoszone substancje rozprzestrzeniają się w kierunku swego gradientu pionowego (rozprzestrzenianie substancji zachodzi w kierunku ich rozrzedzania, to jest przeważnie ku górze), czyli ilości substancji przenoszonych w ciągu jednostki czasu przez jednostkę powierzchni, lub inaczej: zgodnie z pionowym spadkiem ich ilości na jednostkę odległości przy uwzględnieniu współczynnika wymiany turbulencyjnej, wspólnego dla wszystkich substancji oraz zależnego od charakteru podłoża i warunków atmosferycznych.

Znalezienie współzależności klimatycznego wskaźnika turbulencyjnego z elementami meteorologicznymi jest zadaniem trudnym ze względu na kompleksowy charakter turbulencji i niemożność wyeliminowania wpływów innych zjawisk, jak również traktowania poszczególnych elementów meteorologicznych wyrywkowo. Z tego też względu przedstawiona tu analiza ma charakter bardzo teoretyczny. Generalną próbą potraktowania wszystkich zjawisk w sposób kompleksowy niech będzie przebieg średnich wartości miesięcznych klimatycznego wskaźnika turbulencyjnego, prędkości wiatru, ciśnienia atmosferycznego, zachmurzenia, temperatury i wilgotności powietrza przedstawiony w tabelach i na rysunkach. Intensywność wymiany turbulencyjnej powietrza wzrasta w miesiącach jesiennych, osiągając wartości maksymalne w listopadzie.

W porze letniej maksimum wartości klimatycznego wskaźnika turbulencyjnego przypada na miesiąc czerwiec, co wiąże się z najwyższą w tej porze roku średnią prędkością wiatru i najniższą średnią temperaturą miesięczną, natomiast współczynnik ten osiąga swoje minimum w sierpniu, przy najmniejszej prędkości wiatru.

Jesienią maksimum wartości współczynnika K_i występuje w listopadzie, przy największej średniej prędkości wiatru i minimalnej średniej temperaturze miesięcznej, oraz maksymalnej wartości wilgotności względnej, natomiast najniższą, wartość osiąga ten współczynnik we wrześniu przy małej średniej prędkości wiatru, najwyższej w tej porze roku średniej wartości temperatury, oraz przy minimalnej wilgotności względnej powietrza. Wzrostowi średnich wartości: prędkości wiatru, zachmurzenia, wilgotności względnej, oraz spadkowi średniej temperatury powietrza i ciśnienia atmosferycznego towarzyszy wzrost wartości klimatycznego wskaźnika wymiany turbulencyjnej.

Zmiany wartości prędkości wiatru i temperatury powietrza, (elementów bezpośrednio związanych z procesami turbulencyjnymi) najwyraźniej kształtują przebieg klimatycznego wskaźnika turbulencyjnego. Istnieje współzależność wskaźnika K_i z kierunkiem wiatru. Wzrost intensywności wymiany turbulencyjnej powietrza obserwuje się przeważnie przy kierunkach zachodnich i południowych (latem przy kierunku zachodnim, jesienią przy południowo-wschodnim), spadek przy wschodnich i północnych.

Przy przeważających w badanym okresie układach cyklonalnych i odpowiadającym im niskim ciśnieniu, obserwuje się wzrost wartości wskaźnika wymiany turbulencyjnej.

Spadkowi wartości różnic temperatur maksymalnych i minimalnych odpowiada wzrost wartości wymiany turbulencyjnej, co najwyraźniej występuje w porze jesieni.

Intensywność wymiany turbulencyjnej powietrza wzrasta przy większym zachmurzeniu, osiągając wielkości maksymalne podczas dni pochmurnych, a minimalne przy pogodnych.

Tabela 1. Średnie miesięczne wartości wskaźnika wymiany turbulencyjnej K_i , prędkości wiatru v i ciśnienia atmosferycznego p

Okres	K_i (cm ² /s)	v (m/s)	p (hPa)
VI	12 090	4,4	1016
VII	7 371	3,7	1012
VIII	4 702	3,3	1015
Lato	7 483	3,8	1014
IX	5 796	3,9	1018
X	7 345	3,6	1019
XI	65 670	5,1	1011
Jesień	14 090	4,2	1016
Półrocze ciepłe	10 266	4,0	1015

Tabela 2a. Średnie miesięczne wartości wskaźnika wymiany turbulencyjnej K_i i prędkości wiatru v w dni pogodne $N > 0-2$

Okres	K_i (cm ² /s)	v (m/s)
VI	5 370	4,2
VII	5 012	2,6
VIII	4 571	3,1
Lato	4 973	3,3
IX	4 786	2,8
X	11 750	2,0
XI	33 115	4,0
Jesień	12 302	2,9
Półrocze ciepłe	7 823	3,1

Tabela 2b. Średnie miesięczne wartości wskaźnika wymiany turbulencyjnej K_i i prędkości wiatru v w dni chmurne (N w przedziale 2-8)

Okres	K_i (cm ² /s)	v (m/s)
VI	15 850	4,4
VII	7 761	3,7
VIII	4 786	3,4
Lato	8 381	3,8
IX	6 025	4,5
X	21 875	3,4
XI	69 180	4,2
Jesień	20 890	4,0
Półrocze ciepłe	13 230	3,9

Tabela 2c. Średnie miesięczne wartości wskaźnika wymiany turbulencyjnej K_i i prędkości wiatru v w dni pochmurne (N w przedziale 8-10)

Okres	K_i (cm ² /s)	v (m/s)
VI	57 540	5,8
VII	9 333	5,5
VIII	12 882	3,5
Lato	19 055	4,9
IX	177 830	3,5
X	23 985	5,2
XI	75 860	5,7
Jesień	68 630	4,8
Półrocze ciepłe	36 175	4,8

Tabela 3a. Średnie miesięczne wartości wskaźnika wymiany turbulencyjnej K_i i prędkości wiatru v (wszystkie dni, N w przedziale 0-10)

Okres	K_i (cm ² /s)	v (m/s)
VI	12 090	4,4
VII	7 371	3,7
VIII	4 702	3,3
Lato	7 483	3,8
IX	5 796	3,9
X	7 343	3,6
XI	65 670	5,1
Jesień	14 090	4,2
Półrocze ciepłe	10 266	–

Tabela 3b. Średnie miesięczne wartości wskaźnika wymiany turbulencyjnej K_i (cm²/s w przedziałach prędkości wiatru v)

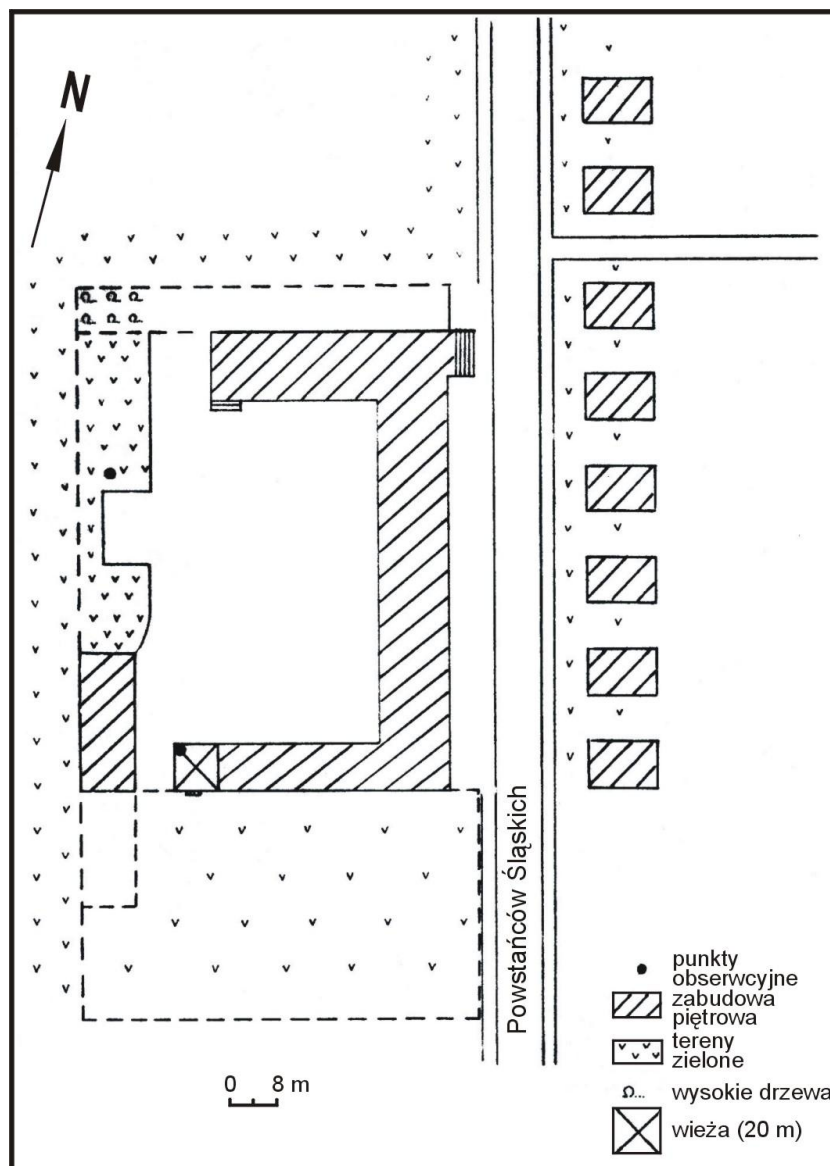
Okres	$\geq 0-4$ m/s	4-10 m/s
VI	12 285	22 170
VII	5 766	13 500
VIII	7 141	3 060
Lato	7 969	9 712
IX	7 500	11 790
X	3 844	163 600
XI	325 000	10 730
Jesień	21 085	27 450
Półrocze ciepłe	12 960	16 330

Tabela 4. Średnie miesięczne wartości wskaźnika turbulentycznej wymiany ciepła K_i i temperatury powietrza (wszystkie dni, N w przedziale 0-10)

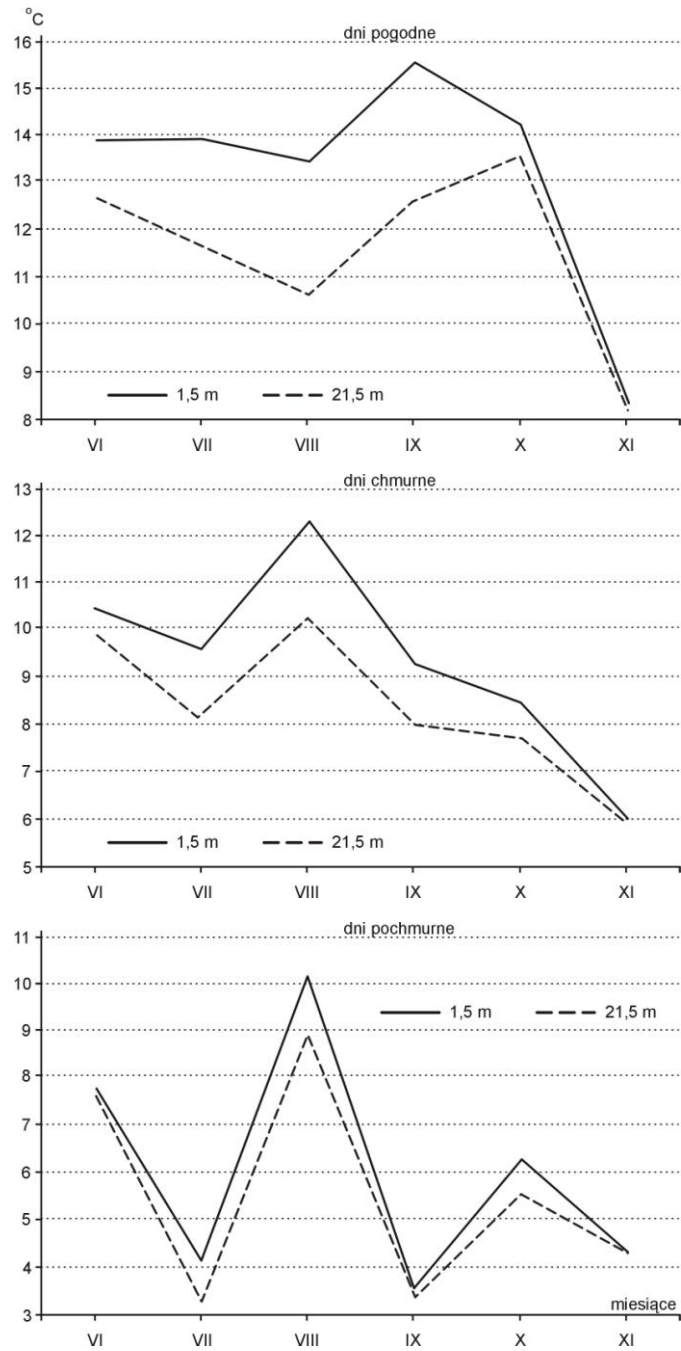
Okres	K_i (cm ² /s)	T (°C)
VI	12 090	13,5
VII	7 371	14,8
VIII	4 702	14,4
Lato	7 483	14,2
IX	5 796	9,3
X	7 346	6,2
XI	65 670	4,0
Jesień	14 090	6,5
Półrocze ciepłe	10 266	10,4

Tabela 5. Przebieg średnich wartości miesięcznych klimatycznego wskaźnika turbulentycznego K_i (cm²/s), prędkości wiatru v (m/s), ciśnienia p (mb), temperatury t (°C) i wilgotności względnej f (%)

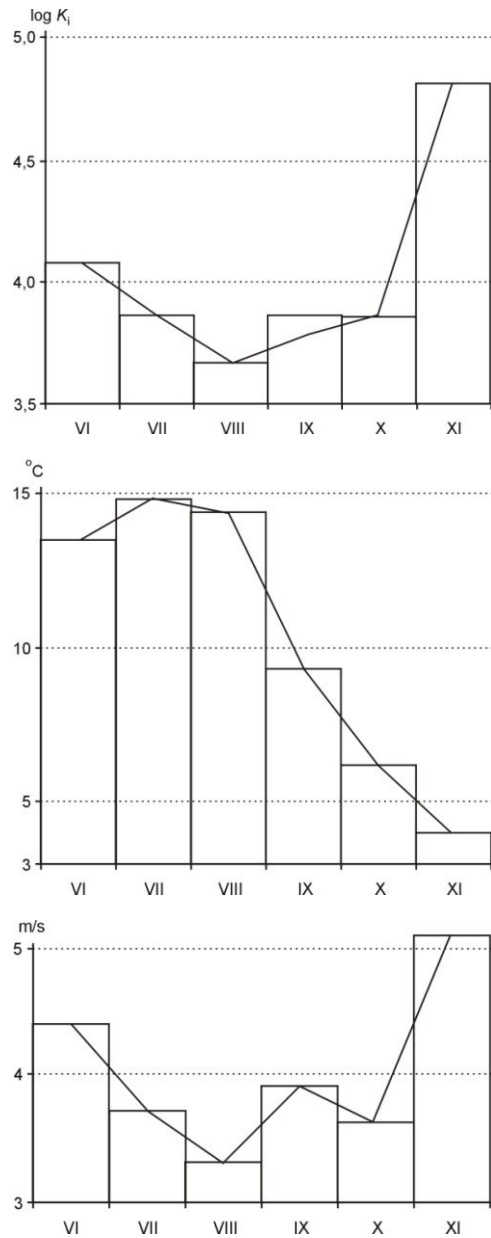
	K_i	v	P	N	t	H
VI	12090	4,4	1016	4	13,5	70
VII	7371	3,7	1012	5	14,8	74
VIII	4702	3,3	1015	4	14,4	72
L	7483	3,8	1014	4	14,2	72
IX	5796	3,9	1018	4	9,3	73
X	7343	3,6	1019	6	6,2	81
XI	65670	5,1	1011	6	4,0	84
J	14090	4,2	1016	5	6,5	79
VI-XI	10266	4,0	1015	4	10,4	76



Rysunek 1. Plan stacji Warszawa-Jelonki



Rysunek 2. Przebieg średnich miesięcznych wartości dobowych amplitud temperatury powietrza w zależności od wysokości i wielkości zachmurzenia



Rysunek 3. Średnie miesięczne wartości wskaźnika K_1 , temperatury powietrza ($^{\circ}\text{C}$) i prędkości wiatru (m/s)

8.10. ŚRÓDMIEŚCIE WARSZAWY

8.10.1. Stratyfikacja temperatury powietrza w warstwie do 130 m nad poziomem podłoża w Śródmieściu Warszawy

Urszula KOSSOWSKA-CEZAK¹

W 1955 roku oddano do użytku Pałac Kultury i Nauki, wzniesiony w samym centrum Warszawy, w kwartale ulic Aleje Jerozolimskie – Świętokrzyska i Marszałkowska – Emilii Plater. Obszar ten do Powstania Warszawskiego był pokryty zwartą, kilkukondygnacyjną zabudową. Zabudowa ta, częściowo zniszczona podczas powstania, w celu uzyskania miejsca na PKiN została całkowicie usunięta, a w jej miejscu wzniesiono gmach o rozmiarach na poziomie ulicy około 250 m × 210 m i o wysokości wraz z iglicą około 230 metrów. Główny trzon budowli liczy 33 kondygnacje (około 130 metrów). Budynek od strony południowej (Aleje Jerozolimskie) i – w większym stopniu – północnej (ulica Świętokrzyska) jest otoczony zielenią parkową, a od strony wschodniej (ulica Marszałkowska) rozciąga się wyłożony granitową kostką Plac Defilad, od ulicy oddzielony tylko wąskim pasem trawnika.

Pojawienie się tak nowego i odmiennego elementu w zabudowie samego serca Warszawy stało się bodźcem do podjęcia badań mikroklimatycznych w otoczeniu PKiN oraz badań stratyfikacji temperatury na podstawie jej pomiarów na tarasach budynku. Badania takie zostały przeprowadzone podczas roku 1960, a ich wyniki zawarte w pracy magisterskiej Urszuli Kossowskiej pt. *Warunki termiczne i wilgotnościowe otoczenia Pałacu Kultury i Nauki w Warszawie na podstawie obserwacji w ciągu roku 1960* w ówczesnej Katedrze Klimatologii Wydziale Biologii i Nauk o Ziemi Uniwersytetu Warszawskiego, pod kierunkiem prof. Wincentego Okołowicza.

Badania objęły pomiary marszrutowe temperatury i wilgotności względnej w 5 punktach wokół budynku PKiN oraz rejestrację tych samych elementów meteorologicznych (termohigrografy) na tarasach 15 i 33 piętra, tj. na wysokości około 60 i 130 metrów nad poziomem ulicy.

Pomiary marszrutowe wykonywano w obowiązujących wówczas terminach obserwacji klimatologicznych tzn. o godzinie 7, 13 i 21 miejscowego czasu słonecznego, a w okresie lata dodatkowo o wschodzie i zachodzie Słońca. Wykonano łącznie 230 serii pomiarowych. Wyniki tych pomiarów wykazały powszechnie dziś znane prawidłowości, takie jak:

- występowanie w ciepłym okresie roku niższej temperatury i wyższej wilgotności względnej nad trawnikami niż płytami chodnikowymi i kostką granitową, zwłaszcza w godzinach rannych i wieczornych;

¹ Artykuł powstał na podstawie pracy magisterskiej U. Kossowskiej pt. *Warunki termiczne i wilgotnościowe otoczenia Pałacu Kultury i Nauki w Warszawie na podstawie obserwacji w ciągu roku 1960*.
Opiekun naukowy: Wincenty OKOŁOWICZ.

- występowanie wyższej temperatury w pobliżu ściany budynku niż w większej odległości, zwłaszcza po stronie południowej budynku;
- zanik różnic termicznych i wilgotnościowych między stanowiskami różnie usytuowanymi przy wzroście zachmurzenia, a w szczególności przy zachmurzeniu całkowitym;
- występowanie niższej temperatury po stronie dowietrznej niż zawietrznej budynku;
- wzrost zróżnicowania termicznego i wilgotnościowego między stanowiskami pomiarowymi od zimy do lata. Stwierdzone różnice nie były duże, średnio do około $0,5^{\circ}\text{C}$ i do 5%, zwykle jednak mniejsze.

Stwierdzony charakter zróżnicowania przestrzennego temperatury i wilgotności powietrza w otoczeniu PKiN niestety obecnie nie ma wartości poznawczej ze względu na ogromne zmiany, jakie zaszły w ciągu minionych 48 lat w tym otoczeniu: zwiększyła się znacznie masa roślinności, zwłaszcza w parku od strony ulicy Świętokrzyskiej, a stanowiący wówczas otwartą przestrzeń Plac Defilad został pokryty halami handlowymi i innymi prowizorycznymi zabudowaniami. Nie ma zatem żadnego odniesienia ówczesnych wyników do warunków współczesnych.

Znaczenie poznawcze zachowują natomiast wyniki dotyczące stratyfikacji temperatury powietrza, oparte na jej rejestracji i pomiarach marszrutowych. Termohigrografy były umieszczone w klatkach meteorologicznych, po północnej stronie budynku, na tarasach 15. i 33. piętra. Punktem odniesienia na poziomie ulicy (ściśle – 1 m nad płytami chodnikowymi) był punkt zlokalizowany również po północnej stronie budynku, w jego pobliżu. Wartość tych badań jest pod tym względem większa, że poza tym w śródmieściu Warszawy nigdy nie były wykonywane pomiary gradientowe temperatury. Niestety, w pracy zagadnienie stratyfikacji temperatury nie zostało opracowane z uwzględnieniem pór roku, lecz sumarycznie za cały okres badawczy (od marca 1960 do połowy stycznia 1961), za to z uwzględnieniem wielkości zachmurzenia i kierunku wiatru, w terminach obserwacyjnych: porannym, południowym i wieczornym. Średnie wartości pionowego gradientu temperatury ($^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$) w kolejnych terminach, w warunkach małego (< 20%) i dużego (> 80%) zachmurzenia oraz średnie, przy wietrze i przy ciszy podano w tabeli 1.

W godzinach porannych stratyfikacja temperatury powietrza okazała się znacznie zróżnicowana w zależności od typu pogody, a zwłaszcza od wielkości zachmurzenia. Przy małym zachmurzeniu średnio w całej warstwie do 130 m nad poziomem ulicy utrzymywała się słaba inwersja, ze wzrostem temperatury o $0,3^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$, ale przy ciszy do wysokości 60 m była izotermia, powyżej zaś inwersja o gradientie $0,9^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$, którą należy uznać za inwersję wzniesioną. Przy dużym zachmurzeniu występował spadek temperatury z wysokością, przy czym przeciętnie był on większy w warstwie 60-130 m, a przy ciszy 1-60 m. Średnio w całym okresie o godzinie 7 rano do wysokości 60 m panowała izotermia, a powyżej niewielki spadek temperatury ($-0,4^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$), natomiast przy bezruchu powietrza w dolnej warstwie – niewielki spadek temperatury z wysokością, a wyżej bardzo słaba inwersja. Oznacza to, że bezruch powietrza sprzyja wcześniejszemu ustalaniu się stratyfikacji dziennej (insolacyjnej) nad podłożem niż w warunkach mieszania się powietrza na skutek wiatru.

W godzinach okołopołudniowych (godz. 13) bez względu na wielkość zachmurzenia i ruch powietrza występował zawsze spadek temperatury z wysokością (stratyfikacja insolacyjna), przy czym wielkość zachmurzenia nie miała istotnego wpływu na wartość gradientu pionowego: przeciętnie w warstwie do 60 m wynosił on od $-0,7$ do $-0,8^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$, od 60 do 130 m był to gradient ponadadiabatyyczny $-1,1^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ a przy małym zachmurzeniu $-1,4^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$.

Oznacza to, że przy ruchu powietrza nie zaznaczył się normalnie obserwowany w otwartej przestrzeni spadek gradientu pionowego temperatury z wysokością. Możliwe, że było to związane z oddziaływaniem bryły budynku na ruch powietrza, a tym samym na rozkład przestrzenny jego temperatury. Przy ciszy bowiem wyraźnie większe gradienty (ponadadiabatyczne od $-1,7$ do $-1,5^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$) były w dolnej warstwie i zmniejszały się na większej wysokości; największy gradient ($-1,0^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$) ustalał się tu przy małym zachmurzeniu.

Wieczorem, po zachodzie Słońca (godz. 21) bez względu na wielkość zachmurzenia i warunki wiatrowe stratyfikacja temperatury ulegała wyraźnemu rozwarstwieniu: do 60 m powstawała inwersja (szczególnie silna przy małym zachmurzeniu – wzrost temperatury średnio o $1,0^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$, a przy ciszy nawet o $1,3^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$), a powyżej utrzymywała się jeszcze stratyfikacja dzienna, to znaczy spadek temperatury z wysokością.

Badania związku stratyfikacji temperatury z kierunkiem wiatru wykazały, że rano największy spadek temperatury z wysokością występuje przy wiatrach zachodnich i południowo-zachodnich, a inwersjom sprzyja wiatr południowy i południowo-wschodni. W ciągu dnia większy spadek temperatury z wysokością zaznacza się przy wiatrach z północnej i wschodniej części horyzontu niż z części południowej. Wieczorem rozkładowi temperatury z dolną inwersją szczególnie sprzyjają wiatry z południowo-wschodniej połowy horyzontu.

Aby móc właściwie ocenić uzyskane wyniki, należy wspomnieć o warunkach pogodowych w roku, w którym przeprowadzono badania. Rok 1960 na tle 50-lecia 1951-2000 w pierwszej połowie był rokiem przeciętnym tak pod względem temperatury, jak i opadów. Lato 1960 r. było chłodne (średnia temperatura od lipca do września była o $1,4$ $-1,2^{\circ}\text{C}$ niższa od średniej 50-letniej), a lipiec ponadto był miesiącem bardzo deszczowym (prawie 220% średniej sumy wieloletniej opadów). Okres od października do grudnia natomiast, zwłaszcza grudzień, były cieplejsze niż przeciętnie (o $3,6^{\circ}\text{C}$); dopiero styczeń 1961 był nieznacznie chłodniejszy. Chłodne lato i łagodna zima, dość częste opady nie sprzyjały zatem wyzwalaniu się znacznie większych kontrastów termicznych i wilgotnościowych w rozkładzie przestrzennym, prawdopodobnie też prowadziły do zmniejszenia gradientów pionowych temperatury – zarówno ujemnych, jak i dodatnich. Dlatego też można wyrazić przypuszczenie, że w warunkach bardziej skrajnej pogody – gorącego, suchego lata i mroźnej zimy (wyżowej, o mniejszym zachmurzeniu) – niekorzystne zjawisko nocnych inwersji temperatury może zaznaczyć się o wiele silniej niż w badanym okresie.

Na zakończenie można tylko wyrazić żal, że badania te nie były kontynuowane. Obecnie, gdy obok PKiN „wyrosły” budynki równie wysokie, znajomość warunków termicznych panujących na wysokości kilkudziesięciu pięter nad poziomem ulicy byłaby bardzo przydatna.

Tabela 1. Wielkość pionowego gradientu temperatury ($^{\circ}\text{C}/100\text{m}$) w różnych porach dnia przy różnej wielkości zachmurzenia, przy wietrze i ciszy w warstwach 1-60 m i 60-130 m w Warszawie w 1960 r.

Godzina	Wiatr	Wielkość zachmurzenia (%)					
		<20		>80		Średnio (0 -100)	
		1-60 m	60-130 m	1-60 m	60-130 m	1-60 m	60-130 m
7	średnio	0,3	0,3	-0,2	-0,9	0,0	-0,4
	cisza	0,0	0,9	-1,0	-0,4	-0,5	0,1
13	średnio	-0,8	-1,4	-0,7	-1,1	-0,8	-1,1
	cisza	-1,7	-1,0	-1,5	-0,9	-1,7	-0,7
21	średnio	1,0	-0,9	0,5	-1,0	0,7	-1,0
	cisza	1,3	-0,6	–	-0,9	0,8	-0,6

8.10.2. Warunki odczuwalne w śródmieściu Warszawy w latach 1966-1970

Autor: Bożena MOSAKOWSKA

Opiekun naukowy: Maria KOPACZ-LEMBOWICZ

Rozdział ten jest podsumowaniem badań nad warunkami odczuwalnymi w śródmieściu Warszawy w latach 1966-1970. Klimat odczuwalny opracowano w oparciu o wskaźnik bioklimatyczny – temperaturę efektywną.

Przeprowadzona analiza przedstawia, jak kształtują się odczucia termiczne w ciągu roku w śródmieściu Warszawy i pozwala na podanie pewnych cech bioklimatu w centralnych rejonach miasta oraz na wskazanie bodźców środowiska atmosferycznego działających na ustrój człowieka, a zmieniających swoje nasilenie wraz ze zmianami warunków pogodowych.

Generalnie klimat Warszawy zaliczany jest do klimatu nizinnego. Z punktu widzenia klimatologii lekarskiej, klimat nizinny określany jest jako stosunkowo słabobodźcowy w porównaniu z klimatem górskim czy klimatem morskim, ze względu na wartości charakteryzujących go parametrów meteorologicznych, a także dlatego, że jest klimatem, w którym żyje i do którego zaadaptowała się większość mieszkańców naszego kraju.

Pomimo, że ogólny charakter stolicy cechuje się słabą bodźcowością, w Śródmieściu można wyróżnić kilka niekorzystnych dla organizmu człowieka cech bioklimatycznych.

Śródmieście stanowi zwarta zabudowa. Brak jest tutaj otwartych przestrzeni za wyjątkiem parków, w których gęsta roślinność również modyfikuje warunki odczuwalne poprzez uniemożliwienie szybkiego ruchu powietrza. Szczególnym modyfikacją w śródmieściu ulega właśnie wiatr pod wpływem zabudowy, podłoża i roślinności. Taki charakter tej dzielnicy powoduje, że bardzo utrudnione jest przewietrzanie centralnych rejonów miasta, a dodatkowo niekorzystny wpływ na warunki odczuwane przez człowieka wywiera ciepło pochodzenia antropogenicznego.

W wyniku wymienionych czynników w Śródmieściu najmniej korzystne dla organizmu ludzkiego stany odczuć termicznych występują latem, a konkretnie w lipcu. Jest to miesiąc, w którym bardzo często występuje odczucie gorąca (rys. 1-2). Dość często odczucie to pojawia się w tym miesiącu dzień po dniu. Nieprzerwane utrzymywanie się warunków gorąca jest szczególnie źle odbierane przez człowieka w centralnych rejonach miasta. Uciążliwe warunki termiczne latem w mieście mogą być nawet przyczyną wzrostu śmiertelności, głównie wśród ludzi starszych i chorych. W badanym pięcioleciu najdłuższy okres gorąca w Warszawie trwał 7 dni.

Nie tylko stan przegrzania występuje latem w mieście. Z analizy zmienności warunków odczuwalnych z dnia na dzień stwierdzono, że lipiec należy do najbardziej bodźcowych miesięcy (po kwietniu) w centralnej dzielnicy, występują w nim bardzo często zmiany bodźcowe, tzn. zmiany o 2 stopnie odczucia a więc także warunki przechłodzenia. Podczas gdy od czerwca do sierpnia przeważa uczucie dyskomfortu spowodowane przegrzaniem, od września do kwietnia ponad 50% stanowią warunki przechłodzenia. Największy udział (ponad 80%) odczucia zimna i chłodu notowany jest od grudnia do marca, w tym powyżej 50% wszystkich dni przypada na dni z „zimnem”.

Szczególnie uciążliwe dla organizmu ludzkiego jest długotrwałe utrzymywanie się warunków zimna. Okresy zimna trwające nieprzerwanie są najdłuższymi i najczęściej spotykanymi. Najdłuższy z nich trwa przez 20 kolejnych dni, a w sumie zanotowano 5 ponad 10-dniowych takich okresów.

Warunki dyskomfortu, tj. przechłodzenia i przegrzania, przeważają we wszystkich miesiącach. Zdecydowanie najmniejszy ich udział jest w maju, kiedy komfort stanowi 40%. Jest to miesiąc najdogodniejszy pod względem odczuć termicznych w śródmieściu Warszawy. Generalnie najkorzystniejsze warunki odczuwalne panują w przejściowych porach roku, a więc wiosną i jesienią.

Wiadomą rzeczą jest, że miasto działa łagodząco na klimat, a tym samym na warunki odczuwane przez jego mieszkańców. Przejawia się to między innymi we wspomnianym wpływie zabudowy śródmiejskiej na zmniejszenie prędkości wiatru. Fakt ten znajduje potwierdzenie w analizie porównawczej warunków odczuwalnych Śródmieścia z warunkami odczuwalnymi na obszarze niezabudowanym – lotnisku Warszawa-Okęcie opracowanymi przez M. Szulc (praca magisterska pisana równolegle, uwzględniająca ten sam okres badań 1966-1970). Otóż prędkość wiatru na Okęciu jest średnio o 2 m/s większa niż w Śródmieściu. Nieograniczona niczym prędkość wiatru na obszarze niezabudowanym ma poważny wpływ na obniżenie wartości TE w tej części miasta, a tym samym pogorszenie warunków odczuwanych przez człowieka.

Największe różnice TE w Śródmieściu i na Okęciu występują w styczniu – średnio 4,4, gdyż zimą wiatr przyjmuje największe prędkości i spełnia główną rolę chłodzącą. W tej też części roku na peryferiach miasta występują znacznie bardziej niekorzystne warunki dla organizmu ludzkiego niż w Śródmieściu. Na obszarze niezabudowanym zdecydowanie w ciągu całego roku przeważają warunki dyskomfortowe spowodowane przechłodzeniem. Odczucie przechłodzenia występuje tu o 13% częściej niż w centralnych rejonach miasta.

Należy dodać, że w ciągu roku najczęstszym odczuciem na Okęciu jest „zimno”, które w miesiącach zimowych przekracza tu aż 90%, podczas gdy w Śródmieściu najczęściej występuje „chłodno”.

Generalnie dyskomfort z powodu przechłodzenia jest poza miastem ponad 4 razy częstszy niż warunki przegrzania, natomiast w Śródmieściu „przechłodzenie” notuje się tylko 2 razy częściej niż odczucie ciepła i gorąca.

W przypadku porównania częstości występowania poszczególnych stanów odczucia termicznego, udział „zimna” jest prawie o połowę większy na Okęciu niż w Śródmieściu. Liczba dni ciepłych i gorących jest natomiast 2 razy większa w mieście. Jeżeli chodzi o najkorzystniejsze warunki – komfort jest tylko o 4% dni częściej spotykany na obszarze zabudowanym.

W przebiegach rocznych częstości odczuć termicznych chłodniejszy reżim na przedmieściu przejawia się tym, że występują tu miesiące, w których „zimno” stanowi 100% oraz tylko 1 miesiąc w roku pozbawiony jest dni „zimnych”, podczas gdy w Śródmieściu 5 miesięcy. Przy tak dużym udziale dni z odczuciem zimna, „ciepło” w ogóle nie pojawia się w okresie zimy na Okęciu, jak to ma miejsce w Śródmieściu.

Bardzo niekorzystne dla organizmu człowieka zjawisko długotrwałości uciążliwych warunków odczuwalnych w znacznie większym stopniu zaznacza się na Okęciu. Najbardziej uciążliwe okresy zimna są tu o wiele częstsze i dłuższe. Najdłuższy z nich trwający 53 dni jest o 33 dni dłuższy od najdłuższego okresu zimna w Śródmieściu. Ponadto na

lotnisku do bardzo długich i niekorzystnych okresów należy zaliczyć 6 ponad 20-dniowych okresów zimna, podczas gdy w mieście wcale nie notuje się tak długich stanów zimna. Stałość zimna, czyli następowanie po sobie odczucia zimna, 2 razy częściej występuje poza miastem niż w jego centralnych rejonach.

Do innych uciążliwych okresów należą okresy gorąca, których jest znacznie mniej i są krótsze. W przeciwieństwie do „zimna” okresy gorąca dłużej trwają w Śródmieściu. Zjawisko to, następowanie po sobie odczucia gorąca, bardzo rzadkie na terenie odsłoniętym, jakim jest lotnisko, w mieście jest 3 razy częstsze, co potwierdza fakt, że bardziej niekorzystne warunki występują latem w Śródmieściu niż na peryferiach. W gorące dni mury domów i nawierzchnie ulic ulegają bardzo szybkiemu nagrzewaniu się, a przy dodatkowym źródle ciepła, jakim są uruchomione samochody oraz bardzo utrudni one przewietrzanie tej części miasta, w Śródmieściu panują latem bardzo niekorzystne warunki.

W mieście do dość długotrwałych należy zaliczyć także okresy z odczuciem „ciepło”, z których 2 najdłuższe trwające po 11 dni są 2 razy dłuższe niż na Okęciu.

Jeżeli przyjmiemy za najbardziej uciążliwe okresy powyżej 10-dniowe warunków zimna i gorąca, to na obszarze niezabudowanym jest ich 2 razy więcej niż w Śródmieściu. Utrzymywanie się niekorzystnych odczuć termicznych przez tak długi okres odznacza się niewielką, częstością na UW, natomiast na Okęciu jest takich okresów 14, w tym prawie wszystkie to okresy zimna.

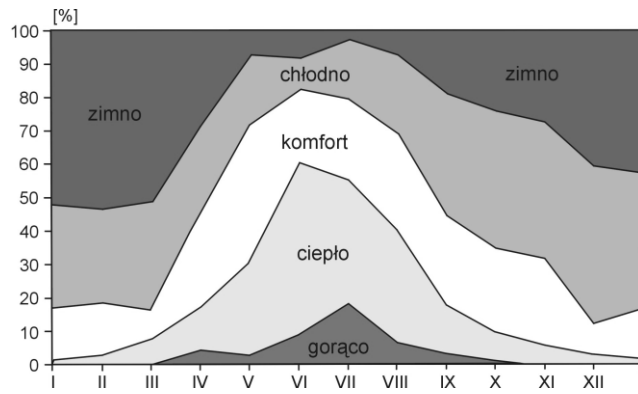
Podobna sytuacja występuje w przypadku zmienności warunków odczuwalnych z dnia na dzień, która określa bodźcowość klimatu. Znacznie większą liczbę zmian bodźcowych zauważa się na obszarze niezabudowanym.

Najbardziej niekorzystne dla organizmu ludzkiego zmiany o 3 stopnie odczucia są 5 razy częstsze na lotnisku niż w centralnych rejonach miasta (15 i 3). Dla przybliżenia tej różnicy, zmiana ciepło-zimno najczęstsza na Okęciu ze zmian silnie bodźcowych, występuje tu 8 razy, zaś w Śródmieściu pojawia się tylko raz.

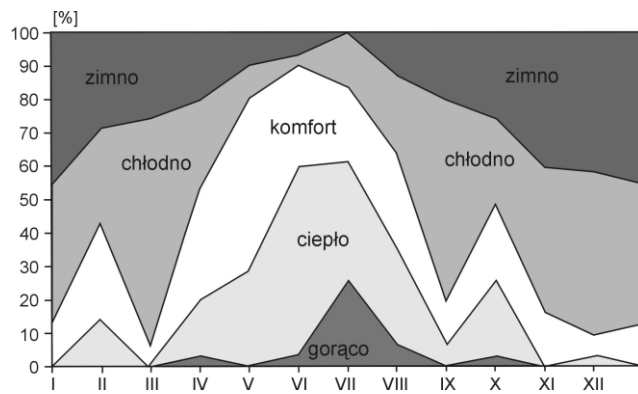
Na podstawie tak dużej różnicy w liczbie zmian powodujących bardzo negatywne bodźce dla organizmu człowieka można stwierdzić, jak silnie bodźcowy jest klimat obszarów niezabudowanych w porównaniu z terenem zabudowanym. Analiza porównawcza częstości odczuć termicznych na obu stacjach potwierdza fakt, że w Śródmieściu występuje zdecydowanie łagodniejszy klimat w zimie, natomiast znacznie bardziej uciążliwe warunki latem. Złagodzenie bodźców termicznych zimą, a także wiosną i jesienią w mieście wynika ogólnie z wpływu miejskiej wyspy ciepła. Wpływ ten w sposób negatywny zaznacza się latem w centralnych rejonach miasta, czyniąc warunki odczuwalne bardziej uciążliwymi niż na obszarze niezabudowanym.

Nasuwa się tutaj wniosek znany od lat, że dla mieszkańców Śródmieścia znacznie korzystniejsze jest spędzanie lata poza miastem. Jest to oczywiście z różnych względów niemożliwe przez całe 3 miesiące, ale wyjazdy sobotnio-niedzielne powinny być powszechnie praktykowane. Taki sposób spędzania wolnego czasu w lecie nie tylko jest korzystny ze względów rekreacyjnych, ale przede wszystkim zdrowotnych.

Przebywanie na świeżym powietrzu poza granicami dusznego, zanieczyszczonego i źle przewietrzanego miasta, pozwala człowiekowi „dotlenić się” i zregenerować siły. Taką możliwość powinni mieć zapewnioną mieszkańcy Warszawy. Niestety zaplecze rekreacyjne stolicy jest bardzo skromne i nie przystosowane dla potrzeb wyjazdów sobotnio-niedzielnych.



Rysunek 1. Częstość warunków odczuwalnych w latach 1966-1970



Rysunek 2. Częstość warunków odczuwalnych w 1966 roku

8.10.3. Wpływ zabudowy na warunki odczucia ciepła w centrum Warszawy

Autor: Lesław KIJOWSKI

Opiekun naukowy: Maria KOPACZ-LEMBOWICZ

Celem pracy było określenie warunków odczuwalnych obszaru śródmiejskiego z wykorzystaniem wskaźnika biometeorologicznego – temperatury efektywnej (TE). Równie istotnym problemem podjętym w pracy jest próba określenia przyczyn zróżnicowania warunków klimatycznych śródmieścia Warszawy, między innymi przez określenie związku między kierunkami wiatrów i towarzyszącymi im warunkami odczucia ciepła. W związku z charakterem terenu badań główna uwaga została skupiona na zmianach warunków odczuwalnych wynikających z zagospodarowania omawianego obszaru przez człowieka. Decydującymi przyczynami tych zmian okazały się typ i układ zabudowy.

W pracy wykorzystano wyniki badań terenowych przeprowadzonych przez Zakład Klimatologii WGSR UW w dniach 1-26 lipca 1987 roku w rejonie śródmieścia Warszawy, w godzinach 7-21 (rys. 1). Sieć obserwacyjna składała się z 12 punktów pomiarowych, z czego 11 usytuowanych było w zabudowie, a jeden reprezentował warunki otoczenia na Placu Zwycięstwa (obecnie Piłsudskiego). Dokonywano pomiarów warunków termicznych, wilgotnościowych i anemologicznych.

Badany obszar – śródmieście Warszawy, ze względu na przekształcenia środowiska naturalnego przez człowieka w wyniku zagospodarowania terenu (całkowita zmiana podłoża – beton, asfalt, zabudowa, zanieczyszczenie) jest niezwykle ciekawym terenem do badań nad klimatem miasta, a szczególnie nad warunkami bioklimatycznymi. Ponieważ badania prowadzono lipcu, zanotowane wartości temperatury były bardzo wysokie, co spowodowało, że wartości TE były również bardzo duże (rys. 2, tab. 1). W okresie badań najniższą średnią wartość TE wynoszącą $13,5^{\circ}\text{TE}$ zanotowano na punkcie 11 (na ul. Świętokrzyskiej) o godz. 7.00, natomiast najwyższą $20,6^{\circ}\text{TE}$ na stanowisku 7 (ul. Mazowiecka) o godz. 14.00.

W całym okresie badań dominowały odczucia „ciepło” i „gorąco”. Jedyne w godzinach rannych na niektórych punktach występował stan „komfortu”, natomiast w pozostałej części dnia, aż do godzin wieczornych na całym badanym obszarze utrzymywały się niekorzystne warunki termiczne z powodu przegrzania.

Punkt zewnętrzny usytuowany na otwartej przestrzeni (Plac Zwycięstwa – Piłsudskiego), oddalony od zabudowy zwartej charakteryzuje się średnim przebiegiem dziennym TE w stosunku do obszaru śródmiejskiego w przeważającej części dnia. Jedyne w godzinach 14.00-16.00 punkt ten okazał się chłodniejszy od pozostałych.

Warunki bioklimatyczne są odzwierciedleniem nasłonecznienia, które decyduje o temperaturze oraz przewietrzaniu. Punkty dobrze przewietrzane charakteryzują się najkorzystniejszymi warunkami odczuwalnymi. Natomiast część zabudowy w śródmieściu, gdzie zanotowano małe prędkości wiatru okazała się obszarem o bardzo niekorzystnych warunkach termicznych dla człowieka. W kształtowaniu warunków odczuwalnych duże znaczenie odgrywa nasłonecznienie. Punkty dobrze oświetlone w ciągu

całego dnia charakteryzują się wysokimi wartościami temperatury powietrza a w konsekwencji również TE. A więc warunki odczucia ciepła są na tych stanowiskach pomiarowych najbardziej niekorzystne. Tak więc większe prędkości wiatru, czyli w efekcie lepsze przewietrzanie wpływają na obniżenie wartości temperatury efektywnej. Również ograniczony dopływ promieniowania słonecznego w okresie letnim wpływa na polepszenie warunków odczuwalnych.

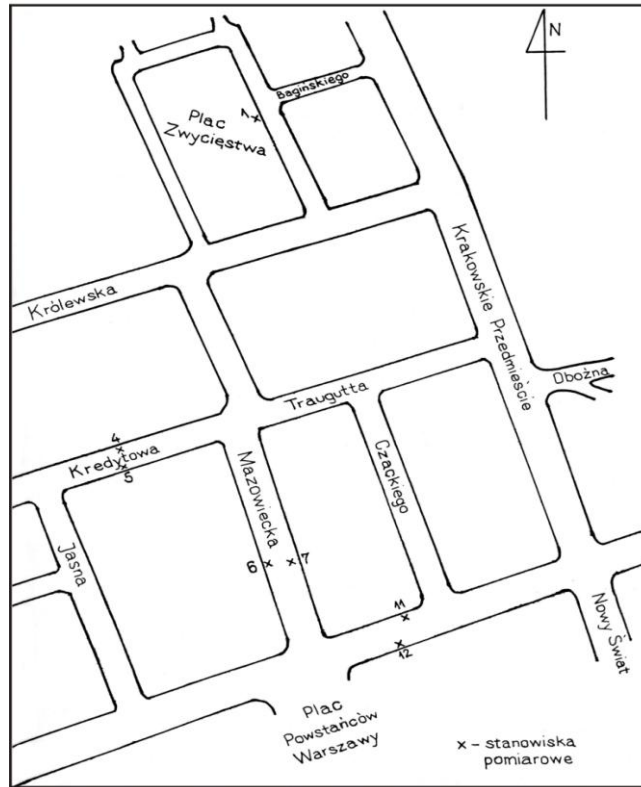
Obszar śródmiejski w dużym stopniu przekształcony przez człowieka wpływa na modyfikację klimatu oraz warunków bioklimatycznych. Decydującą rolę odgrywają: typ i układ zabudowy, charakter podłoża i przebieg głównych ulic.

Badana część śródmieścia Warszawy charakteryzuje się zabudową zwartą o układzie ulicowym. Punkty pomiarowe położone na ulicach po obu stronach zabudowanych (ul. Kredytowa, Mazowiecka) charakteryzują się przewietrzaniem zgodnym z przebiegiem ulicy. Taki wymuszony ruch powietrza ma ogromny wpływ na warunki odczuwalne oraz higieniczne (usuwanie zanieczyszczeń). Analizując warunki odczuwalne w zależności od kierunku wiatru, stwierdzono, że powietrze może być wzdłuż ulic transportowane z sąsiednich części miasta lub otoczenia.

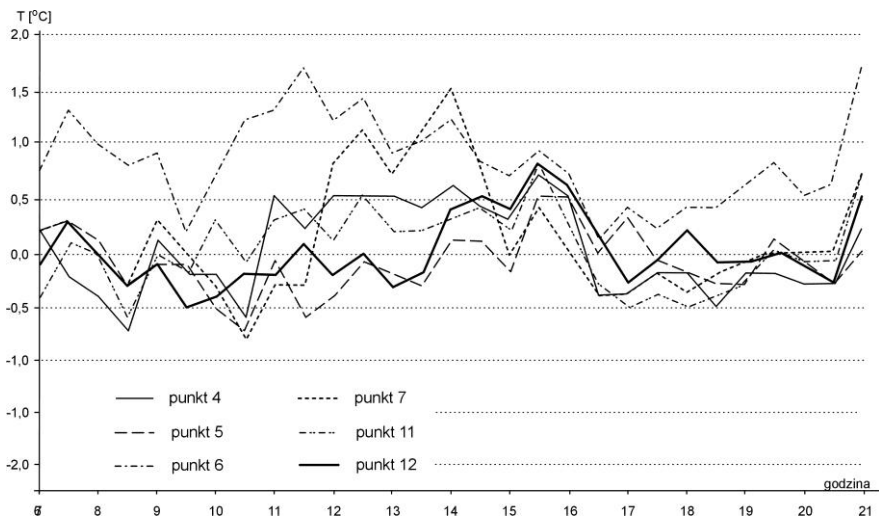
W zależności od właściwości nawiewanego powietrza warunki termiczne mogą ulec poprawie lub pogorszeniu. Powietrze chłodniejsze, wpływające na poprawę warunków odczuwalnych jest transportowane z zbiorników wodnych, obszarów zieleni. Natomiast wiatry wiejące z centralnej części miasta niosą powietrze znacznie cieplejsze oraz bardziej zanieczyszczone, stąd pogarszają warunki odczucia ciepła.

Występująca w śródmieściu Warszawy zwarta zabudowa powoduje zacienienie poszczególnych stanowisk pomiarowych w różnych porach dnia, co w okresie lata wpływa na poprawę warunków odczuwalnych.

Badany obszar śródmiejski charakteryzuje się bardzo dużym udziałem nawierzchni betonowych, asfaltowych oraz prostopadłych powierzchni betonowych ścian budynków. Pojemność cieplna tych sztucznych powierzchni jest większa niż podłoża naturalnego. Stąd zgromadzone w ciągu dnia ciepło, głównie w ścianach budynków, emitowane jest w godzinach późno popołudniowych i wieczornych, co powoduje pogorszenie warunków odczuwalnych. Potwierdzają to uzyskane wyniki badań w śródmieściu Warszawy, a mianowicie na wszystkich punktach do końca prowadzenia pomiarów do godziny 21.00 utrzymywały się niekorzystne warunki termiczne z powodu przegrzania. Badania prowadzone w celu dokładniejszego poznania klimatu miasta a szczególnie warunków bioklimatycznych, pozwolą w przyszłości na świadome modelowanie odczuć termicznych. Odpowiednie projektowanie zabudowy mieszkalnej i całej infrastruktury osiedlowej może w znacznym stopniu polepszyć warunki odczuwalne. Ich poprawę można osiągnąć poprzez zastosowanie różnorodnych sposobów polepszenia jakości powietrza (właściwą lokalizację uciążliwego przemysłu, ograniczenie ruchu samochodowego, stosownie ekologicznych paliw) oraz właściwe kształtowanie terenów zielonych.



Rysunek 1. Rozmieszczenie punktów pomiarowych w centrum Warszawy



Rysunek 2. Przebieg różnic temperatury efektywnej między punktami z obszaru zabudowanego a punktem zewnętrznym. Śródmieście Warszawy – lipiec 1987

Tabela 1. Różnice temperatury efektywnej między punktami z obszaru zabudowanego i punktem zewnętrznym. Śródmieście Warszawy

Godz.	Punkty pomiarowe					
	4	5	6	7	11	12
7.00	0,2	0,2	0,7	0,2	-0,4	-0,1
7.30	-0,2	0,3	1,3	0,3	0,1	0,3
8.00	-0,4	0,1	1,0	0,0	0,0	0,0
8.30	-0,7	-0,3	0,8	-0,3	-0,6	-0,3
9.00	0,1	-0,1	0,9	0,3	0,0	-0,1
9.30	-0,2	-0,1	0,2	0,0	-0,2	-0,5
10.00	-0,2	-0,5	0,7	-0,3	0,3	-0,4
10.30	-0,6	-0,7	1,2	-0,8	-0,1	-0,2
11.00	0,5	-0,1	1,3	-0,3	0,3	–
11.30	0,2	-0,6	1,7	-0,3	0,4	0,1
12.00	0,5	-0,4	1,2	0,8	0,1	-0,2
12.30	0,5	-0,1	1,4	1,1	0,5	0,0
13.00	0,5	-0,2	0,9	0,7	0,2	-0,3
13.30	0,4	-0,3	1,0	1,1	0,2	-0,2
14.00	0,6	0,1	1,2	1,5	0,3	0,4
14.30	0,4	0,1	0,8	0,8	0,4	0,5
15.00	0,3	-0,2	0,7	0,0	0,2	0,4
15.30	0,7	0,5	0,7	0,0	0,2	0,6
16.00	0,5	0,5	0,7	0,0	0,2	0,6
16.30	-0,4	0,0	0,1	-0,4	-0,3	0,1
17.00	-0,4	0,3	0,4	-0,4	-0,5	-0,3
17.30	-0,2	-0,1	0,2	-0,2	-0,4	-0,1
18.00	-0,2	-0,2	0,4	-0,4	-0,5	0,2
18.30	-0,5	-0,3	0,4	-0,2	-0,4	-0,1
19.00	-0,2	-0,3	0,6	-0,1	-0,3	-0,1
19.30	-0,2	0,1	0,8	0,0	0,0	0,0
20.00	-0,3	-0,1	0,5	0,0	-0,1	-0,1
20.30	-0,3	-0,3	0,6	0,0	-0,1	-0,3
21.00	0,2	0,0	1,7	0,7	0,7	0,5

8.10.4. Wpływ zabudowy na pola zmiennych meteorologicznych w Warszawie

Autor: Hanna KRAJEWSKA

Opiekun naukowy: Jerzy BORYCZKA

Celem tej pracy jest określenie wpływu różnych typów zabudowy na pola poszczególnych elementów meteorologicznych w Warszawie oraz określenie reprezentatywności punktów zewnętrznych osiedli: Służew nad Dolinką,, Wyględów – Olimpijska (rys. 1-3).

Problem rozwiązano dokonując porównań zmiennych meteorologicznych (T , e , f , Δ , v) w badanych osiedlach, ich otoczeniu i wybranych stanowisk pomiarowych ze Śródmieściem (UW) stosując metodę różnic. Aby lepiej zobrazować tendencje zmian różnic wyżej wymienionych elementów, między punktami zewnętrznymi, osiedlami ze Śródmieściem, wyznaczono równania prostych regresji:

$$y = a x + b,$$

gdzie: $x = t$ – czas, $y = \Delta T$, Δe , Δf , $\Delta \Delta$, Δv

Przedstawiono także przebiegi różnic tych wskaźników podczas pogody radiacyjnej i adwekcyjnej.

Przebiegi dzienne różnic temperatury powietrza oraz proste regresji wykazały, że zabudowa średniowysoka, zwarta (centrum miasta) najsilniej deformuje pole temperatury powietrza. Śródmieście wyodrębniło się jako obszar cieplejszy od badanych osiedli i wybranych punktów z osiedli. Maksymalna różnica ΔT dla punktu 13 Służewa osiąga wartość $-1,3^{\circ}\text{C}$, dla punktu 10 osiedla Wyględów-Olimpijska jest większa i wynosi $-2,1^{\circ}\text{C}$ w obu latach. Natomiast w porównaniu całych osiedli ze Śródmieściem największa różnica dla Służewia wynosi $-0,8^{\circ}\text{C}$, dla osiedla Wyględów-Olimpijska $-1,7^{\circ}\text{C}$ – w 1984 r. i $\sim 1,8^{\circ}\text{C}$ w 1985 r. Dane te potwierdzają największy, ocieplający wpływ zabudowy średniowysokiej, zwartej (Śródmieście – UW) a także wskazują na to, iż zabudowa niska, luźna Wyględów-Olimpijska wywiera najmniejszy wpływ na pole temperatury powietrza. O najmniejszym wpływie zabudowy niskiej, luźnej, świadczy także przebieg różnic ΔT w godzinach wieczornych, w przypadku porównania Służewia z centrum miasta, w serii wieczornej różnice są najmniejsze, co jest związane z zanikiem energii słonecznej absorbowanej przez powierzchnię Ziemi oraz emisję ciepła nagromadzonego w ciągu dnia przez oba tereny sztuczne. Natomiast dla osiedla Wyględów-Olimpijska, różnice temperatury powietrza w późniejszych godzinach wieczornych wzrastają, mimo, iż zmniejsza się dopływ energii słonecznej. Świadczy to o szybszym wychładzaniu się zabudowy niskiej, luźnej niż średniowysokiej, zwartej, czy mieszanej, luźnej i otwartej; więc jej wpływ na pole temperatury jest mały. Wzrasta zaś ocieplający wpływ zabudowy średniowysokiej, zwartej, o czym świadczą największe ujemne współczynniki regresji i korelacji w tym czasie, porównując tereny zabudowane, największe różnice temperatury powietrza wystąpiły w porze południowej. Podczas pogody radiacyjnej i adwekcyjnej, tendencje zmian różnic temperatury powietrza między badanymi obszarami są podobne.

W czasie pogody radiacyjnej silniej zaznaczają się kontrasty termiczne niż podczas pogody adwekcyjnej i w ogólnych porównaniach wynoszą:

Punkty	ΔT [°C]	Osiedle	ΔT [°C]
13	-2,1	Służew nad Dolinką	-2,6
10 (1984)	-4,0	Wyględów-Olimpijska (1984)	-2,6
10 (1985)	-2,9	Wyględów-Olimpijska (1985)	-2,8

Podczas pogody radiacyjnej silniej zaznacza się wpływ zabudowy mieszanej, luźnej i otwartej (Służew nad Dolinką) w późniejszych godzinach wieczornych i wczesnono-rannych (dodatnie różnice ΔT). Różnice temperatury powietrza dochodzą do 0,8°C.

Proste regresji wyznaczone na podstawie różnic ΔT między Służewem i Śródmieściem, w serii rannej i wieczornej przecinają oś $y = 0$. Można zatem mówić o pojawieniu się „osiedlowej wyspy ciepła” w osiedlu Służew nad Dolinką w stosunku do centrum miasta, występowanie ogólnie większych wartości temperatury powietrza w Śródmieściu niż w obu osiedlach (i wybranych punktów z osiedli) związane jest z ich położeniem (tab. 1-2, rys. 4). Badane osiedla położone są w południowej części Warszawy, poza zwartą zabudową dzielnic centralnych, w przeciwieństwie do Śródmieścia. To usytuowanie stacji meteorologicznej UW wiąże się, z większym zanieczyszczeniem (CO₂), większym udziałem sztucznego ciepła (komunikacja), mniejszą ilością terenów zielonych, mniejszym przewietrzaniem (mniejsza prędkość wiatru), Wszystkie te czynniki wpływają na podwyższenie temperatury powietrza w centrum miasta. Zatem „śródmiejska wyspa ciepła” występuje przez cały dzień w odniesieniu do badanych osiedli. Śródmieście jest także obszarem cieplejszym od otoczenia osiedla Służew nad Dolinką w późniejszych godzinach wieczornych oraz przez cały dzień od otoczenia Wyględów-Olimpijska, w obu badanych latach. W ciągu dnia peryferie osiedla Służew jest cieplejsze od Śródmieścia (dodatnie różnice). Wiąże się to z szybszym nagrzewaniem się terenów naturalnych. Największa różnica osiągnęła wartość 1°C a podczas pogody radiacyjnej – 2,1°C. Natomiast wieczorem obszary naturalne szybko się wychładzają, zaś zabudowa zaczyna powoli oddawać ciepło nagromadzone w ciągu dnia, czym można wytłumaczyć większe wartości temperatury powietrza w centrum Warszawy (ujemne różnice) w późniejszych godzinach wieczornych. Maksymalna różnica ΔT wynosi w tym czasie -0,8°C a w czasie pogody radiacyjnej -1,2°C.

Także prosta regresji, wyznaczona na podstawie różnic temperatury powietrza między badanymi obszarami, wskazuje na ocieplający wpływ zabudowy średniowysokiej, zwartej (UW) w późniejszych godzinach wieczornych, w stosunku do otoczenia Służewa. Prosta regresji $\Delta T = -0,2533t + 0,627$ przecina oś $y = 0$, zaś współczynniki regresji i korelacji są ujemne i największe w tym czasie, a współczynnik korelacji jest istotny na poziomie 5%. Można zatem stwierdzić występowanie "miejskiej wyspy" ciepła, która w Śródmieściu pojawia się po godzinie 19. Punkt peryferyjny Służewa okazał się punktem reprezentatywnym dla warunków zewnętrznych, czego nie można stwierdzić o stanowisku peryferyjnym osiedla Wyględów-Olimpijska – reprezentuje on bowiem obszar chłodniejszy od centrum miasta przez cały dzień. Także i w tym przypadku wyraźniej zaznacza się ocieplający wpływ zabudowy w późniejszych godzinach wieczornych, kiedy różnice są największe w całym dniu (ujemne różnice ΔT). Również współczynniki korelacji i regresji są w tym czasie największe i ujemne, różnice temperatury powietrza dochodzą wówczas do -2,2°C w 1984 r. i do -1,6°C w 1985 r. Podczas pogody radiacyjnej w 1984 r. największe, różnice występują także późnym wieczorem, osiągając wartość -3°C. Podczas pogody adwekcyjnej w 1984 i

1985 r. w czasie obu typów pogody, ogólnie najwyższe różnice ΔT występują w serii południowej. Przebiegi różnic temperatury powietrza między otoczeniem, punktem 10, całym osiedlem Wyględów-Olimpijska i Śródmieściem, są do siebie zbliżone, świadczy to o tym, iż stanowisko zewnętrzne nie jest reprezentatywne dla warunków peryferyjnych a także zabudowa niska, luźna wywiera mały wpływ na pole temperatury powietrza. Miejska wyspa ciepła w stosunku do otoczenia osiedla Wyględów-Olimpijska występuje przez cały dzień. W dziennych obu terminach przebiegach różnic temperatury powietrza we wszystkich przypadkach, zaznacza się ogólny wzrost różnic ΔT w porze południowej, w odniesieniu do serii rannej. Związane jest to ze wzrostem dopływu promieniowania. Natomiast większa zmienność różnic ΔT w, świadczy o tym, iż zróżnicowanie i deformacja pola temperatury powietrza w mieście są uzależnione nie tylko od struktury przestrzennej zabudowy, ale także od ekspozycji budynków, odległości stanowisk pomiarowych od nich, ilości terenów zielonych i warunków przewietrzania.

Przebiegi różnic wskaźników wilgotności powietrza (Δe , Δf , $\Delta \Delta$) między punktem zewnętrznym Służewa nad Dolinką i Śródmieściem oraz poste regresji wyznaczone na ich podstawie (nie przecinają osi $y = 0$), wskazują, iż centrum miasta jest obszarem suchszym od otoczenia osiedla, przez cały dzień (tab. 3-5). Zatem zabudowa średniowysoka, zwarta wpływa na obniżenie wilgotności powietrza. Najsilniej wpływ ten zaznacza się w godzinach południowych. Dopływ energii promienistej jest wówczas największy, a ponieważ centrum miasta jest obszarem o większym udziale powierzchni sztucznych, a mniejszym terenów zielonych, stąd wzrost różnic ciśnienia pary wodnej, wilgotności względnej i niedosytu wilgotności powietrza w tym czasie. Maksymalne różnice tych zmiennych wynoszą: $\Delta e_{\max} = 4,2$ hPa, $\Delta f_{\max} = 15\%$, $\Delta \Delta_{\max} = -4,8$ hPa.. Wpływ zabudowy na pole wilgotności powietrza jest również zależny od typu pogody. Podczas pogody radiacyjnej bardziej uwidacznia się osuszający wpływ zabudowy średniowysokiej, zwartej w stosunku do terenu otwartego i jest on także największy w porze południowej. Maksymalne różnice wynoszą: $\Delta e_{\max} = 6,7$ hPa, $\Delta f_{\max} = 20\%$ i $\Delta \Delta_{\max} = -6,9$ hPa. Wieczorem natomiast zaznacza się słabiej niż w ogólnych porównaniach, co wiąże się ze znacznym spadkiem różnic ciśnienia pary wodnej i wilgotności względnej oraz wzrostem różnic niedosytu wilgotności powietrza, na skutek znacznego wychłodzenia terenu naturalnego.

Tak jak w przypadku temperatury powietrza, analizowane wskaźniki wilgotności powietrza wskazują, iż punkt peryferyjny osiedla Służew nad Dolinką jest reprezentatywny dla warunków otoczenia, które jest obszarem wilgotniejszym od Śródmieścia. W przypadku otoczenia osiedla Wyględów-Olimpijska istnieją duże rozbieżności w przebiegach różnic omawianych zmiennych meteorologicznych w 1984 i 1985 r. W 1984 r., ujemne różnice ciśnienia pary wodnej i wilgotności względnej oraz dodatnie niedosytu wilgotności powietrza występujące prawie przez cały dzień, świadczą, iż zabudowa średniowysoka, zwarta nie wpływa na obniżenie wilgotności powietrza w stosunku do terenu otwartego. Jedynie w późniejszych godzinach wieczornych (dodatnie różnice Δe i Δf , ujemne $\Delta \Delta$ zaznacza się osuszający wpływ zabudowy. Potwierdzają to także przebiegi prostych regresji w tym czasie. Przecinają one oś $y = 0$, z wyjątkiem prostej regresji Δe względem czasu. Współczynniki regresji i korelacji są wówczas największe i dodatnie w przypadku różnic Δe i Δf oraz ujemne dla różnic $\Delta \Delta$. Ekstremalne różnice poszczególnych wskaźników pola wilgotności powietrza wynoszą:

godzina	Δe [hPa]	godzina	Δf [%]	godzina	$\Delta \Delta$ [hPa]
14	-2,8	10	-10	10	2,4
		21	8	21	-2,4

W czasie pogody radiacyjnej, w 1984 r., silniej zaznaczają się kontrasty wilgotnościowe, głównie w porze wieczornej. Różnice ciśnienia pary wodnej wahają się od -4,2 hPa do 0,2 hPa, różnice wilgotności względnej od -11% do 12%, zaś różnice niedosytu wilgotności powietrza; od 3,5 hPa do -4,8 hPa. Przy czym dla ostatniego wskaźnika większe kontrasty występują w godzinach południowych i zmieniają się wówczas od -4,5 hPa do 4,4 hPa. Podczas pogody adwekcyjnej nie zaznacza się osuszający wpływ zabudowy średniowysokiej, zwartej w godzinach późnowieczornych. W 1985 r. przebiegi różnic Δe , Δf i $\Delta \Delta$, świadczą, iż zabudowa obniża wilgotność powietrza w odniesieniu do peryferii osiedla Wyględów-Olimpijska, największe różnice występują w terminie południowym, kiedy wzrasta temperatura powietrza i wynoszą one: $\Delta e_{\max} = 1,6$ hPa, $\Delta f_{\max} = 9$ % i $\Delta \Delta_{\max} = -3,4$ hPa. Także współczynniki regresji i korelacji są w tym czasie największe, dodatnie dla różnic ciśnienia pary wodnej i wilgotności względnej, a ujemne dla różnic niedosytu wilgotności powietrza. W 1985 r. (tak jak w 1984 r.), w późniejszych godzinach wieczornych, zaznacza się większy osuszający wpływ zabudowy średniowysokiej, co jest związane z ocieplającym wpływem zabudowy w tym czasie. W 1985 r. podczas obu typów pogody potwierdza się ogólnie osuszający wpływ Śródmieścia, zwłaszcza podczas pogody radiacyjnej. Różnice wskaźników pola wilgotności powietrza w czasie tego typu pogody wynoszą: $\Delta e_{\max} = 4,0$ hPa, $\Delta f_{\max} = 16$ %, $\Delta \Delta_{\max} = -7,0$ hPa. Zatem zabudowa średniowysoka, zwarta obniża wilgotność powietrza w stosunku do terenu otwartego. Wpływ ten najsilniej zaznacza się w porze południowej. Natomiast rok 1984 (Wyględów-Olimpijska) odbiega zarówno od roku 1983 (Służew nad Dolinką), jak i 1985 (Wyględów-Olimpijska). A więc punkt zewnętrzny osiedla Wyględów-Olimpijska w 1984 r., nie jest reprezentatywny dla warunków otoczenia, zaś w 1985 r. mimo, iż reprezentuje obszar ogólnie wilgotniejszy od Śródmieścia, nie odzwierciedla tak wyraźnie warunków zewnętrznych, jak stanowisko peryferyjne Służewa. Przebiegi różnic wskaźników wilgotności powietrza między wybranym punktem Służewa nad Dolinką, całym osiedlem i Śródmieściem wskazują, że zabudowa średniowysoka, zwarta wpływa osuszające w większym stopniu niż mieszana, luźna i otwarta. Spowodowane jest to wyższymi prędkościami wiatru oraz większą ilością terenów zielonych w osiedlu Służew. Maksymalne różnice tych zmiennych dla wybranego punktu z osiedla (13) wynoszą: $\Delta e_{\max} = 3,3$ hPa, $\Delta f_{\max} = 14$ %, $\Delta \Delta_{\max} = -4,7$ hPa, zaś dla całego osiedla: $\Delta e_{\max} = 1,5$ hPa, $\Delta f_{\max} = 6$ %, $\Delta \Delta_{\max} = -2,2$ hPa. Są one więc znacznie większe dla stanowiska 13 niż całego osiedla, co jest związane z położeniem tego punktu (wzdłuż dłuższej osi budynku wielokondygnacyjnego) – o bardzo dobrych warunkach przewietrzania („efekt tunelowy”). Osuszający wpływ zabudowy średniowysokiej zaznacza się najslabiej wieczorem, kiedy temperatura powietrza maleje i słabnie konwekcja. Natomiast podczas pogody radiacyjnej jest on największy w późniejszych. godzinach wieczornych, różnice są wówczas większe niż w ogólnych porównaniach i wynoszą:

Punkty	Δe_{\max} [hPa]	Δf_{\max} [%]	$\Delta \Delta_{\max}$ [hPa]
Punkt 13	7,1	18	-6,2
Osiedle	1,1	5	-1,9

Związane jest to z mniejszym spadkiem temperatury powietrza w osiedlu Służew, co przy większych prędkościach wiatru i większej powierzchni terenów zielonych sprzyja zwiększaniu się różnic wilgotności powietrza w tym czasie. W pozostałych porach suchsze powietrze w Śródmieściu zaznacza się słabiej niż w ogólnych porównaniach, w stosunku do badanego osiedla. We wcześniejszych godzinach wieczornych centrum miasta jest obszarem wilgotniejszym. W godzinach późno południowych reprezentuje ono także teren o większym ciśnieniu pary wodnej, jak w ogólnych porównaniach osiedla ze stacją UW. Maksymalne różnice Δe dochodzą do -2,6 hPa, Δf do -6% w obu porównaniach, różnica $\Delta \Delta$ w punkcie 13 wynosi 1,8 hPa a w osiedlu 1,7 hPa. Inaczej przedstawia się sytuacja dla wybranego punktu drugiego osiedla i całego osiedla Wyględów-Olimpijska. W obu latach 1984, 1985 Śródmieście jest obszarem wilgotniejszym od stanowiska 10 oraz całego osiedla w 1984r. W roku tym różnice są większe niż w 1985, maksymalne różnice w punkcie 10 wynoszą wówczas: $\Delta e_{\max} = -3,9$ hPa, $\Delta f_{\max} = -16$ %, $\Delta \Delta_{\max} = 3,4$ hPa, zaś w osiedlu Wyględów-Olimpijska: $\Delta e_{\max} = -2,3$ hPa, $\Delta f_{\max} = -8$ %, $\Delta \Delta_{\max} = 1,7$ hPa. Wyższą wilgotność powietrza w centrum Warszawy należy tłumaczyć wyższymi wartościami temperatury powietrza i ogólnie większymi prędkościami wiatru, w stosunku do osiedla Wyględów-Olimpijska (większe parowanie). Różnice w południowych godzinach maleją w odniesieniu do pory rannej. Można się więc spodziewać, iż roślinność, której jest więcej w badanym osiedlu, powoduje podwyższenie wilgotności powietrza, w godzinach największej absorpcji energii słonecznej przez powierzchnię Ziemi. Jedynie w godzinach późnowieczornych, w 1984 r., w porównaniu z całym osiedlem Śródmieście wyodrębnia się jako obszar suchszy od osiedla Wyględów-Olimpijska. Maksymalne różnice wynoszą wówczas: $\Delta e_{\max} = 0,5$ hPa, $\Delta f_{\max} = 4$ %, $\Delta \Delta_{\max} = -1,6$ hPa. Spowodowane jest to tym, iż centrum miasta jest w tym czasie obszarem -znacznie cieplejszym a prędkości wiatru – mniejsze. Także proste regresji, w terminie wieczornym, wskazują na osuszający wpływ zabudowy średniowysokiej, zwartej w odniesieniu do niskiej, luźnej. Współczynniki regresji i korelacji są wówczas największe, dodatnie dla różnic Δe i Δf i ujemne dla różnic $\Delta \Delta$, zaś same proste regresji różnic Δf i $\Delta \Delta$ przecinają oś $y = 0$. Podczas pogody radiacyjnej Śródmieście (w późniejszych godzinach wieczornych) zaznacza się jako suchsze nie tylko w stosunku do osiedla Wyględów-Olimpijska ale także w odniesieniu do wybranego punktu 10 z osiedla. Maksymalne różnice wskaźników wilgotności powietrza są większe i wskazują kontrasty wilgotnościowe. Dla osiedla wynoszą one: $\Delta e_{\max} = 0,8$ hPa, $\Delta f_{\max} = 11$ %, $\Delta \Delta_{\max} = -4,0$ hPa, zaś dla punktu 10 Wyględów-Olimpijska: $\Delta e_{\max} = -0,5$ hPa, $\Delta f_{\max} = 14$ %, $\Delta \Delta_{\max} = -5,5$ hPa. Natomiast w 1985 r., w przypadku osiedla Wyględów-Olimpijska, wyraźniej niż w centrum miasta zaznacza się osuszający wpływ zabudowy średniowysokiej, zwartej w stosunku do niskiej, luźnej. Świadczą o tym ujemne i dodatnie różnice wskaźników wilgotności powietrza. Wpływ ten jest największy w godzinach południowych oraz zaznacza się w czasie obu typów pogody. Maksymalne różnice wynoszą wówczas:

	Radiacyjna	Radiacyjna	Adwekcyjna
Δe_{\max}	0,7 hPa	1,8 hPa	1,9 hPa
Δf_{\max}	6 %	10 %	12 %
$\Delta \Delta_{\max}$	-3,1 hPa	-5,5 hPa	-4,5 hPa

Zatem w porównaniu zabudowy średniowysokiej, zwartej z niską, luźną, w 1985 r. powietrze jest suchsze w centrum miasta niż w osiedlu Wyględów-Olimpijska, zaś w 1984 r. jest wilgotniejsze. Nadal więc potwierdza się odrębność obu badanych lat.

Wykazano, że zabudowa średniowysoka obniża **prędkość wiatru** w stosunku do peryferii badanych osiedli. Również proste regresji nie przecinają osi $y = 0$, co przy dodatnich różnicach, świadczy o większych prędkościach wiatru w otoczeniu (tab.6-7).

Większe wartości różnic Δv występują między peryferiami Służewa centrum miasta – $\Delta v_{\max} = 2,4$ m/s, niż między otoczeniem Wyględów-Olimpijska i Śródmieściem – $\Delta v_{\max} = 1,8$ m/s w 1984 r. i $\Delta v_{\max} = 1,3$ m/s w 1985 r. Ograniczający wpływ zabudowy średniowysokiej, zwartej na prędkość wiatru najsilniej uwidacznia się w godzinach południowych i wczesno wieczornych, co jest związane z oddziaływaniem czynnika aerodynamicznego. Większa szorstkość podłoża w mieście sprawia, iż mimo wzrostu temperatury, prędkości wiatru słabiej wzrastają niż w otoczeniu osiedli. W przypadku pola prędkości wiatru punkty zewnętrzne Służewa i Wyględów-Olimpijska odzwierciedlają warunki peryferyjne osiedli. Reprezentują obszary o większych prędkościach wiatru w odniesieniu do terenu zabudowanego.

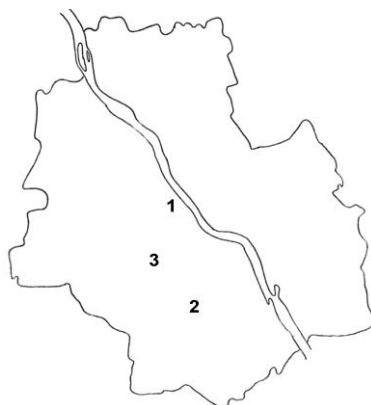
Zabudowa średniowysoka, zwarta obniża także prędkość wiatru w stosunku do zabudowy mieszanej, luźnej i otwartej. Różnice Δv są większe w punkcie 13 Służewa – $\Delta v_{\max} = 2,4$ m/s, niż w całym osiedlu – $\Delta v_{\max} = 1,6$ m/s. Wynika to z usytuowania tego stanowiska, wzdłuż dłuższej osi budynku wielokondygnacyjnego, o niezakłóconym przepływie strumienia powietrza, co może powodować powstanie efektu tunelowego. Występujące ogólnie większe różnice prędkości wiatru między punktem 13 i centrum miasta niż między otoczeniem osiedla i śródmieściem, głównie w porze rannej i wieczornej, świadczą, iż zabudowa mieszana, luźna i otwarta może powodować wzrost prędkości wiatru (efekt tunelowy). Z zestawienia całego osiedla Wyględów-Olimpijska z centrum miasta (UW) wynika, iż Śródmieście jest obszarem o większych lub mniejszych prędkościach wiatru. – proste regresji przecinają osi $y = 0$. Wartości różnic są bardzo małe i zawierają się w przedziale od $-0,4$ do $+0,4$ m/s w obu latach. Zatem zabudowa niska, luźna wpływa na ograniczenie prędkości wiatru w małym stopniu w stosunku do zabudowy średniowysokiej, zwartej. Natomiast większą rolę, w tym przypadku, odgrywa zieleń, której jest znacznie więcej w osiedlu niż w centrum miasta (drzewa, krzewy, ogródki przydomowe), dając zniekształcony obraz o wpływie tego typu zabudowy na prędkość wiatru.

Podczas pogody radiacyjnej intensywniej, głównie w godzinach południowych, zaznacza się ograniczający wpływ zabudowy średniowysokiej zarówno w odniesieniu do punktu zewnętrznego Służewa – $\Delta v_{\max} = 3,7$ m/s, punktu 13 – $\Delta v_{\max} = 4,5$ m/s, jak i całego osiedla – $\Delta v_{\max} = 2,9$ m/s. Jedynie wieczorem różnice te są mniejsze niż w ogólnych porównaniach. Związane jest to ze znacznie wyższą temperaturą powietrza w obrębie zabudowy podczas tego typu pogody. W czasie obu typów pogody otoczenie osiedla Wyględów-Olimpijska cechuje się nadal większymi prędkościami wiatru, przy czym podczas pogody adwekcyjnej różnice Δv są większe i dochodzą do 2,9 m/s, w obu latach. Także w czasie pogody radiacyjnej i adwekcyjnej bardziej zaznacza się ograniczający wpływ zabudowy średniowysokiej, zwartej na prędkość wiatru w odniesieniu do niskiej, luźnej. Ponadto przy pogodzie radiacyjnej wpływ ten zaznacza się silniej w porze południowej i wieczornej, $\Delta v_{\max} = 1,1$ m/s. Natomiast przy pogodzie adwekcyjnej w godzinach rannych, maksymalna różnica osiąga wartość 1,0 m/s.

Analiza kierunków wiatru w obu osiedlach i Śródmieściu, wykazała, że zabudowa niska, luźna (Wyględów-Olimpijska) w najmniejszym stopniu deformuje kierunki wiatru w stosunku do terenu otwartego. Zarówno w otoczeniu osiedla, jak i w całym osiedlu, w obu latach dominowały wiatry z sektora zachodniego. Najsilniej zaś modyfikuje pole kierunku wiatru zabudowa mieszana, luźna i otwarta (Służew nad Dolinką), zwłaszcza w obrębie zabudowy wysokiej, zwartej.

Podsumowując, zabudowa średniowysoka, zwarta (Śródmieście – UW) najbardziej deformuje pole temperatury i wilgotności powietrza. Wpływ ten wyraża się wzrostem temperatury w obszarach zabudowanych, w godzinach wieczornych w stosunku do peryferii Służew i przez cały dzień w odniesieniu do otoczenia Wyględów-Olimpijska i obu osiedli. Świadczy to o istnieniu śródmiejskiej wyspy ciepła. Podczas pogody radiacyjnej pojawia się także „osiedlowa wyspa ciepła” w Służewie (zabudowa mieszana, luźna i otwarta), w godzinach późnowieczornych i wczesnorannych w stosunku do centrum miasta. Zabudowa średniowysoka, zwarta obniża wilgotność powietrza zarówno w odniesieniu do terenu otwartego Służewa, jak i Wyględów-Olimpijska w 1985 r., jak i zabudowy mieszanej (Służew nad Dolinką) oraz niskiej, luźnej Wyględów-Olimpijska w 1985 r. Natomiast najsilniejsze deformacje warunków anemologicznych wystąpiły w typie zabudowy mieszanej, luźnej i otwartej. Duża modyfikacja pola wiatru zaznaczyła się zwłaszcza, w obrębie zabudowy wysokiej, zwartej – objawiając się znacznymi zmianami kierunków wiatru oraz wzrostem prędkości wiatru, w stosunku do terenu otwartego. Zaś zabudowa niska, luźna w najmniejszym stopniu wpływa na zmiany kierunku wiatrów i tak jak zabudowa średniowysoka, zwarta, powoduje zmniejszenie prędkości wiatru w odniesieniu do otoczenia. Ogólnie zabudowa niska, luźna wywiera najslabszy wpływ na pola zmiennych meteorologicznych. Kontrolą wyników badań było sprawdzenie reprezentatywności punktów zewnętrznych. Okazało się, iż stanowisko peryferyjne Służewa odzwierciedla warunki naturalne. Natomiast punkt zewnętrzny osiedla Wyględów-Olimpijska reprezentuje dobrze tylko warunki anemologiczne. Wyraźnie zaznacza się także odrębność roku 1984 od roku 1983 i 1985.

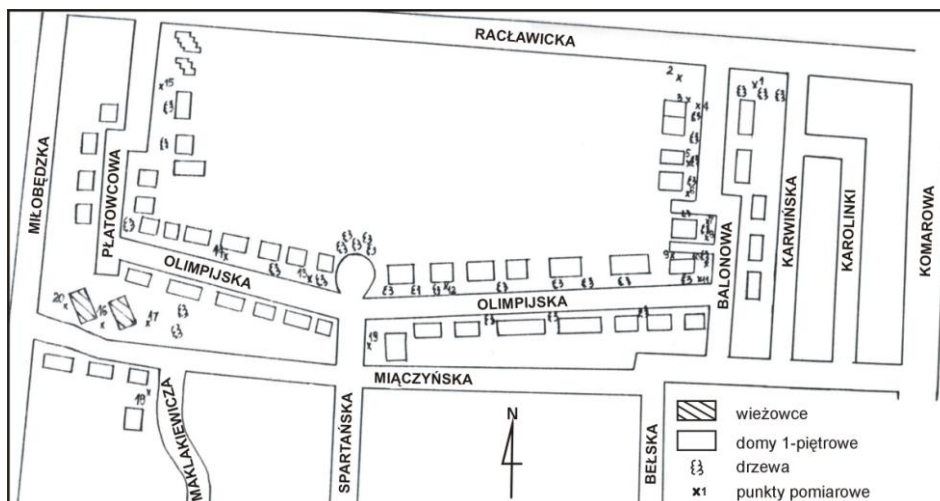
W zakończeniu można stwierdzić, że cechy klimatu miasta zależą nie tylko od wielkości i kształtu zabudowy, ale też od jej charakteru zwartości i wysokości. Wpływ zabudowy na pola zmiennych meteorologicznych uzależniony jest również od typu zabudowy. Podczas pogody radiacyjnej cechy klimatu miasta, osiedli ulegają spotęgowaniu, zaś pogoda adwekcyjna zaciera te kontrasty.



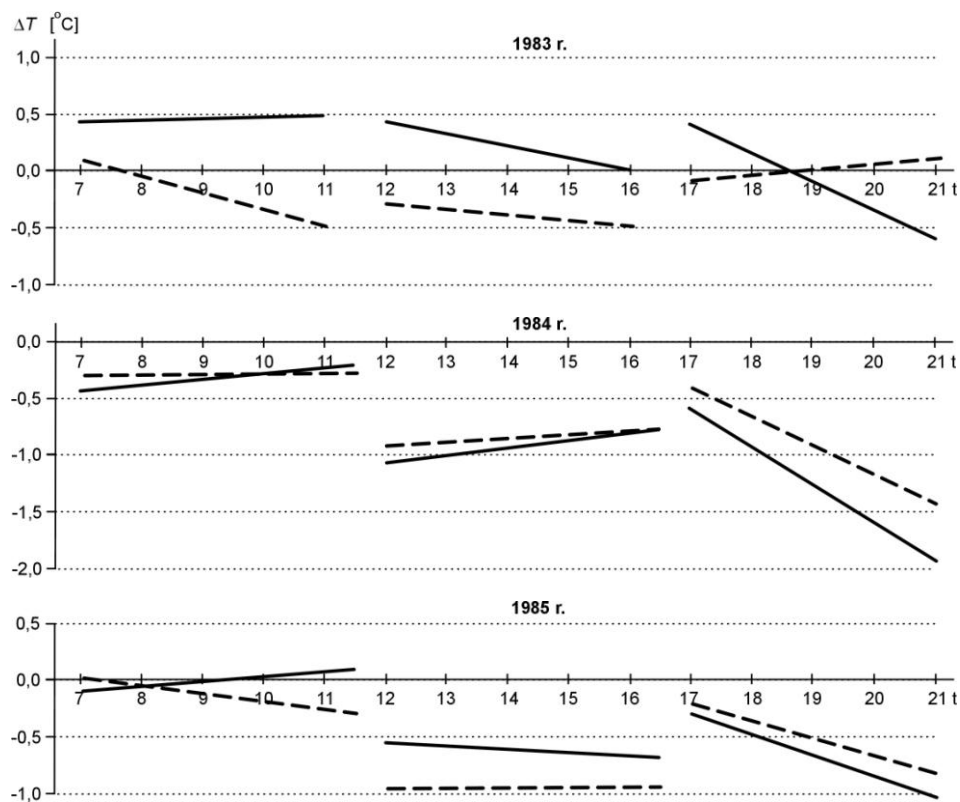
Rysunek 1. Położenie osiedli mieszkaniowych w Warszawie:
 1 – Stacja meteorologiczna UW, 2 – Służew nad Dolinką, 3 – Wyglądów-Olimpijska



Rysunek 2. Plan osiedla i rozmieszczenie punktów pomiarowych na osiedlu Służew nad Dolinką



Rysunek 3. Plan osiedla i rozmieszczenie punktów pomiarowych na osiedlu Wyględów-Olimpijska



Rysunek 4. Zależność liniowa różnic temperatury powietrza (ΔT) od czasu (t) między punktami zewnętrznymi osiedli (linia ciągła) i Śródmieściem (UW) (linia przerywana)

Tabela 1. Równania prostych regresji różnic temperatury powietrza (ΔT) między punktami zewnętrznymi osiedli i Śródmieściem (UW), t - czas

Osiedle	Pora dnia	$\Delta T = At + b$	r
Służew nad Dolinką 1983	ranna	$\Delta T = 0,0161t + 0,394$	0,680
	południowa	$\Delta T = 0,1033t + 0,543$	0,392
	wieczorna	$\Delta T = 0,2533t + 0,627$	0,888
Wyględów-Olimpijska 1984	ranna	$\Delta T = 0,0473t - 0,444$	0,328
	południowa	$\Delta T = 0,0739t - 1,190$	0,492
	wieczorna	$\Delta T = 0,3200t - 0,262$	0,711
Wyględów-Olimpijska 1985	ranna	$\Delta T = 0,0412t - 0,154$	0,266
	południowa	$\Delta T = 0,0230t - 0,575$	0,093
	wieczorna	$\Delta T = 0,2067t - 0,091$	0,582

Tabela 2. Równania prostych regresji różnic temperatury powietrza (ΔT) między osiedlami i Śródmieściem (UW) względem czasu t

Osiedle	Pora dnia	$\Delta T = At + b$	r
Służew nad Dolinką 1983	ranna	$\Delta T = -0,1567t + 0,237$	-0,705
	południowa	$\Delta T = -0,0767t - 0,170$	-0,377
	wieczorna	$\Delta T = 0,06333t - 0,188$	0,656
Wyględów-Olimpijska 1984	ranna	$\Delta T = -0,0061t - 0,290$	-0,055
	południowa	$\Delta T = 0,0170t - 0,895$	0,140
	wieczorna	$\Delta T = -0,2333t - 0,200$	-0,723
Wyględów-Olimpijska 1985	ranna	$\Delta T = -0,0570t - 0,015$	-0,409
	południowa	$\Delta T = 0,0036t - 0,922$	0,015
	wieczorna	$\Delta T = -0,1433t - 0,070$	-0,444

Tabela 3. Równania prostych regresji różnic ciśnienia pary wodnej (Δe) między punktami zewnętrznymi osiedli i Śródmieściem (UW), t - czas

Osiedle	Pora dnia	$\Delta e = At + b$	r
Służew nad Dolinką 1983	ranna	$\Delta e = 0,0233t + 2,008$	0,043
	południowa	$\Delta e = 0,0233t + 3,208$	0,053
	wieczorna	$\Delta e = 0,3300t + 1,054$	0,567
Wyględów-Olimpijska 1984	ranna	$\Delta e = 0,2545t - 0,913$	0,768
	południowa	$\Delta e = 0,0267t - 1,853$	0,099
	wieczorna	$\Delta e = 0,4033t - 2,621$	0,913
Wyględów-Olimpijska 1985	ranna	$\Delta e = 0,0206t - 0,265$	0,121
	południowa	$\Delta e = 0,2800t + 0,060$	0,760
	wieczorna	$\Delta e = 0,1133t + 0,851$	0,615

Tabela 4. Równania prostych regresji różnic wilgotności względnej (Δf) między punktami zewnętrznymi osiedli i Śródmieściem (UW), t - czas

Osiedle	Pora dnia	$\Delta f = At + b$	r
Służew nad Dolinką 1983	ranna	$\Delta f = 0,4667t + 8,178$	0,200
	południowa	$\Delta f = 0,4000t + 10,711$	0,720
	wieczorna	$\Delta f = 2,2000t + 1,844$	0,804
Wyględów-Olimpijska 1984	ranna	$\Delta f = 0,9551t - 3,576$	0,490
	południowa	$\Delta f = 0,2788t - 4,394$	0,269
	wieczorna	$\Delta f = 3,8667t - 4,155$	0,904
Wyględów-Olimpijska 1985	ranna	$\Delta f = 0,9818t - 1,294$	0,625
	południowa	$\Delta f = 1,1879t + 1,734$	0,652
	wieczorna	$\Delta f = 0,6333t + 2,544$	0,446

Tabela 5. Równania prostych regresji różnic niedosytu wilgotności ($\Delta\Delta$) między punktami zewnętrznymi osiedli i Śródmieściem (UW), t - czas

Osiedle	Pora dnia	$\Delta\Delta = At + b$	r
Służew nad Dolinką 1983	ranna	$\Delta\Delta = 0,0833t - 1,772$	0,129
	południowa	$\Delta\Delta = 0,2833t - 3,772$	0,380
	wieczorna	$\Delta\Delta = 0,7000t - 0,089$	0,855
Wyględów-Olimpijska 1984	ranna	$\Delta\Delta = 0,2461t + 0,610$	0,664
	południowa	$\Delta\Delta = 0,1624t + 0,112$	0,447
	wieczorna	$\Delta\Delta = 0,8367t + 2,643$	0,842
Wyględów-Olimpijska 1985	ranna	$\Delta\Delta = 0,1891t + 0,154$	0,447
	południowa	$\Delta\Delta = 0,3382t - 0,871$	0,536
	wieczorna	$\Delta\Delta = 0,1300t - 1,199$	0,234

Tabela 6. Równania prostych regresji różnic prędkości wiatru (Δv) między punktami zewnętrznymi osiedli i Śródmieściem (UW) względem czasu t

Osiedle	Pora dnia	$\Delta v = At + b$	r
Służew nad Dolinką 1983	ranna	$\Delta v = 0,1433t - 0,130$	0,599
	południowa	$\Delta v = -0,1833t + 1,805$	-0,494
	wieczorna	$\Delta v = -0,1800t + 2,007$	-0,514
Wyględów-Olimpijska 1984	ranna	$\Delta v = 0,1830t - 0,475$	0,674
	południowa	$\Delta v = 0,0545t + 1,133$	0,294
	wieczorna	$\Delta v = -0,2400t + 1,453$	-0,797
Wyględów-Olimpijska 1985	ranna	$\Delta v = 0,0315t - 0,638$	0,168
	południowa	$\Delta v = -0,0412t - 1,09$	-0,233
	wieczorna	$\Delta v = 0,1133t + 1,118$	-0,636

Tabela 7. Równania prostych regresji różnic prędkości wiatru (Δv) między osiedlami i Śródmieściem (UW) względem czasu t

Osiedle	Pora dnia	$\Delta v = At + b$	r
Służew nad Dolinką 1983	ranna	$\Delta v = 0,1733t - 0,0164$	0,851
	południowa	$\Delta v = -0,0967t + 1,190$	-0,424
	wieczorna	$\Delta v = -0,1767t + 1,752$	-0,858
Wyględów-Olimpijska 1984	ranna	$\Delta v = 0,0230t - 0,085$	-0,351
	południowa	$\Delta v = 0,0279t - 0,041$	0,246
	wieczorna	$\Delta v = -0,0767t + 0,319$	-0,552
Wyględów-Olimpijska 1985	ranna	$\Delta v = -0,0207t + 0,017$	-0,230
	południowa	$\Delta v = -0,1006t + 0,297$	-0,704
	wieczorna	$\Delta v = 0,0400t + 0,069$	0,520

IX. ZRÓŻNICOWANIE KLIMATU LOKALNEGO W WARSZAWIE W ZALEŻNOŚCI OD LOKALIZACJI OSIEDLI

9.1. Zróźnicowanie klimatu lokalnego Warszawy w miesiącach letnich (1994)

Autor: Renata ROMAŃSKA

Opiekun naukowy: Maria KOPACZ-LEMBOWICZ

Badania patrolowe w lipcu 1991 r. prowadzone były w punktach na przekroju północ-południe w Warszawie (rys. 1). Obejmowały one: trzy punkty na osiedlu Służew nad Dolinką, trzy w śródmieściu Warszawy i trzy punkty na osiedlu Chomiczówka. Ze względu na cel pracy niezbędna wydaje się krótka charakterystyka otoczenia stanowisk pomiarowych:

Punkty północne (Chomiczówka):

I – położony był na granicy zabudowy niskiej i działek; odległość od najbliższego budynku wynosiła 20 m. Powierzchnię czynną stanowiła tu trawa. Do godziny 20. słońce oświetlało punkt pomiarowy, po tej godzinie zachodziło za drzewa,

II – znajdował się niedaleko ulicy Słonecznikowej. Od strony północnej, zachodniej i południowo-zachodniej osłonięty był przez zabudowę wysoką, od strony północno-zachodniej – przez zabudowę niską. Powierzchnię czynną stanowiła tu trawa. Słońce oświetlało punkt do godziny 16.

III – położony na rozległym obszarze trawiastym, otoczony blokami mieszkalnymi od strony północnej, wschodniej i zachodniej. Punkt pomiarowy był zacieniony od godziny 19.

Punkty śródmiejskie (Plac Piłsudskiego, ul. Świętokrzyska):

IV – znajdował się na Placu Piłsudskiego, powierzchnię czynną stanowił tu beton. Najbliższe zabudowania oddalone były o około 60 m i były to budynki trzy- lub cztero-piętrowe. Punkt był oświetlony przez cały dzień.

V – znajdował się na obszarze trawiastym, na Placu Piłsudskiego. Rozległy plac otoczony był z trzech stron (północnej, wschodniej i południowej) budynkami trzykondygnacyjnymi, a od zachodu Parkiem Saskim. Słońce oświetlało punkt pomiarowy od godziny 7 do 20, później przeświecało przez drzewa.

VI – znajdował się przy ulicy Świętokrzyskiej, po jej północnej stronie, w odległości około 3 m od ruchliwej ulicy. Powierzchnię czynną stanowił tu beton. Teren otoczony zabudową zwartą, średniowysoką. Słońce oświetlało stanowisko pomiarowe w godzinach 7-8 oraz 16-17. Między godzinami 8 a 16 przeświecało ono przez drzewa, a od godziny 17 punkt był zacieniony.

Punkty południowe (Służew nad Dolinką):

VII – znajdował się niedaleko ulicy Mozarta, wewnątrz osiedla. Powierzchnię czynną stanowiła tu trawa. Od zachodu, północy i południo-wschodu teren ograniczony był zabudową wysoką (jedenastopiętrowa). Na północo-zachodzie znajdował się niewielki skwer. Od strony południowo-zachodniej występowała zabudowa mieszana (cztero- i jedenastopiętrowa). Najbliższy blok oddalony był od punktu o około 10 m. Punkt pomiarowy był zacieniony od godziny 15.

VIII – znajdował się na niewielkim wzniesieniu w głębi osiedla. Z trzech stron otoczony był blokami o różnej wysokości. Domy otaczające punkt od zachodu oddalone były o około 200 m, pozostałe znajdowały się w odległości od 50 m do 100 m. Od południa punkt nie był osłonięty. Powierzchnię czynną stanowiła tu trawa. Od godziny 18. stanowisko było zacienione.

IX – znajdował się niedaleko ulicy Noskowskiego. Od strony północnej i zachodniej otoczony był blokami mieszkalnymi cztero- i jedenastopiętrowymi. Po stronie południowej i wschodniej rozciągały się łąki i ogródki działkowe. Powierzchnię czynną stanowiła tu trawa. Od godziny 19.30 punkt był zacieniony.

Przy doborze punktów kierowano się przede wszystkim: różnorodnością zabudowy, rodzajem powierzchni czynnej, a także położeniem względem całego osiedla.

Wyniki badań

Specyficzne cechy klimatu miejskiego są częstym tematem badań prowadzonych na terenach różnych miast. Dość dobrze poznany jest wpływ warunków miejskich: podłoża, zabudowy na rozkład różnych elementów meteorologicznych. Analiza danych przeprowadzona w tej pracy, mimo fragmentaryczności czasowej (lipiec 1991 r.) i przestrzennej (punkty profilu północ-południe w Warszawie) potwierdziła wiele wniosków, pochodzących z kompleksowych obserwacji, obejmujących większe obszary miast europejskich i dłuższy przedział czasowy.

Modyfikacje kierunku i prędkości wiatru wynikały ze zwiększonej w warunkach miejskich szorstkości podłoża, układu ulic, wysokości budynków, kształtu i rozmiaru terenów otwartych, wysokości zieleni (rys. 2, tab. 1). Na całym obszarze objętym badaniami przeważały wiatry z sektora zachodniego (wykazane to już zostało w pracach Kossowskiej (1973) i Stopy-Boryczka (1992)). W mieście zanotowano więcej wiatrów południowych o 12,5%, północnych – o 8,1% i wschodnich o 8,2%. Największymi modyfikacjami struktury kierunków wiatru charakteryzowały się punkty umieszczone wśród zabudowy: mieszanej z dużym udziałem zieleni (południowe rejony miasta), luźnej i wysokiej osiedla Chomiczówka (północne rejony miasta).

Miasto jako bryła ogólnie zmniejszało prędkość wiatru o 63% (2,7 m/s) w ciągu dnia i około 54% w godzinach wieczornych. Znaczne odchylenia notowano w dniach z największymi prędkościami wiatru. Różnice te malały w godzinach wieczornych, kiedy zaznaczała się wyraźna lokalna cyrkulacja, związana ze zróżnicowanym wychładzaniem powierzchni w terenie zabudowanym.

Pojawianie się w obszarze miasta wyspy ciepła wpływało również na zmniejszenie deformacji pola prędkości wiatru, ponieważ w tym czasie wzmoczeniu ulegały ruchy pionowe i turbulencyjne, co prowadziło do zwiększonego ruchu powietrza.

Najszybciej ogrzewały i ochładzały się obszary peryferyjne, a w centralnej części miasta rejony nad powierzchniami trawiastymi i tu najwcześniej pojawiała się i zanikała wyspa ciepła. Odwrotna sytuacja występowała nad podłożem betonowym, charakteryzującym się słabym przewodnictwem, ale dużą pojemnością cieplną. Ze względu na to, że na terenie miasta występują różne powierzchnie czynne, wyspa ciepła nie stanowi zwartego obszaru, lecz w warstwie przyziemnej rozpada się na mniejsze ośrodki, o różnym zasięgu, natężeniu i tempie rozwoju. Największą intensywnością wyspy ciepła

charakteryzowały się obszary o zabudowie: wysokiej z dużym udziałem ścian budynków i powierzchni betonowej (2,4°C) i zwartej średniowysokiej (2,8°C), najmniejszym zaś o zabudowie luźnej, mieszanej z dużym udziałem zieleni. W godzinach wieczornych wartości tych różnic były największe (średnio około 2,3°C). Wzrastały one wraz ze zmniejszeniem się zachmurzenia, natomiast prawie zanikały przy zachmurzeniu 8 (0,3°C).

Warunki pogodowe i termiczne miasta wywierały znaczny wpływ na zmiany pola niedosytu wilgotności. Najsilniej odchylenia tego elementu zaznaczały się w godzinach wieczornych (średnia 5,1 hPa). Znaczne różnice wykazywały obszary otwarte lub położone wśród zabudowy luźnej i wysokiej, czyli na terenach dobrze przewietrzanych, gdzie zwiększony przepływ powietrza powodował wynoszenie pary wodnej.

Najbardziej interesującym fragmentem pracy jest analiza wpływu kierunku wiatru na różne elementy meteorologiczne (rys. 3). Mimo tak krótkiego okresu obserwacyjnego udało się potwierdzić występowanie zjawiska przesuwania się wyspy ciepła i jej rozwoju przestrzennego w zależności od kierunku napływu powietrza, niestety na podstawie omawianych danych nie można było ukazać podobnej zależności w rozkładzie niedosytu wilgotności powietrza.

Największe różnice w rozkładzie elementów meteorologicznych wystąpiły przy północnym i północno-zachodnim napływie powietrza (rys. 4-7, tab. 2-3). W centralnych obszarach Warszawy bardzo wyraźnie zaznaczało się wówczas podwyższenie temperatury, obniżenie wilgotności powietrza i osłabienie prędkości wiatru. Przy wietrze z południo-zachodu na całym terenie badań zaznaczyło się obniżenie temperatury i podwyższenie wilgotności w stosunku do stacji peryferyjnej Warszawa-Okęcie.

Wyraźnie zostało również uchwycone zjawisko przesuwania się wyspy ciepła. Podczas ruchu powietrza z południo-wschodu „obszar” podwyższonej temperatury na terenie miasta zaznaczył się około 3 godzin wcześniej niż przy wietrze z północno-zachodu. Obejmował on tereny śródmieścia i północno-zachodniej Warszawy – rejon zawietrzny – i tu najszybciej następował jego rozwój. Przy północno-zachodnim wietrze wyspa ciepła przesunięta była ku południowo-wschodnim rejonom Warszawy, gdzie wykazywała także największe natężenie i tempo zmian.

Na podstawie badań i przeprowadzonej analizy wyników można określić pewne prawidłowości klimatu lokalnego dla omawianych fragmentów Warszawy.

W południowych rejonach miasta (Służew nad Dolinką) wśród zabudowy mieszanej z dużym udziałem zieleni rozkład kierunków wiatru był najbardziej zbliżony do pozamiejskiego. Najczęściej notowano napływ powietrza z północno-zachodu (o 10% częściej niż na Okęciu), tutaj też zaznaczyło się największe wyhamowanie prędkości wiatru. Wśród luźnej zabudowy tego osiedla pole prędkości wiatru było modyfikowane w mniejszym stopniu.

Na podstawie przebiegu różnic średniej temperatury dziennej można było stwierdzić, że w tym rejonie Warszawy, na całej przestrzeni osiedla występowała właściwie jedna wyspa ciepła o natężeniu około 2,1°C.



Rysunek 1. Rozmieszczenie stanowisk pomiarowych w Warszawie w lipcu 1991 r.
 1 – Punkty północne (Chomiczówka), 2 – Punkty śródmiejskie (Plac Piłsudskiego, ul. Świętokrzyska), 3 – Punkty południowe (Służew nad Dolinką)

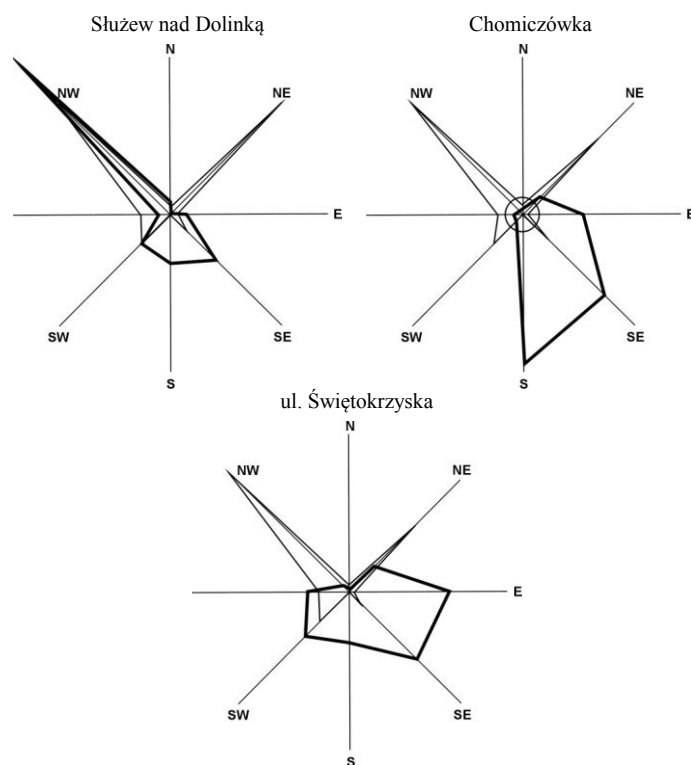
Najbardziej zmieniającym przebieg elementów meteorologicznych obszarem był rejon śródmieścia, w którym przewaga betonowych i asfaltowych powierzchni, a także zmienna wysokość i zwartość zabudowy oraz układ ulic wywoływały silny wpływ na przebieg i rozkład wszystkich elementów meteorologicznych. Kierunki wiatru były zgodne z przebiegiem ulic, praktycznie nie występowały okresy bezwietrzne, jedynie na terenie otwartym – Placu Piłsudskiego. Znaczne wyhamowanie prędkości wiatru notowane było przy północnym napływie powietrza, gdyż wówczas układ zabudowy stanowił barierę dla ruchu powie-

trza. Przy kierunkach wiatru zgodnych z przebiegiem ulic ruch powietrza ulegał przyspieszeniu (efekt tunelowy). Podobne wyniki badań otrzymali Waker (1991) i Kijowski (1990).

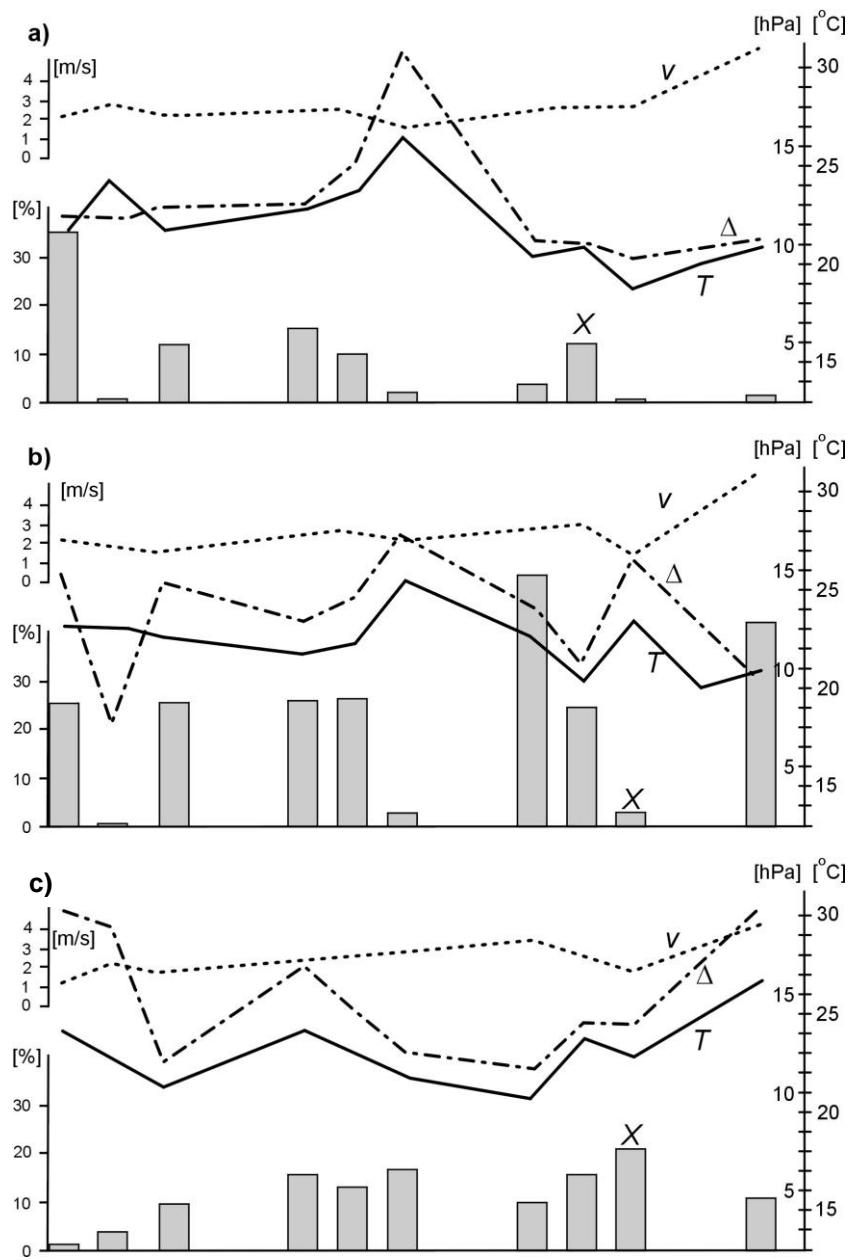
Ze względu na to, że sztuczne powierzchnie czynne wolniej się nagzewają i dłużej oddają ciepło, „obszar” podwyższonej temperatury pojawiał się na tym terenie najpóźniej (nawet około 21.00), z tym że intensywniejsze nagrzanie podłoża powodowało, iż natężenie jego było większe niż w innych fragmentach miasta (4,4°C). Obszary śródmiejskie z podłożem trawiastym pozostawały chłodniejsze w stosunku do położonych nad powierzchniami sztucznymi, ale były cieplejsze od terenów peryferyjnych.

Układ zabudowy północnych rejonów Warszawy (Chomiczówka) znacznie zmienił strukturę kierunku wiatru. Często notowano tu wiatry południowe (w niektórych rejonach osiedla nawet około 40%), które w ogóle nie wystąpiły na Okęciu. Tu też najczęściej stwierdzono okresów bezwietrznych – wśród zabudowy wysokiej, częściowo zamkniętej z dużym udziałem drzew. Osiedle to charakteryzowało się najniższym podwyższeniem temperatury w stosunku do Okęcia, co mogło być spowodowane przeważającymi nad Warszawą północno-zachodnimi wiatrami.

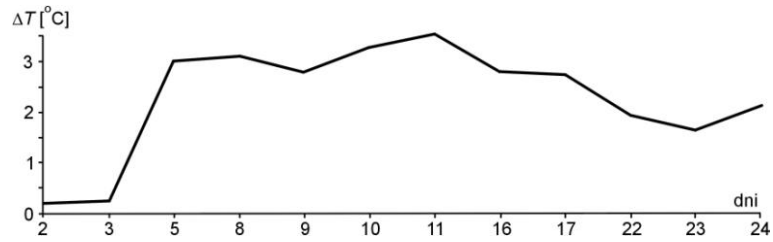
Niniejsza praca jest kontynuacją badań klimatu Warszawy i mogłaby ona posłużyć do oceny warunków biometeorologicznych, omówionych fragmentów miasta, co byłoby cennym jej uzupełnieniem.



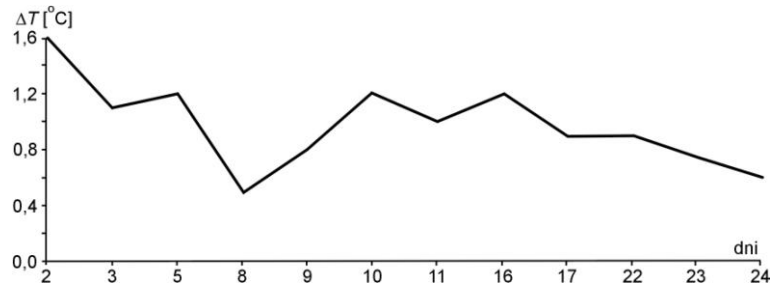
Rysunek 2. Częstość występowania poszczególnych kierunków wiatru w osiedlach: Służew nad Dolinką (VII), Chomiczówka (II), ul. Świętokrzyska (VI) na tle Okęcia



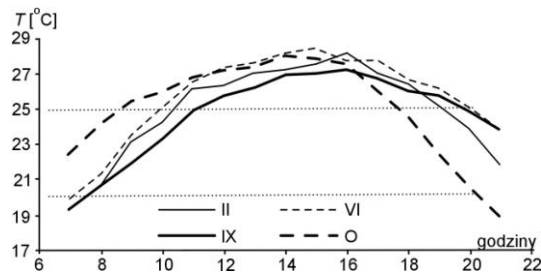
Rysunek 3. Rozkład średniej prędkości wiatru (v), średniej temperatury powietrza (T) i średniego niedosytu wilgotności (Δ) oraz częstości określonych kierunków wiatru (X) na przekroju N-S przy wiatrach z kierunku: a) południowego, b) północno-zachodniego, c) południowo-zachodniego



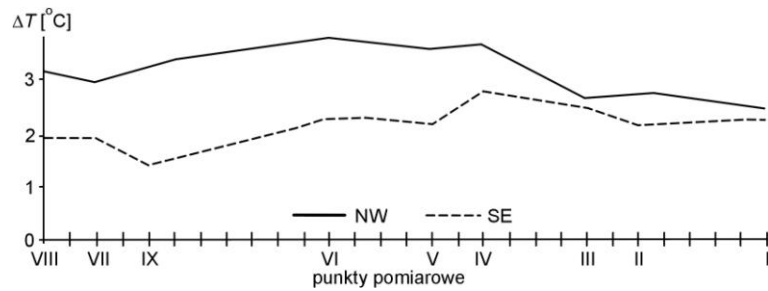
Rysunek 4. Przebieg różnic średniej temperatury z godzin 16.00-21.00 z wszystkich punktów w stosunku do Okęcia, w wybranych dniach lipca 1991 r.



Rysunek 5. Przebieg różnic średniej temperatury dnia z wszystkich punktów w stosunku do Okęcia, w wybranych dniach lipca 1991 r.



Rysunek 6. Przebieg średniej temperatury dziennej z dni, w których wystąpiła temperatura co najmniej 25°C w punktach: Chomiczówka (II), ul. Świętokrzyska (VI), Służew nad Dolinką (IX), Okęcia (O), w lipcu 1991 r.



Rysunek 7. Średnie różnice temperatury dnia w punktach profilu N-S w Warszawie w stosunku do Okęcia, w lipcu 1991 r.

Tabela 1. Częstość występowania poszczególnych kierunków wiatru w punktach miejskich i na stacji peryferyjnej – Okęcie, w lipcu 1991 r.

Kierunek wiatru	Największa częstość występowania		Średnia częstość występowania w %	
	Punkty	%	Punkty miejskie	Okęcie
N	I	35,90	9,90	1,80
NE	III	30,00	10,70	28,80
E	VI	25,30	9,40	1,20
SE	II	28,20	14,10	5,50
S	II	39,40	12,50	0,00
SW	IX	19,80	11,20	9,80
W	IV	18,10	9,60	8,90
NW	VII	52,20	20,40	42,30
C	I	7,80	2,20	1,80

Tabela 2. Natężenie wyspy ciepła w zależności od kierunku wiatru na profilu N-S w Warszawie w stosunku do Okęcia, w lipcu 1991 r.

Godziny	Punkty									
	I		II		III		IV		V	
	NW	SE	NW	SE	NW	SE	NW	SE	NW	SE
16	0,40	0,10	1,00	-0,50	0,20	-0,30	1,60	0,30	0,90	0,10
17	3,10	1,60	2,70	0,60	1,50	2,00	3,40	0,90	3,20	0,20
18	3,10	2,60	3,00	1,90	3,30	2,70	3,90	1,90	4,00	1,80
19	2,20	3,30	2,40	3,80	2,70	4,40	3,70	5,40	3,00	4,00
20	3,50	3,20	3,40	3,30	4,20	3,30	4,30	4,30	5,80	3,60
21	2,60	3,10	4,00	3,70	4,20	2,90	5,00	3,90	4,90	3,60
Średnia	2,50	2,30	2,80	2,10	2,70	2,50	3,60	2,80	3,60	2,20
Różnica	0,20		0,70		0,20		0,80		1,40	

Godziny	Punkty							
	VI		VII		VIII		IX	
	NW	SE	NW	SE	NW	SE	NW	SE
16	1,70	-0,60	-0,10	-0,40	2,50	0,40	1,00	0,20
17	3,60	0,50	2,00	-0,40	2,40	0,00	2,60	0,10
18	3,30	2,00	2,80	1,90	3,10	1,80	2,90	1,30
19	4,00	3,90	3,20	3,40	2,80	3,60	2,40	2,70
20	5,10	3,70	5,00	3,30	4,90	2,70	5,10	1,70
21	5,00	4,40	5,10	3,40	3,20	2,80	5,50	2,30
Średnia	3,80	2,30	3,00	1,90	3,20	1,90	3,20	1,40
Różnica	1,50		1,10		1,30		1,80	

Tabela 3. Średnia prędkość wiatru (v), średnia temperatura powietrza (T) i średni niedosyt wilgotności (Δ) przy poszczególnych kierunkach wiatru i ciszy, w różnych punktach rozmieszczonych na terenie Warszawy, w lipcu 1991 r.

Punkty	Jednostki	C	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
I	v [m/s]	–	1,70	1,40	1,20	0,90	0,90	0,60	1,20	2,00
	T [C]	25,50	21,20	22,20	23,60	22,80	25,90	25,10	23,60	23,10
	Δ [hPa]	15,60	11,60	13,60	15,80	15,50	19,40	19,30	16,40	14,80
II	v [m/s]	–	2,20	1,30	0,90	1,40	1,40	1,50	1,80	1,80
	T [C]	26,70	24,50	18,30	21,50	23,40	23,20	22,70	25,80	23,20
	Δ [hPa]	19,90	11,40	7,40	12,60	15,40	14,80	18,60	21,50	7,20
III	v [m/s]	–	1,70	1,70	1,20	1,20	1,10	1,20	1,10	1,60
	T [C]	–	21,90	24,50	25,60	22,50	23,70	21,20	19,30	22,60
	Δ [hPa]	–	12,00	16,10	18,30	14,10	15,80	11,50	8,60	14,40
IV	v [m/s]	–	2,00	1,60	0,80	1,70	0,70	1,70	2,40	2,20
	T [C]	–	22,90	24,40	26,10	24,50	24,40	24,10	22,00	21,70
	Δ [hPa]	–	12,10	14,60	19,00	17,10	16,50	16,40	13,40	12,40
V	v [m/s]	–	1,80	1,50	1,30	1,50	1,00	2,00	2,50	2,30
	T [C]	29,90	23,70	24,00	24,40	22,00	23,20	22,80	21,50	22,30
	Δ [hPa]	28,70	14,00	14,50	15,60	12,70	16,40	14,20	12,10	13,60
VI	v [m/s]	–	1,00	2,20	2,00	1,90	2,30	2,10	2,60	1,90
	T [C]	–	27,00	22,00	23,90	22,50	22,00	21,70	24,60	25,40
	Δ [hPa]	–	19,80	12,30	14,80	11,40	12,40	12,10	16,30	16,70
VII	v [m/s]	–	1,90	2,50	1,00	2,10	2,00	2,60	2,20	2,30
	T [C]	24,10	20,40	23,80	20,20	23,80	23,60	20,60	24,60	22,70
	Δ [hPa]	11,00	10,20	14,20	9,90	15,60	16,10	11,10	15,40	13,10
VIII	v [m/s]	–	2,00	1,10	1,10	1,10	1,30	1,80	1,60	2,80
	T [C]	27,40	20,90	20,70	22,60	21,80	24,10	23,50	23,40	20,30
	Δ [hPa]	18,90	10,30	11,70	10,30	11,10	14,30	13,50	13,80	10,10
IX	v [m/s]	–	2,00	1,00	1,00	1,00	1,30	1,20	1,40	1,30
	T [C]	25,50	18,80	22,70	22,80	23,60	23,00	22,80	20,80	23,40
	Δ [hPa]	14,60	9,40	12,90	13,90	15,90	14,60	13,30	10,90	15,50
Okęcie	v [m/s]	–	5,00	5,00	3,00	2,40	–	3,50	4,90	5,20
	T [C]	15,10	20,90	21,70	17,80	21,80	–	26,70	21,70	20,50
	Δ [hPa]	3,00	10,30	9,90	6,20	10,20	–	19,20	10,80	9,30

9.2. Zróźnicowanie klimatu lokalnego Warszawy na profilu wschód-zachód

Autor: Dorota PRZYBYŁKOWSKA

Opiekun naukowy: Maria KOPACZ-LEMBOWICZ

Wprowadzenie

Badania prowadzone były na 9 stanowiskach pomiarowych w Warszawie, rozmieszczonych na profilu zachód-wschód, w ten sposób, że pierwsze stanowisko znajdowało się na zachodnim krańcu miasta (Jelonki), ostatnie zaś na wschodnim (Marysin Wawerski). Rozmieszczając stanowiska pomiarowe kierowano się różnorodnością zabudowy, otoczenia, rodzajem powierzchni czynnej, odległością od centrum miasta, obecnością terenów zielonych, tak aby reprezentowane były różne rejony miasta. Punkty oznaczone liczbą nieparzystą umieszczono na podłożu naturalnym, natomiast oznaczone liczbą parzystą – na podłożu sztucznym (asfalt bądź chodnik). Trzy punkty umieszczono w parkach miejskich. Sześć punktów pomiarowych znajdowało się na lewym brzegu Wisły, pozostałe na prawym. Odległości między punktami były nierównomierne.

Opis pogody w czasie badań

Badania, których wyniki posłużyły za materiał źródłowy niniejszej pracy prowadzone były na przełomie czerwca i lipca 1992 (30.06 – 22.07) w Warszawie (rys. 1-3, tab. 1-3).

Sytuacja synoptyczna w tym okresie została przeanalizowana na podstawie biuletynów synoptycznych Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej. W dniu 30.06.1992 r. wystąpił typ cyrkulacji (O_A), (typy cyrkulacji podano za Stępniewską-Podrażką 1990) z ośrodkiem wyżowym rozbudowanym nad Polską, który w dniach 1-4.07.1992 przesunął się na południe Europy (O_O). Fala ciepła obejmująca obszar Polski pod koniec czerwca utrzymywała się jeszcze w pierwszych dniach lipca. Było na ogół pogodnie, jedynie na zachodzie obserwowano większe zachmurzenie. W dniach 5-7.07.1992 występował typ cyrkulacji północno-wschodniej (NE_O) – napłynęło nieco chłodniejsze powietrze zwłaszcza nad północne rejony kraju. Notowano niewielkie przelotne opady oraz burze, którym niekiedy towarzyszyły intensywne deszcze. Wiatr słaby, okresami zmienny, sprzyjał tworzeniu się lokalnych mgieł. W dniach 8-9.07.1992 wystąpił typ cyrkulacji zerowej antycyklonalnej (O_A), nad Polską zalegał wówczas układ wyżowy, była pogoda słoneczna. W całym kraju nie notowano w ogóle opadów. W dniach 10-12.07.1992 Polska znalazła się pod wpływem zatoki niskiego ciśnienia z ośrodkiem nad Wyspami Brytyjskimi (typ cyrkulacji południowej cyklonalnej S_C). Nastąpił wzrost zachmurzenia do dużego, jedynie na wschodzie i w centrum było na ogół pogodnie. Występowały przelotne opady miejscami o charakterze burzowym. Wiatr był na ogół umiarkowany, w czasie burz porywisty, głównie południowy.

W dniach 13-15.07.1992 Polska znalazła się pod wpływem wyżu znad Europy Zachodniej (typ cyrkulacji zachodniej W_O) – który w dniach 16-26.07.1992 przemieszczał się stopniowo na wschód – typ cyrkulacji południowo-zachodniej antycyklonalnej (SW_a). Pogoda na ogół była słoneczna i bardzo ciepła.

Wnioski

Celem niniejszej pracy było wykazanie deformacji pola temperatury, wilgotności, prędkości i kierunku wiatru w Warszawie na profilu wschód-zachód w zależności od zabudowy, rodzaju powierzchni czynnej i warunków pogodowych. Analiza danych została przeprowadzona na podstawie wyników badań prowadzonych w Warszawie na przełomie czerwca i lipca 1992 roku. Pomimo fragmentaryczności czasowej i przestrzennej (9 punktów profilu zachód-wschód) możliwe było potwierdzenie wiele wniosków dotyczących klimatu miasta, znanych z kompleksowych obserwacji, obejmujących obszary miast europejskich i duży przedział czasowy.

Analiza danych pozwoliła na wyciągnięcie następujących wniosków :

- Miasto jako obszar o zwiększonej szorstkości podłoża, specyficznym układzie ulic, terenów zielonych, placów, zróżnicowanej wysokości zabudowy determinowało kierunek wiatru w odniesieniu do obszarów pozamiejskich. Na całym obszarze objętym badaniami przeważały wiatry z sektora zachodniego (45%), podobnie jak na stacji pozamiejskiej Okęcie (44,3%). W mieście zanotowano jednak większy udział wiatru północnego (o 4,7%), i wschodniego (o 8,3%). Największymi modyfikacjami kierunku wiatru charakteryzowały się punkty uliczne (punkt 6 – ulica Świętokrzyska), bądź osiedlowe (punkt osiedlowy – 8) zlokalizowane pośród wysokiej zwartej zabudowy. Największe podobieństwo w rozkładzie kierunku wiatru notowano w punktach nieosłoniętych, zlokalizowanych na stosunkowo otwartej przestrzeni (punkty peryferyjne, parkowy punkt 7).

- Miasto jako obszar zwartej zabudowy ogólnie zmniejszało prędkość wiatru o 2,1 m/s czyli 63,3% w stosunku do stacji pozamiejskiej. Największa prędkość wiatru i jednocześnie najmniejsze różnice w stosunku do Okęcia występowały w punktach peryferyjnych pozbawionych w swym otoczeniu przeszkód do swobodnego ruchu powietrza. W mieście stwierdzono również o 0,2% mniejszy udział cisz. Największy udział cisz stwierdzono bądź w punktach osiedlowych bądź parkowych, gdzie zabudowa lub wysokie drzewa wpływały na wyhamowanie prędkości wiatru.

- Na deformację pola prędkości wiatru znacznie wpływało pojawienie się miejskiej wyspy ciepła, ponieważ wzmoczeniu ulegały wówczas ruchy pionowe i turbulencyjne co prowadziło do zwiększonego ruchu powietrza. Najszybciej ogrzewały się i ochładzały tereny peryferyjne z dużym udziałem zieleni w otoczeniu. Pojawiała się tu najszybciej wyspa ciepła, wykazywała szybkie tempo zmian natężenia, ale też najszybciej zanikała. W Śródmieściu natomiast, gdzie powierzchnię czynną stanowi beton i asfalt wyspa ciepła zaznaczała się 2 godziny później, ale też dłużej się utrzymywała.

- Największą intensywność wyspa ciepła osiągnęła w obszarze śródmiejskim (punkt 6 – 4,8°C) o zwartej wysokiej zabudowie, z dużym udziałem ścian budynków i powierzchni betonowej. Zwiększoną intensywnością wyspy ciepła charakteryzowały się dni pogodne, w dniach pochmurnych intensywność zmian temperatury w stosunku do Okęcia była znacznie niższa.

- Analiza danych pozwoliła stwierdzić związek między kierunkiem wiatru a natężeniem i zróżnicowaniem przestrzennym miejskiej wyspy ciepła. Udało się potwierdzić występowanie zjawiska przesuwania wyspy ciepła w zależności od kierunku wiatru. Przy wietrze południowo-wschodnim stwierdzono występowanie wyspy ciepła w śródmieściu i zachodnich punktach profilu, natomiast przy wietrze południowo-zachodnim wyspa ciepła

poza Śródmieściem zaznaczyła się we wschodnich punktach profilu, a więc tam gdzie napływało powietrze o cechach najbardziej zmienionych przez miasto.

- Warunki pogodowe i termiczne miasta wywierały znaczny wpływ na zmiany pola niedosytu wilgotności. Najsilniej odchylenia tego elementu zaznaczały się w godzinach wieczornych. Największe różnice w stosunku do Okęcia notowano w punktach, w których otoczenie pozbawione było zarówno wysokiej zabudowy jak i drzew, gdzie wiatr wynosił cząsteczki pary wodnej zmniejszające wilgotność powietrza.

- Na podstawie badań i przeprowadzonej analizy wyników można określić pewne prawidłowości klimatu lokalnego dla omawianych fragmentów Warszawy.

- We wschodnim, praskim rejonie Warszawy wśród zabudowy mieszanej z dużym udziałem zieleni rozkład kierunków wiatru był najbardziej zbliżony do pozamiejskiego, zwłaszcza w parkowym punkcie 7 (Park Skaryszewski).

- Obszar ten odznaczał się generalnie małym niedosytem wilgotności powietrza zarówno w stosunku do Okęcia, jak w porównaniu z lewobrzeżną częścią Warszawy. Związane to było przede wszystkim z dużym udziałem terenów zielonych na tym obszarze.

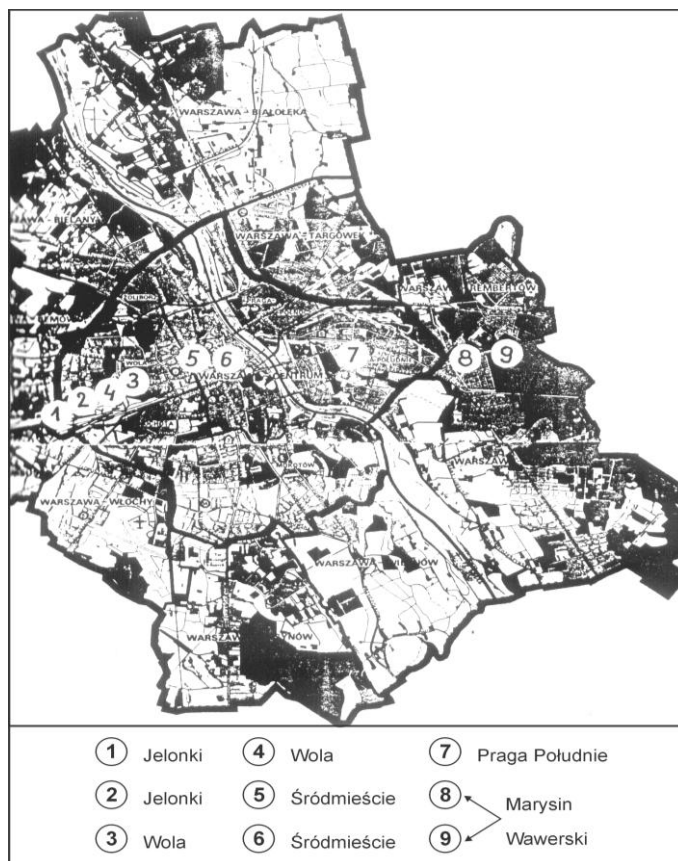
- Na podstawie przebiegu różnic średnie temperatury dziennej stwierdzono występowanie w tym rejonie Warszawy miejskiej wyspy ciepła o zwiększonym natężeniu przy napływie powietrza z południo-zachodu, kiedy docierało tu powietrze o cechach najbardziej zmodyfikowanych przez miasto.

- Obszarem najsilniej zmieniającym przebieg elementów meteorologicznych w stosunku do stacji pozamiejskiej był rejon Śródmieście. Przewaga betonowych i asfaltowych powierzchni, zmienna wysokość i zwartość zabudowy oraz układ ulicy wywierały silny wpływ na przebieg wszystkich elementów meteorologicznych. Stwierdzono tu silną deformację kierunku wiatru. Zwiększonym udziałem w rozkładzie kierunków wiatru odznaczały się wiatry zgodne z przebiegiem ulic, ponadto ruch powietrza ulegał wówczas przyspieszeniu. Znaczne wyhamowanie prędkości wiatru notowano przy północnym napływie powietrza, gdyż wówczas układ zabudowy stanowił barierę dla ruchu powietrza. W obszarze tym występowała wyspa ciepła o natężeniu większym niż w innych fragmentach miasta ($4,4^{\circ}\text{C}$), przede wszystkim ze względu na duży udział sztucznej powierzchni na tym terenie.

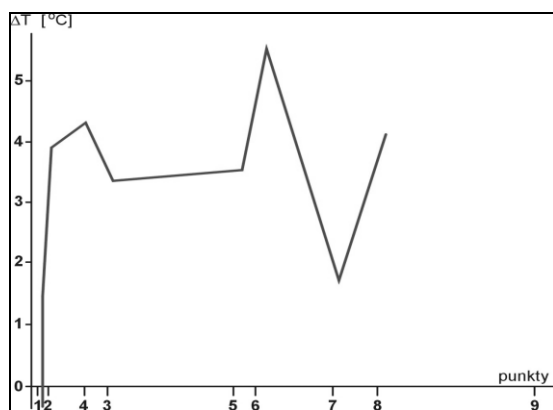
- W zachodniej części Warszawy, w punktach peryferyjnych stwierdzono duże podobieństwo w rozkładach kierunków wiatru do stacji pozamiejskiej Okęcie. Związane to było przede wszystkim z brakiem wysokiej zwartej zabudowy w otoczeniu tych punktów, mogącej determinować kierunek wiatru. Na obszarze tym zanotowano ponadto największe różnice niedosytu wilgotności w stosunku do Okęcia, gdyż nie hamowany przeszkodami swobodny ruch powietrza wynosił cząsteczki pary wodnej, zwiększając suchość powietrza.

- Wyspa ciepła zaznaczała się tu silnie przy napływie powietrza z południowego-wschodu, gdy docierało powietrze o cechach zmodyfikowanych przez miasto.

Niniejsza praca jest kontynuacją badań klimatu Warszawy i mogłaby posłużyć do oceny warunków biometeorologicznych omówionych fragmentów miasta, co stanowiłoby jej cenne uzupełnienie.



Rysunek 1. Rozmieszczenie punktów pomiarowych w Warszawie na profilu W-E w dniach 30.06.-22.07.1992 r.



Rysunek 2. Różnice średniej temperatury powietrza między poszczególnymi punktami profilu a Okęciem o godz. 21. w dniach 30.06.-22.07.1992 r.

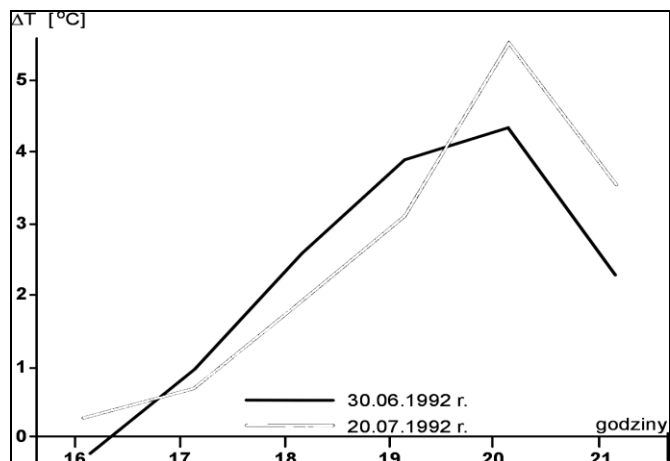
Tabela 1. Różnice średniej temperatury powietrza (°C) w godz.16-21 między punktami profilu WE a Okęciem w Warszawie w dniach 30.06.-22.07.1992 r.

Godz.	Punkty								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
16	1,7	-3,0	-2,6	-2,6	-2,6	-2,4	-3,0	-2,1	-3,2
17	-1,9	-2,4	1,3	1,2	-2,1	1,4	0,9	1,7	0,3
18	3,1	2,8	2,8	2,6	2,4	2,6	2,4	3,0	
19	3,9	3,9	3,9	4,1	3,6	4,2	3,1	4,3	
20	3,4	4,4	4,3	4,7	3,9	5,0	3,1	4,6	
21	1,2	3,9	3,3	4,3	3,5	5,5	1,8	4,1	

Tabela 2. Tempo zmian natężenia wyspy ciepła (°C/h) na profilu W-E w Warszawie, w stosunku do Okęcia, w zależności od kierunku wiatru w dniach 30 czerwca – 22 lipca 1992 r.

Godziny	1		2		3		4		5	
	SW	SE	SW	SE	SW	SE	SW	SE	SW	SE
16-17	-0,8	1,2	1,1	2,3	-0,6	4,5	0,5	0,5	0,8	1,2
17-18	1,2	1,7	2,0	1,3	0,9	0,0	1,1	1,9	1,9	2,0
18-19	1,3	0,8	1,1	1,2	1,5	1,7	1,4	0,4	1,4	0,4
19-20	1,6	0,3	2,4	1,0	2,7	0,7	1,7	0,8	1,7	0,8
20-21	-0,8	-5,1	-1,0	-1,1	-2,7	-2,6	1,3	-1,5	1,3	-1,5
Srednie zmiany natężenia	0,2	0,1	0,9	0,8	0,3	0,7	0,8	0,6	1,1	0,5
Różnice zmian natężenia	0,2		0,1		0,4		0,2		0,6	

Godziny	6		7		8		9	
	SW	SE	SW	SE	SW	SE	SW	SE
16-17	-0,3	0,1	0,9	0,1	0,8	0,5	0,2	0,7
17-18	1,4	2,3	0,1	2,1	1,0	1,3	0,8	2,1
18-19	2,5	1,5	0,1	0,7	0,7	1,7	0,6	1,0
19-20	3,3	1,1	1,5	-0,3	2,9	0,9	1,6	-2,0
20-21	0,1	0,4	-2,0	-3,5	0,9	-0,6	-2,3	-1,3
Srednie zmiany natężenia	1,1	0,9	0,1	0,1	0,7	0,6	0,1	0,5
Różnice zmian natężenia	0,2		0,0		0,1		0,4	



Rysunek 3. Przebieg średniej różnicy temperatury powietrza między Okęciem a punktami profilu W-E w wybranych dniach czerwca i lipca (30.06. – SE, 22.07. – SW) w zależności od kierunku wiatru

Tabela 3. Natężenie wyspy ciepła [°C] w zależności od kierunku wiatru na profilu W-E w Warszawie w stosunku do Okęcia, w wybranych dniach lipca 1992 r.

Godziny	1		2		3		4		5	
[°C]	SW	SE	SW	SE	SW	SE	SW	SE	SW	SE
16	1,5	0,1	-0,8	-0,8	0,7	-1,9	0,3	-0,4	-0,4	-0,5
17	0,7	1,2	0,3	1,5	0,1	2,6	0,8	0,1	1,2	0,7
18	1,9	2,9	2,3	2,8	2,0	2,6	1,9	2,0	2,1	2,7
19	3,2	3,7	3,4	4,0	3,5	4,3	3,3	4,4	3,5	3,1
20	4,8	4,0	5,8	5,0	6,2	5,0	6,7	5,9	5,2	3,9
21	0,1	-1,1	4,8	3,9	3,5	2,4	5,0	3,3	3,9	2,4
Średnia	2,0	1,7	2,6	2,7	2,6	2,5	3,0	2,5	2,6	2,1
Różnica	0,3		0,1		0,1		0,5		0,5	
Godziny	6		7		8		9			
[°C]	SW	SE	SW	SE	SW	SE	SW	SE		
16	0,3	0,6	0,0	0,4	0,9	1,0	0,3	-0,2		
17	0,0	0,7	0,9	0,5	1,7	1,5	0,5	0,5		
18	1,4	3,0	2,0	2,6	2,7	2,8	1,3	2,6		
19	3,9	4,5	2,1	3,3	3,4	4,5	1,9	3,6		
20	7,2	5,6	3,6	3,0	6,3	5,4	3,5	1,6		
21	7,3	5,2	1,6	0,5	5,4	4,8	1,2	0,3		
Średnia	3,3	3,3	1,7	1,5	3,4	3,3	1,4	1,4		
Różnica	0,3		0,1		0,1		0,5			

9.3. Dobowy przebieg warunków odczuwalnych w Warszawie

Autor: Katarzyna GULA

Opiekun naukowy: Maria KOPACZ-LEMBOWICZ

Materiały wykorzystane w pracy pochodziły z całodobowych pomiarów wykonywanych w ramach praktyk studenckich. W lipcu 1994 roku pomiary wykonywano w 14 punktach położonych w różnych częściach Warszawy i 2 zlokalizowanych w miejscowościach podwarszawskich (rys. 1). Prawie wszystkie stanowiska pomiarowe znajdowały się na podłożu trawiastym. Wyjątek stanowić punkt położony w Falentach, gdzie podłożem stanowiło pole porośnięte ziemniakami. Punkty z pierwszej doby lipcowej (6/7 VII) oznaczono symbolami: A, a z drugiej (15/16 VII) i trzeciej (18/19 VII) – B.

Uzupełniające dane pochodziły z pomiarów wykonanych z 8 na 9 czerwca 1990 roku na 4 punktach oznaczonych symbolem C, 20/21 marca 1992 roku na 6 stanowiskach (E) i 27/28 października 1990 roku w 6 punktach (D).

W celu scharakteryzowania punktów pomiarowych podzielono je na grupy, cechujące się podobnym sposobem zabudowy. Zastosowano klasyfikację typów zabudowy J. Fortini (1985) i wyróżniono:

I. Punkty położone w osiedlach o zabudowie nisko- i średniokondygnacyjnej o układzie zabudowy zwartym i zamkniętym. Stanowiska pomiarowe zlokalizowane zostały wewnątrz osiedli na niewielkich placach porośniętych trawą i kilkoma drzewami, które przez znaczną część dnia rzuciły cień na miejsce pomiaru. Do grupy tej należały punkty położone w centrum miasta, przy ulicach: Wołoskiej (7B) i Filtrowej (3E), oraz posterunek meteorologiczny Uniwersytetu Warszawskiego (9A, 2B). Cechą wyróżniającą punkt przy ulicy Wołoskiej był większy udział roślinności mieszanej.

II. Punkty położone w osiedlach o zwartej zabudowie wysokiej i średniowysokiej tworzącej częściowo zamknięty układ zabudowy. W otoczeniu punktów przeważały powierzchnie sztuczne. Do tej grupy można zaliczyć punkty położone przy ulicach:

- Niepodległości (4E) – wśród wysokiej zabudowy, blisko kępy drzew krzewów utrudniających przewietrzanie;
- Powsińskiej (2D) – w części południowej miasta;
- Przędowników Pracy w Ursusie (6D);
- Limanowskiego (1C) – położonej w południowej części Warszawy;
- Sobieskiego (2C) – wśród mieszanej zabudowy w południowej części miasta;
- Zamiejskiej (4B) – zlokalizowanej w północno-wschodniej części miasta, gdzie stanowisko znajdowało się obok boiska szkolnego, blisko zwartej zabudowy budynków wysokich;
- Suwalskiej (8A) – położonej w północno-wschodniej części miasta, wokół punktu wyraźnie dominowały sztuczne twory, w tym wysokie i średnie budynki;
- Kossutha (7A) – na północno-zachodnim osiedlu peryferyjnym, punkt położony na małym zielonym skwerze pomiędzy dwoma parkingami. Od północy i południa zwarta, wysoka zabudowa;
- Wspólnej Drogi (5B) – we wschodniej części miasta, wśród zabudowy mieszanej, z dużym udziałem drzew;

- Szczęśliwickiej (5A) – w centralnej części miasta, wśród zabudowy mieszanej, z dużym udziałem drzew;

- Klaudyny (3B) – w północnej części Warszawy, położony blisko szkoły i kilkupiętrowego budynku, który rzuca cień na miejsce pomiaru w godzinach rannych.

III. Punkty zlokalizowane w osiedlach o zabudowie wysokiej i mieszanej, tworzącej luźny i otwarty układ zabudowy. Należały do nich punkty pomiarowe przy ulicach:

- Iberyjska (6B) – zlokalizowanej w południowej części miasta, położony w znacznej odległości od budynków wysokich, niedaleko kępy drzew i boiska;

- Keniga (8B) – w Ursusie, na zielonym skwerze pomiędzy dwoma ulicami, poza którymi mieszana zabudowa;

- Ostrobramska (6A) – w praskiej części miasta, zlokalizowany obok kościoła rzucającego cień w godzinach popołudniowych, z dala od kompleksu budynków;

- Złotej Wilgi (4A) – wśród zabudowy wieżowcowej, w osiedlu peryferyjnym w wschodniej części miasta;

- Góralska I „podwórko” (4D) – położony w zachodniej części miasta, na dużym placu obok drzew, w pewnej odległości od wysokiej zabudowy;

IV. Grupę tę stanowią punkty pomiarowe zlokalizowane na obrzeżach osiedli i wysokiej i średniowysokiej, luźnej zabudowie. Kształtowanie warunków klimatycznych w tych miejscach związane jest z wpływem jaki wywierają sąsiadujące naturalne powierzchnie lub z intensywnym przewietrzaniem wzdłuż ulic. Należą tutaj:

- punkt przy ulicy Szolc-Rogozińskiego (3A) zlokalizowany w osiedlu peryferyjnym, południowej Warszawy;

- punkt przy ulicy Międzynarodowej (2A) położonej we wschodniej część miasta, punkt zacieniony po południu przez 10 piętrowy budynek, położony niedaleko kanałka i ogródków działkowych;

- punkty: Żwirki i Wigury (1E), Kasprzaka (2E), Góralska (5D), Sobieskiego (3D) – położone przy szerokich ulicach;

- Punkt przy ulicy Korfantego (3C) znajdujący się niedaleko lotniska.

V. Punkty położone w miejscowościach podwarszawskich, najczęściej zlokalizowane wśród niskiej, luźnej zabudowy w otoczeniu zieleni. Wyjątkiem by punkt w Otwocku (4C) położony w częściowo zamkniętym osiedlu. Punkt w Radości (IB) był zlokalizowany w ogrodzie na terenach piaszczystych. W Falentach (1A) stanowisko pomiarowe znajdowało się z dala od budynków na polu z kartofliskiem. Punkty w Brwinowie (5E), Milanówku (6E) Otwocku (ID) położone były w ogrodach, pomiędzy roślinnością mieszaną utrudniającą przepływ powietrza.

Opis warunków pogodowych w okresie badań

Badania, których wyniki posłużyły za materiał źródłowy niniejszej pracy były prowadzone w lipcu 1994 roku, czerwcu i październiku 1990 roku oraz w marcu 1992 roku. Pomiarów wykonano w kilku punktach miejskich i podmiejskich. Charakterystyka warunków pogodowych została przedstawiona na podstawie obserwacji na punktach reprezentujących tereny podmiejskie, ponieważ klimat tych obszarów jest w najmniejszym stopniu deformowany przez miasto, oraz w oparciu o *Codzienne biuletyny meteorologiczne*.

W ciągu doby z 6 na 7 lipca panowała bardzo ładna, słoneczna pogoda, występowało niewielkie zachmurzenie. W ciągu dnia nastąpił wzrost temperatury powietrza do 27°C, a w nocy spadek do 9,5°C. Przeważał słaby wiatr z sektora zachodniego, wiejący ze średnią prędkością 1 m/s. Pogoda panująca wówczas w Warszawie związana była z typem cyrkulacji O₀ (wg Lityńskiego).

W czasie obserwacji z 15/16 lipca panowała pogoda wyżowa. Maksimum temperatury wynosiło ponad 30°C, a minimum około 13°C. Było słonecznie, z małym zachmurzeniem. Notowano niewielkie prędkości wiatru, średnio od 0,2 do 0,5 m/s, z kierunku południowo-wschodniego. Wystąpił typ cyrkulacji wschodniej antycyklonalnej (E_A).

W ciągu doby 18/19 lipca nastąpiło ochłodzenie. W godzinach rannych obserwowano przelotny opad deszczu. Do godziny 14.00 zachmurzenie było duże. W późniejszych godzinach zachmurzenie zmniejszyło się, aż do wystąpienia wypogodzenia w godzinach rannych 19 lipca. Temperatura maksymalna wyniosła około 27°C, a minimalna – 13°C. Wiał wiatr z kierunku południowo-wschodniego o średniej prędkości 0,4-0,9 m/s. Wystąpił wówczas typ cyrkulacji północno-wschodniej antycyklonalnej (NE_A).

Podczas doby marcowej (20/21 III) występowało zachmurzenie duże i wiatr o znacznej prędkości (średnio 1,9 m/s) z kierunku południowego. Maksymalna temperatura powietrza wynosiła 8°C, a minimalna powyżej 1°C.

W czerwcu (8/9 VI) obserwowano umiarkowane zachmurzenie. W ciągu dnia temperatura powietrza wzrosła do 25°C, a w nocy spadła do 15°C. Wiał umiarkowany i silny wiatr z sektora południowego.

W ciągu doby 26/27 października panowała słoneczna pogoda i wiał umiarkowany wiatr. Temperatura maksymalna wynosiła 11,3°C, a minimalna 1,5°C.

Uzyskane wyniki badań potwierdziły odrębność bioklimatyczną miasta i zróżnicowanie warunków odczucia ciepła w jego obrębie (rys. 2-4, tab. 1-3). Wykazały ponadto, że każdy typ zabudowy wywiera swoisty wpływ na klimat lokalny i warunki odczuwalne.

Mieszkańcy Warszawy, podobnie jak i innych miast, przebywają w warunkach o obniżonej bodźcowości termicznej (*Bioklimat uzdrowisk polskich* 1978). W lecie podczas słonecznej pogody dobowe wahania temperatury efektywnej w mieście były mniejsze o kilka stopni od obszarów pozamiejskich. Wśród gęstej zabudowy osiedlowej wystąpiły jedno-, dwustopniowe zmiany odczuć cieplnych, gdy tymczasem w miejscowościach podwarszawskich obserwowano zmienność o 3-4 stopnie odczuć, np. od warunków „gorąco” w godzinach popołudniowych do odczucia „chłodno” w nocy.

W cieplej porze roku w mieście panowały znacznie bardziej niekorzystne warunki niż na punktach podmiejskich, ponieważ dłużej utrzymywało się odczucie przegrzania (o 12-36%). W miejscowościach podwarszawskich, które były silniej wychłodzone w nocy, pojawiało się ono o około 2 godziny później niż w mieście.

W godzinach okołopołudniowych warunki termiczne w obszarach zabudowanych i otwartych były podobne. Wyróżniał się jedynie punkt podmiejski, położony na piaszczystym podłożu i osłonięty od wiatru, ponieważ obserwowano na nim przez cały dzień najwyższe wartości wskaźnika bioklimatycznego.

Spadek temperatury efektywnej rozpoczął się wcześniej i przebiegał szybciej w

miejsowościach podwarszawskich. Doprowadził on do znacznego wychłodzenia tych miejscowości. Dzięki temu obszary miejskie stanowiły w nocy „wyspę ciepła”, gdyż notowano w nich wyższą wartość wskaźnika bioklimatycznego (maksymalnie o 7,2^oTE). Zjawisko „miejskiej wyspy ciepła” było tematem wielu opracowań, m.in. pracy zbiorowej M. Stopy-Boryczki (1984), według której w Warszawie jest o około 7^oC cieplej niż poza jej granicami.

Latem mieszkańcy miasta dłużej (maksymalnie o 5-7 godzin) przebywali w warunkach utrudnionej wymiany ciepła. Związane to było z opóźnieniem i spowolnieniem procesu wychładzania powietrza w mieście. Proces ten przebiegał wolniej w skutek oddziaływania ocieplającego powierzchni sztucznych (m.in. zabudowy) i małych strat ciepła na parowanie i transpirację roślin.

Na terenach podmiejskich spadek temperatury efektywnej był tak znaczny, że w godzinach rannych panowały tam warunki zwiększonych strat ciepła. Odczucie przechłodzenia pojawiało się też w niektórych dobrze przewietrzanych osiedlach miejskich o luźnej zabudowie, lecz utrzymywało się krócej.

W chłodnych porach roku oraz podczas pochmurnej doby lipcowej miejscowości podwarszawskie, dzięki słabemu przewietrzaniu, były w nocy cieplejsze od terenów miejskich.

W wielu pracach, m.in. M. Stopy-Boryczki i innych (1984), J. Lewińskiej (1990) zauważono, że miasto zmniejsza poziomy ruch powietrza. Badania wykazały, że tylko w czasie wyżowej pogody letniej, w mieście wystąpiły mniejsze prędkości wiatru. Natomiast w pochmurne dni lipcowe i w chłodnych porach roku, w osiedlach miejskich o zabudowie punktowej i przy szerokich ulicach, obserwowano większe prędkości wiatru niż poza miastem.

Porównanie warunków odczucia ciepła w mieście i poza nim wykazało, że mieszkańcy miast żyją w bardziej uciążliwych warunkach latem (z powodu przegrzania), a lepszych wiosną i jesienią (rzadziej odczuwają przechłodzenie). Wyjątkami są osiedla miejskie najlepiej przewietrzane, w których w chłodnych porach roku, najdłużej utrzymywało się odczucie przechłodzenia.

W mieście warunki odczucia termicznego są modyfikowane przez zabudowę. Generalnie największe deformacje klimatu lokalnego i bioklimatu wprowadza zabudowa zwarta (Mosakowska 1992, Andrzejewska-Mamczarek 1988), a najmniejsze – luźna (Gawryś 1988).

Osiedla o zwartej zabudowie odznaczały się najbardziej niekorzystnymi warunkami dla dobrego samopoczucia człowieka, w cieplej porze roku, zaś najlepszymi w chłodnych porach roku. W lipcu prawie przez całą dobę utrzymywało się odczucie przegrzania. Szczególnie uciążliwa sytuacja powstała w osiedlach o zamkniętej zabudowie, ponieważ najdłużej utrzymywał się w nich stan gorąca. Podczas słonecznej pogody w osiedlu śródmiejskim panowała bardzo wysoka temperatura efektywna, przy wysokiej wilgotności względnej, co przyczyniło się do powstania odczucia parności. Przy pochmurnej pogodzie w osiedlu tym było najchłodniej.

Osiedla o gęstej zabudowie charakteryzowały się najmniejszym tempem wzrostu temperatury efektywnej, z powodu zacienienia i powolnego nagrzewania ścian budynków. Obserwowano w nich ponadto najbardziej powolny spadek wartości wskaźnika bioklimatycznego. W lipcu wyraźne obniżenie tej wartości zanotowano dopiero około

godziny 24.00. W osiedlach o znacznym udziale roślinności mieszanej wychładzanie przebiegało szybciej, niż w miejscach jej pozbawionej.

W zwartych, zamkniętych osiedlach najwyraźniej zaznaczył się efekt konserwujący, ponieważ były one najcieplejsze przez całą noc. Obserwowano w nich najmniejszą zmienność temperatury efektywnej w ciągu doby (6°TE). Osiedla zamknięte również w chłodnych porach roku były najcieplejsze i rzadziej dochodziło w nich do przechłodzenia organizmu ludzkiego, niż w osiedlach otwartych. Notowano w nich bardzo małe prędkości wiatru. Potwierdza to tezę zawartą m.in. w pracy J. Fortini (1985), że w zamkniętych osiedlach dochodzi do stagnacji powietrza.

W osiedlach o zabudowie częściowo zamkniętej, dzięki powolniejszemu nagrzewaniu i większym prędkościom wiatru niż w osiedlach zamkniętych, rzadziej występowało odczucie gorąca. W osiedlach tych najwyraźniej zaznaczyło się pionowe zróżnicowanie warunków odczuwalnych. Przy powierzchni ziemi dłużej, niż na wysokości 1,5 m, utrzymywało się przegrzanie, a krócej – komfort termiczny. Słabo przewietrzany przez całą dobę, a szczególnie w nocy.

Osiedla o zabudowie luźnej posiadają cechy przejściowe, między gęstą zabudową miejską, a terenami pozamiejskimi. Występowały w nich duże wahania dobowe temperatury efektywnej, a dzięki temu zmienność odczuć podobna jak w miejscowościach podwarszawskich. Mieszkańcy tych osiedli dłużej, niż w innych częściach miasta, przebywali w warunkach komfortu, a rzadziej odczuwali przegrzanie (o około 20%). W godzinach rannych występowały tam warunki przechłodzenia.

Osiedla o luźnej zabudowie, oprócz punktów najlepiej przewietrzanych, odznaczały się dużym przyrostem temperatury efektywnej. W godzinach przedpołudniowych zapanowały w nich *warunki przegrzania, które utrzymywały się o około 5 godzin krócej niż w osiedlach zwartych*. Dzięki wcześniejszemu i bardziej intensywnemu spadkowi temperatury efektywnej w obrębie zabudowy luźnej, odczucie gorąca utrzymywało się przez krótszy czas.

Mieszkańcy osiedli o luźnej zabudowie najdłużej odczuwali komfort termiczny. Te korzystne warunki zapanowały w późnych godzinach wieczornych i utrzymywały się o około 4 godziny dłużej niż w osiedlach o zabudowie zwartej.

Warunki odczuwalne w tego typu osiedlach były w znacznym stopniu kształtowane przez wiatr. Przyczynił się on do zmniejszenia dyskomfortu spowodowanego przegrzaniem, przyspieszył i zwiększył tempo wychładzania osiedli oraz zatarł pionowe zróżnicowanie temperatury efektywnej.

Chłodzące działanie ruchu powietrza najbardziej zaznaczało się w **osiedlach otwartych i miejscach położonych przy szerokich ulicach**. Przeprowadzone badania potwierdziły informacje zawarte w pracach K. Kłysika (1984) i J. Lewińskiej (1991), z których wynika, że wysoka zabudowa punktowa zwiększa prędkości wiatru, a kierunek ulic zgodny z kierunkiem wiatru sprzyja powstawaniu „efektu tunelowego” i „opływu”. Zwiększone przewietrzanie tych osiedli w cieplej porze roku wpłynęło pozytywnie na odczucia termiczne ludzi, zaś w chłodnych porach roku miało znaczenie negatywne, ponieważ warunki chłodu i zimna utrzymywały się długo i były bardziej dotkliwe dla człowieka.



Punkty pomiarowe



		1 Limanowska		1 Żwirki i Wigury
2 Międzynarodowa	2 UW	2 Sobieskiego	2 Powsińska	2 Kasprzaka
3 Szolc-Rogozińskiego	3 Klauzyny	3 Korfantego	3 Sobieskiego	3 Filtrowa
4 Złotej Wilgi	4 Zamiejska		4 Góralska I	4 Al. Niepodległości
5 Szczęśliwicka	5 Wspólna Droga		5 Góralska II	
6 Ostrobramska	6 Iberyjska		6 Ursus	
7 Kosutha	7 Wołoska			
8 Suwalska	8 Keniga			
9 UW				

Rysunek 1. Rozmieszczenie stanowisk pomiarowych w Warszawie

Punkty położone na obrzeżach osiedli w największym stopniu przypominały punkty podmiejskie. W takich miejscach panowały najlepsze warunki odczucia termicznego ludzi dorosłych i dzieci, gdyż komfort termiczny utrzymywał się latem nawet przez 28% doby, stosunkowo krótko obserwowano warunki przegrzania, a prawie w ogóle nie wystąpiło przechłodzenie. Warunki odczucia ciepła były tu w mniejszym stopniu kształtowane przez wiatr, a w większym przez temperaturę powietrza.

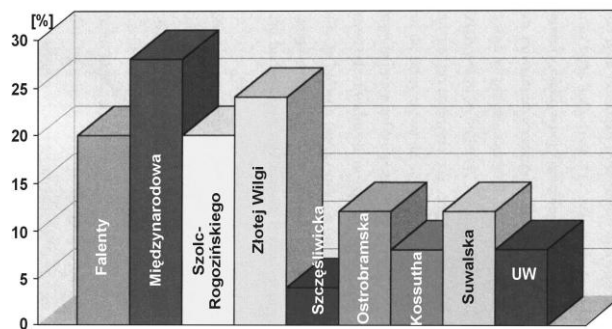
Powyższe badania, ukazujące wpływ zabudowy na warunki odczucia ciepła, mogą służyć jako wskazania do planowania urbanistycznego.

Stworzenie optymalnych warunków odczuwalnych dla mieszkańców miasta możliwe jest poprzez tworzenie osiedli o zabudowie luźnej, mieszanej, z dużym udziałem roślinności. Należy jednak unikać wysokiej zabudowy punktowej i równoległego układu budynków, przyczyniającego się do zwiększenia prędkości wiatru. W celu ograniczenia przeciągów powinny być odpowiednio wkomponowane zadrzewienie, szczególnie przy ulicach.

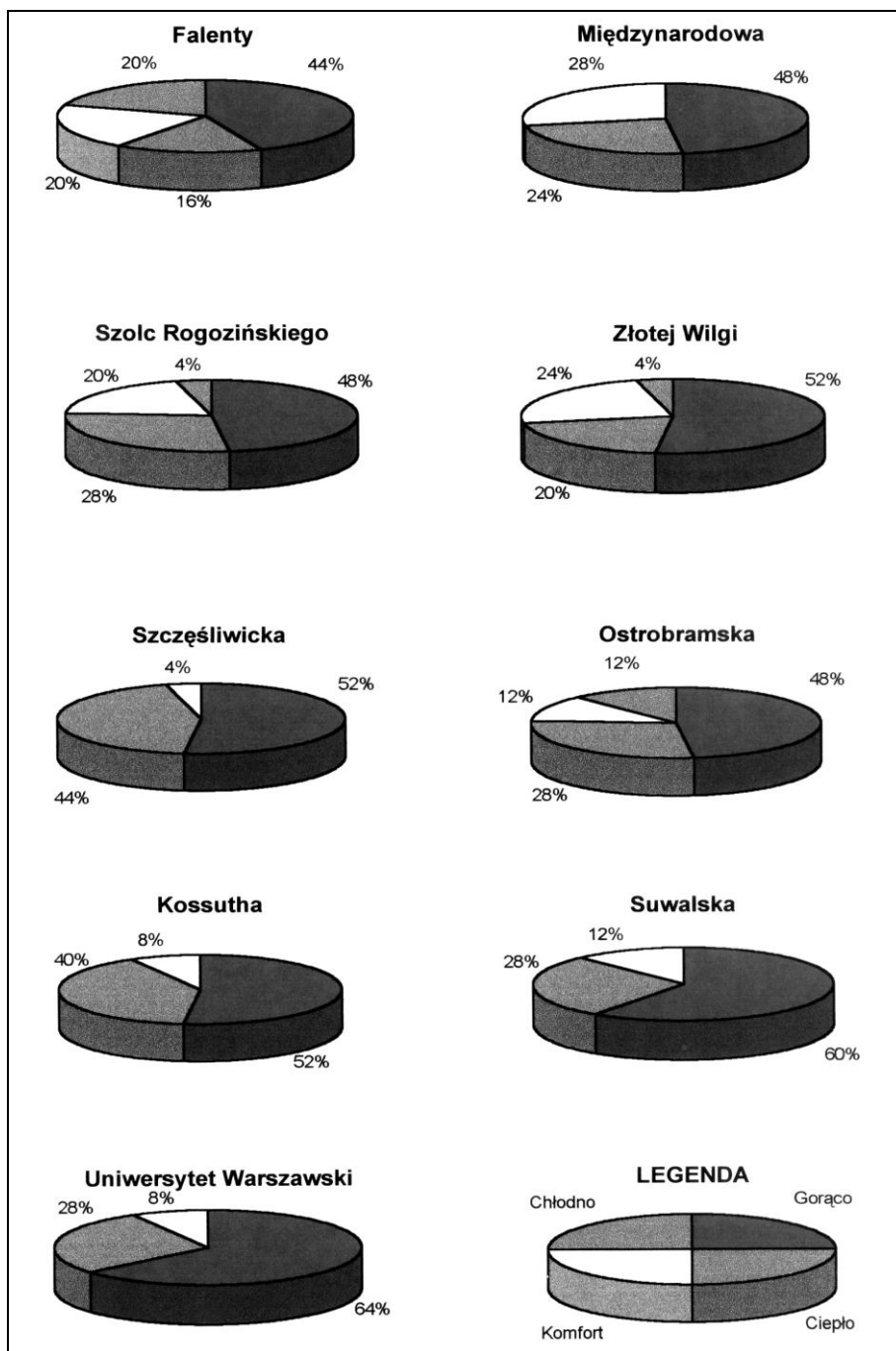
Istotne jest też unikanie tworzenia osiedli zwartych, zamkniętych i częściowo zamkniętych. Stwarzają one bowiem najbardziej niekorzystne warunki odczuwalne latem. Istniejące już osiedla o takiej zabudowie należy wzbogacić roślinnością mieszaną.

Place zabaw dla dzieci powinny powstawać w miejscach dobrze przewietrzanych, ale nie na drodze przeciągów i zacienionych na okres letni (szczególnie wśród gęstej zabudowy), a nasłonecznionych i osłoniętych od wiatru na chłodne pory roku.

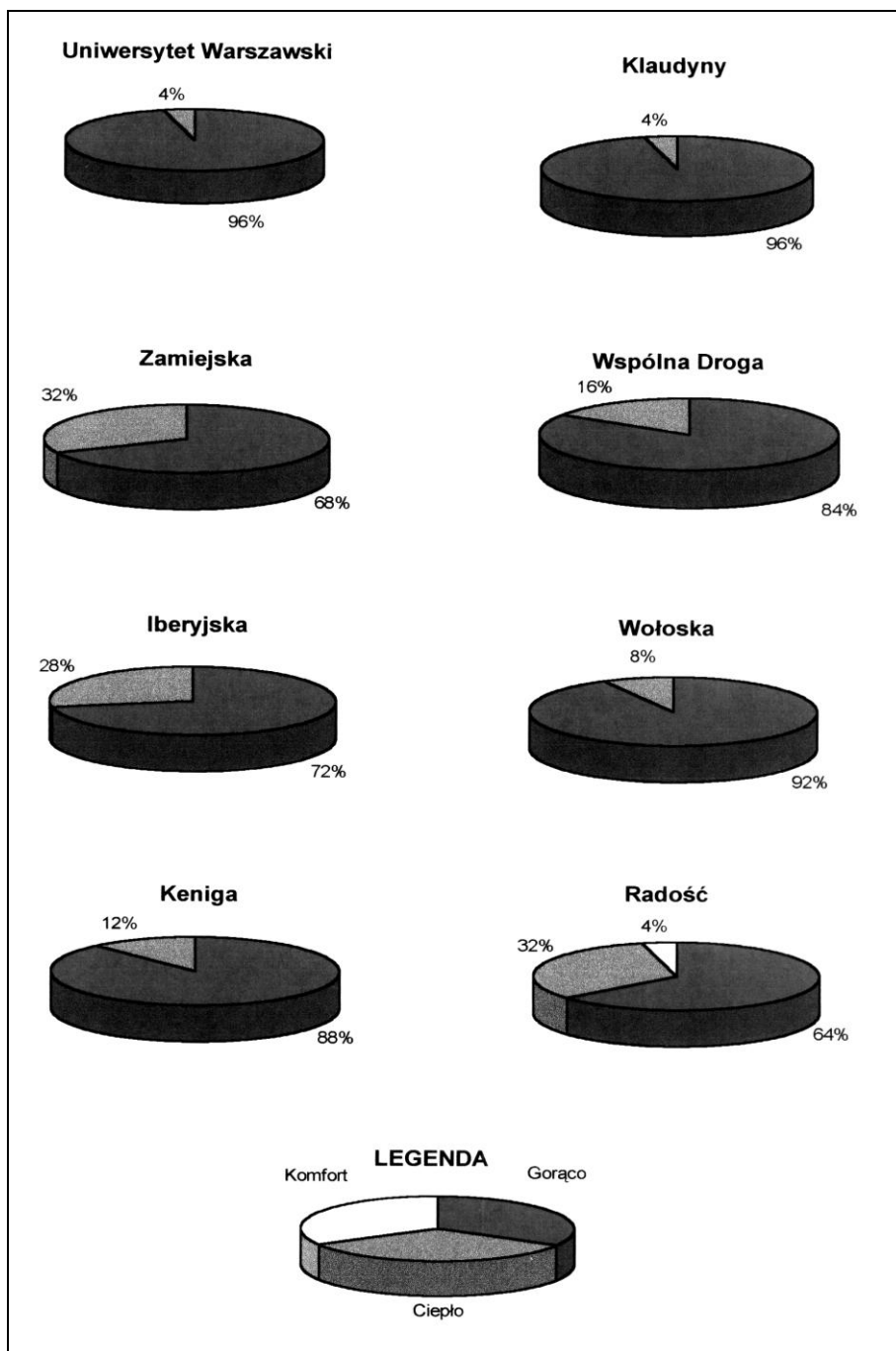
Wykorzystanie powyższych wskazówek może przyczynić się do poprawy warunków odczucia ciepła w mieście.



Rysunek 2. Częstość występowania warunków komfortu na poziomie 1,5 m n.p.g. w Warszawie w dniach 6-7 lipca 1994 r.



Rysunek 3. Częstość występowania określonych stanów odczucia ciepła w Warszawie na poziomie 1,5 m w dniach 6-7 lipca 1994 r.



Rysunek 4. Częstość występowania określonych stanów odczucia ciepła w Warszawie na poziomie 1,5 m w dniach 15-16 lipca 1994 r.

Tabela 1. Częstość odczuć termicznych w punktach pomiarowych w ciągu doby 20/21 marca 1992 r.

Odczucie termiczne	Kasprzaka	Żwirki i Wigury	Filtrowa	Niepodległości	Milanówek	Brwinów
Gorąco	0	0	0	0	0	0
Ciepło	0	4	12	16	28	32
Komfort	16	36	44	60	56	40
Chłodno	48	28	44	24	16	28
Zimno	24	28	0	0	0	0

Tabela 2. Częstość odczuć termicznych w punktach pomiarowych w ciągu doby 8/9 czerwca 1990 r.

Odczucie termiczne	Limanowskiego	Sobieskiego	Korfantego	Otwock
Gorąco	32	0	0	32
Ciepło	28	60	52	36
Komfort	44	32	16	32
Chłodno	0	8	32	0
Zimno	0	0	0	0

Tabela 3. Częstość odczuć termicznych w punktach pomiarowych w ciągu doby 26/27 października 1990 r.

Odczucie termiczne	Ursus	Górska	Górska	Sobieskiego	Powsińska	Otwock
Gorąco	0	0	0	0	0	0
Ciepło	0	0	0	0	0	0
Komfort	8	0	0	0	16	12
Chłodno	56	32	44	36	20	40
Zimno	36	68	56	64	64	48

9.4. Warunki odczucia termicznego w Warszawie

Autor: Robert WAKER

Opiekun naukowy: Maria KOPACZ-LEMBOWICZ

Opracowania bazujące na wskaźnikach jakimi są temperatura ekwiwalentna (TE) i temperatura efektywna (TEF) dają możliwość oceny warunków bioklimatycznych badanych rejonów miasta. Możliwe jest wychwycenie różnic w odczuwalności termicznej będących wynikiem położenia punktu pomiarowego, jego otoczenia i wynikającej stąd roli jaką może odgrywać przewietrzanie terenu w kształtowaniu odczuć termicznych. Wpływ ostatniego z wymienionych czynników ujmuje całościowo porównanie dobowego przebiegu średnich wartości TE z przebiegiem średnich wartości temperatury w kolejnych terminach pomiarowych. Rejon Śródmieścia w tym porównaniu wykazuje swą dość dużą stabilność, rola przewietrzania wydaje się być tutaj znikoma. Sytuacja ta ma swą przyczynę w dominującej tu zwartej zabudowie, stanowiącej otoczenie punktu „Uniwersytet”. „Jelonki” na podstawie charakterystyki średnich TEF wykazują większe wartości w stosunku do pozostałych punktów, w porównaniu z sytuacją opisaną przez średnie wartości TE. Przypadek ten może być tłumaczony uwzględnieniem przez TEF napływającego nad ten punkt cieplejszego powietrza z położonego stosunkowo blisko centrum miasta.

Zupełnie odmiennie należy natomiast ocenić rolę wiatru w dwóch pozostałych punktach peryferyjnych „Służewiec” i „Grabów” (rys. 1). Przebieg średnich TEF wykazuje, że rejon te osiągają mniejsze wartości niż pozostałe punkty, w porównaniu z sytuacją opisaną przez TE (tab. 1). Wiatr pełni tu zatem rolę wyraźnie ochładzającą. Ponadto osiąga on tutaj większe prędkości niż w punkcie „Jelonki” (tab. 2). Potwierdzeniem tendencji występującej w ciągu czterech miesięcy 1969 roku jest również porównanie średnich wartości TE i TEF w wybranych dniach charakterystycznych od 9. do 14. czerwca 1969 roku i wyznaczonych przez nie odczuć termicznych (rys. 2a i 2b).

Centrum miasta w oparciu o TE jak i TEF przejawia zgodność odczuć ciepłych. W terminie porannym rejon ten znajduje się w strefie odczuć chłodu. O godz. 13⁰⁰ notujemy odczucie ciepła, wieczorem natomiast Śródmieście znajduje się w przedziale odczuć komfortowych. Podobna zgodność w odczuciach jak i w dziennej tendencji przebiegu wartości notowana jest w punkcie „Grabów”. Wyraźne zróżnicowanie występuje natomiast w pozostałych dwóch punktach peryferyjnych. W punkcie „Służewiec” zgodność odczuć według TE i TEF ma miejsce rano i wieczorem. W południe według średnich TE rejon ten pozostaje w strefie ciepła, natomiast według średnich TEF w strefie odczuć komfortowych. Punkt „Jelonki” w ciągu całego dnia oceniany jest jako cieplejszy według średnich TEF w stosunku do odczuć wynikających ze średnich wartości TE. Dość istotny jest również fakt, że według TE „Jelonki” w tych dniach pozostawały punktem o najmniejszych wartościach, „Służewiec” miał natomiast wartości względnie wysokie.

Dokładne odwrócenie tej sytuacji odnajdujemy natomiast badając przebieg średnich wartości TEF. Sytuacja odzwierciedlona przez TE w tym okresie, została wytłumaczona w oparciu o dominację wiatrów z kierunków północnych, mogących wpływać ochładzająco na punkt „Jelonki”. Bardziej kompleksowy wskaźnik jakim jest TEF

wskazuje jednak na znacznie większą rolę, jaką w tym przypadku odgrywa przewietrzanie. W dniach od 9. do 14. czerwca średnia prędkość wiatru w punkcie „Służewiec” była o 2,5 m/s większa niż w punkcie „Jelonki”.

Oceniając bioklimat Warszawy można również wnioskować o modyfikacjach jakie wprowadzane są przez bezpośrednie otoczenie. Pod tym względem centrum miasta reprezentuje typowe warunki śródmiejskie. Rejon ten w większości z opracowanych charakterystyk nie jest oceniany jako ekstremalny w stosunku do pozostałych. W przypadku punktu „Uniwersytet” zdecydowanie słabiej widoczna jest podatność szybkiej reakcji odczuć termicznych na zmiany warunków zewnętrznych. Specyfika ta wpływa jak już wspomniano z modyfikującej roli otoczenia. Skupisko wysokiej i bardzo zwartej zabudowy sprawia, że może tu być odpowiednio utrzymywana duża ilość chłodu powodująca zmniejszenie ocieplania tego terenu w ciągu dnia, lub też może nastąpić szczególnie w lecie akumulacja ciepła w dzień uwidaczniająca się w mniejszym wychłodzeniu tego rejonu w nocy. Obok czynnika termicznego istotną rolę pełni tu też zmniejszenie wilgotności spowodowane brakiem większych skupisk zieleni, będącej jej naturalnym „zbiornikiem”.

Rola prędkości wiatru w tym otoczeniu może być bardzo różna, wiadomo bowiem, że z jednej strony wysoka zabudowa wpływa na jej zmniejszenie, z drugiej zaś przy sprzyjających kierunkach wiatru może ulec zwiększeniu pod wpływem efektu tunelowego na niektórych ulicach. Spośród rejonów podmiejskich, jak już wspomniano przy analizie poszczególnych charakterystyk, dość podobne warunki do centrum reprezentuje punkt „Jelonki”. Wpływa to z pewnością z podobieństw w bezpośrednim otoczeniu. Jak pokazuje plan Warszawy (rys. 1) punkt „Jelonki” położony jest bliżej terenów silnie zurbanizowanych. Dzieli go mniejsza odległość od centrum niż pozostałe punkty peryferyjne. Brak jest tu również większych i zwartych kompleksów zielonych w postaci lasów. Wpływa to na warunki termiczne, wilgotnościowe, jest także powodem zmniejszonego przewietrzania w stosunku do peryferii południowych, co znajduje potwierdzenie w prędkościach wiatru (tab. 2). Pozostałe punkty peryferyjne wykazują znacznie więcej typowych cech dla przedmieść, mimo to widoczne jest między nimi pewne zróżnicowanie. Cechą charakterystyczną w przypadku obu punktów jest widoczna zdecydowana reakcja w przebiegach wartości i odczuć termicznych na zmiany poszczególnych czynników atmosferycznych. Zaznaczone jest tu zwłaszcza w dobowym przebiegu wartości TE i TEF jak i odczuć termicznych, wyraźniejsze w stosunku do pozostałych punktów maksimum dzienne i nocne minimum. Punkt „Służewiec” mimo bliższego centrum położenia wydaje się reagować na tego typu zmiany bardziej wyraziście niż „Grabów”. Przyczynia się do tego fakt, że „Służewiec” położony jest na stosunkowo otwartej przestrzeni. W sąsiedztwie punktu „Grabów” znajdują się, natomiast dość duże i zwarte tereny leśne (rys. 1). Stanowią one z jednej strony barierę dla wiatru, z drugiej natomiast powodują zwiększenie zawartości wilgoci w powietrzu. Wobec powyższych faktów dość trudno jest dokonać jednoznacznej oceny poszczególnych rejonów miasta. Nieco więcej informacji na ten temat może dać analiza samych odczuć komfortowych notowanych w poszczególnych porach roku. Przeprowadzono ją na podstawie TEF, gdyż jak wykazały wcześniejsze zestawienia daje ona pełniejszy obraz warunków odczuwalnych. Na podstawie danych (tab. 1) widoczne jest, że w lutym reprezentującym zimę najczęściej warunków komfortowych notowanych jest na połu-

dniowych peryferiach miasta („Grabów” – 24,7%, „Służewiec” – 18,5%). Wiosną natomiast najkorzystniej pod tym względem wypada centrum (33,3%). Latem i jesienią powtarza się natomiast w pewnym sensie sytuacja zaobserwowana w zimie. W czerwcu największe udziały komfortu odnotowano w punkcie „Służewiec” (33,3%), w punkcie „Grabów” odczucie komfortu miało również dość wysoki udział (30%), jednak analogiczna sytuacja pod tym względem miała też miejsce w centrum. W listopadzie największy udział komfortu wystąpił w punkcie „Grabów”(52,9%), nieco mniej odczuć komfortowych odnotowano w centrum. Drugi z punktów na peryferiach południowych „Służewiec” charakteryzował się już jednak niewielkim udziałem tego odczucia (34,0%).

Reasumując można stwierdzić, że w ciągu całego roku najczęściej odczuć ocenianych przez człowieka pozytywnie jest w punkcie „Grabów”, Drugim co do kolejności miejscem pod tym względem jest centrum, od którego tylko nieznacznie gorzej wypada punkt „Służewiec”. Zdecydowanie najgorzej oceniana jest sytuacja w punkcie „Jelonki”, we wszystkich porach roku występują tu bowiem najniższe udziały komfortu w porównaniu z pozostałymi rejonami miasta. Trzeba jednak dodatkowo wspomnieć, że cechami negatywnymi dla centrum, jak i w pewnym sensie dla punktu „Jelonki” może być ich wyrównany przebieg odczuć, termicznych w ciągu doby, gdy dotyczy on stanów dyskomfortowych. Negatywny bodziec o niewielkim nasileniu trwa tu bowiem znacznie dłużej. Niewątpliwą wadą jest tu też zmniejszenie zdolności przewietrzania terenu, co powodować może spotęgowane gromadzenie się zanieczyszczeń. Brak większych skupisk zieleni oprócz zmniejszenia zdolności samooczyszczania się powietrza ma też z pewnością znaczenie poza klimatyczne.

Obecność, terenów zielonych ma bowiem zdecydowanie pozytywny wpływ na stronę psychiczną samopoczucia ludzi. Do pozytywnych stron Śródmieścia można jednak zaliczyć jego większą stabilność odczuć termicznych gdy dotyczy to długo utrzymujących się stanów komfortowych. Na peryferiach, zwłaszcza południowych widoczna jest natomiast większa bodźcowość odczuć przejawiająca się ich krótszych, ale bardziej intensywnych udziałach. Może to powodować dość nagle wzrosty natężenia bodźca w postaci odczuć dyskomfortu przechłodzenia bądź przegrzania. Wydaje się jednak, że rejony te mają więcej zalet. Oprócz wymienionych powyżej dotyczy to też lepszej jakości powietrza, większej otwartości terenu, liczniejszego występowania zieleni.

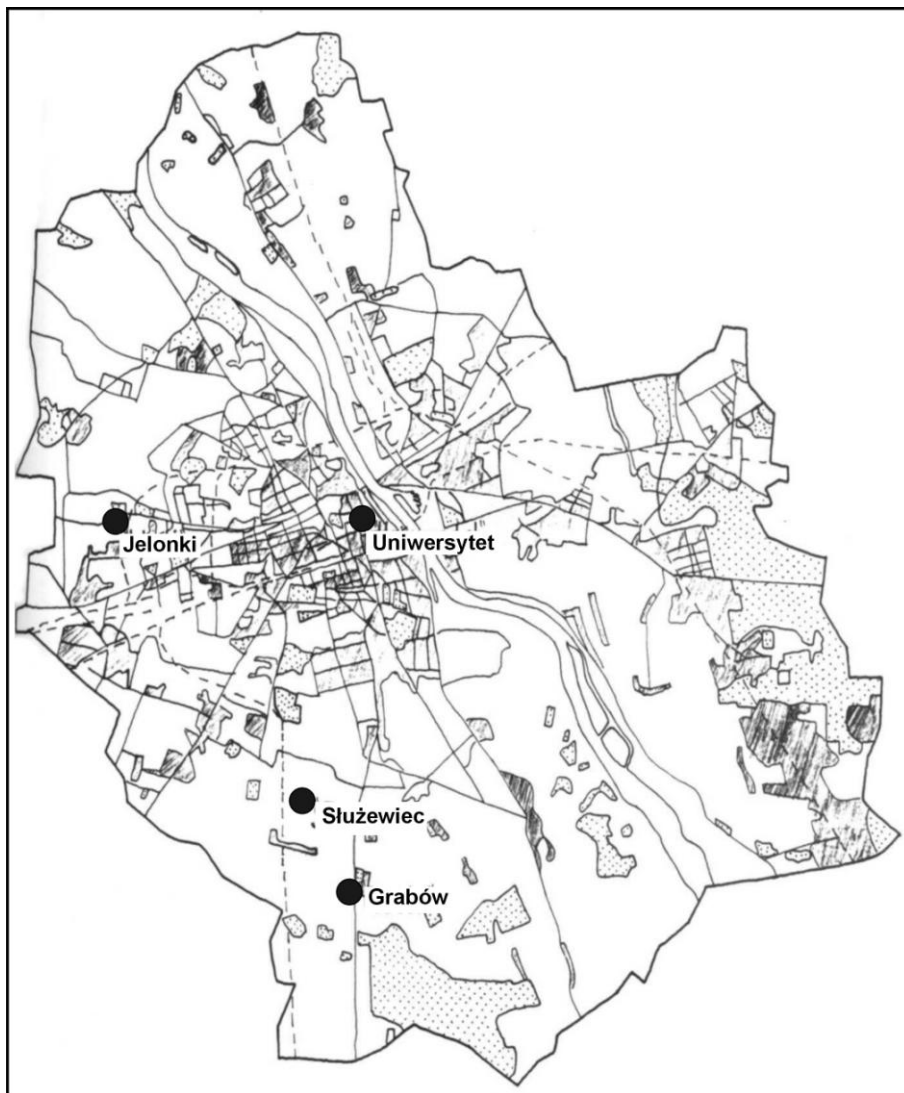
Generalnym wnioskiem płynącym z tego zestawienia jest to, że możliwe jest tworzenie dzielnic i całych miast odpowiadających człowiekowi przy wykorzystaniu wszystkich zalet jakie dawać może zabudowa odpowiednio wkomponowana w naturalną przestrzeń.

Tabela 1. Częstość odczuć termicznych według TE w wybranych miesiącach 1969 roku (%)

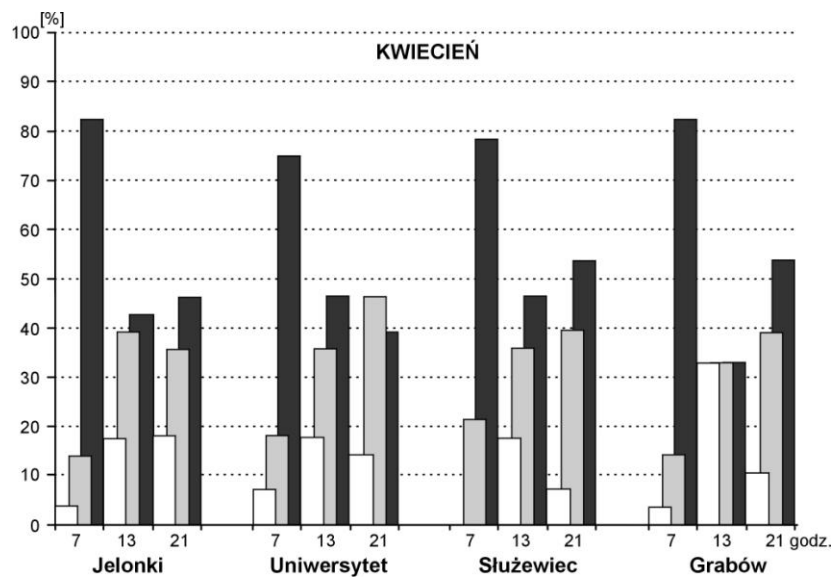
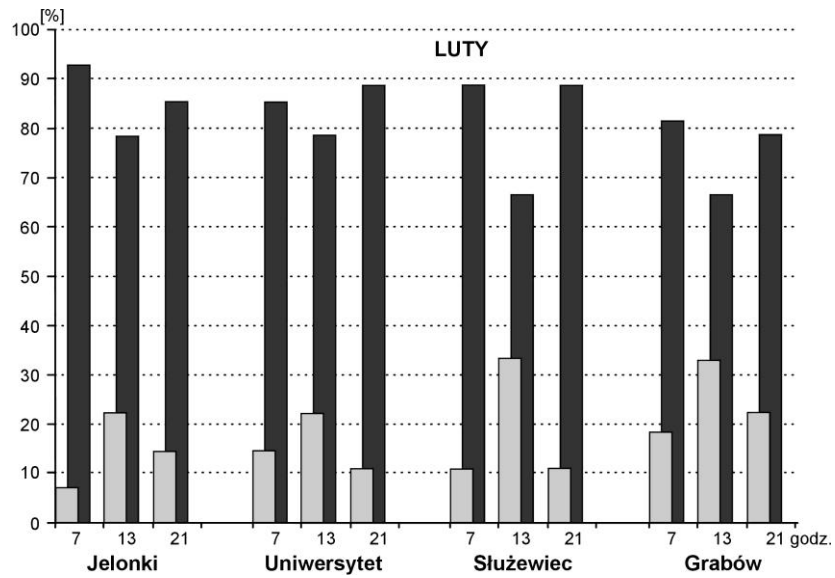
Miesiąc	Stan odczucia	Jelonki	Uniwersytet	Służewiec	Grabów
Luty	Zimno	61,3	56,4	58,9	57,4
	Chłodno	23,0	27,0	28,4	27,9
	Komfort	15,7	16,6	12,7	14,7
Kwiecień	Zimno	54,9	52,4	49,0	52,7
	Chłodno	21,3	19,3	17,9	23,0
	Komfort	20,4	18,5	23,8	14,8
	Ciepło	3,4	9,8	9,3	9,5
Czerwiec	Zimno	21,6	11,5	21,0	16,2
	Chłodno	38,9	47,8	40,0	37,9
	Komfort	28,0	26,4	16,5	25,8
	Ciepło	8,3	8,6	13,0	13,1
	Gorąco	3,2	5,7	9,5	7,0
Listopad	Zimno	10,7	9,5	6,3	11,5
	Chłodno	14,6	14,6	16,5	11,9
	Komfort	41,9	30,4	23,3	37,1
	Ciepło	32,8	45,5	51,8	39,5

Tabela 2. Średnia prędkość wiatru v [m/s], prędkość wiatru zredukowana z 10 do 2 m n.p.g. wg skali Korostielewa (G. Niewrajewa, Ł. Czubkova, 1964)

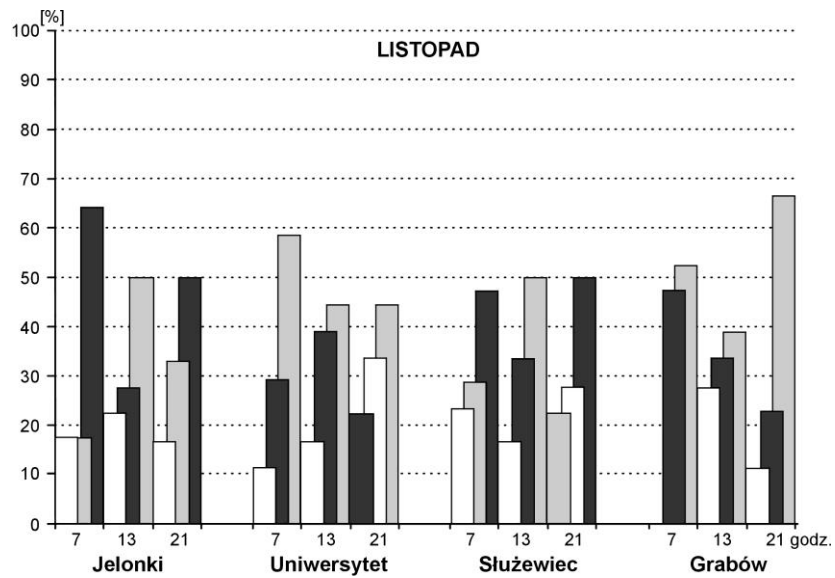
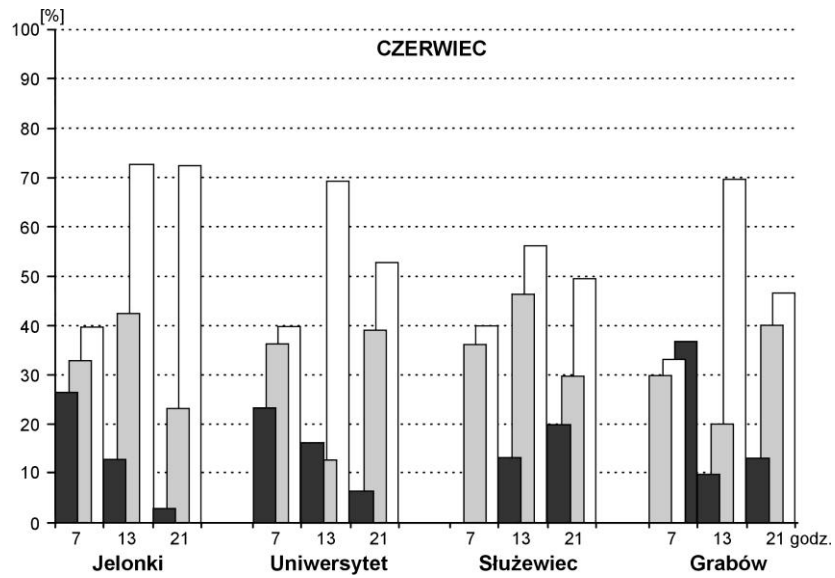
Miesiąc	Termin [godz.]	Jelonki	Uniwersytet	Służewiec	Grabów
Luty	7	0,7	2,2	2,1	1,5
	13	0,7	2,5	2,4	2,0
	21	1,9	2,4	1,8	1,8
Kwiecień	7	2,1	1,8	2,1	1,9
	13	2,5	2,1	2,1	2,6
	21	1,3	1,5	1,0	1,6
Czerwiec	7	0,9	1,2	1,6	1,6
	13	1,7	1,7	2,5	2,0
	21	0,4	1,1	2,2	0,9
Listopad	7	4,5	2,7	3,3	3,2
	13	2,6	2,1	3,4	3,1
	21	2,3	2,4	2,9	2,5



Rysunek 1. Lokalizacja punktów pomiarowych



Rysunek 2a. Temperatura efektywna. Częstość stanów odczucia termicznego w godzinach 7, 12, 21 (luty, kwiecień)



Rysunek 2b. Temperatura efektywna. Częstość stanów odczucia termicznego w godzinach 7, 12, 21 (czerwiec, listopad)

X. KLIMAT LOKALNY ULIC I PLACÓW W WARSZAWIE

10.1. Kształtowanie się wybranych elementów meteorologicznych w Warszawie w latach 1969 i 1971, cz. I. Temperatura

Autor: Grażyna KORCYL

Opiekunowie naukowci: Wincenty OKOŁOWICZ, Zofia KACZOROWSKA, Urszula KOSSOWSKA

Celem pracy było wykazanie wpływu kompleksu miejskiego oraz zieleni na kształtowanie się temperatury powietrza w miesiącach letnich na przykładzie roku 1969 i 1971.

Materiał wykorzystany w pracy pochodzi ze stacji meteorologicznych: Okęcie, Bielany, Uniwersytet oraz z pomiarów psychrometrycznych wykonanych w lipcu 1969 i 1971 roku w wybranych punktach na terenie Warszawy wzdłuż kilku profili na podłożu trawnikowym, betonowym lub asfaltowym, na dwóch poziomach 0,25 m i 1,5 m.

W 1969 roku wykonywano pomiary na profilach: Marchlewskiego (obecnie Jana Pawła II) – 8 punktów, Marszałkowska – 8 punktów, Nowy Świat – 8 punktów, Aleje Jerozolimskie – 8 punktów, Świerczewskiego (obecnie Aleja Solidarności) – 7 punktów.

W 1971 roku punkty pomiarowe znajdowały się wzdłuż profili: ulica Gładka-Plac Trzech Krzyży – 6 punktów (rys. 1), Ogród Saski – 8 punktów.

Z przeprowadzonej analizy stosunków termicznych na terenie Warszawy w lipcu 1969 i lipcu 1971 roku (rys. 2, 3, 4a, 4b, tab. 1-5) wynika że:

- najmniejsze zróżnicowanie ($0,0-0,6^{\circ}$) temperatury powietrza między poszczególnymi punktami na profilach w obydwu rozpatrywanych miesiącach najczęściej występowało w godzinach rannych (6.36 – 10.00), jak również w czasie ostatniego pomiaru (godz. 20.36), natomiast największe ($0,2-3,5^{\circ}$) było przeważnie w godzinach popołudniowych,
- w godzinach południowych wyższe temperatury wcześniej występowały na ulicach szerokich niż na wąskich,
- wyższe wartości temperatury w godzinach popołudniowych i wieczornych notowano na punktach, w których otoczeniu była powierzchnia wybetonowana i wysokie budynki (np. Plac Konstytucji),
- wyższe wartości temperatury obserwowano na punktach w otoczeniu zwartej zabudowy niż na punktach o zabudowie luźnej,
- na punktach na skraju miasta, o zabudowie luźnej temperatura w ciągu dnia była niższa niż w jego centrum,
- punkty sąsiadujące z większymi kompleksami zieleni w czasie wszystkich pomiarów miały przeważnie niższą temperaturę od innych punktów bez takiego zaplecza,
- rozkład temperatury wzdłuż profili zależny był od panującego w danym dniu kierunku wiatru; w przypadku zgodności z kierunkiem ulicy – spadek temperatury był zgodny z jego kierunkiem,

- w dniach z układami niżowymi, dużym zachmurzeniu, z temperaturami maksymalnymi poniżej 24°C i umiarkowanymi prędkościami wiatru, otoczenie poszczególnych punktów wywierało mały wpływ na kształtowanie się warunków termicznych,

- pomiary temperatury na kilku punktach w wybranych dniach okresu od maja do października 1971 r., poza wymienionymi wyżej zależnościami, ujawniły, że w miesiącach wiosennych (marzec, kwiecień) temperatura na punkcie w jednym z badanych większych kompleksów zieleni (Ogród Saski) była równa lub nieco wyższa (o 0,1-0,4°C) od temperatury na punktach ulicznych (w lipcu w 1971 roku w Ogrodzie Saskim było chłodniej).

Z badań nad wpływem zieleni na temperaturę powietrza wynika, że:

- obszary zieleni wysokiej, a także większe powierzchnie zieleni niskiej (głównie trawniki) wpływają na obniżenie wartości temperatury w ciągu dnia zarówno na poziomie 0,25 m jak i na 1,5 m,

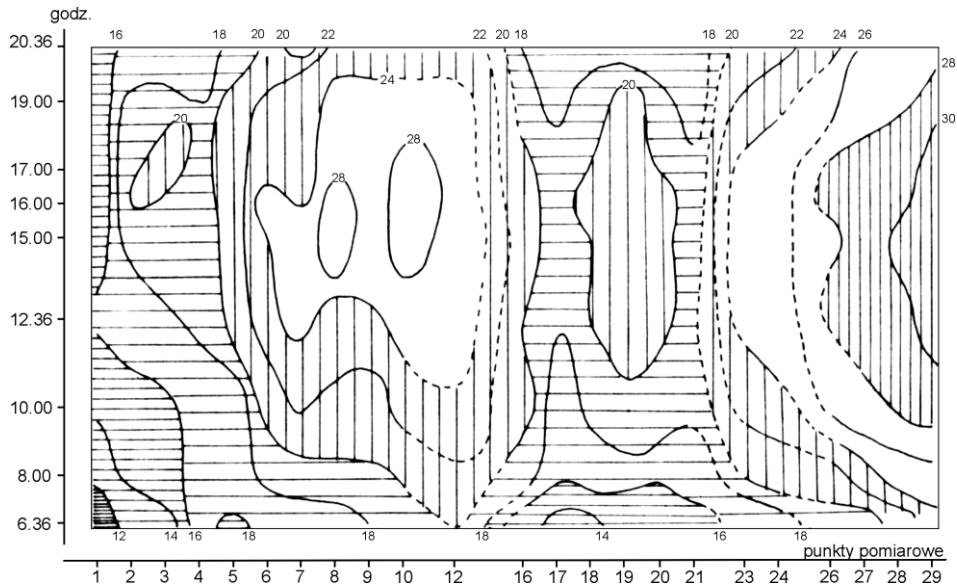
- małe trawniki w otoczeniu większych obszarów betonowych, asfaltowych, czy dużych budynków wpływają na temperaturę podobnie jak powierzchnie chodnikowe (np. Plac Trzech Krzyży z 1971 r. ul. Niecała),

- wartości temperatury nad małymi powierzchniami trawnikowymi jest w większym stopniu zależna od ekspozycji w stosunku do słońca oraz przewietrzania niż od samego podłoża,

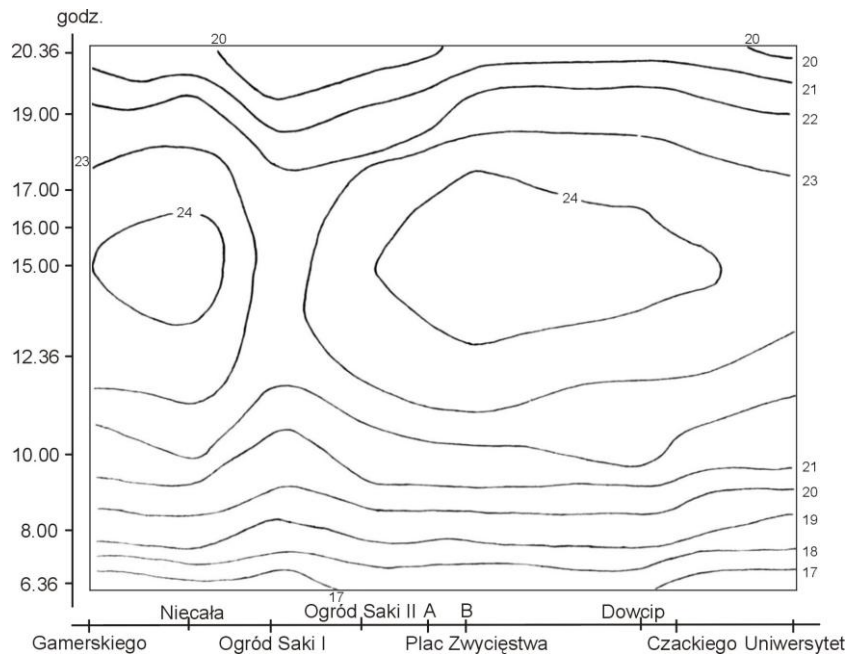
- okresy 5-dniowe do badań nad wpływem zieleni na temperaturę są stanowczo za krótkie, można więc przypuszczać, że otrzymane na ich podstawie zależności w dużej mierze są przypadkowe.



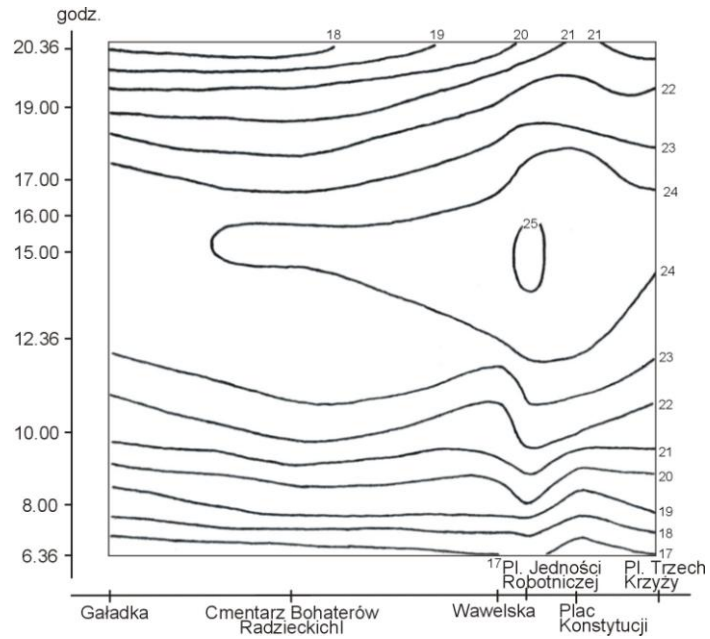
Rysunek 1. Plan Warszawy (III) – lokalizacja punktów pomiarowych



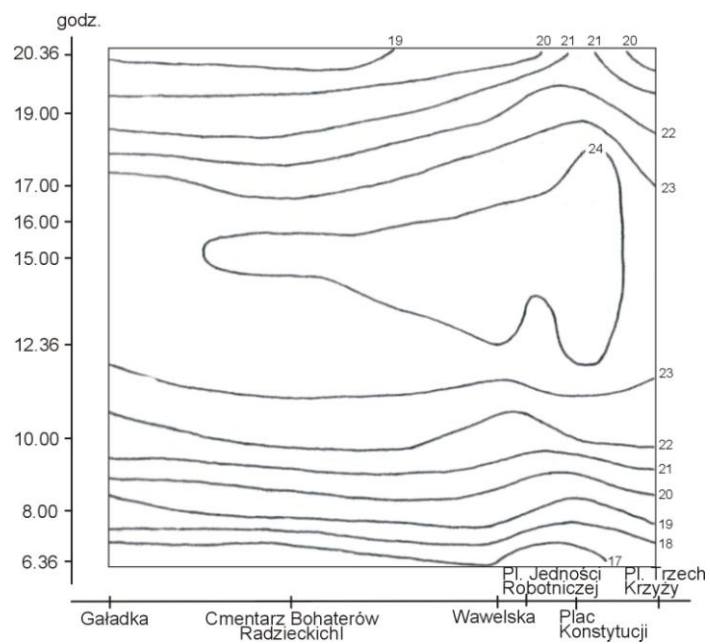
Rysunek 2. Rozkład średniej temperatury na stacji Warszawa Uniwersytet



Rysunek 3. Rozkład średniej temperatury w okolicy Ogrodu Saskiego



Rysunek 4a. Średni rozkład temperatury na profilu Gładka-Plac Trzech Krzyży (stanowiska chodnikowe)



Rysunek 4b. Średni rozkład temperatury na profilu Gładka-Plac Trzech Krzyży (stanowiska trawnikowe)

Tabela 1. Wartości temperatury na profilu Nowy Świat w lipcu 1969

Punkt	Data	Godziny			
		6.36	12.36	15.00	20.36
ul. Matejki	1	17,5	22,1	23,3	20,2
	7	17,9	27,7	30,4	23,8
	12	15,0	19,2	19,6	16,1
	20	14,6	19,4	19,2	15,5
	26	22,1	30,9	31,4	25,0
Plac Trzech Krzyży	1	17,1	23,8	24,2	19,0
	7	18,5	30,0	30,2	23,6
	12	14,9	19,5	19,6	15,6
	20	14,5	19,4	19,1	15,5
	26	22,1	31,7	31,1	-
ul. Smolna	1	16,3	22,6	25,4	21,0
	7	18,4	28,6	30,2	24,4
	12	16,1	20,5	20,6	16,5
	20	14,4	20,2	op	15,6
	26	22,2	31,2	31,6	25,9
ul. Rutkowskiego	1	16,2	23,6	op	21,2
	7	18,5	28,6	29,8	24,9
	12	15,2	20,3	20,6	16,9
	20	14,9	19,8	18,8	15,6
	26	21,8	31,3	31,7	25,8
Pałac Staszica	1	17,0	24,2	23,4	21,3
	7	18,5	27,3	30,3	24,8
	12	16,1	20,1	20,2	16,2
	20	15,8	19,8	19,6	15,3
	26	22,5	31,7	32,2	25,9
Pomnik Mickiewicza	1	17,3	24,1	23,4	20,8
	7	18,5	28,7	30,3	24,3
	12	16,1	20,8	20,2	15,4
	20	15,8	19,8	19,6	15,3
	26	22,5	31,7	32,2	25,5
Plac Zamkowy	1	15,4	21,3	23,0	20,0
	7	18,2	28,6	29,3	24,3
	12	15,4	20,2	19,6	15,7
	20	14,3	19,1	18,9	15,4
	26	22,4	31,4	29,7	25,2

Tabela 2. Wartości temperatury na profilu Marszałkowska w lipcu 1969

Punkt	Data	Godziny			
		6.36	12.36	15.00	20.36
ul. Dąbrowskiego	3	19,7	26,5	25,6	22,0
	9	12,4	17,0	18,8	14,9
	17	22,2	30,4	32,2	26,4
	23	18,7	22,0	23,2	20,8
	29	19,8	26,9	26,5	23,2
Supersam	3	20,0	25,4	26,0	22,0
	9	12,3	17,7	19,4	14,6
	17	21,2	31,8	31,4	26,2
	23	19,3	22,6	22,8	20,0
	29	19,0	27,3	26,9	23,4
Plac Zbawiciela	3	19,3	25,0	25,6	22,9
	9	12,9	17,7	19,9	15,6
	17	21,8	30,4	30,9	26,9
	23	19,0	22,1	23,0	21,5
	29	18,1	–	–	–
Plac Konstytucji	3	19,1	25,0	25,6	22,7
	9	12,9	18,1	19,9	16,0
	17	22,4	31,1	30,9	27,4
	23	18,7	21,6	22,6	22,2
	29	18,2	27,3	27,8	23,6
Plac Defilad	3	19,0	24,5	25,2	22,3
	9	12,5	17,4	19,2	15,1
	17	23,2	29,8	30,3	27,2
	23	18,3	22,4	22,8	21,8
	29	18,0	27,0	26,8	24,2
Ogród Saski	3	18,8	24,3	25,5	22,1
	9	12,1	16,8	19,0	14,4
	17	22,4	29,2	30,5	26,9
	23	18,5	21,9	22,3	19,1
	29	19,1	26,3	28,2	23,0
Plac Dzierżyńskiego	3	19,4	24,5	26,3	22,5
	9	14,1	17,7	18,6	15,5
	17	23,5	30,6	30,8	27,8
	23	18,3	22,2	23,5	21,3
	29	18,8	26,7	27,7	23,5
ul. Stawki	3	19,1	24,6	25,7	22,0
	9	12,2	17,2	18,0	14,9
	17	22,3	29,1	30,4	27,5
	23	18,3	22,3	22,5	20,0
	29	18,4	27,9	27,8	24,0

Tabela 3. Wartości temperatury na profilu Marchlewskiego w lipcu 1969

Punkt	Data	Chodnik				Trawnik			
		Godziny							
		6.36	12.36	15.00	20.36	6.36	12.36	15.00	20.36
ul. Dąbrowskiego	5	18,0	25,2	24,4	20,2	18,7	23,1	25,0	21,6
	11	14,8	21,4	19,6	17,5	14,5	21,3	19,8	17,0
	19	14,2	20,9	22,3	18,6	14,2	21,7	21,6	18,8
	25	21,2	30,1	31,1	25,7	21,2	30,4	30,9	26,1
	31	19,2	28,3	28,4	22,8	19,2	27,1	28,1	23,9
ul. Bruna	5	17,4	23,4	26,6	19,0	17,5	24,3	25,5	19,0
	11	15,5	21,6	19,6	16,7	14,6	22,1	19,5	16,7
	19	14,3	20,0	20,9	17,4	14,0	20,7	22,5	17,4
	25	21,8	30,1	30,1	26,0	21,3	29,9	31,1	26,0
	31	21,8	27,2	27,9	23,7	22,0	28,2	28,4	23,5
Politechnika	5	17,7	24,7	25,1	22,0	17,9	24,9	26,1	21,8
	11	14,5	22,1	19,7	17,4	14,9	22,6	19,6	16,9
	19	14,2	21,4	21,8	18,9	13,8	20,3	22,2	18,8
	25	22,3	30,3	31,5	26,6	21,0	30,7	31,5	26,2
	31	18,2	28,1	29,2	23,9	17,9	28,3	29,8	23,6
Dworzec Centralny	5	18,0	23,2	25,2	22,8	19,3	24,4	26,5	24,6
	11	14,6	21,6	19,4	16,4	14,4	23,2	19,8	17,5
	19	14,1	20,1	20,7	19,0	14,5	20,9	21,6	19,0
	25	21,4	31,3	31,3	26,8	21,5	31,3	30,7	27,0
	31	19,2	27,0	27,4	24,6	19,6	28,4	28,2	24,5
ul. Świętokrzyska	5					17,7	23,5	25,3	24,5
	11					14,4	21,9	20,0	16,8
	19					13,6	20,2	21,3	19,4
	25					21,9	30,9	30,9	26,7
	31					19,5	26,9	27,8	24,6
ul. Świętokrzyska	5	17,6	25,0	25,4	23,9	17,1	24,0	26,3	24,1
	11	15,3	21,7	20,5	16,7	14,7	22,7	20,5	16,7
	19	13,9	21,3	22,4	20,0	13,9	21,5	22,5	19,7
	25	21,5	29,9	30,2	27,3	20,8	30,6	31,3	24,7
	31	19,6	26,4	27,5	24,5	19,5	27,9	29,2	25,1
ul. Anielewicza	5	17,6	24,8	25,9	24,1	17,4	24,2	25,2	23,9
	11	15,0	22,1	19,7	16,7	14,3	22,7	19,7	16,7
	19	13,6	20,5	22,6	19,7	13,2	19,7	21,1	20,0
	25	21,2	30,2	30,5	26,7	21,6	29,8	30,8	27,3
	31	-	27,0	28,0	25,1	-	27,6	28,6	24,5
ul. Stawki	5	17,6	24,6	25,4	21,1	17,6	24,6	25,6	21,1
	11	14,2	21,3	20,4	16,8	14,2	21,3	20,4	16,8
	19	13,5	20,3	21,7	18,2	13,5	20,3	21,7	18,2
	25	22,0	29,6	31,4	26,9	22,0	29,6	31,4	26,9
	31	20,0	27,5	28,5	24,5	20,0	27,5	28,5	24,5

Tabela 4. Wartości temperatury na profilu Aleje Jerozolimskie w lipcu 1969

Punkt	Data	Godziny			
		6.36	12.36	15.00	20.36
Plac Zawiszy	2	16,7	24,3	23,0	-
	8	15,4	13,5	13,7	13,1
	14	15,5	21,7	21,8	16,2
	21	14,9	19,6	19,6	18,0
	28	19,1	27,6	28,4	23,4
ul. Emilii Plater	2	17,4	24,0	22,2	19,4
	8	15,5	13,7	op	12,9
	14	15,7	22,2	23,5	17,4
	21	15,0	18,1	19,6	17,9
	28	-	26,7	27,9	22,9
ul. Marszałkowska	2	17,6	24,1	22,6	20,2
	8	15,4	13,8	op	13,4
	14	15,5	21,6	22,1	17,2
	21	14,8	19,5	20,0	18,7
	28	19,2	26,5	27,7	23,0
ul. Bracka	2	17,9	24,2	22,2	20,2
	8	15,8	14,2	op	13,4
	14	15,2	22,2	22,1	17,2
	21	16,3	20,0	20,0	18,7
	28	18,7	27,7	27,7	23,0
Nowy Świat	2	18,0	23,7	22,5	20,8
	8	16,0	15,4	op	13,6
	14	15,4	22,5	22,9	-
	21	17,5	19,5	19,8	18,2
	28	18,8	27,3	27,9	22,6
ul. Międzynarodowa	2	17,3	23,8	22,1	20,2
	8	15,5	13,3	op	op
	14	15,0	21,3	21,3	16,6
	21	16,0	18,3	18,9	17,7
	28	19,7	26,7	27,1	21,3
ul. Wiatraczna	2	16,7	24,6	21,5	20,1
	8	16,1	14,1	op	14,0
	14	16,3	20,9	21,3	16,5
	21	14,5	18,2	op	18,0
	28	19,7	24,4	27,2	22,5

Tabela 5. Wartości temperatury na profilu Świerczewskiego w lipcu 1969

Punkt	Data	Chodnik				Trawnik			
		Godziny							
		6.36	12.36	15.00	20.36	6.36	12.36	15.00	20.36
Cmentarz Prawosławny	4					16,2	17,5	23,2	18,1
	10					14,8	16,3	20,6	16,4
	18					20,7	23,4	22,0	18,4
	24					19,8	23,1	27,6	24,8
	30					19,8	22,4	28,0	22,5
Stadion Sarmata	4	15,4	22,3	21,3	18,6	15,4	20,9	21,1	19,2
	10	14,1	18,7	20,6	15,9	13,7	19,0	20,6	15,9
	18	20,3	21,8	21,2	17,9	20,0	21,8	21,6	18,9
	24	20,1	26,8	29,2	24,8	20,3	26,5	29,2	24,6
	30	18,1	27,2	27,9	-	18,4	27,7	28,3	-
ul. Karolkowa	4					15,7	21,3	22,4	17,9
	10					14,0	19,4	20,4	16,7
	18					20,3	22,4	22,1	18,6
	24					20,1	26,3	28,1	25,0
	30					18,6	26,8	27,7	2,9
ul. Marchlewskiego	4	16,8	22,1	23,3	18,7				
	10	14,1	18,5	21,0	17,9				
	18	21,0	22,0	22,3	20,2				
	24	20,4	28,3	28,0	25,9				
	30	18,8	28,0	28,7	23,0				
ul. Marszałkowska	4	16,4	21,0	22,1	20,2	16,5	21,2	22,1	18,5
	10	14,3	18,9	20,7	16,8	13,9	19,7	21,1	16,9
	18	21,1	23,5	23,0	19,2	20,6	22,6	22,4	18,8
	24	20,4	28,8	28,6	24,6	20,8	30,0	28,5	25,2
	30	18,8	27,2	27,2	22,7	19,4	27,7	28,1	22,3
Tunel W-Z	4	17,2	23,5	24,2	19,2				
	10	15,0	20,0	21,4	17,1				
	18	21,2	23,0	23,0	19,7				
	24	19,0	27,6	28,4	24,8				
	30	18,4	28,0	28,8	22,4				
ZOO	4					16,5	21,5	23,0	16,8
	10					15,0	20,2	20,8	14,4
	18					21,2	22,7	22,5	18,1
	24					19,9	27,5	27,9	22,2
	30					18,0	27,4	28,1	21,6
Dworzec	4	17,5	21,6	22,7	20,0				
	10	14,5	19,9	21,5	17,9				
	18	20,6	23,2	23,5	19,8				
	24	21,4	27,5	28,2	25,3				
	30	19,3	28,3	27,9	22,6				

10.2. Kształtowanie się wybranych elementów meteorologicznych w Warszawie w latach 1969 i 1971. cz. III Zachmurzenie i prężność pary wodnej

Autor: Marek ZAKRZEWSKI

Opiekun naukowy: Wincenty OKOŁOWICZ, Zofia KACZOROWSKA

Celem pracy było wykazanie wpływu miasta na elementy meteorologiczne, a w szczególności na zachmurzenie oraz ciśnienie pary wodnej, przy czym zachmurzenie uznane zostało za temat główny pracy. Wykorzystano materiały obserwacyjne z okresu od marca do października 1971 r. ze stacji Okęcie, Bielany, Obserwatorium Astronomiczne oraz Uniwersytet oraz lipca 1969 r. i 1971 r. z pomiarów psychrometrycznych wzdłuż profili (rys. 1).

W wyniku analizy materiałów dotyczących zachmurzenia w Warszawie sformułowano następujące wnioski (rys. 2-4):

- Miesięczne przebiegi wielkości zachmurzenia w lipcu 1969r. oraz lipcu 1971 r. były bardzo wyraźnie uwarunkowane układami barycznymi oraz rodzajami mas powietrznych, jakie wystąpiły w tych miesiącach nad Polską.

- W lipcu 1969 r. bardzo wyraźnie zaznaczyło się zróżnicowanie wielkości zachmurzenia między stacjami Uniwersytet, Bielany, Obserwatorium Astronomiczne i Okęcie, w przeciwieństwie do lipca 1971 r., kiedy to chmury najbardziej podatne na oddziaływanie podłoża częściej niż w lipcu 1969 r. miały podstawy na wyższych wysokościach, co nasuwa wniosek, że wpływ miasta na zachmurzenie sięga jedynie do pewnej wysokości, którą w przybliżeniu na podstawie niniejszego opracowania można określić wartością 1200 m.

- Średnie dobowe przebiegi wielkości zachmurzenia w badanych miesiącach uzależnione były głównie od rodzajów chmur. Utrzymywanie się znacznego zachmurzenia w godzinach popołudniowych wywołane było przekształcaniem się chmur *Cu* w chmury *Sc* lub *Ac*, dające duże zachmurzenie. Największy wpływ na wzrost wielkości zachmurzenia miały chmury *Sc* i *Ac*, co jest istotne, zważywszy, że są to najczęściej występujące chmury nad obszarem Polski.

- W dobowym przebiegu poszczególnych rodzajów chmur, chmury piętra wysokiego najczęściej występowały w godzinach wieczornych. Chmury *Ac* najczęściej były obserwowane w godzinach rannych oraz popołudniowych, natomiast najrzadziej w godzinach okołopołudniowych oraz nocnych. Przebieg dobowy pozostałych rodzajów chmur piętra średniego był niemożliwy do uchwycenia, ze względu na ich frontalne pochodzenie a tym samym duże uzależnienie ich występowania od sytuacji synoptycznej. Chmury *Sc* miały przebieg występowania w ciągu doby bardzo zbliżony do chmur *Ac*. Chmury *St* najczęściej były obserwowane w godzinach rannych, a najrzadziej okołopołudniowych, co potwierdziło ich radiacyjny charakter. Chmury *Cu* we wszystkich miesiącach miały bardzo dla nich typowy, symetryczny, dobowy przebieg częstości występowania, przy czym najczęściej były one obserwowane w czasie maksimum temperatury i minimum ciśnienia pary wodnej przy powierzchni ziemi. Maksimum częstości chmur *Cb* w przebiegu dobowym miało miejsce po maksimum występowania chmur *Cu*.

- Od kwietnia do sierpnia 1971 r. najczęściej notowane były podstawy chmur na wysokościach powyżej 1200 m. Chmury o podstawach powyżej 2400 m najczęściej

występowały w sierpniu, przy czym w większości miesięcy najczęściej pokrywały one mniej niż połowę nieba. Niebo bezchmurne we wszystkich miesiącach najczęściej obserwowane było w godzinach nocnych; spośród wszystkich miesięcy najczęściej notowane było w sierpniu oraz lipcu 1971 r.

- Na podstawie przeanalizowanych miesięcy stwierdzono związek temperatury powietrza z wysokością podstawy chmur, szczególnie wyraźny w miesiącach wiosennych. W obu lipcach 1969 r. i 1971 r. chmury *Cu* na stacji Okęcie w godzinach popołudniowych w większości przypadków pokrywały mniej niż połowę nieba. Chmury o podstawach poniżej 150 m najczęściej obserwowane były w miesiącach jesiennych (październik, wrzesień), przy czym w większości przypadków w godzinach przedpołudniowych.

- W badaniach zachmurzenia metodą zdjęć całego nieba, potwierdził się wpływ miasta na wzrost stopnia zachmurzenia, dłuższe utrzymywanie się chmur w godzinach popołudniowych oraz zróżnicowanie przestrzenne rozmieszczenia chmur.

Wnioski dotyczące analizy ciśnienia pary wodnej są następujące:

- Na podstawie opracowania miesięcznych przebiegów ciśnienia pary wodnej w powiązaniu z sytuacją synoptyczną, uzyskano potwierdzenie uwarunkowania wartości ciśnienia pary wodnej rodzajami układów barycznych oraz masami powietrznymi.

- Średnie dzienne przebiegi ciśnienia pary wodnej na stacji Bielany – w obu analizowanych lipcach (1969 r. i 1971 r.) oraz na stacji Uniwersytet w lipcu 1969 r. wykazały powiązanie ze średnimi dobowymi przebiegami tego elementu na stacji Okęcie.

- Na podstawie wybranych dni lipca 1969 r. a także lipca 1971 r, stwierdzono, że charakterystycznym sytuacjom synoptycznym odpowiadały równie charakterystyczne dzienne (na stacjach klimatologicznych) oraz dobowe (na stacji Okęcie) przebiegi ciśnienia pary wodnej.

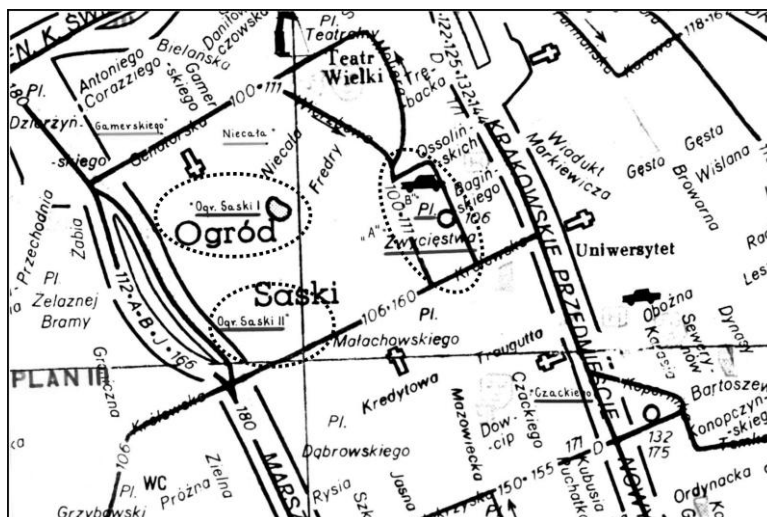
- Na podstawie wyników pomiarów przeprowadzonych na terenie dzielnic: Okęcie, Ochota i Śródmieście w lipcu 1971 r. uzyskano potwierdzenie wpływu miasta na obniżanie ciśnienia pary wodnej. Ujawnił się on w postaci spadku wartości tego parametru, w miarę przesuwania się od peryferyjnych dzielnic miasta w kierunku jego centrum.

- W centralnej części Warszawy – aktywna powierzchnia miasta (chodniki, jezdnie, place) – poprzez rozwijające się nad nią prądy wstępujące – wpływa na obniżanie ciśnienia pary wodnej, zwłaszcza w godzinach około południowych w dniach z silną insolacją. Na punktach pomiarowych, które charakteryzowały się dużym przewietrzaniem, notowano niższe wartości badanego elementu niż na punktach osłoniętych przez budynki, drzewa, względnie krzewy, a więc mało przewiewnych.

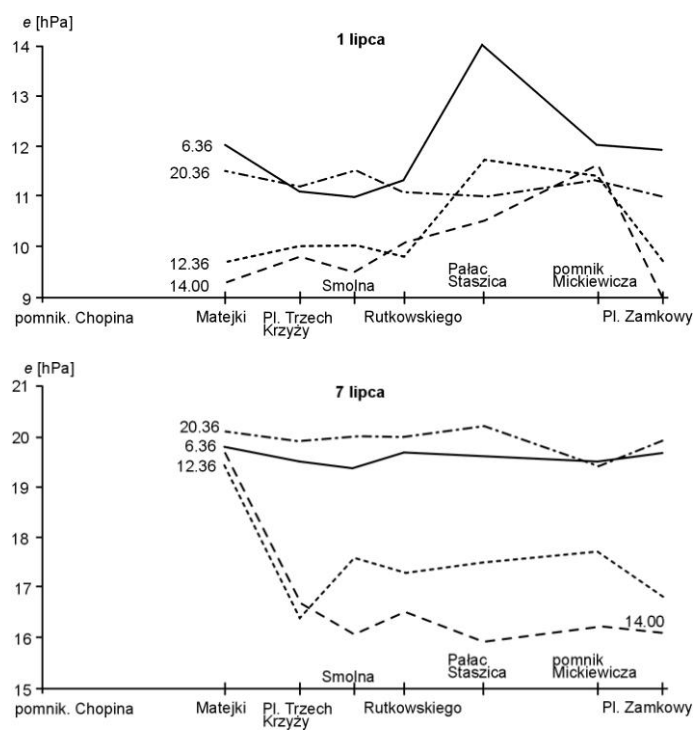
- Szczególnie duży wpływ zieleni na ciśnienie pary wodnej ujawnił się w warstwie powietrza do 0,25 m – był on najbardziej wyraźny na punktach słabo przewietrzanych. Największy wpływ zieleni na wartości tego elementu stwierdzono w godzinach okołopołudniowych ze względu na intensywną w tym czasie transpirację roślin.

- Potwierdzeniem wpływu zieleni na wzrost ciśnienia pary wodnej były wyższe średnie wartości tego elementu na punktach trawnikowych niż chodnikowych, a także wyższe jej wartości na otoczonej roślinnością stacji Obserwatorium Astronomiczne w porównaniu z wartościami jakie wystąpiły na pozostałych stacjach.

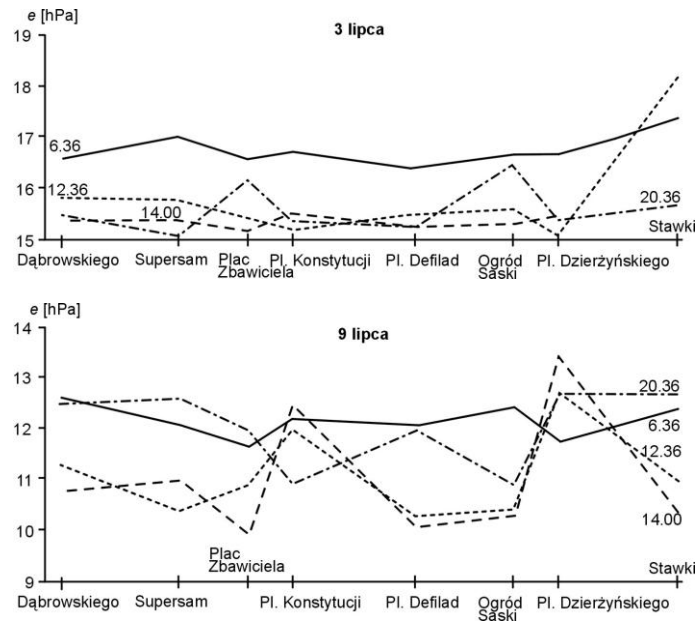
- Jak stwierdzono na podstawie przeprowadzonych badań stopień oddziaływania zieleni na ciśnienie pary wodnej w głównej mierze zależy od wielkości kompleksu roślinnego, a także od otoczenia punktu, na którym dokonane są pomiary.



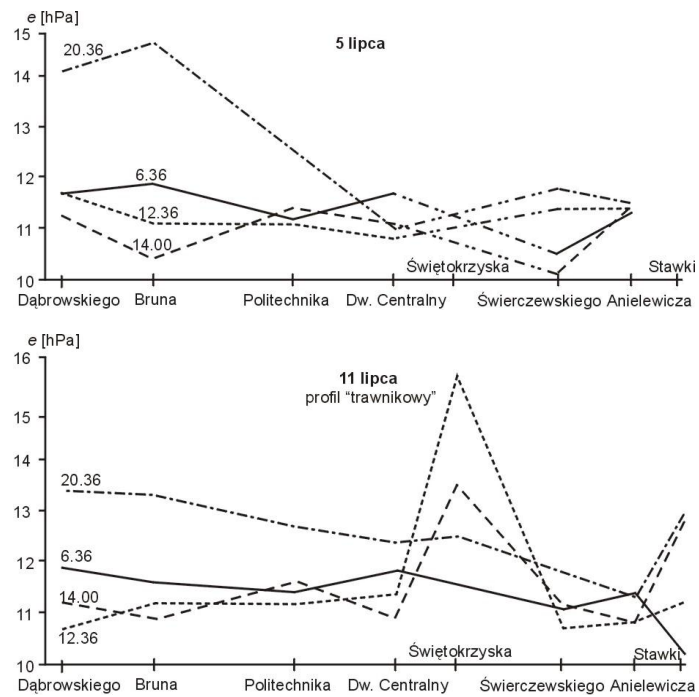
Rysunek 1. Ogród Saski i Plac Zwycięstwa



Rysunek 2. Dzienny rozkład prężności pary wodnej na profilu „Nowy Świat” w dniach 1, 7 lipca 1969 r.



Rysunek 3. Dzienny rozkład prężności pary wodnej na profilu „Marszałkowska” w dniach 3, 9 lipca 1969 r.



Rysunek 4. Dzienny rozkład prężności pary wodnej na profilu „Marchlewskiego” w dniach 5, 11 lipca 1969 r.

10.3. Wpływ zieleni na warunki termiczno-wilgotnościowe na przykładzie obserwacji w Warszawie w lipcu 1972 roku

Autor: Tomasz ŻUŁKOWSKI

Opiekunowie naukowci: Wincenty OKOŁOWICZ, Urszula KOSSOWSKA

Celem pracy było wykazanie wpływu zieleni na kształtowanie się stosunków termicznych i wilgotnościowych nad różnymi typami podłoża i w różnych warunkach otoczenia na przykładzie Warszawy. Analizowanymi elementami meteorologicznymi były: temperatura i wilgotność powietrza. Wykorzystano materiał z pomiarów psychrometrycznych z 22 dni lipca 1972 roku w 10 punktach obserwacyjnych usytuowanych wzdłuż ulicy Marszałkowskiej (Plac Konstytucji, Plac Defilad, alejka i trawnik w Ogrodzie Saskim, ulica Przechodnia i Plac Bankowy – dawniej Dzierżyńskiego) i Żelaznej (ulice Lindleya, Prosta, Chłodna, Smocza) (rys. 1). Pomiary wykonywano na dwóch poziomach 0,25 m i 1,5 m w 10 terminach dnia: godz. 7, 8, 9, 11, 13, 15, 16, 17, 19, 20.30.

W wyniku przeprowadzonej analizy danych (rys. 2-3) otrzymano następujące wnioski odnośnie wpływu charakteru podłoża na warunki termiczno-wilgotnościowe:

- w godzinach rannych stwierdzono niewielkie różnice temperatury powietrza między stanowiskami zlokalizowanymi nad trawnikami i chodnikami,
- w godzinach około południowych i popołudniowych obserwowano na placach wyższe wartości temperatury średnio o około $0,5^{\circ}\text{C}$ niż nad trawnikami,
- na stanowiskach trawnikowych wieczorny spadek temperatury powietrza był nieco szybszy niż na stanowiskach chodnikowych, nad chodnikami bowiem o godz. 20.30 wartości temperatury były średnio wyższe od $0,5^{\circ}\text{C}$ do $1,3^{\circ}\text{C}$,
- na stanowiskach trawnikowych w godzinach popołudniowych ustalała się inwersja temperatury (w większości od godziny 16 lub później), podczas gdy na placach w ciągu całego dnia utrzymywała się stratyfikacja typu insolacyjnego.
- ciśnienie pary wodnej na ogół było wyższe nad stanowiskami trawnikowymi niż chodnikowymi, uwidaczniało się to zwłaszcza w godzinach okołopołudniowych, kiedy nad trawnikami notowano wyższe ciśnienie pary wodnej średnio o około 1 hPa,
- pomiary ciśnienia pary wodnej nad stanowiskami chodnikowymi i trawnikowymi wykazały wszędzie spadek z wysokością, z tym, że gradienty pionowe ciśnienia na stanowiskach trawnikowych były większe niż nad chodnikowych,
- na poszczególnych punktach stwierdzono również większe pionowe gradienty w godzinach okołopołudniowych niż porannych i wieczornych, co związane było ze zwiększonym dopływem pary wodnej w najniższej warstwie powietrza w wyniku intensywniejszego parowania,
- różnice wilgotności względnej między stanowiskami chodnikowymi a trawnikowymi były na ogół niewielkie, w godzinach około południowych dochodziły bowiem średnio zaledwie do 6%,
- pionowe spadki wilgotności względnej powietrza z wysokością były nieco większe na stanowiskach trawnikowych niż na chodnikowych,
- niedosyt wilgotności powietrza na stanowiskach chodnikowych był większy niż na trawnikowych, różnice te w godzinach rannych były niewielkie, w około południowych wzrastały niekiedy do 2 hPa i więcej,

- ogólnie nad trawnikami obserwowano wzrost niedosytu wilgotności wraz z wysokością, nad chodnikami natomiast wyższe wartości niedosytu były na poziomie 0,25 m, co wynikało ze spadku temperatury z wysokością,

- pionowe gradienty niedosytu na wszystkich stanowiskach były większe w godzinach południowych niż rano i wieczorem.

Wnioski dotyczące wpływu otoczenia na warunki termiczno-wilgotnościowe są następujące:

- najniższe wartości temperatury powietrza notowano w obszarach zieleni, najwyższe na chodnikach. Różnice między obszarami najcieplejszymi a najchłodniejszymi średnio wzrastały od około 0,5°C do około 1,0°C – po południu i do około 2,0°C wieczorem,

- pionowe gradienty temperatury okazały się najmniejsze na trawniku w Ogrodzie saskim. Na stanowisku na ulicy Lindleya pionowe różnice temperatury były większe i podobne do różnic na stanowiskach trawnikowych wśród zabudowy,

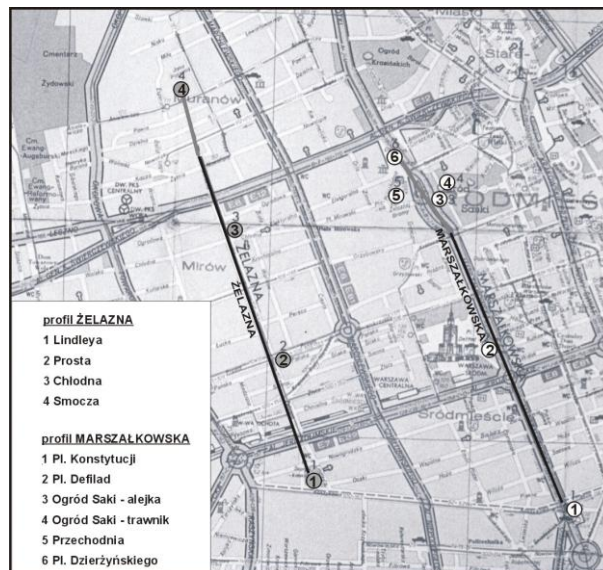
- stwierdzono wyższe wartości ciśnienia pary wodnej w obrębie terenów zielonych niż wśród zwartej zabudowy. W stosunku do placów różnice ciśnienia dochodziły w godzinach około południowych do około 2 hPa,

- pomiary wilgotności względnej wykazały, iż wśród zieleni w ciągu całego dnia było „wilgotniej” o kilka procent niż wśród zwartej zabudowy miejskiej. Różnice te były najwyraźniejsze w godzinach okołopołudniowych, dochodziły bowiem do 10%,

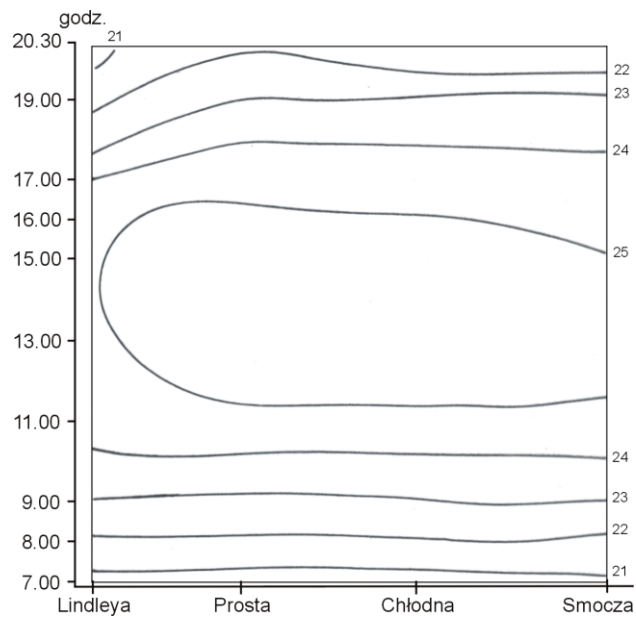
- największy niedosyt wilgotności obserwowano na placach, najniższy zaś wśród zieleni, najwyraźniejsze różnice były w godzinach około południa (od 3,0 do 4,0 hPa),

- zróżnicowanie temperatury powietrza oraz charakterystyk wilgotności zależne jest od warunków pogodowych: największe w warunkach ciepłej i słonecznej pogody wyżowej, małe w warunkach chłodnej pogody niżowej,

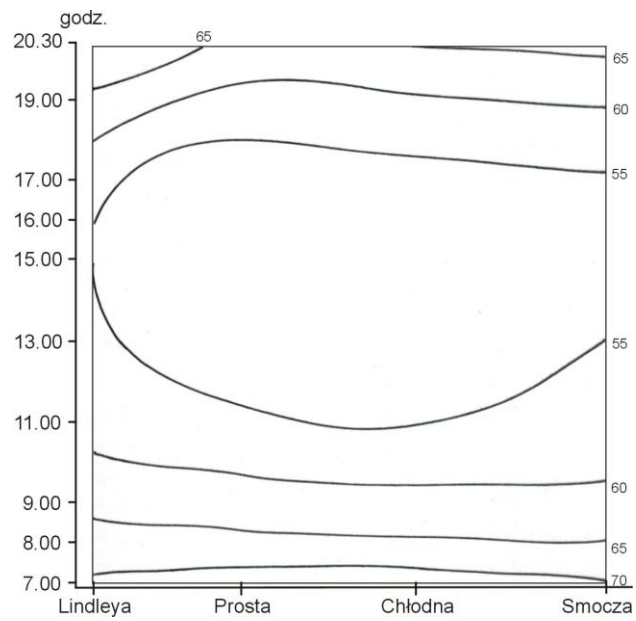
- stwierdzono zmniejszanie się zróżnicowania temperatury i wilgotności między punktami o różnych warunkach otoczenia i podłoża w czasie opadów i wiatrów.



Rysunek 1. Profile pomiarów meteorologicznych: Żelazna i Marszałkowska



Rysunek 2. Rozkład temperatury powietrza na profilu Żelazna w roku 1972



Rysunek 3. Rozkład wilgotności względnej powietrza na profilu Żelazna w roku 1972

XI. INFLUENCE OF THE CITY ON FIELD OF METEOROLOGICAL VARIABLE

Maria STOPA-BORYCZKA, Maria KOPACZ-LEMBOWICZ,
Jerzy BORYCZKA

The range of the deviation of the air temperature caused by buildings is presented with Warsaw as an example. The impact of individual meteorological elements on the "city island of warmth" has been determined (the largest share of air movement). Threshold values of temperature, wind velocity and cloud cover are shown at which thermic contrasts between the area covered with buildings and its surroundings are highest and lowest. The city island of warmth stands out most in the warm half-year when, e.g. air temperature is about 13° to 16°C, and in the cool half-year when temperature drops to < -10°C.

The rates of warming-up and cooling-down of urban areas with different types of buildings have been determined. Housing tracts with high-rise blocks of flats warm up and cool down with lower intensity than the surrounding area. For instance with cooling-down, a drop of temperature outside a tract by 1°C corresponds to a drop of 0.6°C inside it.

The regularities of the impact of an artificial base on atmospheric conditions are important in forecasting climatic changes. They can be helpful in designing new housing tracts.

Climate is one of the essential abiotic factors shaping city ecosystems. Average differences between the atmospheric environment of the city and the surroundings are known: decreased radiation, higher temperature, lower air humidity, higher precipitation and lower wind velocity.

Knowledge of city climate can be used in managing of certain bioclimatic conditions of built-up areas. However, it is necessary not only to know qualitative features of local city climate, but quantitative measures of the influence of decisive factors giving a specific character to a city's climate. Most important is knowledge of the structure of meteorological elements in their time-space variability and interdependence as well as studies on the dynamics of the changes.

The purpose of this paper is to determine the range of deviations of meteorological variables caused by buildings. Warsaw is used as an example.

To determine features of a local city climate, data collected from measuring stations in the city and in the suburbs was correlated. Correlations were calculated for the entire city, selected sections, and individual housing districts.

Annual changes resulting from the impact of buildings on temperature, humidity, cloud cover and precipitation as well as wind velocity are described by sinusoids, drafted for the period 1961-1965 (fig. 1a-1c). A calendar day is the time unit.

Generally, differences in air temperature between minimum average (ΔT_{\min}) and daily average (ΔT_{\max}), cloud cover (ΔN) and precipitation (ΔO) are positive throughout the year, while those of relative humidity (Δf) and wind velocity (Δv) are negative. Maximum temperature difference (ΔT_{\max}) is an exception, changing from positive in winter and spring, to negative in summer and autumn. This means that the city always increases air temperature (particularly the minimum one), cloud cover and precipitation, and decreases air humidity and wind velocity. Under the influence of buildings, the largest change dur-

ing the year (from 0.5°C in January to 1.7°C in July) occurs in air temperature at daily minimum, and in precipitation (from 1 mm in January to 12 mm in July). Along with an increase in temperature and precipitation, differences in those elements between the city and the surrounding areas increased, reaching their maximum values in July.

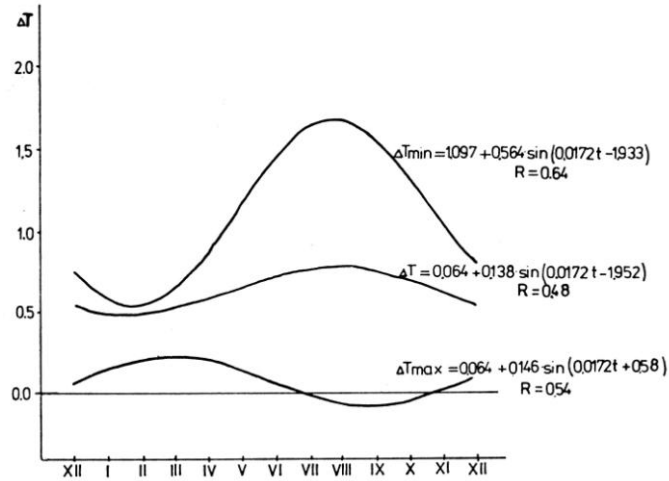


Figure 1a. Sinusoids of annual changes of air temperature differences (ΔT) between the city and its surroundings

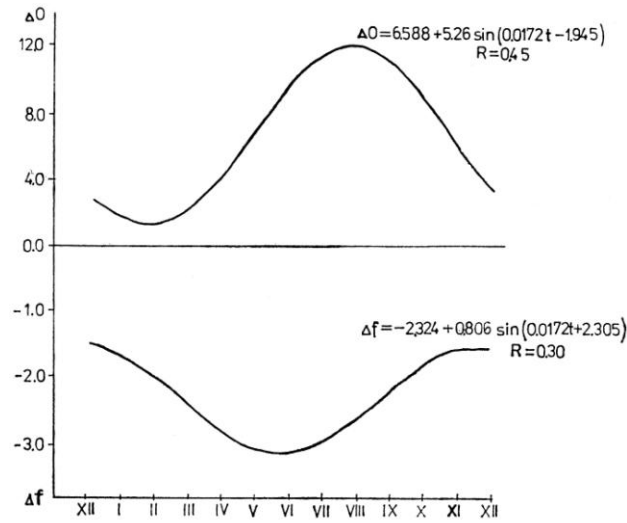


Figure 1b. Sinusoids of annual changes of precipitation (ΔO) and relative humidity (Δf) between the city and its surroundings

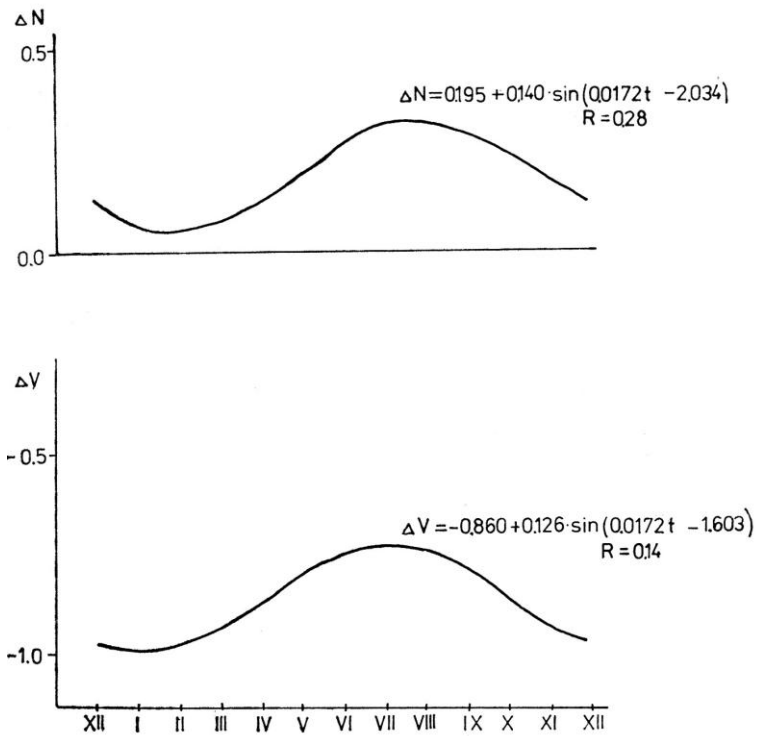


Figure 1c. Sinusoids of annual changes of cloud cover (ΔN) and wind velocity (Δv) differences between the city and its surroundings

Regression parabolas have been drawn to determine threshold values of particular meteorological elements at which differences between the atmosphere in the city and its surroundings are largest or smallest. An example of parabolic dependence of the difference in average air temperature between city and surroundings on the temperature of the surroundings (T) is presented in Figure 2.

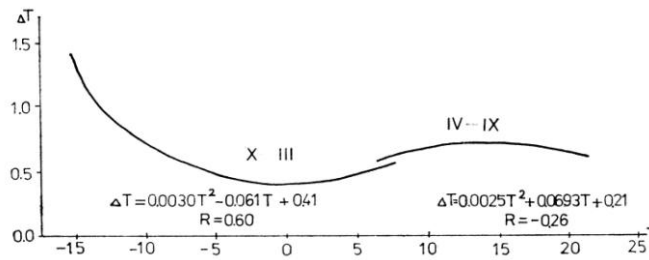


Figure 2. Parabolic dependence of the difference of average air temperature (ΔT) between the city and its surroundings on air temperature (T)

Sectors of the parabolas show extreme deviation of the air temperature in the city. This shows that the "city islands of warmth" in the summer half-year stands out most

when air temperature outside the city is about 13° to 16°C. With lower and higher temperature values, the differences between the city and the suburbs] decrease. In the cool half-year, the “city island of warmth” stands out least at temperatures of -2° to 1°C, and most at temperatures of <-10°C.

The impact of other meteorological elements on the “city island of warmth” has been determined in a similar way. The analysis shows that temperature differences between the city and surroundings disappear ($\Delta T = 0$) with wind velocity about 7 m/s and clouds! covering about nine-tenths of the sky; the largest differences (0.4-0.5°C) occur when clouds cover about five-tenths of the sky and (0.6-0.7°C) with wind velocities of about 2-2.5 m/s.

The impact of the city on the cloud cover disappears in the warm half-year with clouds covering about four-tenths of the sky, but the difference ΔN grows with a growth of the cloud cover.

Wind velocity in the city is about 2 m/s lower than outside tin city throughout the year. It is interesting that with low wind velocities (below 1 m/s), average horizontal air movement is more intensive in areas covered with buildings than in open areas, and periods of silence are less frequent (an additional effect of internal city traffic).

Relative humidity is lower in the city than outside it. Differences Δf are negative and vary from -0.7% (cool half-year) to - 3.9% (warm half-year). Differences in precipitation between the city and its suburbs depend slightly on volume of precipitation.

The next stage was to determine the impact of temperature, the cloud cover and wind velocity on the “city island of warmth”. Equations of hypersurfaces of regression have been made for two half-years and the entire year:

X-III	$\Delta T = -0.0186 T - 0.0687 N - 0.1479 v + 1.448,$	$R = 0.58$
IV-IX	$\Delta T = -0.0105 T - 0.0105 N - 0.1082 v + 1.329,$	$R = 0.38$
I-XII	$\Delta T = -0.0077 T - 0.0762 N - 0.1359 v + 1.466,$	$R = 0.56$

Negative regression coefficients show that independent of the season of the year, along with a growth of air temperature, the cloud cover and wind velocity, differences (ΔT) between the city and its surroundings decrease. Wind velocity stands out from the group of meteorological variables under study. It has the strongest influence on differential values, shown by the largest coefficients of partitive correlation. After elimination of the impact of temperature and cloud cover, a growth in wind velocity outside the city by 1 m/s corresponds to a drop in the difference of average temperature (ΔT) by 0.11-0.15°C.

The above regularities of impact on the atmospheric conditions occur with various intensity within the city, subject to, e.g., density of buildings, the area of the city greenery and its type, as well as the type of buildings.

Buildings significantly affect the process of warming-up and cooling-down. Their role is seen by studying characteristic features of the local climate of urban areas with different types of buildings.

An attempt to alleviate this problem is exemplified by three housing tracts in Warsaw. Two of them are characterized by high blocks of flats, loosely scattered Służew nad Dolinką (in the central part of Mokotów) and the Stawki housing tract (in the north – western part of the Centre). The third one is characterized by low-rise buildings, detached houses with much greenery – the Olimpijska housing tract (in the western part of Mokotów).

Measurements were taken in the summer, at three time intervals: morning 1-11 hours, noon 12-16 hours, and evening 17-21 hours (of the summer time), sampling every half-hour.

The speed of warming-up and cooling-down of a tract in relation to the surroundings has been calculated with equations of regression lines. The difference between air temperature within the tract and outside it (ΔT) was accepted as the dependent variable, and air temperature (T) outside the district was accepted as the independent variable.

Deviations of air temperature under the impact of buildings are described by the following equations:

Stawki housing tract

morning $T = 2.814 - 0.163 T, \quad r = -0.75$

noon $T = 0.277 - 0.045 T, \quad r = -0.15$

evening $T = 6.363 - 0.301 T, \quad r = -0.96$

Służew nad Dolinką housing tract

morning $\Delta T = 2.769 - 0.187 T, \quad r = -0.70$

noon $\Delta T = 3.509 - 0.180 T, \quad r = -0.46$

evening $\Delta T = 7.878 - 0.353 T, \quad r = -0.99$

Olimpijska housing tract

morning $\Delta T = 0.619 - 0.038 T, \quad r = -0.62$

noon $\Delta T = 1.716 - 0.085 T, \quad r = -0.52$

evening $\Delta T = 2.747 - 0.130 T, \quad r = -0.81$

Regression coefficients reveal growing differences between value of temperature measured inside the housing tract and those outside it. There is a growth of temperature in the morning and around noon, and a drop in of the afternoon and in the evening by 1°C. Thus they are measure of the rate of warming-up and cooling-down of the tract.

Housing tracts with high-rise blocks of flats, like Służew nad Dolinką or Stawki, warm up with a lower intensity than the surrounding areas by 0.2°C. This means that with a growth of temperature of the surroundings by 1°C, the tract warms up only by 0.8°C and is cooler as a result. The morning process of air-warming in a housing tract with low-rise, detached houses, and with much greenery (Olimpijska) is different. Regression coefficients have value close to zero.

The impact of different types of buildings is stronger on the process of the evening cooling-down. The complex of high buildings in the tracts of Służew and Stawki cool down with an intensity lower by 0.4-0.3°C. That is, a drop in temperature outside the tract by 1°C corresponds to a drop inside the tract by 0.6°C. This soon results in its being much warmer than the surrounding area. Among the low buildings in the Olimpijska tract, the cooling-down is less intensive; a drop in temperature outside the tract by 1°C corresponds to a drop by 0.9°C inside the tract.

The differentiated rate of cooling-down is illustrated in Figure 3. It represents the dependence of the difference in average temperature (ΔT) in time (h) within the tract and outside it.

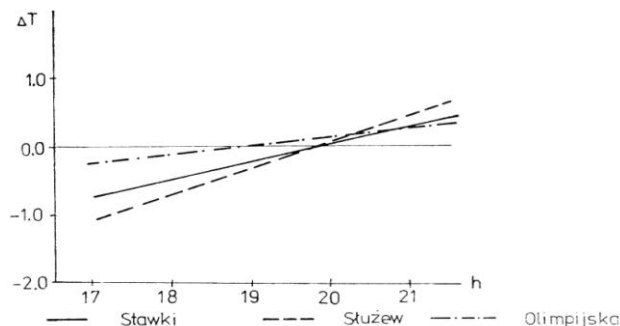


Figure 3. Dependence of the difference in average temperature from stations inside the tract and a station outside it (ΔT) in time (17 hours is the beginning of the time axis, $t = 1$)

The process of cooling-down in the tracts of Stawki and Służew nad Dolinką has an average intensity of $0.4^{\circ}\text{C}/\text{hour}$. However, in the Olimpijska tract it is $0.1^{\circ}\text{C}/\text{hour}$. In Figure 3 one can read the time when a "tract island of warmth" appears, i.e. from the moment positive differences appear. In the tracts of Służew nad Dolinką and Stawki the "island of warmth" appears later than in an openly developed tract of detached houses with greenery, but it is more intensive.

The above regularities of impact on atmospheric conditions are important in forecasting time-space changes of the climate and in modelling. They can be helpful in designing new housing tracts.

WPŁYW MIASTA NA POLA ZMIENNYCH METEOROLOGICZNYCH

Jednym z istotnych czynników abiotycznych dla kształtowania ekosystemów miast jest klimat.

Przeciętne różnice między środowiskiem atmosferycznym miasta i okolic są powszechnie znane (zmniejszony dopływ promieniowania, wyższa temperatura i niższa wilgotność powietrza, większe sumy opadu atmosferycznego i mniejsza prędkość wiatru). Przejawiają się one w wyniku oddziaływania takich czynników jak sztuczne powierzchnie czynne, konfiguracja budynków i ulic zmieniająca wymianę ciepła, sztuczne źródła ciepła, zmiana bilansu wodnego, zanieczyszczenie powietrza. Ale w obrębie miasta zaznacza się mnóstwo odrębności – mikroklimatów. Wzajemne oddziaływanie między atmosferą i podłożem zmienia się w znacznym stopniu nawet na niewielkiej przestrzeni i to wyraża się w zróżnicowaniu procesów. Przebieg tych procesów znacznie różni się od przebiegających na zewnątrz miasta. Skorelowanie różnic temperatury powietrza między miastem i otoczeniem pozwoliło na oszacowanie tempa nagrzewania i wychładzania terenów zabudowanych oraz terminów pojawiania się i zanikania miejskiej wyspy ciepła.

Istotne znaczenie w poznaniu cech klimatu miasta mają wartości progowe temperatury powietrza, prędkości wiatru i zachmurzenia, przy których deformacja pola temperatury jest największa.

Poznanie intensywności procesów – miar, daje podstawy do optymalnego ich wykorzystania przy kształtowaniu ekosystemów miejskich.

XII. POSITIVE AND NEGATIVE EFFECTS OF THE URBAN HEAT ISLAND IN WARSAW

**Conference of the international network for urban ecology
Warsaw-Mądralin, 15-17 december, 1992**

Maria STOPA-BORYCZKA, Maria KOPACZ-LEMBOWICZ,
Jerzy BORYCZKA

Changes of local climate in towns, particularly of the air temperature, are the effect of the processes of energy exchange between an active surface and the atmosphere, as well as of the generating of artificial heat in industrial and urban processes. Considerable accumulation of thermal energy in the artificial ground as well as a different way of energy transformation in the arrangement: artificial active surface atmosphere causes that the resources of thermal energy in towns are actually larger than those in their surroundings.

The indicator of quantity of resources of thermal energy is a higher air temperature than in the areas surrounding the town. The heat island is not a stable phenomenon; it varies periodically and specifically. Periodic changes manifest themselves both in a daily and yearly cycle.

In Warsaw, the heat island is most conspicuous in summer, reaching in July and August the average value close to 0.8°C . Difference of temperature (ΔT) calculated in relation to the outlying station Warszawa-Okęcie (fig. 1, tab. 1) shows considerable variability inside the town: in the city centre (stations at the University of Warsaw and at the Astronomical Observatory) ΔT reaches 1°C , whereas in scarce building development, far from the city centre (Warszawa-Bielany) it is smaller by a half.

This variability is more clear-cut if we analyze differences in extreme values of temperature. Central parts of the town maintain positive ΔT max throughout the year. In scarcely built-up areas, yearly fluctuations ΔT max range from $+0.3^{\circ}\text{C}$ in winter to almost -0.3°C in summer.

The greatest heat resources in the city are recorded in the case of analysis of differences in minimum temperatures. In summer, they indicate that the temperature is higher in the town than in the surrounding area by nearly 2°C (in compact development), whereas in the winter months they amount to 0.5°C in scarce building development).

Analysis of the annual course of values of increase of the air temperature in the town provides information about the rate of warming up and cooling down of the town in comparison with a non-built-up area. The conclusion may be drawn that the areas of dense building development are characterized by a slower rate of cooling down and warming up, in summer months in particular.

This is specially conspicuous in a daily course of differences of temperature (fig. 2). In summer, differences in the average air temperature in the urban area at noon may be nearly 1°C lower than those outside the town. Positive differences appear on the average about 17.00 hours and are being maintained until the morning, attaining the highest value ($+3.0^{\circ}$) at midnight.

This heat-preserving effect of the building development may be best observed during advection of the cool air (fig. 2), which took place, for example, on 14 December, 1963. That day difference of the air temperature between the downtown and suburban stations exceeded 9.0°C. The temperature did not become equal until 16 hours later.

The intensity of the heat island is the effect of both a number of meteorological elements and anthropogenic factors (the size of the town, its compactness, location etc.).

Wind and cloudiness are meteorological elements exerting the strongest influence on the heat island (fig. 3). Increase of wind velocity diminishes chances for accumulation of heat resources in town, especially in the cool season. If the wind velocity exceeds 7 m/sec., the difference in temperatures between the city and its vicinity disappears.

Cloudiness reduces intensity of the heat island or even leads to negative differences. Moderate cloudiness is the smallest obstacle to formation of the heat island.

Characteristics of the heat island discussed herein are important for consideration of effects of this phenomenon on urban dwellers.

Occurrence of the heat island in towns indicates increased thermal energy resources. This brings about a number of both meteorological and practical consequences, being important for city inhabitants. Some of them are positive while others are negative.

Direct effect of occurrence of higher temperature in towns is the change of quality of thermal stimuli received by human organism. In winter, spring and autumn it alleviates conditions felt by the people, whereas in summer it may cause burdensome thermal conditions for man. These conditions consist in improper heat exchange between human organism and atmospheric environment. As a result of inadequate cooling capacity of the air (high temperature coupled with weak air exchange as well as intensive thermal radiation by artificial ground-work) the organism is compelled to set in motion thermo-regulating mechanisms to ensure a steady internal temperature. However, this is being done at the cost of decreased fitness of the organism being the result of functional changes on the part of various organs and systems, such as: changes in functioning of the heart, changes in blood distribution in the organism, dehydration and loss of mineral salts, changes in functioning of the central nervous system etc.

In the centre of Warsaw such disadvantageous conditions appear on the average during 20% summer days, whereas outside the town they occur twice as rarely.

In winter, due to higher air temperature in town, given the weaker wind additionally, conditions felt (described by the value of the effective temperature) are much milder, which indicates that heat losses from human organism by convection and radiation are much smaller than in a non-built-up area. In the centre of Warsaw, the share of the states of "cold" thermal perception (according to the Baranowska perceptibility scale) is 50% smaller than outside the town and these states are less persistent (they maintain over a smaller number of consecutive days). According to the estimates, the volume of heat given back by the inhabitants of downtown to their surroundings in winter is about 25% smaller than in the suburbs; thus, thermal insulation of their clothes may be smaller by about 0.5 clo.

Thus, man in urban conditions is subject to thermal stimuli of different quality than in non-built-up areas.

Larger resources of thermal energy in town also indicate changes in demand for thermal energy for the heating of buildings.

To ensure thermal comfort in dwelling houses in the cool season of the year adequate quantity of heat must be conveyed to compensate for its losses. Thermal energy escapes through external barriers (walls and windows) by conductivity, convection and radiation (heat permeation) as well as due to the heating of the air infiltrating into the building.

Density of the stream of heat (W/m^2) depends on the difference in temperatures between atmospheric environment and the interior of the building, on velocity of flow of the air (wind) and on physical properties of building materials, i.e. on their insulation properties.

Therefore, if we compare buildings with identical physical parameters (the same coefficient of heat permeation and infiltration coefficient) inside and outside the town, we will obtain the assessment of influence of thermal and anemometric conditions on heat losses by the buildings located in towns.

Average heat losses of a model flat (of an area of 18 m^2 , area of external wall of 11.25 m^2 , including 4.5 m occupied by the window), situated in central part of Warsaw, are from October to April lower by 35% on the average (fig. 4); in the depth of winter they are over 40% lower than in the similar flat in a building standing outside the town.

This indicates that demand for energy throughout the heating season (fig. 5) is lower in town (for the model flat discussed herein): from 1.200 kilowatt-hours near the Astronomical Observatory to 580 kilowatt-hours in Bielany district in comparison with the vicinity of the Okęcie airport. It shows clear-cut differences in the particular months. In the depth of winter differences are the greatest ones, exceeding 100 kilowatt-hours monthly.

A similar analysis, this time concerning the increase of costs of exploitation, may be carried out for a warm season, estimating a higher use of energy in town for conveying such temperature to flats as to ensure heat comfort by way of air-conditioners.

Other – effects of occurrence of a meteorological urban heat island include shorter - and usually transferred in time – periods of spring and autumn ground frosts. In Warsaw, the period without ground frosts is 20 days longer in town than outside it. Likewise, the vegetation period is longer (on the average for 15 years between 1951-1965 – only by 2 days).

The influence of urban heat island is also important for exchange of the air in a built-up area in terms of quality of the air and its hygienic condition.

In built-up areas two systems of airing are functioning: internal and external. The external system is the horizontal movement of the air, i.e. the wind, which undergoes modification by infiltrating into the medium with different physical properties. The internal system is the local circulation (micro-circulation) within the urban organism, thermally and dynamically conditioned. The above-mentioned systems, according to atmospheric macro – circulation, may participate in the process of airing of the town or one of them becomes prevalent, sometimes taking over entirely the role of a ventilating agent.

Warsaw, on account of its location and surface relief, is open to free flow of the air from all directions. However, it is important to what extent the air flowing over the town may be an airing factor.

Figure 6 presents characteristics of the air flowing over Warsaw from all directions. It has been assumed that the winds of the velocity lesser than 5 m/sec in the open

area, having lost about 30% of velocity inside the built-up area, will be considered insufficient for ventilation of central part of the town.

The air flowing from the northern sector (directions: NW, N, NE) will have the features resembling the wind from these directions at the station in Legionowo. Those will be the winds having average velocity of 3.5 m/sec. The flow of air from these sectors may be expected to reach 30% but only 5% of winds will ensure effective airing. These are winds attaining the velocity of 5 m/sec and greater in the open area.

The flow of air from the southern sector (directions: SW and S) may be characterized on the basis of data from the station in Warszawa-Okęcie. These winds are marked by greater velocity, exceeding 4 m/sec; they appear in 21% of cases but a good ventilation of the town with the air flow from this sector may be expected only in 6% of cases. Similar features are obtained from the analysis of winds at the station at Brwinów. A greater share of "useful" winds for ventilation of the town results from including western winds in these characteristics. The airing role of the winds from the western sector (NW, W, SW) is even more conspicuous in the case of characteristics of the air movement near Niepokalanów. Almost 15% of winds exceed 5 m/sec. General frequency of flow from these directions amounts to 50%.

Approximate characteristics of the air flow from the NE sector (directions: N and NE) is presented for the station at Wyszków (though this station seems too distant to us but there are no other nearer stations). The low frequency of winds from that sector should be indicated.

Similar (low) frequency is characteristic of SE and S winds near Świder. They are also marked by small velocity but we must take into account considerable afforestation of the vicinity of Świder. Thus, data from this meteorological station should be regarded only as very approximate characteristics.

Inside the town, both the direction of the air flow and its velocity in different city districts, largely depend on the nearest vicinity of the place of measurements. However, general regularities include the decrease in the average wind velocity, decrease of the number of days with strong wind (more than 10 m/sec), increase in the number of days with very weak wind (less than 2 m/sec), as well as a conspicuous increase of the number of windless days.

In the cases of a weak flow of the air or windless weather, usually recorded at the time of the high pressure, especially in the evening, the only factor ensuring air exchange in the town and carrying away of pollutants will be horizontal and vertical local circulation.

In the daytime the process of vertical exchange of the air is determined by the thermal factor. A different degree of the warming up of the neighboring active areas releases vertical (convective) movement and the ensuing local flow between the areas with large thermal contrasts. The greater the differences in temperature, the higher will be the intensity of this exchange. A typical contrasting arrangement in towns is the complex of built-up areas adjacent to green complexes. Differences in the warming up of these areas, given the definite weather conditions (intensive radiation, windless weather or weak wind) may reach a dozen or so degrees. Most frequently, in towns thermal contrasts of several degrees are recorded. The flowing current of the warm air

will cause induction. Thus the course of upward stream will be a kind of an "upward air current" carrying up pollutants above the buildings. Density of these "currents", as well as the areas of contrasting surfaces, may be regulated according to the needs stemming chiefly from the location of the town.

Another example of the local thermal circulation is the arrangement of the air currents in the street canion between the sunny and shady walls of buildings (fig. 7).

Convection currents are the main factor of self-cleaning of the air in the daytime in the case of windless weather or weak air movements. Moderate winds take part in this process, whereas stronger winds, exceeding 7 m/sec, take over this function.

At night, when the weather is windless and the sky is clear, the only factor ensuring the exchange of the air in the town will be gravitational flows of the air towards any depressions, as well as the so-called urban breeze, which arises as a result of increasing thermal contrasts between the slowly cooling built-up area and quickly cooling suburban area. In such cases, there arise the air currents directed down below towards the interior of the town in place of the warm air flowing upward over the city centre. The circulation of the air of different range appears but this air is not always fresh and clean, for example if burdensome complexes are localized on the outskirts of the town. It may also happen that the same part of the air will follow the road described herein several times, each time "enriching itself" with an additional amount of pollutants. Therefore, it is good if on the way of the air currents directed towards the city centre there is a green zone operating as a filter.

However, the wind is the most important factor ensuring the exchange of the air in Warsaw. It seems to fulfill its ventilating function sufficiently in the cool season of the year. In summer, the exchange of the air in the city centre is too weak. It is mainly ensured by the air flow from the western sector. This indicates a necessity of intensification of the local exchange of air as well as a need of facilitating the air flow from the suburbs to the centre.

This effect may be achieved by creating non-built-up belts covered with loose high green complexes and transportation routes.

The effects of occurrence of the heat island in a built-up area are not unequivocal. Being aware of the consequences of the occurrence of this phenomenon, we may shape some phenomena to some extent: reinforce positive and alleviate negative ones.

It is important to undertake attempts at shaping them due to forecasts about intensification of this phenomenon.

According to the forecast (fig. 8), anthropogenic increase of temperature in Warsaw will be more diversified in the first decade of the 21st century than it is now. In the cool half-year increases of temperature in town will be higher (up to 1.0°C in 2100), which indicates that the town will be increasingly warmer in winter and more and more cool in summer compared to the state of departure in the 19th century.

The heat island, which is a typical phenomenon occurring in towns, indicates increased resources of thermal energy stemming from energy transformation in the arrangement: active surface (highly transformed) – atmosphere, as well as from the additional residue heat in industrial and urban processes.

The effects of its occurrence may be positive or negative for city inhabitants.

A direct effect of occurrence of higher temperature in towns is the change of thermal stimuli received by man. Increased resources of thermal energy in urban areas also entail changes in demand for thermal energy for the heating of buildings compared to those located in the open area.

Other meteorological effects include: extension of the period without ground frosts, shrinking of the time of maintaining snow cover, longer vegetation period, as well as a very important influence of the urban heat island on the process of exchange of air with regard to its quality and hygienic condition.

Table 1. Equations of sinusoids of annual differences of average (ΔT) maximum (ΔT_{\max}) and minimum (ΔT_{\min}) air temperature between town and its vicinity (1961-1965), t – calendar day, R – coefficient of multiple correlation

Type of area		$\Delta y = a + b \sin(2\pi t/365.25 + c)$	R
1	Town	$\Delta T = 0.064 + 0.139 \sin(0.0172 t - 1.952)$	0.48
		$\Delta T_{\max} = 0.064 + 0.146 \sin(0.0172 t + 0.580)$	0.54
		$\Delta T_{\min} = 1.097 + 0.564 \sin(0.0172 t + 1.933)$	0.64
2	Dense development	$\Delta T = 0.867 + 0.149 \sin(0.0172 t - 2.157)$	0.64
		$\Delta T_{\max} = 0.090 + 0.253 \sin(0.0172 t + 0.850)$	0.71
		$\Delta T_{\min} = 1.436 + 0.495 \sin(0.0172 t - 1.992)$	0.82
3	Scarce development	$\Delta T = 0.392 + 0.115 \sin(0.0172 t - 2.659)$	0.48
		$\Delta T_{\max} = 0.050 + 0.078 \sin(0.0172 t - 0.364)$	0.58
		$\Delta T_{\min} = 0.852 + 0.355 \sin(0.0172 t - 1.880)$	0.78
4	Park complexes	$\Delta T = 0.755 + 0.044 \sin(0.0172 t - 1.492)$	0.31
		$\Delta T_{\max} = 0.441 + 0.162 \sin(0.0172 t - 0.396)$	0.69
		$\Delta T_{\min} = 1.001 + 0.302 \sin(0.0172 t - 2.031)$	0.80

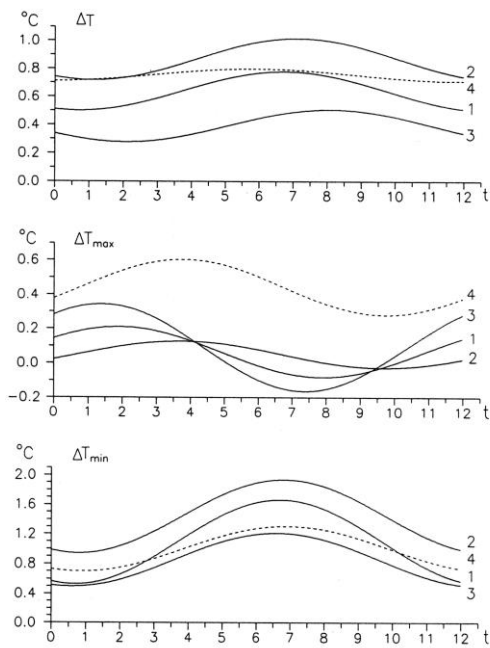


Figure 1. Sinusoids of annual differences of average (ΔT) maximum (ΔT_{\max}) and minimum (ΔT_{\min}) air temperature between town and its vicinity (1961-1965): 1 – town, 2 – dense development, 3 – scarse development, 4 – park complexes

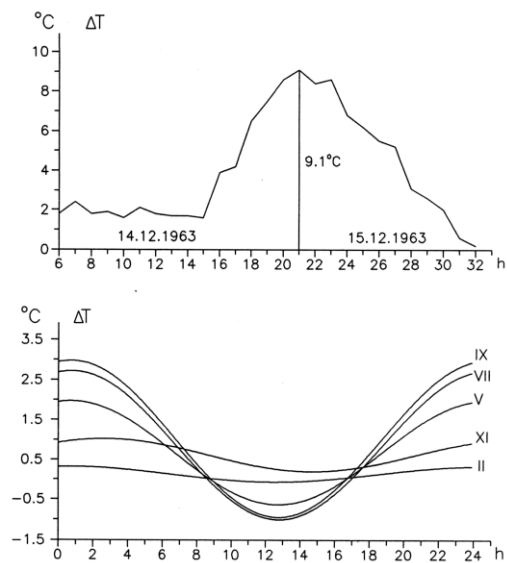


Figure 2. Sine curves of daily of air temperature differences (ΔT) between the city and the suburbs: II – February, V – May, VII – July, IX – September, XI – November

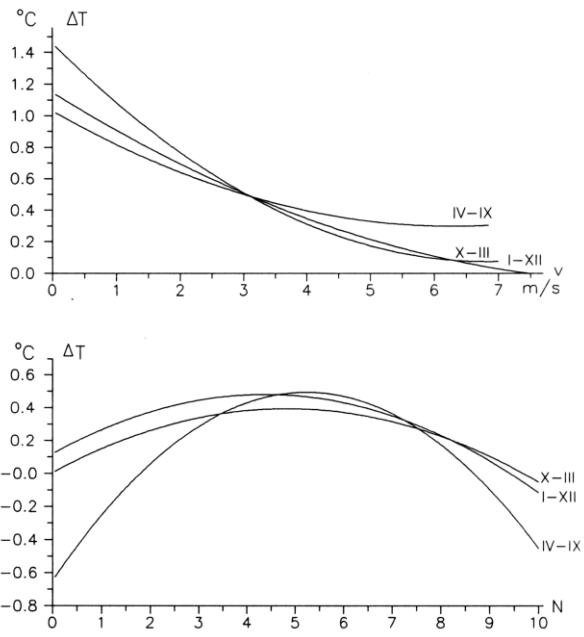


Figure 3. Parabolic dependence of the temperature difference (ΔT) between the town end its vicinity on wind (v) and cloudiness (N)

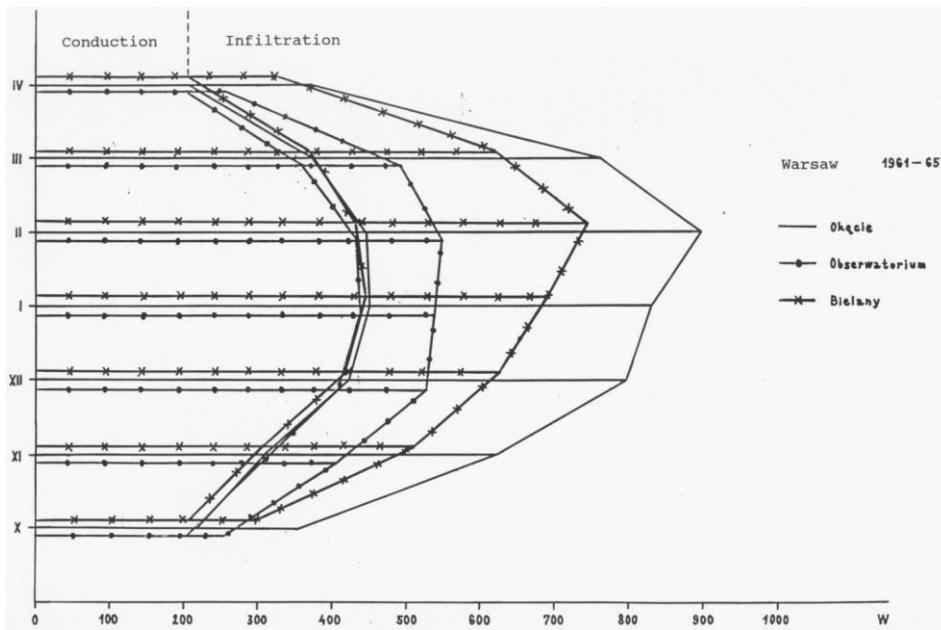


Figure 4. Average heat losses

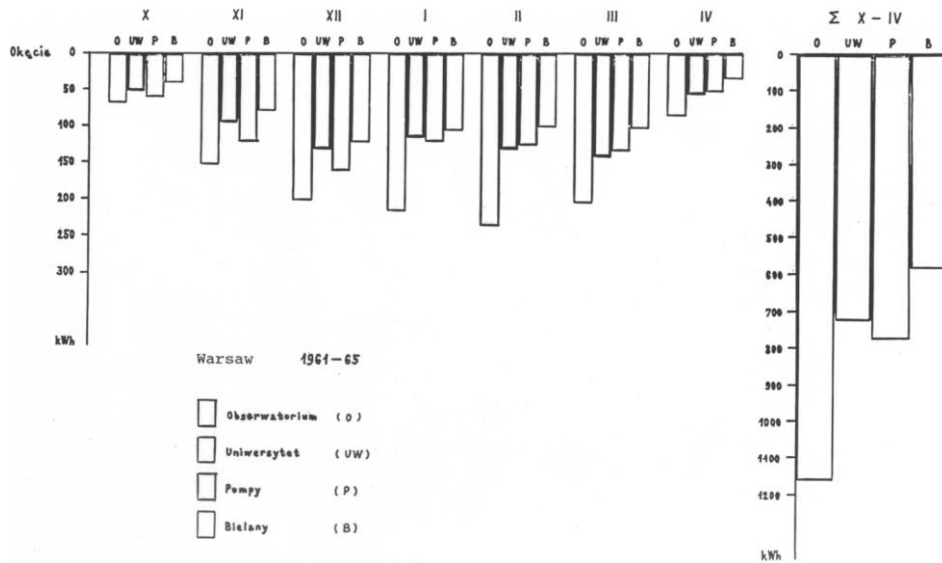


Figure 5. Differences in energy demand

4.2 m/s - average wind (inflow) velocity

6.0% - frequency of winds with > 5 m/s

28.7% - total frequency of winds

C = 10.5% - frequency of calms

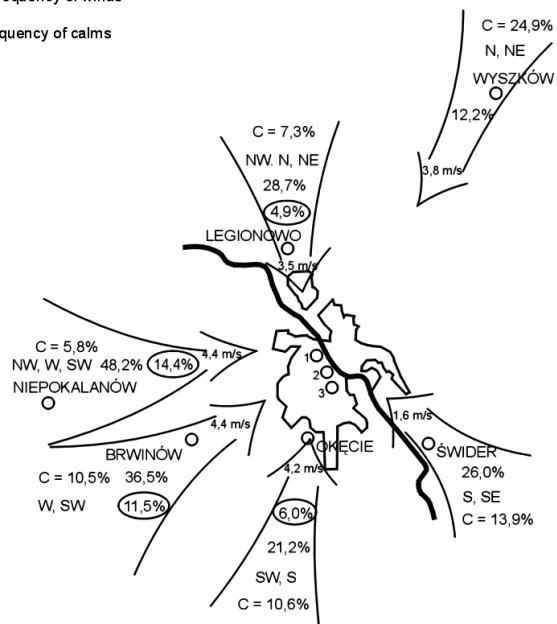


Figure 6. Scheme of wind flow over Warsaw

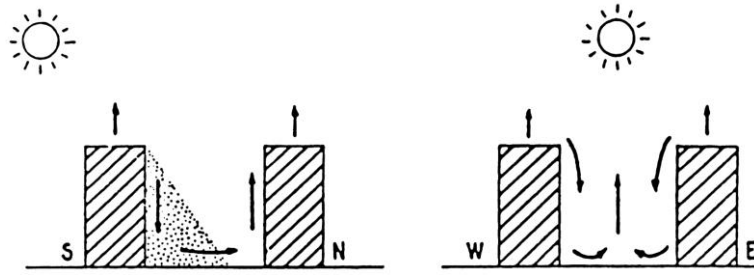


Figure 7. Thermal air currents in the street development

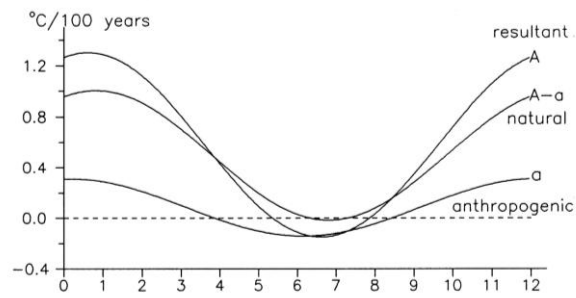
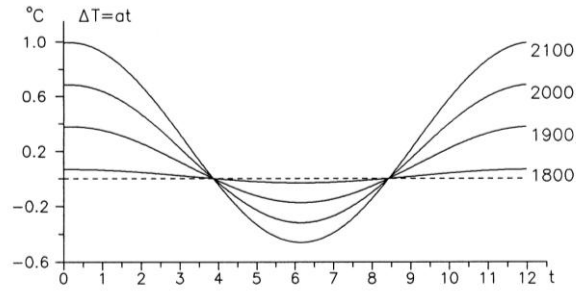


Figure 8. Anthropogenic element ($\Delta T = at$) of air temperature trend in the years: 1800, 1900, 2000, 2100

XIII. THE APPLICATION-ORIENTED CHARACTER OF THE REPORTS ELABORATED AT THE DEPARTMENT OF CLIMATOLOGY CONCERNING URBAN CLIMATE

Maria KOPACZ-LEMBOWICZ

The majority of elaborates, which were put together during 50 years at the Department of Climatology, may be used for application purposes. The necessary condition for applicability is constituted by the evaluation of climate according to the definite, scientifically derived criteria. When we realise a research programme, like the one concerning urban climate, then, if the study and the reports elaborated on the basis of this study, give us the possibility of cognising the features of climate of this environment and its differentiation, and explain the causes for the specific properties of urban climate, which we identified, we deal with the general climatological elaborate. If, however, we demonstrate, by applying special methods, the significance that this specific climate has for the urban dwellers, for securing, in particular, the proper aeration of the overbuilt areas, or for the thermal perceptions of the inhabitants, then the report turns into an applied elaborate. As such, it becomes the basis for the indications meant for the town planners, as to what should be changed or preserved in the spatial pattern of the town, in order not to worsen the perceived climate conditions in the process of urban expansion.

It is much the same with the study of climate changes. The identification of these changes and of their character is the task of the climatologist. When we process the information on, for instance, a change in duration of the growing season, and transform it into the knowledge on the change in the pool of heat for the cultivation of root or fodder crops, or cereals on a given area, conform to the elaborated criteria, then we can assess the role of these changes for the yields. We might even forecast yields, and, moreover, we can maintain or modify the definite direction of economic strategies with respect to farming, when we conclude that the climate changes tend in a disadvantageous direction.

We can therefore use information on climate for practical purposes only when we know how climatic conditions influence the various forms of human economic activity or the very living organisms (plants, animals, human organism). This information must, in addition, be prepared in a particular form, having been transformed into the parameters proper for economic use.

The criteria of evaluation of climate arise usually owing to the work of research teams, encompassing specialists from many domains. The Department of Climatology had the possibility of participating in the work of several such research teams.

In the domain of urban climatology, we participated in the years 1976-1979 in realisation of the governmental programme PR-5 (Comprehensive development of housing construction), in the task 02.02.03.6 – *Ecophysiological foundations for environmental engineering in a housing estate – the Białoleka Dworska experiment*. During three years joint geological, geomorphological, hydrological, climatic, pedological, phyto- and zoenotic studies were carried out on the area of the planned housing estate of Białoleka Dworska in Warsaw. On the basis of these specialised studies the maps were elaborated of the natural conditions existing on the plot meant for construction purposes, and the fore-

casts were elaborated of the changes that would take place on the overbuilt area under the influence of different urban planning and architectural schemes. Thereby, designing of the optimum environmental conditions was made possible, to be implemented through appropriate technical and natural development of the area of the housing estate.

In order to forecast the changes that will take place in the environment under the influence of structures realised according to the designs presented we made use of the entire knowledge on urban climate that we had accumulated as the result of many years of study of the climate of Warsaw, started yet in the 1960s with the research of U. Kosowska (1961 – see the *List of M.A. theses*). Use was made, in particular, of the results from the special studies carried out in the years 1968-1969 for the Presidium of the City Council of the capital city of Warsaw, aiming at the determination of the influence of weather conditions on transport of air pollution within the area of Warsaw.

The knowledge on differentiation of local climate inside the urban organism, with special account of the role of greenery in formation of thermal contrasts, was provided by the research carried out by the Department of Climatology in the years 1971-1975 on the specially established network of meteorological posts, as well as the patrol measurements made with mobile equipment. This study work was done in the framework of the ministerial research programme *Influence of greenery on the development of urban environment*, subcontracted to the Department of Climatology by the Institute of Environmental Engineering (the original commission having been placed by the then Ministry of Administration, Local Economy and Environmental Protection).

The studies conducted gave the foundations not only for the cognition of the specific features of the climate of Warsaw against the background of the surrounding areas, but also for the identification of climate differentiation inside the town, depending upon the season of the year, time of the day and weather situation. These studies enriched the knowledge of the climate of Warsaw, which, however, in itself, did not constitute yet the basis for the practical conclusions meant for the town planners, who expect the climatologist, when designing, for instance, the children's playgrounds, to point out the most advantageous location. Such kinds of evaluation of climatic conditions regarding the location of definite structures, or the pattern of buildings in a housing estate, make it necessary to refer to studies on a different scale. Hence, research was undertaken within the housing estates featuring various spatial patterns and height of buildings, in the streets with various exposure towards the Sun and the wind, and in the squares. Short observation series were conducted, primarily in the framework of the routine field exercises of the students of our Faculty. This type of research constituted the basis for numerous MA theses. The particularly interesting issues, which obtained a more precise characterisation in the light of the identified differentiation of local climate, include the ones referring to:

- the role of contrasts of illumination (exposure to Sun and shade) in the thermal conditions perceived by human subjects in the housing estates and in the street canyons,
- the deformation of the wind field under the influence of structures,
- the rate of warming and cooling of the housing estates with high-rise blocks (Służew, Stawki) and the low-rise family housing with important share of greenery (Olimpijska),
- the comparison of the thermal perception conditions (the biometeorological conditions) in the housing estates featuring various ratios of the green area to the artificial surface, or

– the phenomenon of movement of the heat island under the influence of wind, and a number of other issues.

Of particular importance were the specialised studies carried out in the housing estates of a similar architectonic character as the planned estate of Białołęka Dworska (designed by H. Skibniewska), that is – in the housing estates of Sady Żoliborskie and Szwoleżerów. They constituted, namely, the basis for verification of the model of wind flow among the structures, which was developed with the help of the wind-tunnel at the Department of Aerodynamics of the Warsaw University of Technology. It was possible, on the basis of visualisation of the flow through the estates and the photographic images of the flow, to develop the maps of aeration of the estates for various directions of wind. The differences, which arose between the model image (background) and the measurements in the field, indicated the role played in the aeration of the overbuilt area by the factors, that have not been accounted for in the model, such as thermal differentiation or the impact from greenery. The images of air flow of this type were applied to different design versions of the setting of the housing estate of Białołęka Dworska. The places were identified, which would get too windy, and in which conditions could be improved by changing the pattern of buildings or by introducing the plant belts protecting against the wind, and the places of stagnating air, similarly disadvantageous, in view of the possibility of accumulation of air pollution. In the latter case the remedy lies in the increase of thermal contrasts, forcing local movement of the air.

The collaboration conducted in the research team, working on the design of the housing estate of Białołęka Dworska can be termed creative, because the principles were elaborated of the assessment of the areas meant for construction (the methods applied until then were little objective). Close co-operation with the team of town planners gave the opportunity for establishing the modern foundations from natural sciences for the proper design of housing estates, ensuring optimum environmental conditions for them and the preservation of the possibly well functioning nature within the estate and the adjacent areas. An elaborate was prepared meant for the designers, in the language comprehensible for them, serving as the basis for the technical and spatial solutions.

The transformation of knowledge on climate into the information on the effects of the processes taking place in the atmosphere for the definite entities, and expression of this information in the form understandable for the economic decision makers and planners, constitute therefore the basic task of applied climatology. This postulate might also be illustrated by the elaborate concerning the conditions of aeration of the Warsaw agglomeration (Kopacz-Lembowicz, 1991, see the *List of publications...*). The information on the directions and velocity of the wind flowing into the area of town was transformed in this case into the evaluation of the degree of aeration of the overbuilt area and the possibility of removing pollution. In this study the rule was referred to, known from the literature and confirmed by the studies done for Warsaw, that the wind, when encountering on its route the body of town (the medium of increased roughness), is slowed down, except for the few places, in which the tunnel effect takes place. Due to the flow around the obstacle encountered and the slow-down of the motion the air flowing into the central areas of the town has its velocity decreased on the average by 30%. Taking into account also another known principle, namely that the winds of less than 3 metres per second of velocity are not capable of effective re-

removal of pollution from the overbuilt areas (and so, the velocity of the air flowing into the town cannot be less than 5 m/sec.), it was assessed to what extent the air, penetrating the centre of Warsaw, may play the role of the aerating factor.

Warsaw, due to its location and relief, is open to the free inflow of the air from all directions (fig. 1).

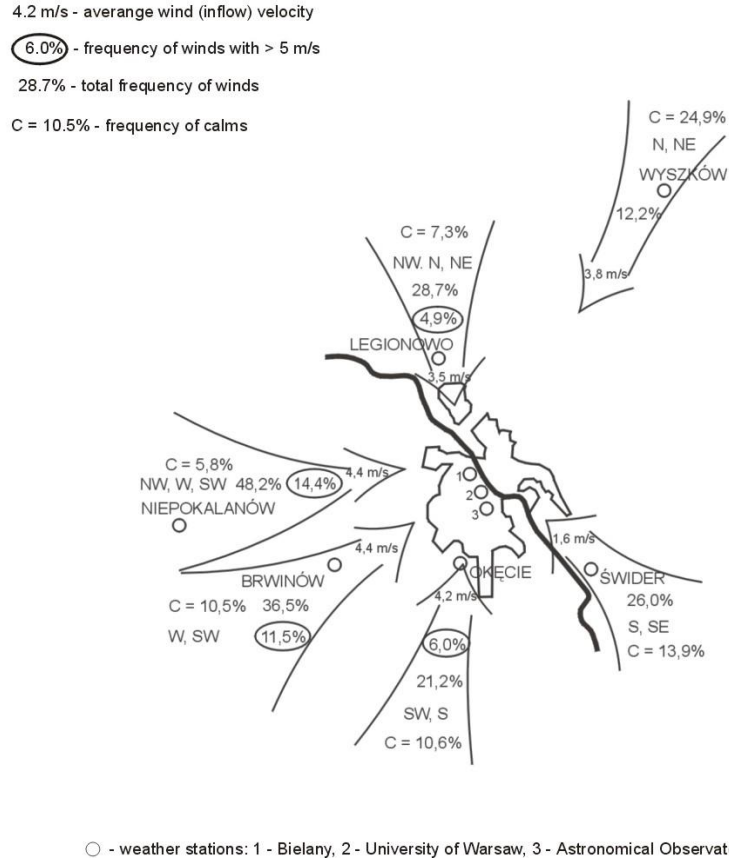


Figure 1. The scheme of wind flow over Warsaw (1951-1960)

Figure 1 presents the characteristic dynamic features of the air flowing over Warsaw from various directions. The air from the western sector (NW, W, SW), which flows in most often, characterised at the station of Niepokalanów by the highest frequency (48.2%) and the highest average velocity (4.4 m/s), turns out to be “useful” (winds of velocity of 5 m/s and more in the open space) for the ventilation of the town in only 14.4% of cases. Yet, the inflow of the air from other directions secures the effective aeration of Warsaw to an even lesser degree.

Thus, the useful conditions for the exchange of polluted air in Warsaw are infrequent. It appears that the wind (the external ventilation system) fulfils its aerating function in the sufficient degree only in the cool season of the year. The exchange of the air

in the downtown areas of the city is too weak in the summer. It is mainly taking place owing to the inflow of the air from the western sector.

Hence the need of facilitating the access of the air from the out-of-town areas to the centre of the city by preserving, or even creation of the new, aerating belts, free from structures (with dispersed tall greenery), as well as wide transport channels. Similarly, the need arises of activating the local circulation inside the urban organism. In the summer, in the periods of high pressure weather, especially in the evening hours, the sole factor ensuring exchange of the air and the removal of pollutants would namely be the horizontal and vertical exchange of the air.

During the day the process of vertical exchange of the air is conditioned by the thermal factor. The different degree of heating of the neighbouring active surfaces gives rise to the vertical movement and consequently – local flow between the surfaces featuring significant thermal contrasts. The intensity of such exchange is bigger, when the temperature is more differentiated. A typical contrasting setting in towns is constituted by an overbuilt area neighbouring upon the green area. The differences in the warming up of these surfaces under definite weather conditions (intensive radiation, calm or weak wind) may exceed a dozen degrees centigrade. The thermal contrasts of a couple of degrees are most often observed in towns.

The current of warm air rising from above the town causes suction. The route of the upward current constitutes therefore a kind of a “chimney” transporting pollution above the buildings. The spacing and the density of these “chimneys”, as well as the fields of contrasting surfaces may be regulated depending upon needs, resulting primarily from the location of towns.

The convection currents are the basic factor of self-purification of the air during the day under windless weather or weak movements of the air. The winds of moderate velocity participate in this process, while the stronger ones, with velocities exceeding 7 m/sec., take this function over.

During the night, when the weather is windless and the sky is clear, the sole factor ensuring exchange of the air in the town is the gravitational flow of the air in the direction of all kinds of relief basins and the so-called night urban breeze, which appears owing to the increasing thermal contrasts between the slowly cooling overbuilt area and the quickly cooling suburban areas. In these conditions the air currents appear, directed on the lower side towards the inside of the town, to replace the warm air rising over the centre of the town.

The processes of vertical and horizontal exchange of the air can be intensified or weakened in the particular regions of the town, conform to the objective assumed, that is – the effective ventilation.

The instances of the elaborates transforming the knowledge on climate for the needs of a definite user can be found in the reports from other domains of applied climatology: bio-climatology, climatology of transport, and agro-climatology.

Students displayed high interest in the issues concerning the associations taking place between the human organism (human health, work and leisure conditions) and the atmospheric environment, that is – the issues contained in the fields of interest of biometeorology and bio-climatology.

The influence of the atmospheric conditions on human organism appears on various spatial and temporal scales. We can easily get convinced about it by travelling – as

we change the climatic zones and adapt to the seasonal and daily changes of weather conditions, and even as we adapt, either slowly or rapidly, to the abrupt day-to-day changes of weather. In any case, though, the influence of the atmospheric conditions would concern the intensity and variability of the atmospheric conditions, which reach us and constitute the stimuli for the organism. We are capable of adapting to a definite range of changes in the atmospheric stimuli. Yet, if a stimulus is too strong or acts too long, the adaptation can be suppressed, which leads to disturbances in the functioning of the organism and the appearance of diseases.

A stimulus can be constituted by one of the meteorological factors, acting upon the organism (like atmospheric pressure, ultraviolet radiation, or air pollution), or a whole set of factors, for instance joint action of temperature, air humidity and wind (expressed through the indicator called effective temperature), which defines the cooling capacity of the air and as such becomes the stimulus for the human organism, that can turn out to be advantageous (perceived as thermal comfort) or to constitute a load on the organism. A too intensive cooling may give rise to the feeling of cold, while too weak exchange of heat with the environment brings about the feeling of hotness (overheating of the organism).

In the study of reactions from the organism to stress from cold or heat, as well as its adaptation capacities, the scales of heat perception were established, allowing to determine the intervals of values of various bio-meteorological indicators, securing the feeling of thermal comfort or causing the discomfort. On this basis the climate of any arbitrary place or region can be assessed with respect to biological impact.

The assessments of this kind formed the basis for the elaborates on the bio-climatic conditions of an important part of Polish spas and resorts, prepared in the framework of MA theses or Ph.D. dissertations at the Department of Climatology.

The analysis of frequency of appearance of definite thermal feelings (hot, warm, comfort, cool, cold) and of their variability over the day or from day to day allows for the determination of the positive and negative features of climate, and for the assessment of the intensity of stimulating action of climatic conditions, their actually stimulating (like in the mountain climate) or relaxing (like in the lowland climate) character. It also indicates the possibility of making use of the atmospheric factors for medication and prophylactics (evaluation of the conditions for climatic therapy). Further, the seasons of the year can be indicated, during which the curative process will take in a given spa the most advantageous course. Although nowadays climate is not used as medication all by itself, it is understandable that a cure carried out in the advantageous climatic conditions can enhance the effectiveness of other therapeutic means.

The starting point for the evaluation of bio-climatic conditions can also be constituted by the weather, resulting from the synoptic situations (high pressure weather, cold or warm front weather, etc. – genetic classifications), or established on the basis of the setting of meteorological elements, forming a definite type of weather (like sunny warm, cloudy, rainy, etc. – according to the classification of Fyodorov-Chubkov – the morphological classification). Weather classifications, established on the basis of the way we perceive them, are useful in the assessment of the areas meant for leisure and tourism. The genetic classifications are being applied in the elaborates from the domains of climatological physiology and pathology, where we search for the causes of a signifi-

cant intensification of the symptoms of sicknesses, associated with the atmospheric situations that we refer to as meteotropic.

The elaborates of this kind were prepared in the effect of nine years of collaboration of the Department of Climatology (W. Okołowicz, M. Kopacz) with the physicians (W. Czarnecki – the 1st Clinic of Internal Diseases of the Medical Academy in Warsaw, E. Grzędziński – Sports Medicine Department of the Research Institute of Physical Culture in Warsaw, J. Gajewski – “Pomorzanka” Sanatorium in Ciechocinek).

The purpose of these investigations consisted in demonstration of the nature of influence exerted by the changes of atmospheric conditions on selected subjective and objective symptoms displayed by the subjects suffering from various diseases of the circulatory system (hypertension, stenocardia). Reactions of the sick were analysed not only on the days with atmospheric disturbances, but also at one, two and three days ahead of the distinct weather changes, thereby accounting for the commonly known anticipatory character of symptoms, observed in a lot of people (M. Kopacz et al., 1969, 1972, 1973, 1977 – see the *List of publications*, M. Kopacz-Lembowicz).

The genetic classification was applied, as well, in the master's thesis of M. Śmietanka (1995), who studied the influence of atmospheric conditions on road accidents in Radom.

The studies concerning the assessment of bio-climatic conditions are usually referring to the external conditions. Yet, people spend nowadays the majority of time inside the buildings. Hence, it appears purposeful to conduct also this kind of investigations oriented at internal space, especially in hospital facilities. The assessment of thermal perceptions in the hospital rooms was carried out on the basis of a series of measurements in several facilities: the 1st Clinic of Internal Diseases of the Medical Academy in Warsaw, in the “Pomorzanka” Sanatorium in Ciechocinek (M. Kopacz et al., 1973, 1989 – see the *List of Publications*, M. Kopacz-Lembowicz), and in the Rehabilitation Centre “Przy Źródle” in Konstancin (A. Jędryszczak, 1977; S. Stuczyk, 1977 – see the *List of MA theses*).

During the last 15 years attention was mostly paid in the bio-climatic elaborates to the evaluation of changes in the quality of atmospheric stimuli, resulting from the transformations of the environment, mainly taking place in towns, and the consequences of these changes for the urban dwellers.

The essential feature, distinguishing the urbanised environment from the natural ones, is constituted by the increased pollution of the air by the dusts, smokes, as well as toxic gaseous contaminants. The harmful influence of the pollutants may have a direct character, and in this case it concerns mainly the respiratory organs, followed by the skin, eyes, the circulatory system and the nervous system. The action of these pollutants is therefore of mechanical, chemical and allergic nature. The influence may also have an indirect character. Due to the significant pollution of the atmosphere the transparency of the air decreases, and, consequently, the influx of solar radiation to the Earth's surface is weakened (by even as much as 30% in relation to the areas located outside of town). The most pronounced attenuation occurs in the range of the biologically valuable UV radiation. Thereby, its bactericidal capacity is diminished, leading to the worsening of the hygienic state of the air.

The dusty and smoky air of the urban environment has, as well, modified electric properties – the concentration of large positive ions increases. This, as well, is equivalent to the worsening of the bio-meteorological and hygienic properties of the air.

The bio-climatic aspect of air pollution is further reflected in the tendency towards the more frequent appearance of fogs, due to which the possibility of occurrence of infectious diseases increases, since the microbes survive longer in the humid and polluted air.

This kind of changes in the bio-climatic properties of the atmosphere in towns can take on various intensities, and thus can constitute various degrees of the health hazard for the inhabitants.

In definite weather situations a significant increase of air pollution can take place. In Warsaw, where pollutants associated with the development of car transport, such as carbon oxide, nitrogen oxides, and the secondary pollutants – ozone and dusts, dominate, the increase of concentration of air pollution is most often caused by the inversion layers, both at the ground and in free atmosphere. The studies conducted by M. Kuchcik (*The influence of aerosanitary and bio-meteorological conditions on mortality of the inhabitants of Warsaw*) suggest that the most disadvantageous aerosanitary conditions depend the most upon the inversions with the basis of the height of 1-500 m above the ground, that is – the so-called medium inversions (arising most often in the cool half-year). They entail the increase of concentration of pollution, for instance – with carbon oxide (by 50% with respect to the mean annual concentration), carbon dioxide (by 39%), and suspended dust (by 13%). Such situations find their reflection in the number of deaths of the inhabitants of Warsaw, as demonstrated by the statistically significant values of the determination coefficients, and the average numbers of deaths. According to the author mentioned 22% of variance of the number of deaths due to the diseases of the circulatory system, with respect to the annual mean, can be explained by the changes in air pollution (28% in the cool half-year and 21% in the warm half-year). Air pollution explains also 23% of variance of the total number of deaths in the warm half-year. Generally speaking, the strongest influence on the number of deaths during the entire year is exerted by carbon oxide and ozone, especially in the case of diseases of the circulatory system.

The change of the physical properties of the air on the urbanised areas is also reflected in the perceived thermal conditions through a change in the intensity of the thermal stimuli, received by the human organism. In winter, spring and autumn this means softening of the perceived conditions, while in summer it may bring about the thermal conditions burdensome for humans. The discomfort consists in the incorrect exchange of heat between the human organism and the atmospheric environment. Due to the too low cooling capacity human organism is forced to put in motion the thermoregulatory mechanisms ensuring the constancy of the internal temperature. This, however, takes place at the cost of decreased efficiency of the organism due to functional changes on the side of various organs and systems, such as: changes in the action of the heart, changes in the distribution of blood in the organism, dehydration, loss of mineral salts, changes in the functioning of the central nervous system, etc.

These kinds of disadvantageous states occur in the centre of Warsaw on the average during 20% of the summer days, while outside of town – with half of this frequency.

In winter, owing to the higher air temperature in town, with the additionally weakened wind, the perceived conditions, defined by the value of effective temperature, are far softer, which means that the losses of heat from the human organism through convection and radiation are much smaller than in the open space. The share of the states of

thermal perception of “cold” in the centre of Warsaw (according to the perception scale of M. Baranowska) is by half smaller than outside of town, and these states are less persistent (they last for a smaller number of days), as this was shown in the MA theses of M. Szulc-Bomba (1991) and B. Mosakowska (1992).

Hence, human organism is subject in urban conditions to the action of atmospheric stimuli of different character than in the open space.

The knowledge of the urban environment and of its impact on the urban dwellers allows for the elaboration of the methods of optimisation of the bio-climatic conditions, especially in the warmer half-year, when the contact with the external atmospheric conditions is especially intensive.

This can be to a certain degree achieved (besides the strictly technical operations, aiming at curbing of pollution emission) through the use of the natural processes taking place in the ground-adjacent layer of the air within the overbuilt areas.

A highly important role in the activities meant at alleviation of the disadvantageous effects of climate and at the enhancement of its bio-climatic features is played by the urban green areas. Side by side with the previously mentioned influence exerted by a green area as a spatial element in the setting of the thermally contrasted areas, activating the vertical exchange of the air, greenery constitutes also the filter for various kinds of pollution and is the producer of oxygen, as well as of the phytoncides. It contributes, in addition, to the improvement of the perceived conditions, mainly in the warm season of the year, by protecting people against the intensive solar radiation or the radiation of heat energy from the heated walls of buildings. In the housing estates and parks we can establish with the help of greenery the areas of either a vivid movement of the air (the most effective cooling factor), or the sheltered ones, ensuring for the urban dwellers the advantageous conditions of resting in the open air during the colder, windy days, when wind causes excessive cooling of the organism.

An improvement of the thermal and humidity conditions can also be achieved by applying other means, such as construction of the water reservoirs, fountains, solar protection shields, etc.

There are relatively few elaborates from the domain of climatology of transport. In this sector of economy (sea, air and overland transport) information on climate is made use of in a twofold manner. First, in the operative activity, the meteorological service of air transport, navigation and land transport, provides information based on weather forecasts. The second manner of using the knowledge of atmospheric conditions refers to the characterisation of the dangerous atmospheric phenomena and their influence on the aircraft, ships and other transport means. This already is the domain of activity of the climatologists.

The most dangerous navigation obstacles are constituted by the decreased visibility, strong winds, storms, etc. Each kind of transport, though, is exposed to the action of specific phenomena. Thus, for aviation the most dangerous are the areas of strong turbulence, or icing, the maritime transport is most often endangered by strong waves, tropical cyclones, floating icebergs, while road transport is most frequently hampered by the abundant snowfall, glaze on the road surfaces, or limited visibility.

The pattern of atmospheric conditions conducive to the appearance of each of the listed transport obstacles entails the limitation to or even interruption of the work of

airports and seaports, increases transport risk, prolongs travel time, and thus brings measurable increase of costs.

The task of climatologists consists in determination, for definite areas, of the probabilities of appearance of the dangerous phenomena of varying intensity – the ones that exert a significant influence on particular transport means. The respective elaborate should also indicate the reasons for emergence of definite obstacles to transport on a given area.

This kind of information is essential for the planners (location of ports, course of roads, determination of time periods, during which transport costs would be minimal, etc.). It also provides the technicians with the basis for the development of new solutions, decreasing the difficulties in transport or the magnitude of losses, as well as equipment of the transport means with special devices (radar, de-icing equipment, special tires, application of snow ploughs, protection devices against snow drifts, etc.).

The master's theses on these subjects, which were prepared at the Department of Climatology, arose out of the initiative of students, that is - out of their personal interests. These theses encompassed the characterisation of the phenomena dangerous for navigation in the ports of the middle part of the Baltic coast of Poland, as well as in the area of Bay of Gdańsk and the Szczecin Lagoon (M. Holec, 1965; Z. Dziadziuszko, 1974; W. Menel, 1980; E. Konysz, 1986; S. Rorbach, 1998).

An assessment of the climatic conditions at the airport of Warsaw-Okęcie can be found in the MA theses of J. Osos (1963) and K. Buczyński (1990).

Two elaborates were prepared in the domain of agro-climatology (the science of the influence of climate on the plant organisms). Their purpose was to demonstrate the impact of weather conditions on the yields of root crops. One of them was the Ph.D. dissertation of K. Borowicz (1972) and the MA thesis of W. Jakimiuk-Olszewska (1988).

The reports from the domain of applied climatology, elaborated at the Department of Climatology, had in their majority a reproductive character, since they were based upon the previously developed norms and indicators, known from literature. The task of the authors of such elaborates was to cognise the essence of the influence of climatic conditions on a given object of study and then to use this knowledge in the correct selection of indicators allowing for the assessment of climate, for identification of its positive and negative properties, as well as hazards from the side of atmospheric conditions. After having formulated such an assessment the ways of alleviating the negative aspects and of enhancing the positive ones should have been indicated.

A part of the studies had a creative character, contributing to the establishment or development of new methods of inquiry, having as objective the use of the knowledge of climate in various fields of human activity. This type of study can be realised first of all in the framework of study teams, grouping the specialists from numerous disciplines of science. Such a direction of research work is being recommended in the World Climate Programme.

The awareness of the advantages resulting from the application of information on weather (climate), both in the operational activity and in making of strategic economic decisions is growing among the business people. One should only regret that this is not so in Poland.

XIV. ZAKOŃCZENIE

Ważnym eksperymentem naukowym był udział Zakładu Klimatologii Uniwersytetu Warszawskiego w programie Rządowym PR-5 p.t. *Ekofizjograficzne podstawy kształtowania środowiska Białoleka Dworska (1979, 1980, 1982)*. Założeniem tego eksperymentu było przeprowadzenie kompleksowych badań środowiska przyrodniczego, w tym badań klimatycznych, przed powstaniem osiedla, w trakcie jego budowy i po jej zakończeniu. Projektantem osiedla Białoleka Dworska była prof. H. Skibniewska, autorka projektów osiedli *Sady Żoliborskie* i *Szwolężerów*, gdzie przez kolejne 3 lata Zakład Klimatologii prowadził badania mikroklimatyczne. Niestety projekt zakończył się na pierwszym etapie badań. Mimo to praca przyniosła poważne osiągnięcia w zakresie metod badań i opracowań klimatologicznych na potrzeby urbanistów przy projektowaniu nowych osiedli mieszkaniowych.

Celem pracy jest przedstawienie charakterystycznych cech klimatu lokalnego Białoleki Dworskiej oraz prognozowanie zmian po wprowadzeniu zabudowy.

W wyniku analizy wieloletnich (1951-1970) materiałów obserwacyjnych z dwóch stacji meteorologicznych Bielany i Legionowo, stwierdzono pewne osobliwe cechy klimatu lokalnego Białoleki Dworskiej. Ujawniły się one także przy porównaniu synchronicznych obserwacji meteorologicznych, prowadzonych w Białolece i na sąsiednich stacjach IMGW w okresie od października 1976 r. do sierpnia 1978 r.

Białoleka Dworska wyróżnia się przede wszystkim znacznie większą częstością małych prędkości wiatru i ciszy, których jest przeciętnie o 20-30% więcej niż na pozostałych stacjach oraz większymi wahaniami dobowymi temperatury i wilgotności powietrza.

Zagęszczona sieć punktów pomiarowych (w okresie 3-letnim - 4 stanowiska, w lipcu 1977 i 1978 - 7 stanowisk) umożliwiła uchwycenie przestrzennego zróżnicowania klimatu lokalnego na terenie projektowanego osiedla mieszkaniowego, jak również poznanie dynamiki procesów atmosferycznych, zachodzących w przygruntowej warstwie powietrza.

Z przestrzennego rozkładu temperatury, wilgotności powietrza, prędkości wiatru a także warunków odczucia ciepła wynika, że na terenie przeznaczonym pod zabudowę można wyróżnić dwa obszary, różniące się dynamiką procesów atmosferycznych. Północna i północno-wschodnia część terenu o podłożu piaszczystym jest cieplejsza w ciągu dnia a chłodniejsza nocą oraz suchsza i bardziej zaciszna w stosunku do południowej i południowo-zachodniej. Zróżnicowanie rzeźby, ekspozycji, rodzaju podłoża, pokrycia terenu szatą roślinną itp. warunkuje lokalną cyrkulację powietrza. W dzień, przy powierzchni ziemi, występuje poziomy ruch powietrza znad terenów chłodniejszych ku cieplejszym wydmom. W nocy zaś kierunek przepływu powietrza jest przeciwny - wychłodzone powietrze z piaszczystych wydm spływa na obszar tarasu madowego. Ma to istotne znaczenie ze względu na słabe przewietrzanie terenu.

Uwzględniając zależność pionowej i poziomej wymiany ciepła i pary wodnej od rzeźby, pokrycia terenu, rodzaju podłoża, dokonano również próby określenia wpływu zabudowy na zmianę warunków meteorologicznych w projektowanym osiedlu. Prognoza uwzględnia zarówno oczekiwane zmiany rozkładu przestrzennego elementów meteorologicznych: temperatury, wilgotności powietrza, opadów, jak i zmiany lokalnej cyrkulacji powietrza.

Wprowadzenie zabudowy spowoduje przede wszystkim zmianę pola temperatury powietrza. Chłodniejszy dotychczas obszar tarasu madowego po zabudowie będzie cieplejszy od tarasu wydumowego. Wywoła to zmianę lokalnej cyrkulacji powietrza. Podczas ciszy i przy wiatrach o małych prędkościach, napływać będzie na teren osiedla świeże powietrze z terenów niezabudowanych. Ten lokalny ruch powietrza ku osiedlu, uwarunkowany poziomym gradientem temperatury, będzie największy w godzinach wieczornych. W celu zapewnienia właściwej wentylacji osiedla w ciągu dnia, wydaje się konieczne zwiększenie intensywności, pionowego, turbulencyjnego ruchu powietrza. Można to osiągnąć przez wprowadzenie zabudowy o różnej wysokości, zróżnicowanie elewacji budynków i odpowiedni rozkład zieleni osiedlowej, czyli wprowadzenie powierzchni kontrastowych, posiadających odmienne właściwości cieplne.

Do prac bezpośrednio związanych z realizacją projektu budowy osiedla mieszkaniowego w Białołęce Dworskiej należą wyniki badań meteorologicznych z osiedli warszawskich: Sady Żoliborskie i Szwoleżerów. Jako przykłady wybrano zabudowę kwatrową i ulicową oraz zespół wysokich wieżowców. Należy jeszcze dodać, że na całym osiedlach jak i w ich otoczeniu duży procent powierzchni zajmuje zieleń (trawniki, krzewy oraz zespoły drzew). Wyniki badań eksperymentalnych tego typu są niezbędne do prognozy zmian klimatu lokalnego wewnątrz i na zewnątrz osiedla przez projektowaną zabudowę.

Szczegółowa analiza warunków mikroklimatycznych w osiedlach mieszkaniowych Sady Żoliborskie i Szwoleżerów w Warszawie wykazała wyraźny ich związek z układem zabudowy, wysokością budynków, ekspozycją w stosunku do Słońca oraz rodzajem podłoża.

Układ zabudowy warunkujący przewietrzanie osiedla w zależności od kierunku wiatru ma największy wpływ na zróżnicowanie warunków odczuwalnych.

Warunki odczuwalne jako cieplejsze stwierdzono w zabudowie kwatrowej oraz w miejscach zacisznych, osłoniętych od wiatru. Nie oznacza to, że zawsze są to warunki lepsze dla człowieka. Zależy to bowiem od pogody w określonych porach roku. W cieplej porze roku, w dni gorące będą to warunki gorsze od panujących w innych częściach osiedla. Natomiast w dni chłodne, a szczególnie wietrzne warunki odczuwalne będą tam korzystne.

Miejsca zaciszne zarówno w obrębie zabudowy kwatrowej, jak i ulicowej nie są stałe – zmieniają się zależnie od kierunku i prędkości wiatru.

W przerwach między budynkami występuje na ogół większa prędkość wiatru (efekt tunelowy), co najbardziej ujawniło się w okresie badań (przy kierunku południowo-zachodnim SW) w rejonie wieżowców przy ulicy Stołecznej oraz w alejce prowadzącej do wnętrza kwatery.

Wysokość budynków ma znaczny wpływ na prędkość wiatru. Wysoka zabudowa potęguje „efekt tunelowy”.

Wpływ rodzaju podłoża (asfalt, beton, trawnik, grunt) na zróżnicowanie warunków mikroklimatycznych zależy przede wszystkim od nasłonecznienia i zacienienia powierzchni czynnej. Efekt operacji słonecznej zmienia się w ciągu dnia i dlatego trudno jest znaleźć w osiedlu mieszkaniowym takie fragmenty, które ze względu na charakter podłoża wyróżniają się jako zdecydowanie cieplejsze lub chłodniejsze.

Związane jest to również z tym, że wielkość powierzchni o określonym podłożu – sztucznym czy też naturalnym nie jest duża i bardzo rozczłonkowana.

Zmiany przestrzenne warunków mikroklimatycznych na terenie osiedla mieszkaniowego zależą również od typu pogody i pory dnia. Mianowicie, przy pogodzie słonecznej zróżnicowanie poszczególnych parametrów meteorologicznych jest znacznie większe niż przy pochmurnej. Z kolei w terminach południowych i popołudniowych jest ono większe niż w godzinach rannych.

Zróżnicowanie warunków mikroklimatycznych, jakie stwierdzono wewnątrz osiedli mieszkaniowych Sady Żoliborskie i Szwoleżerów, jak również wynikające z porównania wnętrza osiedla z terenami otaczającymi, wydaje się korzystne. Wywołuje ono mikroruchy powietrza, które przyczyniają się do zmniejszenia zanieczyszczeń w przyziemnej warstwie powietrza.

Place zabaw dla dzieci na terenie osiedla mieszkaniowego powinny być projektowane w kilku wariantach i o różnej nawierzchni, osłonięte przed wiatrem, nasłonecznione lub zacienione i w otwartym terenie - dobrze przewietrzane, po to aby stworzyć możliwość wyboru określonego placu zabaw o najlepszych warunkach odczuwalnych w zależności od pogody.

Uzyskane wyniki badań dotyczą pory letniej o określonym typie pogody. W innych porach dnia i przy innych sytuacjach pogodowych zróżnicowanie warunków mikroklimatycznych na terenie osiedli mieszkaniowych Sady Żoliborskie i Szwoleżerów może być nieco odmienne.

Niezależnie od wymienionych szeroko zakrojonych prac, związanych z eksperymentem „Białolęka Dworska” Zakład Klimatologii prowadził liczne badania na terenie Warszawy, realizowane głównie w ramach studenckich ćwiczeń terenowych. Badania te obejmowały różne osiedla warszawskie, różniące się przede wszystkim typem zabudowy i udziałem zieleni, takie jak: Sady Żoliborskie, Osiedle Szwoleżerów, Stawki, Chomiczówka, Służew nad Dolinką, osiedle willowe na Mokotowie (Wyględów) oraz wybrane fragmenty Śródmieścia (rozd. 8 i 9). Przeprowadzono też badania profilowe przez miasto: północ-południe, wschód-zachód. Wyniki tych badań były głównie opracowane w ramach prac magisterskich zamieszczonych w niniejszej publikacji. Obiekty badawcze (profile i punkty pomiarowe przedstawiono na rys. 1 (rozd. 2). W prezentowanym opracowaniu zamieszczono też najważniejsze wyniki badań mikroklimatycznych w Warszawie na przykładzie wybranych ulic i placów (rozd. 10).

Do ważniejszych zagadnień, które udało się scharakteryzować w pracach magisterskich na podstawie zróżnicowania klimatu lokalnego w Warszawie można zaliczyć:

Wpływ oświetlenia (ekspozycji dostłonecznej i cienia) na zróżnicowanie warunków cieplnych w osiedlach

Zagadnienie to najlepiej przedstawiono w pracy magisterskiej A. Andrzejewskiej-Mamczarek (1988) Przestrzenne zróżnicowanie temperatury efektywnej pozwoliło wydzielić w osiedlach miejsca o bardziej lub mniej korzystnych warunkach odczuwalnych. W osiedlu Stawki najlepsze warunki odczuwalne w pełni lata występowały w ciągu całego dnia po zewnętrznej stronie bloków o ekspozycji północnej oraz między blokami. Natomiast obszary szczególnie niekorzystne dla organizmu człowieka położo-

ne były głównie w południowo-wschodniej części osiedla, z tym że zmieniały się one nieco w zależności od pory dnia. W serii porannej były to tereny o ekspozycji wschodniej, południowo-wschodniej i południowej, w godzinach południowych – tereny o ekspozycji południowo-wschodniej i południowej, południowo-zachodniej) oraz obszar pozaosiedlowy, zaś w serii wieczornej – o ekspozycji południowo-zachodniej. Dokładna analiza rozkładu temperatury efektywnej w zależności od oświetlenia, została przeprowadzona na tym osiedlu w oparciu o trzy kolejne słoneczne, pogodne dni.

Deformacja pola wiatru pod wpływem zabudowy

Charakterystyczne cechy pola wiatru w osiedlu o zabudowie wysokiej, luźnej i częściowo zamkniętej wykazano w pracy magisterskiej G. Grabowskiego (1988). Do najważniejszych stwierdzeń należą:

Sterowanie wiatru przez ściany długich budynków, niezależnie od kierunku napływu głównego strumienia powietrza. W jednym z punktów pomiarowych, położonym w bezpośredniej bliskości budynku o długości ok. 170 m, wiatry równoległe do jego ściany czołowej stanowiły aż 77% obserwacji, natomiast wiatry prostopadłe do niej tylko 3%.

Jednokierunkowy przepływ powietrza w „korytarzach” pomiędzy równoległe stojącymi budynkami. Wiatry zgodne z ich osią podłużną stanowią powyżej 40-50% ogółu obserwacji, zaś prostopadłe do tej osi nie są wcale notowane.

Duże wahania kierunków wiatru po zawietrznej stronie budynku, zwłaszcza od strony wnętrza osiedla. Przeważają wtedy powrotne prądy powietrza (50-70), z kierunków przeciwnych w stosunku do napływającego wiatru (turbulencja).

Wzrost prędkości wiatru (względem otoczenia) w pobliżu narożników wysokich budynków. W punkcie narożnym, położonym na północnym skraju osiedla, występują największe prędkości wiatru, niezależnie od kierunku napływu głównego strumienia powietrza. Wynoszą one średnio 3,3 m/s przy prędkości 2,3 m/s w punkcie zewnętrznym.

Przyspieszenie strumienia powietrza w „korytarzach” między budynkami przy wiatrach o kierunkach zgodnych z ich osią podłużną (o 25-50%).

Spadek prędkości wiatru we wnętrzu osiedla. Największy spadek występuje w swoich niszach, szczelnie osłoniętych z dwu stron przez ściany budynku – do 1,2 m/s (gdy w danych warunkach ściany te bezpośrednio osłaniają od wiatru, jego prędkość spada nawet do 0,6 m/s).

Małe prędkości wiatru (średnio 1,2-1,5 m/s) występują także w bezpośredniej bliskości ścian najdłuższych budynków, zwłaszcza od ich strony zawietrznej (0,4-0,9 m/s).

Uzyskane wyniki są reprezentatywne dla miesięcy letnich, kiedy występują najmniejsze w ciągu roku prędkości wiatrów

Tempo nagrzewania i wychładzania osiedli o zabudowie wysokiej, blokowej (Służew, Stawki) oraz niskiej willowej z dużym udziałem zieleni (Olimpijska)

Deformację pól zmiennych meteorologicznych można badać nie tylko w skali całego miasta i wybranych jego dzielnic, lecz także w osiedlach mieszkaniowych, co ma istotne znaczenie np. przy planowaniu zieleni miejskiej (Stopa-Boryczka, Kopacz-

Lembowicz, Boryczka 1986). Próbę rozwiązania tego problemu pokazano na przykładzie 3 osiedli mieszkaniowych Warszawy: o zabudowie wysokiej blokowej, luźnej (Stawki, Służew nad Dolinką) i niskiej willowej z dużym udziałem zieleni (w rejonie ulic Olimpijskiej i Raclawickiej). Podstawą opracowania są prace magisterskie dotyczące poszczególnych osiedli (Leoniuk 1986, Żołnierowicz-Kasprzyk 1987, Grabowski, Waclawska 1988 i inni).

W celu określenia cech termicznych mikroklimatu osiedli mieszkaniowych skorelowano dane z punktów pomiarowych zlokalizowanych w osiedlach i na ich peryferiach. Zależność miejskiej wyspy ciepła (różnice temperatury powietrza między osiedlem i otoczeniem ΔT) od temperatury powietrza otoczenia T charakteryzują współczynniki korelacji r :

Pora	Stawki	Służew	Olimpijska
Rano	-0,75	-0,70	-0,62
Południe	-0,15	-0,45	-0,52
Wieczór	-0,95	-0,99	-0,81

Powietrze w osiedlach o zabudowie wysokiej, blokowej, takich jak Służew nad Dolinką czy Stawki, nagrzewa się z „intensywnością” o $0,2^{\circ}\text{C}/^{\circ}\text{C}$ mniejszą niż otoczenie, co oznacza, że przy wzroście temperatury otoczenia o 1°C osiedle ogrzewa się tylko $0,8^{\circ}\text{C}$ i wtedy staje się chłodniejsze w stosunku do otoczenia.

Poranny proces nagrzewania powietrza w osiedlu o zabudowie niskiej, willowej, z dużym udziałem zieleni w rejonie ulicy Raclawickiej i Olimpijskiej przebiega inaczej. Współczynniki regresji przyjmują wartości bliskie zeru.

Wpływ różnego typu zabudowy jeszcze silniej zaznacza się w procesie wieczornego wychładzania. Powietrze w kompleksie wysokich budynków osiedli Służew i Stawki wychładza się z „intensywnością” mniejszą o $0,4-0,3^{\circ}\text{C}/^{\circ}\text{C}$, a zatem spadkowi temperatury poza osiedlem o 1°C odpowiada spadek o $0,6-0,7^{\circ}\text{C}$ w osiedlu, które w wyniku tego staje się cieplejsze od otoczenia. W niskiej zabudowie osiedla przy ulicy Olimpijskiej wychładzanie przebiega bardziej intensywnie i spadkowi temperatury na zewnątrz osiedla o 1°C odpowiada $0,9^{\circ}\text{C}$ w osiedlu. Proces wychładzania w osiedlach Stawki i Służew nad Dolinką przebiega ze średnią intensywnością równą $0,4^{\circ}\text{C}/\text{h}$, podczas gdy w osiedlu Olimpijska $0,1^{\circ}\text{C}/\text{h}$. Z rysunku można odczytać termin pojawiania się „osiedlowej wyspy ciepła”, tj. momentu pojawiania się dodatnich różnic temperatury powietrza. Na osiedlach Służew nad Dolinką i Stawki „wyspa ciepła” pojawia się później niż w luźno zabudowanym osiedlu domków jednorodzinnych z zielenią, lecz cechuje się mniejszą różnicą ΔT .

Warunki odczucia termicznego (warunki biometeorologiczne) w osiedlach o różnej powierzchni zieleni (Sady Żoliborskie, Stawki, Służew)

Próbę rozwiązania tego problemu przedstawiono w pracy magisterskiej G. Dudzickiej (1991 r.). Z przeprowadzonych badań w trzech warszawskich osiedlach wynika, że zieleń osiedlowa w okresie lata nie zawsze modyfikuje klimat i bioklimat lokalny w kierunku korzystnym dla człowieka. Warunki klimatyczne kształtują się pod

wpływem wielu czynników, których efekty często nie dają się oddzielić. W tej pracy w takim związku były zabudowa i roślinność. Z oszacowań oddziaływań obu tych czynników wynika, że rola zieleni w osiedlach, nawet tam gdzie przeważa ona w strukturze zagospodarowania terenu, jest mniejsza niż wpływ na klimat lokalny zabudowy i powierzchni sztucznych. Ponadto wpływ zieleni podlega nieustannym zmianom wywołanym choćby przez rozwój już istniejącej szaty roślinnej. W założeniach celem pracy było określenie sytuacji mikro- i bioklimatycznej tych osiedli tj. zbadanie wpływu tylko jednego czynnika klimatycznego w obrębie zabudowy – jakim jest roślinność.

Przemieszczanie się wyspy ciepła pod wpływem wiatru

Zjawisko to najlepiej przedstawiają prace magisterskie, dotyczące zróżnicowania klimatu lokalnego na profilach: wschód-zachód (Przybyłkowska 1994) i północ-południe (Romańska 1994). W pracy D. Przybyłkowskiej stwierdzono związek między kierunkiem wiatru a natężeniem i zróżnicowaniem przestrzennym miejskiej wyspy ciepła. Udało się potwierdzić występowanie zjawiska przesuwania wyspy ciepła w zależności od kierunku wiatru. Przy wietrze południowo-wschodnim stwierdzono występowanie wyspy ciepła w śródmieściu i zachodnich punktach profilu, natomiast przy wietrze południowo-zachodnim wyspa ciepła poza Śródmieściem zaznaczyła się we wschodnich punktach profilu, a więc tam gdzie napływało powietrze o cechach najbardziej zmienionych przez miasto.

Najbardziej interesującym fragmentem pracy R. Romańskiej jest analiza wpływu kierunku wiatru na różne elementy meteorologiczne. Mimo tak krótkiego okresu obserwacyjnego udało się potwierdzić występowanie zjawiska przesuwania się wyspy ciepła i jej zmian przestrzennych w zależności od kierunku napływu powietrza. Największe różnice w rozkładzie elementów meteorologicznych wystąpiły przy północnym i północno-zachodnim napływie powietrza. W centralnych obszarach Warszawy bardzo wyraźnie zaznaczało się wówczas podwyższenie temperatury, obniżenie wilgotności powietrza i osłabienie prędkości wiatru. Przy wietrze z południo-zachodu na całym terenie badań zaznaczyło się obniżenie temperatury i podwyższenie wilgotności w stosunku do stacji peryferyjnej Warszawa-Okęcie.

Wyraźnie zostało również uchwycone zjawisko przesuwania się wyspy ciepła. Podczas ruchu powietrza z południo-wschodu „obszar” o podwyższonej temperatury na terenie miasta zaznaczył się około 3 godzin wcześniej niż przy wietrze z północo-zachodu. Obejmował on tereny śródmieścia i północno-zachodniej Warszawy – rejon zawietrzny – i tu najszybciej następował jego rozwój. Przy północno-zachodnim wietrze wyspa ciepła przesunięta była ku południowo-wschodnim rejonom Warszawy, gdzie wykazywała także największe natężenie i tempo zmian.

Wpływ zabudowy na warunki odczucia ciepła w Warszawie

Z dotychczasowe badań wynika, że każdy typ zabudowy wywiera swoisty wpływ na klimat lokalny i warunki odczuwalne. Wniosek ten potwierdzają wyniki badań w pracy magisterskiej K. Guli (1907 r.). Osiedla o zwartej zabudowie odznaczały się najbardziej niekorzystnymi warunkami dla dobrego samopoczucia człowieka, w cieplej porze roku, zaś najlepszymi w chłodnych porach roku. W lipcu prawie przez całą dobę utrzymywało się

odczucie przegrzania. Szczególnie uciążliwa sytuacja powstała w osiedlach o zamkniętej zabudowie, ponieważ najdłużej utrzymywał się w nich stan gorąca. Podczas słonecznej pogody w osiedlu śródmiejskim panowała bardzo wysoka temperatura efektywna, przy wysokiej wilgotności względnej, co przyczyniło się do powstania odczucia parności. Przy pochmurnej pogodzie w osiedlu tym było najchłodniej.

Osiedla o gęstej zabudowie charakteryzowały się najmniejszym tempem wzrostu temperatury efektywnej, z powodu zacinienia i powolnego nagrzewania ścian budynków. Obserwowano w nich ponadto najbardziej powolny spadek wartości wskaźnika bioklimatycznego. W lipcu wyraźne obniżenie tej wartości zanotowano dopiero około godziny 24.00. W osiedlach o znacznym udziale roślinności mieszanej wychładzanie przebiegało szybciej, niż w miejscach jej pozbawionej.

W zwartych, zamkniętych osiedlach najwyraźniej zaznaczył się efekt konserwujący, ponieważ były one najcieplejsze przez całą noc. Obserwowano w nich najmniejszą zmienność temperatury efektywnej w ciągu doby (6°TE). Osiedla zamknięte również w chłodnych porach roku były najcieplejsze i rzadziej dochodziło w nich do przechłodzenia organizmu ludzkiego, niż w osiedlach otwartych. Notowano w nich bardzo małe prędkości wiatru. Potwierdza to tezę zawartą m.in. w pracy J. Fortini (1985), że w zamkniętych osiedlach dochodzi do stagnacji powietrza.

W osiedlach o zabudowie częściowo zamkniętej, dzięki powolniejszemu nagrzewaniu i większym prędkościach wiatru niż w osiedlach zamkniętych, rzadziej występowało odczucie gorąca. W osiedlach tych najwyraźniej zaznaczyło się pionowe zróżnicowanie warunków odczuwalnych. Przy powierzchni ziemi dłużej, niż na wysokości 1,5 m, utrzymywało się przegrzanie, a krócej – komfort termiczny. Słabo przewietrzany przez całą dobę, a szczególnie w nocy.

Osiedla o zabudowie luźnej posiadają cechy przejściowe, między gęstą zabudową miejską, a terenami pozamiejskimi. Występowały w nich duże wahania dobowe temperatury efektywnej, a dzięki temu zmienność odczuć podobna jak w miejscowościach podwarszawskich. Mieszkańcy tych osiedli dłużej, niż w innych częściach miasta, przebywali w warunkach komfortu, a rzadziej odczuwali przegrzanie (o około 20%). W godzinach rannych występowały tam warunki przechłodzenia.

Osiedla o luźnej zabudowie, oprócz punktów najlepiej przewietrzanych, odznaczały się dużym przyrostem temperatury efektywnej. W godzinach przedpołudniowych zapanowały w nich warunki przegrzania, które utrzymywały się o około 5 godzin krócej niż w osiedlach zwartych. Dzięki wcześniejszemu i bardziej intensywnemu spadkowi temperatury efektywnej w obrębie zabudowy luźnej, odczucie gorąca utrzymywało się przez krótszy czas.

Mieszkańcy osiedli o luźnej zabudowie najdłużej odczuwali komfort termiczny. Te korzystne warunki zapanowały w późnych godzinach wieczornych i utrzymywały się o około 4 godziny dłużej niż w osiedlach o zabudowie zwartej.

Warunki odczuwalne w tego typu osiedlach były w znacznym stopniu kształtowane przez wiatr. Przyczynił się on do zmniejszenia dyskomfortu spowodowanego przegrzaniem, przyspieszył i zwiększył tempo wychładzania osiedli oraz zatarł pionowe zróżnicowanie temperatury efektywnej. Chłodzące działanie ruchu powietrza najbardziej zaznaczało się w osiedlach otwartych i miejscach położonych przy szerokich ulicach. Przeprowadzone badania potwierdziły informacje zawarte w pracach K. Kłysika (1984) i

J. Lewińskiej (1991), z których wynika, że wysoka zabudowa punktowa zwiększa prędkości wiatru, a kierunek ulic zgodny z kierunkiem wiatru sprzyja powstawaniu „efektu tunelowego” i „opływu”. Zwiększone przewietrzanie tych osiedli w cieplej porze roku wpłynęło pozytywnie na odczucia termiczne ludzi, zaś w chłodnych porach roku miało znaczenie negatywne, ponieważ warunki chłodu i zimna utrzymywały się długo i były bardziej dotkliwe dla człowieka. Punkty położone na obrzeżach osiedli w największym stopniu przypominały punkty podmiejskie. W takich miejscach panowały najlepsze warunki odczucia termicznego ludzi dorosłych i dzieci, gdyż komfort termiczny utrzymywał się latem nawet przez 28% doby, stosunkowo krótko obserwowano warunki przegrzania, a prawie w ogóle nie wystąpiło przechłodzenie. Warunki odczucia ciepła były tu w mniejszym stopniu kształtowane przez wiatr, a w większym przez temperaturę powietrza.

Powyższe badania, ukazujące wpływ zabudowy na warunki odczucia ciepła, mogą służyć jako wskazania do planowania urbanistycznego.

Pionowa stratyfikacja atmosfery w Śródmieściu i na peryferiach

Problem pionowej turbulencyjnej wymiany ciepła, pary wodnej i zanieczyszczeń powietrza przedstawiono na przykładzie 3 prac magisterskich: U. Kossowskiej (1961), W. Huculaka (1971) i B. Klementys (1971).

Za najważniejsze wyniki pracy magisterskiej U. Kossowskiej, otrzymane na podstawie pomiarów temperatury i wilgotności powietrza wykonanych w roku 1960 na piętrach 15 i 33 Pałacu Kultury i Nauki, tj. na wysokościach około 60 i 130 m nad poziomem ulic, można uznać następujące stwierdzenia. W godzinach rannych stratyfikacja temperatury powietrza jest znacznie zróżnicowana w zależności od typu pogody, a zwłaszcza od zachmurzenia. Przy małym zachmurzeniu, średnio w całej warstwie do 130 m, utrzymywała się słaba inwersja, ze wzrostem temperatury o $0,3^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$. Przy ciszy do wysokości 60 m była izotermia, powyżej zaś inwersja o gradientie $0,9^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$. Przy dużym zachmurzeniu występował spadek temperatury z wysokością, przy czym przeciętnie był on większy w warstwie 60-130 m, a przy ciszy 1-60 m. Średnio w całym okresie o godzinie 7 rano do wysokości 60 m panowała izotermia, a powyżej niewielki spadek temperatury ($-0,4^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$). W godzinach południowych (godz. 13) bez względu na wielkość zachmurzenia i ruch powietrza występował zawsze spadek temperatury z wysokością (stratyfikacja insolacyjna). Wielkość zachmurzenia nie miała istotnego wpływu na wartość gradientu pionowego: Średnio w warstwie do 60 m wynosił on $-0,7-0,8^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$, od 60 do 130 m był to gradient $-1,1^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ a przy małym zachmurzeniu $-1,4^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$. Przy ciszy były znacznie większe gradienty – od $-1,7$ do $-1,5^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ w dolnej warstwie i zmniejszały się na większej wysokości; największy gradient ($-1,0^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$) występował przy małym zachmurzeniu. Wieczorem, po zachodzie Słońca (godz. 21) bez względu na wielkość zachmurzenia i prędkość wiatru stratyfikacja temperatury ulegała znacznemu rozwarstwieniu: do 60 m powstawała inwersja (szczególnie silna przy małym zachmurzeniu – wzrost temperatury średnio o $1,0^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$, a przy ciszy nawet o $1,3^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$), a powyżej utrzymywała się jeszcze stratyfikacja dzienna, to znaczy spadek temperatury z wysokością.

Celem pracy magisterskiej W. Huculaka jest określenie intensywności pionowej turbulencyjnej wymiany powietrza tj. wyznaczenie klimatycznego wskaźnika turbulencji $K_1 = 6,86 \cdot 10^{-6} (z_2 - z_1)^2 \cdot \log^{-2}(a_1/a_2)$ – w warstwie 1,5-21,5 m, w zależności od prędko-

kości i kierunku wiatru, ciśnienia atmosferycznego oraz zachmurzenia. Problemy rozwiązano na podstawie wyników pomiarów dobowych amplitud temperatury powietrza a_1, a_2 , w okresie: marzec 1969 – maj 1970 na wysokościach $z_1 = 1,5$ m, $z_2 = 21,5$ m, na wieży strażackiej Warszawa-Jelonki. Ponadto scharakteryzowano rozkłady pyłu w otoczeniu źródeł naziemnych. Z badań tych wynika, że w okresie zimowym przy największych średnich dobowych prędkościach wiatru ($> 6,0$ m/s) występowały największe wartości wskaźnika turbulencyjności (6102 cm²/s). Im mniejsze są prędkości wiatru – w przedziale 0-2 m/s, tym mniejsze są średnie wartości $K_i = 1\ 290$ cm²/s. W okresie wiosennym, ze wzrostem średniej prędkości wiatru następuje także szybki wzrost średnich wartości wskaźnika K_i – od $3\ 908$ cm²/s w przedziale prędkości 0-2,5 m/s do $14\ 900$ cm²/s powyżej $\geq 5,6$ m/s. Ogólnie, zależność wskaźnika pionowej turbulencyjnej wymiany K_i od średniej dobowej prędkości wiatru v opisują równania prostych regresji: zima $\log K_i = 0,084v + 3,236$, wiosna $\log K_i = 0,109v + 3,487$ o niezbyt dużych współczynnikach korelacji $r = 0,15$ i $r = 0,15$. W zimie, szczególnie dużymi wartościami wskaźnika K_i wyróżniają się kierunki: SE ($25\ 200$) i S ($9\ 058$ cm²/s). Wiosną największe średnie wartości K_i są związane również z kierunkiem wiatru SE ($40\ 300$ cm²/s).

Celem zaś pracy magisterskiej B. Klementys jest określenie intensywności turbulencyjnego ruchu powietrza i rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń powietrza, emitowanych ze źródeł naziemnych o różnej wydajności w miesiącach letnich i jesiennych 1970 r., w zależności od warunków atmosferycznych.. Podstawą opracowania były codzienne pomiary temperatur ekstremalnych (t_{\max}, t_{\min}), na dwóch poziomach: $z_1 = 1,5$ m i $z_2 = 21,5$ m w okresie miesięcy letnich i jesiennych 1970r. na wieży strażackiej Warszawa-Jelonki.. Z przeprowadzonych badań wynika, że intensywność wymiany turbulencyjnej powietrza wzrasta w miesiącach jesiennych (listopad). W porze letniej maksimum wartości klimatycznego wskaźnika turbulencyjnego przypada na miesiąc czerwiec, co wiąże się z największą w tej porze roku średnią prędkością wiatru i najniższą średnią temperaturą miesięczną. Natomiast współczynnik K_i osiąga minimum w sierpniu, przy najmniejszej prędkości wiatru. Wzrost owi średnich wartości: prędkości wiatru, zachmurzenia, wilgotności względnej, oraz spadkowi średniej temperatury powietrza i ciśnienia atmosferycznego towarzyszy wzrost wartości klimatycznego wskaźnika wymiany turbulencyjnej. Istnieje współzależność wskaźnika K_i z kierunkiem wiatru. Wzrost intensywności wymiany turbulencyjnej powietrza obserwuje się przeważnie przy kierunkach zachodnich i południowych (latem przy kierunku zachodnim, jesienią przy południowo-wschodnim), spadek przy wschodnich i północnych.

Obok tych badań mikroklimatycznych, dotyczących coraz bardziej szczegółowej struktury klimatu miejskiego Warszawy, podejmowano również syntezę statystyczne związków między poszczególnymi elementami meteorologicznymi. Najpełniejszy wyraz znalazły one w pracach umieszczonych w kolejnych rozdziałach 11 i 12. Autorzy zbadali m.in. zależność miejskiej wyspy ciepła od stanu atmosfery, wyznaczając równania hiperpłaszczyzn regresji względem temperatury powietrza, zachmurzenia i prędkości wiatru. Istotne znaczenie mają też określone wartości progowe temperatury powietrza, prędkości wiatru i wielkości zachmurzenia przy których deformacja pola temperatury powietrza jest największa.

LITERATURA

1. Nowosielski L., 1959, *Inwersje temperatury przyziemne i w swobodnej atmosferze w Legionowie w okresie II 1954 – 31 XII 1958* (opiekun naukowy – W. Okołowicz).
2. Walczuk K., 1959, *Klimat Warszawy ze szczególnym uwzględnieniem mikroklimatu placów* (opiekunowie naukowcy – W. Okołowicz, Z. Kaczorowska).
3. Kossowska U. 1961, *Warunki termiczne i wilgotnościowe otoczenia Pałacu Kultury i Nauki w Warszawie* (opiekun naukowy – W. Okołowicz).
4. Huculak W., 1971, *Wpływ warunków meteorologicznych na rozprzestrzenianie się zanieczyszczeń powietrza w porze zimowej i wiosennej w 1969/70 roku* (opiekunowie naukowcy – W. Okołowicz, Z. Kaczorowska, J. Boryczka)
5. Klementys B., 1971, *Wpływ warunków meteorologicznych na rozprzestrzenianie się zanieczyszczeń powietrza w porze letniej i jesiennej w 1970 roku* (opiekunowie naukowcy – W. Okołowicz, Z. Kaczorowska, J. Boryczka)
6. Korcyl G., 1972, *Kształtowanie się wybranych elementów meteorologicznych w Warszawie w latach 1969 i 1971, cz. I. Temperatura* (opiekunowie naukowcy – W. Okołowicz, Z. Kaczorowska, U. Kossowska).
7. Zakrzewski M., 1972, *Kształtowanie się wybranych elementów meteorologicznych w Warszawie w latach 1969 i 1971, cz. III. Zachmurzenie i prężność pary wodnej* (opiekunowie naukowcy – W. Okołowicz, Z. Kaczorowska).
8. Żułkowski T., 1977, *Wpływ zieleni na warunki termiczno-wilgotnościowe na przykładzie obserwacji w Warszawie w lipcu 1972 r.* (opiekunowie naukowcy – W. Okołowicz, U. Kossowska-Cezak).
9. Panasz M., 1978, *Zmiany dobowe temperatury powietrza w 1977 roku na przykładzie Białoleki Dworskiej* (opiekun naukowy – M. Stopa-Boryczka).
10. Stopa-Boryczka M., Kopacz-Lembowicz M., Górka A., Ryczywolska E., Boryczka J., Wawer J., 1979, *Charakterystyka i ocena warunków klimatycznych Białoleki Dworskiej oraz określenie wpływu zabudowy na ich zmiany*. Praca wykonana w Zakładzie Klimatologii Uniwersytetu Warszawskiego na zamówienie Instytutu Kształtowania Środowiska, temat rządowy PR-5
11. Pioruńska A., 1979, *Ocena warunków odczuwalnych dla potrzeb budownictwa w Białolece Dworskiej* (opiekun naukowy – M. Kopacz-Lembowicz).
12. Kowalik-Białowolska K., 1979, *Ogólna charakterystyka bioklimatu okolic Białoleki Dworskiej za okres 1961-1970* (opiekun naukowy – M. Kopacz-Lembowicz).
13. Dybczyńska W., 1979, *Wpływ pogody na zróżnicowanie warunków odczuwalnych osiedla mieszkaniowego na przykładzie Białoleki Dworskiej* (opiekun naukowy – M. Kopacz-Lembowicz).

14. Bączyk K., 1979, *Wpływ podłoża na temperaturę powietrza na przykładzie Białoleki Dworskiej* (opiekun naukowy – M. Stopa-Boryczka).
15. Stopa-Boryczka M., Kopacz-Lembowicz M., Ryczywolska E., 1980, *Wpływ zabudowy na zróżnicowanie warunków mikroklimatycznych osiedli mieszkaniowych*, Praca wykonana w Zakładzie Klimatologii Uniwersytetu Warszawskiego na zamówienie Instytutu Kształtowania Środowiska, temat rządowy PR-5
16. Stopa-Boryczka M., Kopacz-Lembowicz M., Ryczywolska E., Boryczka J., Górka A., *Ocena klimatu lokalnego do projektu osiedla mieszkaniowego w Białolece Dworskiej*, Człowiek i Środowisko, t. 6, z. 3-4, Instytut Kształtowania Środowiska, Warszawa
17. Michalska A., 1982, *Trend czasowy opadów atmosferycznych w Polsce w latach 1881-1980* (opiekun naukowy – J. Boryczka).
18. Porowska A., 1982, *Zmiany wiekowe temperatury powietrza w Warszawie i Pradze w latach 1779- 1976* (opiekun naukowy – J. Boryczka).
19. Dąbrowska B., 1984, *Wielookresowe zmiany temperatury w Warszawie w latach 1779-1979* (opiekun naukowy – J. Boryczka)
20. *Warunki klimatyczne osiedla Szwoleżerów – wyniki badań Zakładu Klimatologii Uniwersytetu Warszawskiego, Problem Resortowy R-1, Podsumowanie wyników badań nad warunkami klimatycznymi i aerosanitarnymi w różnych typach zabudowy dla potrzeb kształtowania struktury przestrzennej miasta i jego części.*, Instytut Kształtowania Środowiska, kierownik tematu – Jolanta Fortini-Morawska
21. Stopa-Boryczka M., Kopacz-Lembowicz M., Kossowska-Cezak U., Mierziński B., Wawer J., 1986, *Deformacja pól elementów meteorologicznych pod wpływem zabudowy*, [w:] Materiały I Sesji Naukowej INWG, Warszawa
22. Dębska D., 1986, *Wielookresowe zmiany opadów atmosferycznych w Warszawie w latach 1813- 1980* (opiekun naukowy – J. Boryczka).
23. Leoniuk W., 1986, *Mikroklimat osiedla „Stawki” w Warszawie* (opiekun naukowy – M. Stopa-Boryczka).
24. Żołnierowicz-Kasprzyk M., 1987, *Warunki termiczne w osiedlach warszawskich o wysokiej zabudowie* (opiekun naukowy – M. Stopa-Boryczka).
25. Andrzejewska-Mamczarek A., 1988, *Warunki odczuwalne w osiedlach warszawskich o wysokiej zabudowie* (opiekun naukowy – M. Kopacz-Lembowicz).
26. Waclawska Maria, 1988, *Mikroklimat osiedla Służew nad Dolinką w Warszawie* (opiekun naukowy – U. Kossowska-Cezak).
27. Szczęśniak U., 1988, *Mikroklimat osiedla Szwoleżerów w Warszawie* (opiekun naukowy – U. Kossowska-Cezak).
28. Grabowski G., 1988, *Wpływ wysokiej zabudowy na kierunek i prędkość wiatru w osiedlach warszawskich* (opiekun naukowy – M. Stopa-Boryczka).

29. Gawryś B., 1988, *Warunki odczuwalne w osiedlach warszawskich Sady Żoliborskie i Olimpijska* (opiekun naukowy – M. Kopacz-Lembowicz).
30. Krajewska H., 1989, *Wpływ zabudowy na pola zmiennych meteorologicznych w Warszawie* (opiekun naukowy – J. Boryczka).
31. Kijowska I., 1989, *Warunki bioklimatyczne w osiedlu Sady Żoliborskie* (opiekun naukowy – M. Kopacz-Lembowicz).
32. Tomasik M., 1990, *Długookresowe zmiany temperatury powietrza i opadów atmosferycznych w Warszawie* (opiekun naukowy – J. Boryczka).
33. Grzęda K., 1990, *Wielookresowe zmiany opadów atmosferycznych w Krakowie w latach 1850-1987* (opiekun naukowy – J. Boryczka).
34. Klechta K., 1990, *Wielookresowe zmiany temperatury w Krakowie w latach 1826-1985* (opiekun naukowy – J. Boryczka).
35. Waker R., 1990, *Warunki odczucia termicznego w Warszawie* (opiekun naukowy – M. Kopacz-Lembowicz).
36. Kijowski L., 1990, *Wpływ zabudowy na warunki odczucia ciepła w centrum Warszawy* (opiekun naukowy – M. Kopacz-Lembowicz).
37. Stopa-Boryczka M., Kopacz-Lembowicz M., Boryczka J., 1994, *Positive and negative effects of the urban heat island in Warsaw*, Memorabilia Zoologica, 49 "Proceedings of the II European Meeting of the International Network for Urban Ecology", s. 68-80
38. Dudzicka G., 1991, *Warunki odczuwalne osiedli warszawskich o dużym udziale i strukturze zieleni* (opiekun naukowy – M. Kopacz-Lembowicz).
39. Mierzwiński B., 1992, *Dzienne zmiany różnic temperatury powietrza między osiedlem z dużym udziałem zieleni i terenem pozamiejskim*, Prace i Studia Geograficzne, t.11, Wyd. UW
40. Mossakowska B., 1992, *Warunki odczuwalne w Śródmieściu Warszawy w latach 1966-1970* (opiekun naukowy – M. Kopacz-Lembowicz).
41. Romańska R., 1994, *Zróżnicowanie klimatu lokalnego Warszawy w miesiącach letnich* (opiekun naukowy – M. Kopacz-Lembowicz).
42. Kazubek A., 1994, *Warunki termiczne osiedla Chomiczówka w Warszawie* (opiekun naukowy – K. Olszewski).
43. Przybyłkowska D., 1994, *Zróżnicowanie klimatu lokalnego Warszawy na profilu wschód-zachód* (opiekun naukowy – M. Kopacz-Lembowicz).
44. Gula K., 1997, *Dobowy przebieg warunków odczuwalnych w Warszawie* (opiekun naukowy – M. Kopacz-Lembowicz).

45. Olszewska E., 1999, *Tendencja temperatury powietrza w Warszawie w latach 1966-1995* (opiekunowie naukowcy – M. Stopa-Boryczka, J. Boryczka).
46. Górka M., 2002, *Zmiany opadów atmosferycznych w Warszawie w latach 1966-1995* (opiekunowie naukowcy – M. Stopa-Boryczka).
47. Tomaszewski M., 2002, *Synchroniczne wahania temperatury powietrza i opadów atmosferycznych w XIX i XX wieku w Polsce* (opiekun naukowy – J. Boryczka).
48. Kopacz-Lembowicz M., 2003, *The application-oriented character of the reports elaborated at the department of climatology concerning urban climate*, Studies on the climate of Warsaw, Studies on the climate of Warsaw, (editor: M. Stopa-Boryczka), Warsaw University Faculty of Geography and Regional Studies
49. Gogacz K., 2005, *Klimat miasta – cechy charakterystyczne i struktura wewnętrzna*, (opiekun naukowy – J. Wawer).
50. Błaszczyk A., 2007, *Wpływ zabudowy na warunki termiczno-wilgotnościowe*, (opiekun naukowy – J. Wawer).