

UNIwersYTET IM. A. MICKIEWICZA

WYDZIAŁ NAUK GEOGRAFICZNYCH I GEOLOGICZNYCH
ZAKŁAD KLIMATOLOGII

Praktyki terenowe

CZĘŚĆ METEOROLOGICZNA:
Badanie i ocena parametrów mikroklimatu



Poznań, 21 maja 2016

1 Teza badawcza

Komfort cieplny człowieka uzależniony jest od szeregu możliwych kombinacji parametrów meteorologicznych. Jednym z najczęściej stosowanych wskaźników odzwierciedlających komfort cieplny jest temperatura efektywna lub wielkość ochładzająca powietrza.

Oba wspomniane wskaźniki wykazują silny związek z typem użytkowania terenu, rzeźbą terenu, otoczeniem, porą dnia oraz panującymi warunkami meteorologicznymi rozpatrywanymi w skali synoptycznej.

2 Parametry badane

Komfort cieplny człowieka w różnych typach użytkowania terenu

3 Wartości mierzone

- Temperatura powietrza (tzw. temperatura termometru suchego)
- Temperatura punktu rosy (tzw. temperatura termometru wilgotnego)
- Wilgotność względna powietrza
- Wielkość ochładzająca powietrza

3.1 Aparatura badawcza:

1. Przenośny termohigrometr i barometr Kestrel 4500.
(Alternatywnie psychrometr aspiracyjny Assmana)
2. Katatermometr Hilla

4 Opis stanowisk badawczych

Lokalizacja poszczególnych punktów pomiarowych na podstawie dostarczonej dokumentacji kartograficznej lub podczas rozpoznania terenowego z prowadzącym zajęcia.

5 Przeprowadzenie pomiarów

5.1 Profil pionowy temperatury powietrza w warstwie przygrun- towej (20, 150 cm)

Pomiary wykonujemy za pomocą urządzenia Kestrel-4500 zgodnie z instrukcjami przekazanymi w trakcie pomiaru instruktażowego. Podczas wykonywania pomiarów należy pamiętać przede wszystkim o konieczności osłonięcia czujnika pomiarowego od działania bezpośredniego promieniowania słonecznego. Uzyskane wartości pomiarowe temperatury powietrza, temperatury punktu rosy, wilgotności względnej powietrza zapisz w dostarczonej tabeli na wyniki.

5.2 Pomiary katatermometryczne

Przy konstruowaniu przyrządów mających służyć ocenie oddziaływania kilku czynników meteorologicznych na organizm człowieka zakładano, że powierzchnia przyrządu podlega takim samym procesom wymiany ciepła jak powierzchnia ciała człowieka. Jednym z najczęściej stosowanych przyrządów jest katatermometr, który mierzy tzw. wielkość ochładzającą powietrza, ujmującą łączne działanie na człowieka temperatury powietrza i prędkości ruchu powietrza (Błażejczyk 2004).

Pomiar rozpoczynamy od podgrzania alkoholu w zbiorniczku i napełnieniu pionowej kapilary urządzenia. Następnie wyjmujemy katatermometr z termosu i wycieramy rozpoczynając pomiar czasu, w którym alkohol ochłodzi się z 38 do 35 stopni Celsjusza. Przyrząd w trakcie pomiaru powinien zwisać bezwładnie na wysokości ok. 150 cm. Należy pamiętać aby sam przyrząd był osłonięty od działania bezpośredniego promieniowania słonecznego, ale wystawiany na potencjalne działanie wiatru.

5.3 Ruch powietrza

Badania mikroklimatu często wymagają uwzględnienia prędkości ruchu powietrza. Można je wyliczyć pośrednio korzystając z katatermometru i poniższych wzorów:

$$V_1 = \left(\frac{A - 0,20 * (36,5 - t_p)}{0,40 * (36,5 - t_p)} \right)^2$$

gdy:

$$\frac{A}{36,5 - t_p} < 0,6$$

$$V_2 = \left(\frac{A - 0,14 * (36,5 - t_p)}{0,49 * (36,5 - t_p)} \right)^2$$

gdy:

$$\frac{A}{36,5 - t_p} > 0,6$$

gdzie:

A - siła chłodząca katatermometru [mcal/s] ($A = F/\tau$)

F - stała katatermometru oznaczona na urządzeniu pomiarowym

t_p - temperatura powietrza w momencie badania

6 Wskaźniki bioklimatyczne wyznaczone metodami obliczeniowymi

6.1 Wielkość ochładzająca powietrza (H)

Wielkość ochładzająca powietrza (H), zwana również ochładzaniem biologicznym jest proporcjonalna do ilości ciepła, którą jednostka powierzchni katatermometru oddaje otoczeniu w ciągu 1 sekundy poprzez turbulencyjną wymianę ciepła jawnego. Wielkość indeksu H można obliczyć za pomocą poniższego wzoru:

$$H = \frac{G}{\tau}$$

gdzie:

τ - czas ochładzania katatermometru (s)

G - stała katatermometru

W celu wyrażenia wielkości ochładzającej powietrze w jednostkach SI (W/m^2), gdy stała katatermometru wyznaczona jest w ($mcal/cm^2$), należy uzyskaną wartość H pomnożyć przez 41,868. (Błażejczyk 2004).

Wielkość ochładzającą powietrza można obliczyć także na podstawie wzorów empirycznych (Gregorczyk 1970, Czernecki i Półrolniczak 2012) korzystając z poniższych wzorów:

$$H = 41,868 * [(36,5 - t_p)(0,20 + 0,40 * v^{1/2})]$$

dla $v \leq 1$ m/s

$$H = 41,868 * [(36,4 - t_p)(0,13 + 0,47 * v^{1/2})]$$

dla $v > 1$ m/s

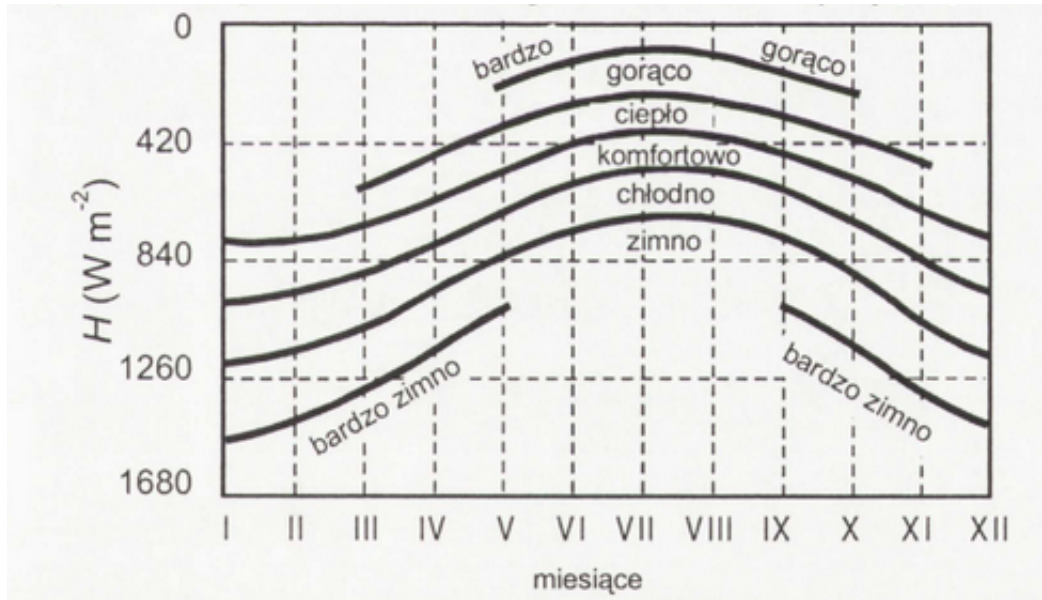
Skalę pozwalającą na określenie odczuć cieplnych na podstawie uzyskanych wartości umieszczono poniżej korzystając ze skali odczuć Conrada (za: Kozłowska-Szczęsna i in. 1997):

H (W/m^2)	Obciążenie cieplne
0-420	warunki sprzyjające przegrzaniu
420-840	warunki oszczędzające (komfort)
840-1260	warunki lekko pobudzające
1260-1680	warunki silnie pobudzające
powyżej 1680	warunki sprzyjające przechłodzeniu

Nieco inaczej zagadnienie może być rozpatrywane z punktu widzenia odczuć cieplnych człowieka, które można rozpatrywać przez pryzmat skali stworzonej przez Petrovica i Kacvinsky'ego:

H (W/m^2)	Obciążenie cieplne
0-210	upalnie
210-420	gorąco
420-630	łagodnie
630-840	przyjemnie chłodno
840-1260	chłodno
1260-1680	zimno
1680-2100	bardzo zimno
powyżej 2100	nieznośnie zimno i wietrznie

Przyjmuje się, że przedział wartości 420-840 W/m^2 wskazuje na optymalne dla człowieka (w ruchu) warunki termiczne. Należy jednak pamiętać, że ulegają one zmianie w cyklu rocznym, co przedstawiono na poniższym schemacie opracowanym przez Baranowską i in. (1986):



6.2 Temperatura efektywna (TE)

W opracowaniach bioklimatycznych dość często stosowanym wskaźnikiem jest tzw. temperatura efektywna (TE). Jest to tzw. quasi temperatura, która odzwierciedla łączny wpływ temperatury powietrza, wilgotności względnej i prędkości wiatru, na odczuwalność cieplną człowieka, zarówno ubranego jak i rozebranego do pasa przebywającego w cieniu (Błażejczyk 2004). Podobnie jak wskaźnik H również TE nie uwzględnia wpływu promieniowania słonecznego. Wzory do obliczania wskaźnika TE zależą od przyjętej wartości granicznej dla prędkości wiatru, która wg Missenarda wynosi 0,3 m/s. Oznacza to, że gdy prędkość wiatru spada poniżej tej wartości to ruch powietrza nie jest odczuwalny przez człowieka, stąd:

$$TE = t - 0,4 * (t - 10) * (1 - 0,01 * RH)$$

dla $v \leq 0,3$ m/s

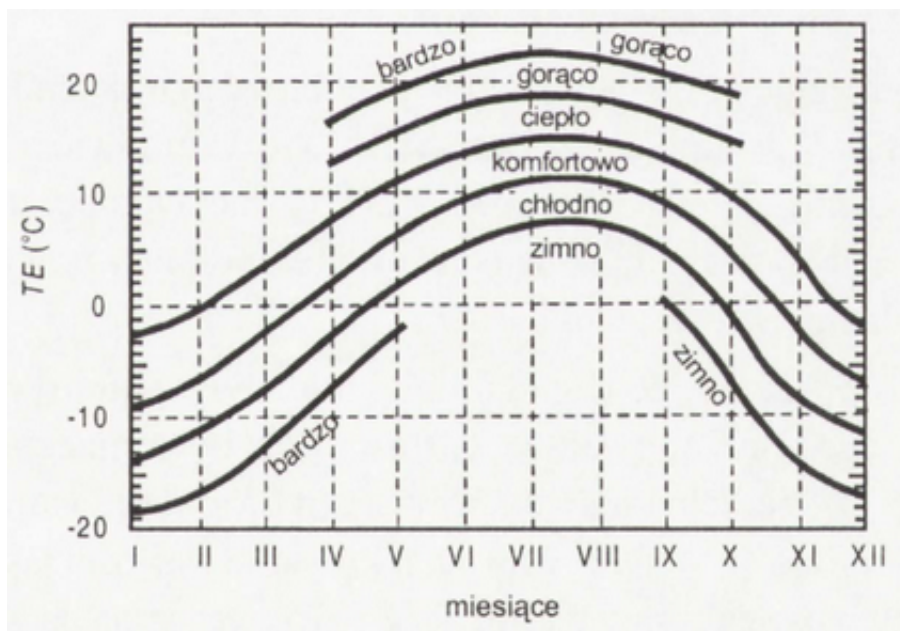
$$TE = 37,0 - \frac{37,0 - t}{0,68 - 0,0014 * RH + 1/(1,76 + 1,40 * v^{3/4})} - 0,29 * t * (1 - 0,01 * RH)$$

dla $v > 0,3 \text{ m/s}$

Wyniki badań subiektywnych odczuć cieplnych ludzi oraz ich fizjologicznych reakcji przy różnych wartościach TE doprowadziły do skonstruowania skali odczuwalności cieplnej, która ma zastosowanie dla człowieka ubranego w zwykłą odzież letnią. Przykładowo wartości komfortu dla człowieka wykonującego lekką pracę (np. spacerującego) to $17,0\text{--}22,9^\circ\text{C}$, natomiast przy intensywnej rekreacji zakres ten spada do wartości od $9,0$ do $16,9^\circ\text{C}$.

TE ($^\circ\text{C}$)	Obciążenie cieplne
poniżej 1	bardzo zimno
1-9	zimno
9-17	chłodno
17-21	orzeźwiająco
21-23	komfortowo
23-27	ciepło
powyżej 27	gorąco

Podobnie jak w przypadku wskaźnika H również zakres interpretowalności uzyskiwanych wartości TE ulega zmianie w cyklu sezonowym, co przedstawiono na schemacie opublikowanym przez Baranowską i in. (1986):



7 Literatura oraz wybrane normy i przepisy prawne

- Błażejczyk K., (2004). Bioklimatyczne uwarunkowania rekreacji i turystyki w Polsce (Vol. 192). IGiPZ PAN.
- Kozłowska-Szczęśna T., Błażejczyk K., Krawczyk B. (1997). Bioklimatologia człowieka. Metody i ich zastosowanie w badaniach bioklimatu Polski. Warszawa: PAN IGiPZ, 200 s.
- PN-EN ISO 7730:2006 (U) Ergonomia środowiska termicznego. Analityczne wyznaczanie i interpretacja komfortu termicznego z zastosowaniem obliczania wskaźników PMV i PPD oraz kryteriów lokalnego komfortu termicznego.
- Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Socjalnej z dnia 29 listopada 2002 w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy (Dz.U. Nr 217, poz. 1833 rok 2002)
- Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 20 kwietnia 2005 w sprawie badań i pomiarów czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy (Dz.U. Nr 73, poz. 645).

8 Zadanie końcowe i warunki zaliczenia - cz. meteorologiczna

Podstawą sumarycznej oceny z pracy są:

1. udział w badaniach terenowych i opracowaniu końcowym (40%)
2. ocena rzetelności wykonanych pomiarów terenowych (20%)
3. poprawność wykonanych obliczeń i wniosków zawartych w opracowaniu końcowym (40%)

Materiały niezbędne do wykonania obliczeń oraz uzupełnienia szablonu ćwiczenia dostępne pod adresem klimat.amu.edu.pl → zakładka Dydaktyka → Materiały do zajęć dydaktycznych → Ćwiczenia terenowe (mikroklimat)

8.1 Digitalizacja danych pomiarowych

Wprowadź dane pomiarowe do udostępnionego szablonu arkusza kalkulacyjnego https://docs.google.com/spreadsheets/d/1Yw_2cUyk6bPPdNbDy0ePdCEByGaqTaVWU1sPze/edit?usp=sharing (Google Docs) W uproszczeniu przyjmijmy, że punkty pomiarowe znajdowały się w relatywnie niewielkiej odległości od siebie, więc poszczególne serie pomiarowe były wykonywane w tym samym czasie (czyli dla minut 15 i 45, bez 20 i 50).

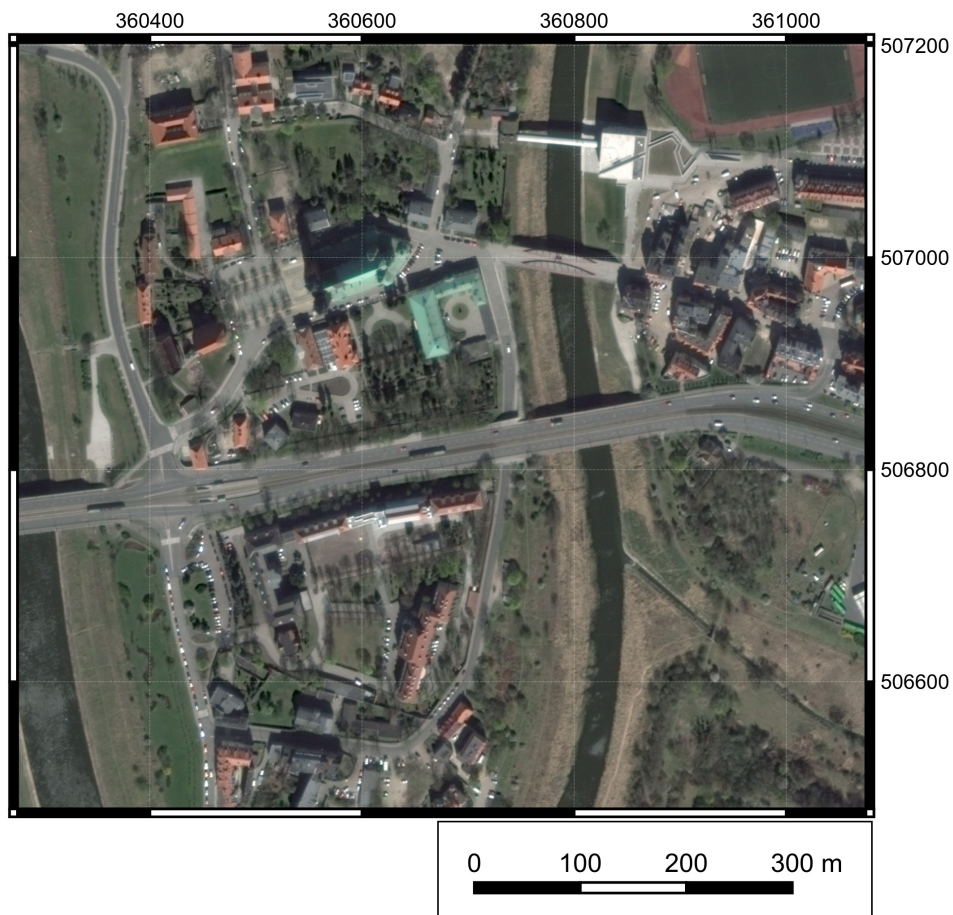
Arkusz kalkulacyjny należy pobrać na komputer lokalny korzystając z menu "File" → "Download as" → oraz wybierając preferowany format pliku (np. xlsx dla MS Office lub ods dla LibreOffice)

Uwaga! W przypadku zdiagnozowania błędów pomiarowych dla temperatury punktu rosy istnieje możliwość jego skorygowania posiadając informację o temperaturze powietrza, wilgotności względnej powietrza oraz tablicom psychrometrycznym

8.2 Odczytanie wartości współrzędnych punktów pomiarowych

Na podstawie poniższej ortofotomapy wpisanej w najczęściej stosowany w opracowaniach środowiskowych w Polsce układ współrzędnych PUWG 1992 (EPSG

2180) odczytaj wartości współrzędnych wybranych punktów pomiarowych i wprowadź je do arkusza kalkulacyjnego w pola X i Y. Wymagana precyzja powinna wynosić ok. 20 m.



8.3 Obliczenia wartości średnich i wskaźników bioklimatycznych

Obliczenia wymagane w kolejnych częściach pracy należy wykonać w grupach:

- Grupy: "0" oraz "1" - punkty pomiarowe: Most Jordana brzeg oraz Most Jordana punkt górny
- Grupy: "2" oraz "3" - punkty pomiarowe: Kanały Cybiny - ujście rzeki oraz Ka-

nał Cybiny - ścieżka rowerowa

W przygotowanym pliku lokalnym (z rozszerzeniem .xlsx lub .ods) warto pozostawić tylko te wiersze, które zawierają interesujące nas wartości.

8.3.1 Wielkość ochładzająca powietrza (H)

Wprowadzone wartości pomiarowe z katatermometru Hilla wykorzystaj do obliczenia wielkości ochładzającej powietrza (H). Wartości zapisz w kolumnie podpisanej jako "H - katatermometr", która powinna zawierać przeliczenia uzyskane na podstawie poniższego wzoru:

$$H = \frac{G}{\tau}$$

gdzie:

τ - czas ochładzania katatermometru (s)

G - stała katatermometru

Sklasyfikuj uzyskane wartości wskaźnika H do skali obciążenia cieplnego Petrovica i Kacvinsky'ego (strona 4) i zapisz w odpowiedniej kolumnie

Wielkość ochładzającą powietrza można obliczyć także na podstawie wzorów empirycznych (Gregorczyk 1970, Czerniecki i Póltrolniczak 2012) korzystając z wzorów. Do tego celu przyjmijmy prędkość wiatru przyziemnego (ok. 3 m/s) notowanego na stacji uniwersyteckiej oraz zmierzoną temperaturę powietrza na wysokości 150 cm. Wykonaj obliczenia na podstawie poniższego wzoru. Uzyskane wartości zapisz w nowej kolumnie podpisanej jako "H - teoretyczne":

$$H = 41,868 * [(36,4 - t_p)(0,13 + 0,47 * v^{1/2})]$$

Sklasyfikuj uzyskane wartości wskaźnika H do skali obciążenia cieplnego Petrovica i Kacvinsky'ego (strona 4) i zapisz w odpowiedniej kolumnie

8.3.2 Temperatura efektywna (TE)

Podobnie jak w poprzednim zadaniu dla obliczeń temperatury efektywnej (TE) również przyjmijmy stałą wartość prędkości wiatru, co pozwoli nam na ujednolicenie procedury obliczenia tego wskaźnika:

$$TE = 37,0 - \frac{37,0 - t}{0,68 - 0,0014 * RH + 1/(1,76 + 1,40 * v^{3/4})} - 0,29 * t * (1 - 0,01 * RH)$$

Sklasyfikuje uzyskane wartości wskaźnika TE do skali zamieszczonej w tabeli na stronie 6.

8.3.3 Wartości średnie i ekstremalne

1. W przygotowanym zbiorze danych zaznacz wartości ekstremalne (min. i max.) dla każdego z analizowanych elementów. Wartość minimalną oznacz kolorem niebieskim a maksymalną czerwonym.
2. W najniższym wierszu oblicz oddzielnie wartości średnie dla każdego z analizowanych elementów oraz dla obu punktów pomiarowych (czyli powinny powstać 2 dodatkowe wiersze podsumowujące na dole).
3. Wykonaj 2 wykresy liniowe z przebiegiem czasowym temperatury powietrza w obu analizowanych lokalizacjach na wysokości 20 cm (1. wykres) i 150 cm (2. wykres). Wykresy umieść bezpośrednio pod tabelą z podsumowaniem.
4. Opisz w kilku zdaniach (najlepiej w nowym arkuszu) czy w dniu pomiarów udało się zdiagnozować zależności pomiędzy typem użytkowania terenu i mierzonymi temperaturami powietrza na wysokości 20 i 150 cm. (Pomocny w interpretacji może być wcześniej stworzony wykres.)

9 Przesłanie zadania

Zadanie w formie pojedynczego pliku należy przesłać na adres nwp@amu.edu.pl
W wiadomości należy podać skład osobowy grupy.