

**ZRÓŻNICOWANIE KLIMATÓW LOKALNYCH TORUNIA
– ZAŁOŻENIA PROJEKTU I WSTĘPNE
WYNIKI BADAŃ**

**DIVERSITY OF LOCAL CLIMATE IN TORUŃ
– OUTLINE OF THE PROJECT AND PRELIMINARY
RESULTS OF INVESTIGATIONS**

**Mieczysław Kunz, Joanna Uscka-Kowalkowska, Rajmund Przybylak,
Marek Kejna, Andrzej Araźny, Rafał Maszewski**

Wydział Nauk o Ziemi, Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu

Słowa kluczowe: klimat lokalny, miejska wyspa ciepła, topoklimat, pokrycie/użytkowanie terenu, Toruń

Keywords: local climate, urban heat island, topoclimate, land cover, land use, Toruń

Wprowadzenie

Problem jakości życia w miastach związany z właściwościami fizycznymi i chemicznymi powietrza poruszany był już w czasach antycznych przez m.in. Hipokratesa czy Senekę Młodsze. W średniowieczu analizowano już zanieczyszczenie powietrza w Londynie, ale pierwsze opracowania naukowe dla tego miasta, a także dla Paryża i Wiednia, powstały w okresie rewolucji przemysłowej. Intensyfikacja badań nastąpiła wraz z postępującym procesem urbanizacji, a zupełnie nowe możliwości analityczne stwarzają systemy geoinformacyjne oraz dane pozyskiwane z satelitów teledetekcyjnych. Pozwalają one m.in. na określenie wpływu pokrycia i użytkowania terenu na kształtowanie się warunków termicznych (Wojtkowski, 2008) oraz zdalne pozyskiwanie danych dla dużych obszarów z wykorzystaniem zdjęć satelitarnych rejestrujących w zakresie termalnym.

W Polsce, według danych GUS (Rocznik Statystyczny, 2010), ponad 60% ludności mieszka w miastach. Miasto ze względu na silne przekształcenia antropogeniczne wytwarza własny, swoisty topoklimat, charakteryzujący się m.in. wyższą temperaturą powietrza w stosunku do terenów podmiejskich. Zjawisko to nazwano „miejską wyspą ciepła”. Według Słownika Meteorologicznego (Niedźwiedź, 2003) miejska wyspa ciepła (MWC) jest definiowana jako: *Przestrzeń nad miastem, w którym temperatura powietrza jest wyższa niż w obszarach je otaczających (o 0,5–1,5°C), dzięki dostarczeniu ciepła i zatrzymaniu go przez materiały, z których zbudowane są budynki i ulice. Zewnętrzne granice MWC pokrywają się z zabudowa-*

nym terenem miasta, a jej wysokość może być 3-5 razy większa od przeciętnej wysokości budynków. Termiczny wpływ dużego miasta osiąga wysokość 200-300 m lub większą. Wewnątrz MWC może występować kilka ośrodków o wyższej temperaturze powietrza. Intensywność MWC wzrasta wraz z wielkością miasta, liczbą ludności, stopniem uprzemysłowienia, charakterem zabudowy miejskiej i innymi czynnikami związanymi z lokalizacją miasta. MWC, jak podaje Dubicki i in. (2002), jest najbardziej kompleksowym wskaźnikiem oddziaływania człowieka na środowisko miasta. Natężenie MWC jest najpowszechniej definiowane przez różnicę temperatury powietrza między miastem a obszarami go otaczającymi. Inne parametry meteorologiczne, takie jak ciśnienie atmosferyczne, kierunek i prędkość wiatru, promieniowanie słoneczne, wilgotność powietrza czy opady atmosferyczne również mogą wskazywać na jej występowanie. Latem MWC jest spowodowana większym albedo powierzchni, zmniejszeniem prędkości wiatru przez większe tarcie podłoża i innymi czynnikami, natomiast zimą jest ona dodatkowo wzmacniana przez emisję ciepła sztucznego z zakładów przemysłowych i budynków mieszkalnych.

W Polsce badania nad klimatem miast prowadzi się w głównych ośrodkach miejskich. Przegląd literatury na ten temat przedstawiła Lewińska (2000). W ostatnich latach ukazało się kilka opracowań, np. dla Warszawy (Błażejczyk, 2002; Adamczyk i in., 2008), Łodzi (Fortuniak, 2003; Podstawczyńska, 2007), Krakowa (Matuszko, 2007; Lewińska, 2000; Bokwa, 2010), Wrocławia (Szymanowski, 2004), Bydgoszczy (Dudek i in., 2008) i innych miast. Dla Torunia, jak dotąd, brakuje opracowań dotyczących zróżnicowania warunków klimatycznych na obszarze miasta lub występowania takich zjawisk, jak miejska wyspa ciepła. Jediną pracą z tego zakresu jest artykuł Wójcika i Marciniaka (1984) o warunkach termicznych w 5 różnych punktach miasta dla roku 1982.

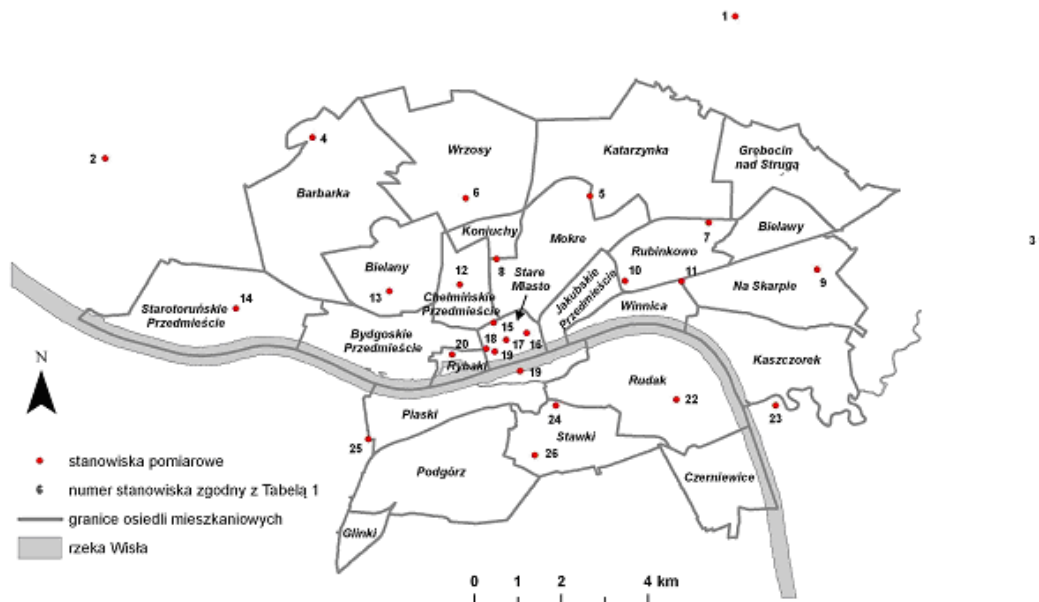
Głównym celem projektu, realizowanego w latach 2011-2014 w ramach grantu MNiSW nr N N306 723040, jest zbadanie wpływu czynników środowiskowych, dynamicznych i antropogenicznych, na warunki meteorologiczne i biometeorologiczne Torunia oraz docelowe stworzenie mapy topoklimatów miasta odzwierciedlającej jego zróżnicowanie klimatyczne. Docelowo projekt zakłada zebranie danych z trzech pełnych sezonów obserwacji.

Teren badań, założenia i metody badawcze

Toruń, siedziba Urzędu Marszałkowskiego województwa kujawsko-pomorskiego, zajmuje powierzchnię niespełna 116 km², a przepływająca równoleżnikowo Wisła dzieli go na dwie nierównomiernej wielkości części: lewo- i prawobrzeżną. Rada Miasta Torunia w 2005 roku opracowała podział miasta na osiedla mieszkaniowe nadając im urzędowe nazwy. Zgodnie z tym podziałem funkcjonują 24 osiedla mieszkaniowe, z czego 6 wytypowano w części lewobrzeżnej i 18 w części prawobrzeżnej miasta.

Z punktu widzenia rejestracji parametrów meteorologicznych na obszarze miasta funkcjonują 2 główne stacje pomiarowe – Stacja IMGW Toruń-Wrzosy (od 1945 roku) oraz Obserwatorium Meteorologiczne Zakładu Klimatologii UMK (od 2009 roku). Badania jakości powietrza na tle warunków meteorologicznych prowadzi również Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska.

W ramach realizacji projektu założono sieć 26 punktów pomiarowych, z czego 5 z nich znajduje się w części lewobrzeżnej, obejmującej poszczególne osiedla mieszkaniowe Torunia oraz jego strefę podmiejską (rys. 1). Punkty pomiarowe rozmieszczono w miarę równomier-



Rys. 1. Lokalizacja założonych stanowisk pomiarów meteorologicznych na tle obowiązującego podziału na osiedla mieszkaniowe w Toruniu

nie, uwzględniając przy tym charakter przekształceń antropogenicznych: Stare Miasto o gęstej zabudowie gotyckiej (punkty LO1, PAN, UCI, PSK), zabudowa jednorodzinna (SAL, KAL, STP, BOK, RUD), zabudowa wielorodzinna (OME, PLS), osiedla o zróżnicowanej zabudowie (RMA, GLA), tereny przemysłowe (MCS), tereny parkowe (ZOO, MET, KBA, PGO), tereny leśne (BAR, LBI), tereny podmiejskie (SKM, CZB, ZŁO, KRO, MAN), obszary pozamiejskie – rolnicze (KON). Szczegółowe informacje o stanowiskach pomiarowych zawiera tabela 1. Przyjęta numeracja punktów uwzględnia gradient malejącej szerokości geograficznej, a dodatkowo trzy pierwsze stanowiska (KON, CZB i KRO) dostarczają wartości referencyjnych (stanowią tło) dla badań strefy miejskiej.

Najbardziej na północ wysuniętym stanowiskiem pomiarowym, będącym jednocześnie stacją pozamiejską, jest oddalona o 9 km od Torunia Stacja Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego (ZMŚP) w Koniczynie. W stacji tej systematyczne pomiary meteorologiczne w ramach ZMŚP prowadzone są już od 1994 roku, a brak czynników antropogenicznych wprowadzających istotne zmiany środowiskowe powoduje, że idealnie nadaje się, wspólnie z pozostałymi dwiema stacjami pozamiejskimi, do wyznaczania anomalii w polu różnych elementów meteorologicznych związanych z obecnością miasta.

Do rejestracji wybranych parametrów meteorologicznych wykorzystano automatyczne stacje meteorologiczne (rys. 2). Na 12 stanowiskach zainstalowano stacje Vantage Pro+ firmy Davis, z rejestracją ciśnienia atmosferycznego, kierunku i prędkości wiatru, temperatury powietrza, wilgotności powietrza, opadów atmosferycznych, całkowitego promieniowania słonecznego i UV. Na 13 stanowiskach zainstalowano rejestratory temperatury i wilgotności powietrza RHTemp101A firmy MadsTech umieszczone w osłonach radiacyjnych. Czujniki przyrządów umieszczono na wysokości 2 m nad poziomem gruntu. Natomiast w

Tabela 1. Wykaz założonych stanowisk pomiarów meteorologicznych w Toruniu i na terenach podmiejskich wraz z lokalizacją przestrzenną oraz charakterystyką rejestratora

Nr	Część miasta	Kod	Współrzędne (PUWG 1992) [m]		Współrzędne WGS-84 [DD MM SS,SSSS]		Z [m]	Typ rejestratora
			X	Y	φ	λ		
1.	T	KON	579357,951	478950,332	53 04 44,9560	18 41 08,4042	88,1	Vaisala
2.	T	CZB	576076,672	464444,940	53 02 55,9811	18 28 09,9322	37,5	MadgeTech
3.	T	KRO	574199,605	486030,793	53 01 58,8415	18 47 29,8525	76,6	Davis
4.	P	BAR	576554,602	469211,402	53 03 12,5391	18 32 25,8625	58,6	Davis
5.	P	PGO	575205,651	475607,992	53 02 30,0618	18 38 09,8828	67,0	MadgeTech
6.	P	SAL	575155,768	472742,820	53 02 27,9487	18 35 36,0109	69,8	Davis
7.	P	MSC	574587,551	478341,721	53 02 10,4773	18 40 36,8607	66,7	MadgeTech
8.	P	RMA	573747,407	473452,544	53 01 42,4877	18 36 14,5470	64,2	Davis
9.	P	LBI	573504,281	480837,315	53 01 35,7537	18 42 51,1144	66,0	MadgeTech
10.	P	KAL	573241,666	476410,334	53 01 26,6156	18 38 53,4939	63,2	Davis
11.	P	PLS	573229,752	477711,107	53 01 26,4308	18 40 03,3328	66,9	MadgeTech
12.	P	GLA	573152,818	472607,509	53 01 23,0870	18 35 29,3564	62,3	MadgeTech
13.	P	OME	573000,816	470985,804	53 01 17,8321	18 34 02 2995	50,3	Davis
14.	P	SKM	572602,633	467454,608	53 01 04,2378	18 30 52,9181	36,5	MadgeTech
15.	P	MET	572270,079	473387,524	53 00 54,6538	18 36 11,4948	54,9	MadgeTech
16.	P	PSK	572039,753	474146,880	53 00 47,3320	18 36 52,3209	53,5	Davis
17.	P	LOI	571875,811	473675,406	53 00 41,9423	18 36 27,0631	49,0	Davis
18.	P	UCI	571675,714	473222,035	53 00 35,3840	18 36 02,7894	48,9	MadgeTech
19.	P	PAN	571602,615	473413,944	53 00 33,0522	18 36 13,1109	49,0	MadgeTech
20.	P	ZOO	571541,428	472434,335	53 00 30,8931	18 35 20,5550	46,1	Davis
21.	L	KBA	571158,928	474000,935	53 00 18,7935	18 36 44,7429	39,2	MadgeTech
22.	L	RUD	570496,717	477596,814	52 59 57,9424	18 39 57,8797	50,6	MadgeTech
23.	P	ZLO	570361,173	479882,661	52 59 53,8815	18 42 00,5631	36,5	Davis
24.	L	BOR	570360,096	474816,075	52 59 53,0748	18 37 28,7112	47,5	Davis
25.	L	MAN	569580,177	470499,809	52 59 27,0346	18 33 37,3775	39,3	Davis
26.	L	STP	569206,880	474337,666	52 59 15,6623	18 37 03,3717	50,4	MadgeTech

Objaśnienia: druga kolumna: L – część lewobrzeżna miasta, P – część prawobrzeżna miasta, T – tło, stanowiska leżące poza miastem; kody w trzeciej kolumnie związane są z lokalizacją bądź funkcją obiektu, w której zlokalizowano stanowiska pomiarowe.

Stacji ZMŚP w Koniczynie pomiary prowadzone są za pomocą automatycznej stacji meteorologicznej Milos 500 firmy Vaisala z rejestracją ciśnienia atmosferycznego kierunku i prędkości wiatru (10 m n.p.g.), temperatury powietrza, wilgotności powietrza, opadów atmosferycznych, całkowitego promieniowania słonecznego i temperatury gruntu. Wskazania tej stacji są kontrolowane poprzez pomiary manualne ww. elementów oraz dodatkowo prowadzona jest rejestracja usłonecznienia. Uzyskane wyniki porównywane są z danymi ze Stacji IMGW Toruń-Wrzosy.



Rys. 2. Termiczno-wilgotnościowe czujniki firmy MadgeTech (lewe zdjęcie) i automatyczna stacja meteorologiczna firmy Davis (prawe zdjęcie)

Rejestracja monitorowanych parametrów odbywa się co godzinę według czasu środkowo-europejskiego.

Na potrzeby projektu opracowano mapę pokrycia/użytkowania Torunia w skali 1:10 000 (rys. 4). Powstała ona w oparciu o dostępne mapy topograficzne w skali 1:10 000, Bazę Danych Topograficznych (TBD), aktualne plany miasta, cyfrową ortofotomapę z kwietnia 2011 roku (o pikselu 15 cm) oraz szczegółową eksplorację terenową. W procesie tworzenia tego zasobu wykorzystano proces standaryzacji, reklasyfikacji i agregacji danych przestrzennych (Kunz, 2006) a aktualna ortofotomapa posłużyła do aktualizacji treści. Istniejące inne zasoby danych – Baza Danych Ogólnogeograficznych odpowiadająca szczegółowością skali 1:250 000, baza CORINE Land Cover czy opracowany przez EEA Urban Atlas dla aglomeracji bydgosko-toruńskiej okazały się danymi zbyt ogólnymi dla realizowanego zadania (Kunz, 2008).

Całość opracowania wykonywana jest w technologii systemów informacji geograficznej (GIS) w układzie odniesienia PUWG 1992 w oparciu o rozwiązania geoprzestrzenne firmy ESRI. W szczegółowej aktualizacji terenowej zasobu TBD oraz dla precyzyjnego wyznaczenia współrzędnych przestrzennych automatycznych stacji pomiarowych wykorzystano geodezyjny odbiornik GPS – TopCon HiperPro.

Wyniki

Mapa pokrycia/użytkowania terenu Torunia

Opracowana, na potrzeby realizacji projektu, mapa pokrycia/użytkowania terenu miasta Torunia i jego najbliższego otoczenia uwzględnia 14 kategorii legendy (tab. 2). W pokryciu terenu przestrzeni miejskiej dominują lasy, zajmując około 30% powierzchni miasta oraz zarośla, krzewy i rośliność trawiasta z udziałem ponad 21%. Wszystkie obszary zabudowane, zarówno o charakterze jednorodnym, blokowym i przemysłowo-magazynowym czy innego typu stanowią prawie 23% powierzchni miasta. Łącznie mapa pokrycia/użytkowania terenu Torunia obejmuje 4993 płyty (poligony), z czego ponad 63% wszystkich związanych jest z różnym rodzajem zabudowy.

Tabela 2. Powierzchnia oraz liczebność wyróżnionych kategorii pokrycia/użytkowania terenu miasta Torunia

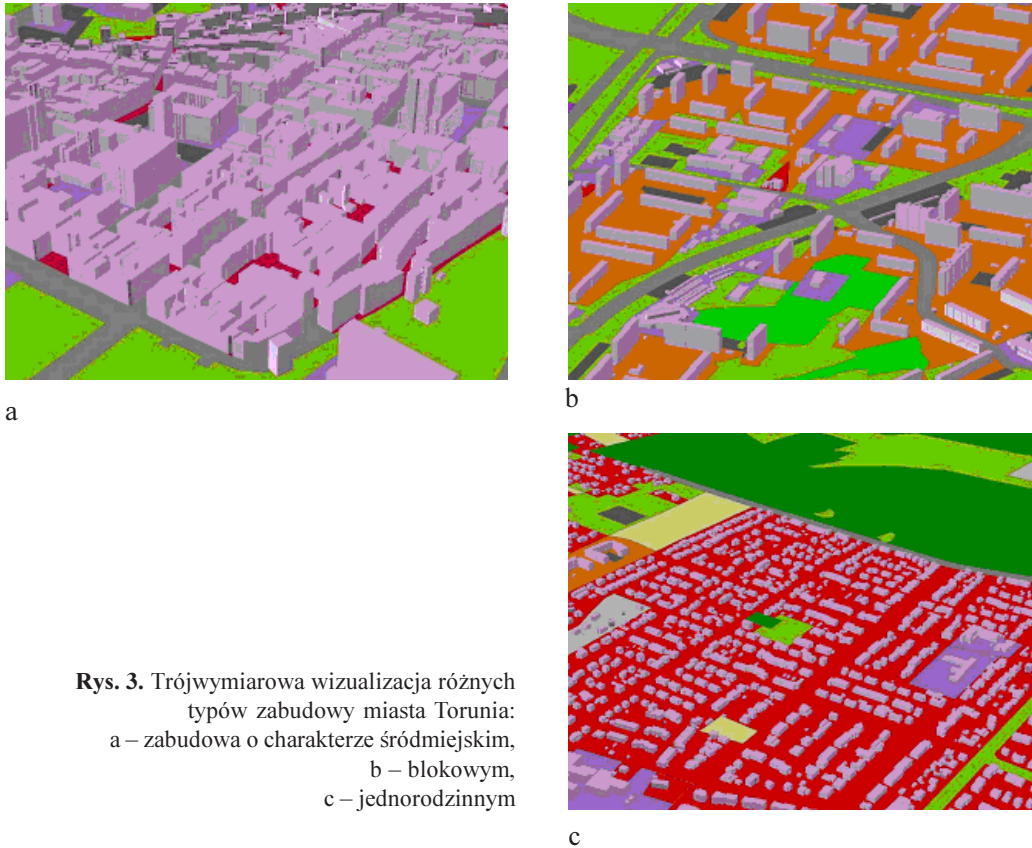
Kategoria pokrycia/użytkowania	Powierzchnia [km ²]	Liczba elementów (płatów)
Zabudowa typu śródmiejskiego	0,283	44
Zabudowa jednorodzinna	8,702	818
Zabudowa blokowa	4,466	298
Zabudowa przemysłowo-magazynowa	4,428	319
Zabudowa inna	4,927	829
Tereny przemysłowo-budowlane	3,255	535
Tereny drogowo-kolejowe	4,694	49
Tereny piaszczyste, żwirowe, grunty odsłonięte	4,636	55
Lasy	33,961	521
Inne zadrzewienia	1,259	56
Zarośla, krzewy oraz roślinność trawiasta	21,413	843
Ogródki działkowe, sady, plantacje	4,091	142
Uprawy na gruntach ornych	11,649	242
Wody powierzchniowe	7,798	242
Suma	115,562	4993

W wizualizacji przestrzeni miejskiej (rys. 3) wykorzystano numeryczny model budynków (powstały przy realizacji mapy akustycznej miasta) udostępniony przez Wydział Geodezji i Kartografii Urzędu Miasta Torunia. Planowane jest jego szersze zastosowanie do interpolacji przestrzennej zebranych danych meteorologicznych.

Zróźnicowanie topoklimatyczne Torunia

Badania klimatu miasta Torunia z wykorzystaniem automatycznych stacji pomiarowych rozpoczęto jesienią 2011 roku. W tabeli 3 zaprezentowano zróźnicowanie przestrzenne temperatury i wilgotności względnej powietrza w dwóch dniach: mroźnym (3.02.2012 r.) i upalnym (30.04.2012 r.).

W dniu 3 lutego 2012 roku analizowany obszar był w zasięgu silnego wyżu wschodnioeuropejskiego, który ze wschodu kierował nad Polskę wyjątkowo zimną masę powietrza polarno-kontynentalnego. Przeważały wiatry słabe z kierunku południowo-wschodniego. Na Stacji IMGW Toruń-Wrzosy temperatura minimalna wyniosła -24,1°C. Na terenie Torunia i obszarach przyległych najniższa temperatura wystąpiła na terenach położonych z dala od centrum miasta na Stawkach Południowych (-25,5°C), Bielawach (LBI -23,4°C), Wrzosach (SAL -23,2°C) oraz na terenach podmiejskich w Czarnym Błocie (CZB -23,6°C) i Małej Nieszawce (MAN -23,1°C). Najwyższa temperatura minimalna wystąpiła w Obserwatorium Meteorologicznym UMK (-19,0°C) oraz na Starym Mieście (LO1 -19,3°C). Różnica pomię-



Rys. 3. Trójwymiarowa wizualizacja różnych typów zabudowy miasta Torunia:
 a – zabudowa o charakterze śródmiejskim,
 b – blokowym,
 c – jednorodzinnym

dzy najcieplejszym i najchłodniejszym punktem w przypadku minimów dobowych wyniosła $6,5^{\circ}\text{C}$. Natomiast w dzień najchłodniej było na Rubinkowie na Placu Sybiraków (PLS – $12,2^{\circ}\text{C}$), a najcieplej w ZOO ($-9,7^{\circ}\text{C}$) – różnica $2,5^{\circ}\text{C}$. Wilgotność względna powietrza była wysoka i w czasie maksimum nocnego wahała się od 80% (KON) do 90% (LBI, PLS), w dzień natomiast była dużo niższa oscylując od 56% (KON) do 67% (LBI).

Przebieg temperatury i wilgotności względnej powietrza w dniu 3 lutego 2012 r. dla wybranych stanowisk przedstawiono na rysunku 5

W dniu 30 kwietnia 2012 roku Toruń był pod wpływem słabnącego wyżu z centrum nad Ukrainą. Wyż ten kierował do Polski z południa bardzo ciepłe powietrze pochodzenia zwrotnikowego. Prędkość wiatru z kierunków SW i S nie przekroczyła $1,8\text{ ms}^{-1}$. Maksymalna temperatura powietrza na Stacji IMGW Toruń-Wrzosy osiągnęła $31,1^{\circ}\text{C}$. Jeszcze wyższa była ona na Starym Mieście (LO1 $32,4^{\circ}\text{C}$, PAN $31,9^{\circ}\text{C}$) oraz w ZOO i KAL po $32,1^{\circ}\text{C}$. Chłodniej było na Kępie Bazarowej (KBA $30,1^{\circ}\text{C}$), gdzie oddziałują wody płynącej Wisły, oraz na Placu Sybiraków (PLS $30,3^{\circ}\text{C}$) i w lasach Barbarki ($30,6^{\circ}\text{C}$). Różnica temperatury powietrza pomiędzy stanowiskami w analizowanym rejonie sięgnęła $2,3^{\circ}\text{C}$. W godzinach nocnych najchłodniej było na terenach podmiejskich: w Czarnym Błocie (CZB $9,9^{\circ}\text{C}$), na Rudaku (RUD $11,4^{\circ}\text{C}$) i Stawkach Południowych (STP $11,6^{\circ}\text{C}$), najcieplej zaś na Starym Mieście (LO1 $16,9^{\circ}\text{C}$, PAN $16,8^{\circ}\text{C}$, PSK i UCI $15,7^{\circ}\text{C}$). Różnica więc wyniosła $7,0^{\circ}\text{C}$.

Tabela 3. Najwyższe (Nw) i najniższe (Nn) wartości temperatury powietrza i wilgotności względnej powietrza* w rejonie Torunia w dniu 3 lutego i 30 kwietnia 2012 r.

Punkt	3 lutego 2012 r.				30 kwietnia 2012 r.			
	temperatura powietrza [°C]		wilgotność powietrza [%]		temperatura powietrza [°C]		wilgotność powietrza [%]	
	Nw	Nn	Nw	Nn	Nw	Nn	Nw	Nn
BAR	-10,8	-21,1	83	65	30,6	13,3	71	23
BOK	-10,7	-22,5	85	64	31,2	11,7	75	26
CZB	-11,5	-23,6	87	66	31,4	9,9	89	27
GLA	-11,5	-20,7	89	64	31,2	15,1	72	24
KAL	-10,9	-20,4	83	62	32,1	14,4	74	30
KBA	-11,5	-22,4	88	64	30,1	12,7	75	28
KON	-11,1	-20,3	80	56	31,0	14,1	70	22
KRO	–	–	–	–	31,5	14,7	72	25
LBI	-11,8	-23,4	90	67	31,5	11,8	77	25
LO1	-10,6	-19,3	87	65	32,4	16,9	66	23
MAN	-10,4	-23,1	83	61	31,8	12,9	70	25
MCS	-11,8	-21,6	89	63	31,3	13,4	71	24
OME	-10,6	-19,0	87	65	31,4	13,6	71	27
PAN	-11,1	-20,3	89	62	31,9	16,8	65	23
PLS	-12,2	-21,5	90	65	30,3	14,8	71	27
PSK	–	–	–	–	31,1	15,7	65	22
RMA	-11,2	-20,4	87	64	31,4	14,3	71	24
RUD	–	–	–	–	31,1	11,4	75	24
SAL	-10,9	-23,2	85	64	31,7	12,8	72	23
SKM	-11,4	-21,9	88	66	31,2	13,1	76	27
STP	-11,5	-25,5	86	62	31,4	11,6	75	25
UCI	-11,2	-20,9	89	61	31,3	15,7	70	25
ZŁO	–	–	–	–	30,9	12,3	75	28
ZOO	-9,7	-19,6	87	63	32,1	14,3	74	23

* wybrane z danych codziennych

Wilgotność względna powietrza w dzień była bardzo niska i wyniosła od 22% na Placu Św. Katarzyny (PSK) do 30% na Kalinowej (KAL). W godzinach nocnych wzrosła do 65% w centrum (PAN i PSK) i 89% w miejscowości Czarne Błoto (CZB).

Przebieg temperatury i wilgotności względnej powietrza w dniu 30 kwietnia 2012 r. dla wybranych stanowisk przedstawiono na rysunku 6.

Przedstawione przypadki pokazują bardzo duże zróżnicowanie rozkładu przestrzennego temperatury i wilgotności względnej powietrza w Toruniu i na terenach podmiejskich. Miejska wyspa ciepła jest wyraźnie zarysowana, a różnice temperatury dochodzą do 5-6°C.

Uwagi końcowe

Uzyskane wyniki pomiarów meteorologicznych w dłuższym horyzoncie czasowym po ich statystycznym przetworzeniu do pełnych okresów analizy – miesiące, sezony i lata, będą podstawą do wykreślenia map pola temperatury i innych elementów meteorologicznych przy zastosowaniu różnych metod geostatystycznych (Szymanowski, Kryza, 2008). Ponadto, w studiach nad rozkładem przestrzennym temperatury radiacyjnej Torunia zastosowane zostaną zobrazowania satelitarne o możliwie największej rozdzielczości przestrzennej. Takim rozwiązaniem jest dzisiaj satelita Terra ASTER, o rozdzielczości przestrzennej w zakresie termalnym 90 metrów i rewizycie 16 dni (ASTER User's Guide, Part 1&2, 2003; Chrysoulakis, 2002; Wojtkowski, 2007). Wszystkie uzyskane wyniki z badań meteorologicznych skorelowane zostaną z innymi danymi przestrzennymi, jak pokrycie/użytkowanie terenu, typ zabudowy, nachylenie oraz ekspozycja terenu. Pełne i wiarygodne zdiagnozowanie miejskiej wyspy ciepła i opracowanie mapy topoklimatów Torunia będzie wtedy możliwe. Uzyskane w projekcie badawczym wyniki dotyczące zmienności warunków bioklimatycznych Torunia będą mogły być wykorzystane w organizacji turystyki i rekreacji, a także w planowaniu przestrzennym oraz wypracowywanych koncepcjach dalszego rozwoju miasta.

Literatura

- Adamczyk A. B., Błażejczyk K., Baranowski J., Kuchcik M., 2008: Warunki termiczne aglomeracji warszawskiej, [W:] Kłysik K., Wibig J., Fortuniak K. (red.), *Klimat i bioklimat miast*, Wyd. UŁ, Łódź, 11-20.
- ASTER User's Guide, Part 1 (general) & part 2 (level 1 data products), 2003, ERSDAC.
- Błażejczyk K., 2002: Znaczenie czynników cyrkulacyjnych i lokalnych w kształtowaniu klimatu i bioklimatu aglomeracji warszawskiej, *Dokumentacja Geograficzna* 26.
- Bokwa A., 2010: Wieloletnie zmiany struktury mezoklimatu miasta na przykładzie Krakowa, IGI GP, UJ, Kraków.
- Chrysoulakis N., 2002: Energy in the Urban Environment: Use of Terra/ASTER imagery as tool in Urban Planning. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing* 30: 245-254.
- Dubicki A., Dubicka M., Szymanowski M., 2002: *Klimat Wrocławia*, Dolnośląska Fundacja Ekorozwoju, Wrocław.
- Dudek S., Kuśmierk R., Żarski J., 2008: Porównanie warunków termicznych Bydgoszczy i okolicy [W:] Kłysik K., Wibig J., Fortuniak K. (red.), *Klimat i bioklimat miast*, Wyd. UŁ, Łódź, 157-164.
- Fortuniak K., 2003: Miejska wyspa ciepła. Podstawy energetyczne, studia eksperymentalne, modele numeryczne i statystyczne, Wyd. UŁ, Łódź.
- Kunz M., 2006: Rektyfikacja i standaryzacja historycznych oraz współczesnych danych kartograficznych do analizy zmian pokrycia/użytkowania terenu, *Problemy Ekologii Krajobrazu* t. XVIII: 97-108.
- Kunz M., 2008, Pokrycie terenu województwa kujawsko-pomorskiego według bazy CORINE Land Cover i zasobu Bazy Danych Ogólnogeograficznych, [W:] *Geoinformacja w Zarządzaniu, Kwartalnik o Systemach Informacji Geograficznej* 5: 2-8, Kujawsko-Pomorskie Centrum Badawczo-Szkoleniowe GIS, Toruń.
- Lewińska J., 2000: *Klimat miasta – zasoby, zagrożenia, kształtowanie*, Kraków.
- Marciniak K., Wójcik G., 2001: *Klimat województwa kujawsko-pomorskiego* [W:] Przystalski A. (red.), *Przyroda województwa kujawsko-pomorskiego*, Wyd. Nice, Bydgoszcz, 12-32.
- Matuszko D. (red.), 2007: *Klimat Krakowa w XX wieku*, IGI GP UJ, Kraków.
- Niedźwiedz T., 2003: *Słownik meteorologiczny*, Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej, Warszawa.
- Podstawczyńska A., 2007: Cechy solarne klimatu Łodzi, *Acta Universitatis Lodzianensis, Folia Geographica Physica* 7, Wyd. Uniwersytetu Łódzkiego.
- Rocznik Statystyczny RP, 2010: GUS, Warszawa.
- Szymanowski M., 2007: Miejska wyspa ciepła we Wrocławiu, *Acta Univ. Wratislav.*, No 2690, *Studia Geograficzne* 77, Wrocław.

- Szymanowski M., Kryza M., 2008: GIS application for the spatial interpolation of the urban heat island in Wrocław, Poland [In:] Kłysik K., Wibig J., Fortuniak K. (red.) Klimat i bioklimat miast, Wyd. UŁ, Łódź, 21-34.
- Wojtkowski J., 2007: Zastosowanie wysokorozdzielczych zobrazowań satelitarnych Terra ASTER w badaniach termiki powierzchni Ziemi, *Acta Agrophysica* 9 (3): 791-807.
- Wojtkowski J., 2008: Wpływ pokrycia i użytkowania terenu na kształtowanie się warunków termicznych w Krakowie, [W:] Kłysik K., Wibig J., Fortuniak K. (red.) Klimat i bioklimat miast, Wyd. UŁ, Łódź, 113-122.
- Wójcik G., Marciniak K., 1984: Zróżnicowanie stosunków termicznych na obszarze Torunia [W:] I Ogólnopolska Konferencja Klimat i bioklimat miast, Wyd. UŁ, Łódź, 100-106.

Abstract

This paper presents the outline, methodology, and the state of the realization of a research project. Its goal is to study the influence of environmental, dynamic, and anthropogenic factors on meteorological and biometeorological conditions. It is also planned to work out a map of Toruń topoclimates. The research was performed for over a year on the basis of a network of 26 measurement points selected in different places in Toruń and its neighbourhood with automatic registration of basic meteorological elements and thermal imageries from Terra ASTER satellite. The environment geographic information system created in ArcGIS is used for interpolation of individual meteorological elements and for distribution of biometeorological indices. Various spatial data were used such as land cover, land use, localization and height of buildings, digital elevation model (DEM), and present-day colour orthophotomap. Project results relating to the variability of Toruń bioclimatic conditions may be used for organization of tourism and recreation, and the created map of topoclimates for spatial planning and further development of the city.

dr Mieczysław Kunz
met@umk.pl
tel. +48 56 612 25 66

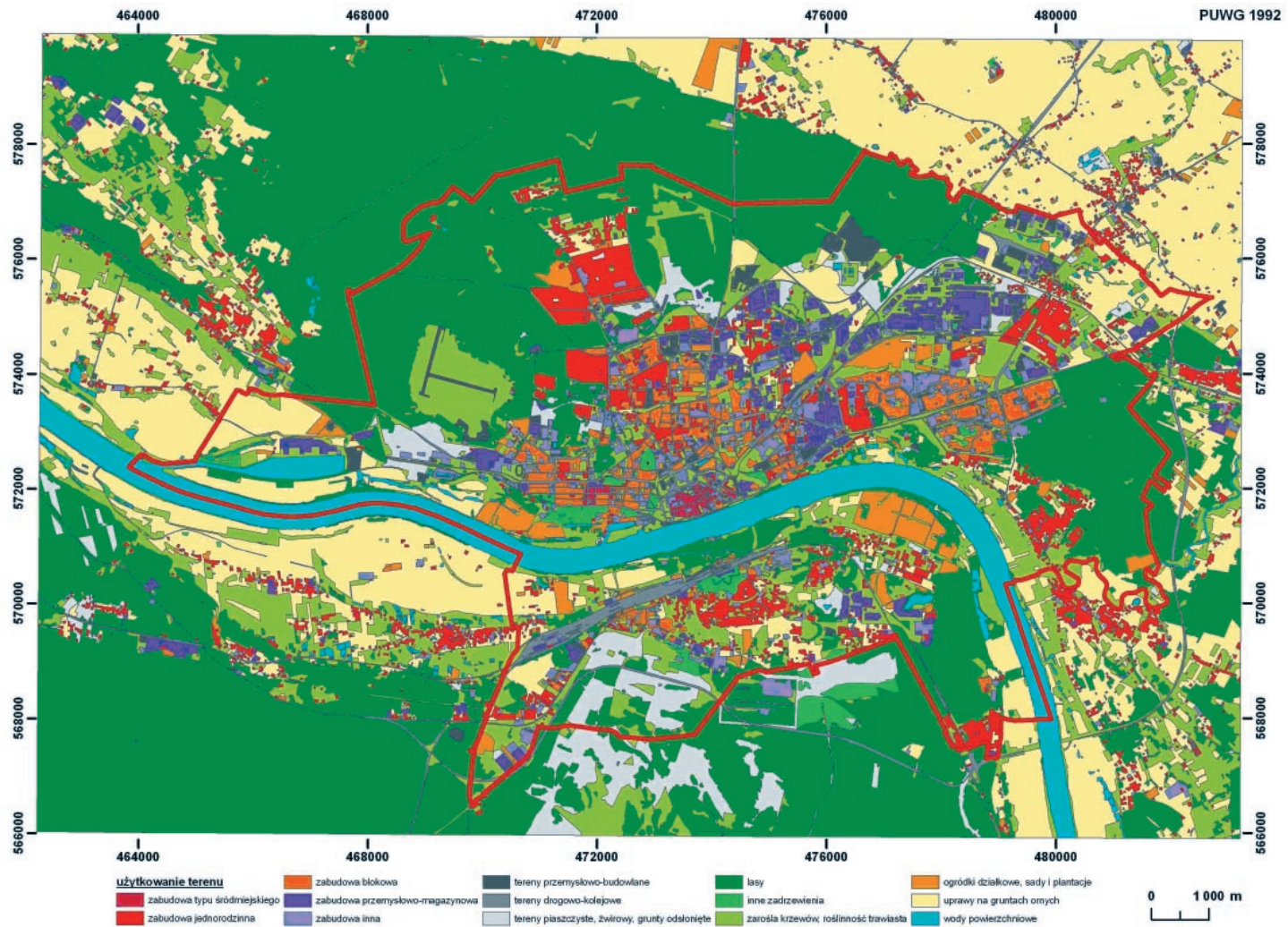
dr hab. Marek Kejna
makej@umk.pl
tel. +48 56 612 26 19

dr Joanna Uscka-Kowalkowska
joannauk@umk.pl
tel. +48 56 612 26 18

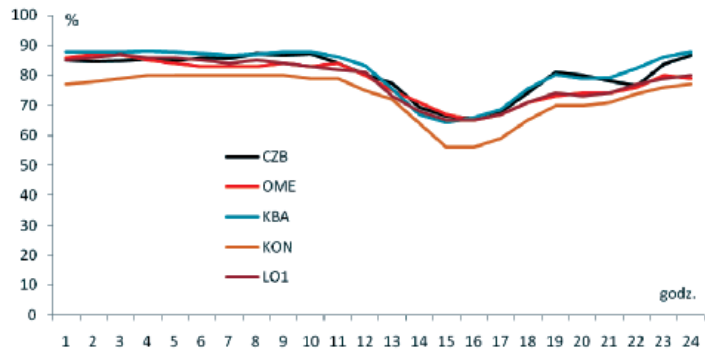
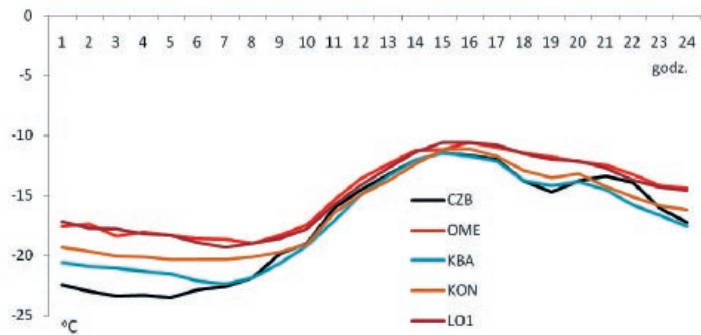
dr Andrzej Arażny
andy@umk.pl
tel. +48 56 612 26 17

prof. dr hab. Rajmund Przybylak
rp11@umk.pl
tel. +48 56 612 26-21

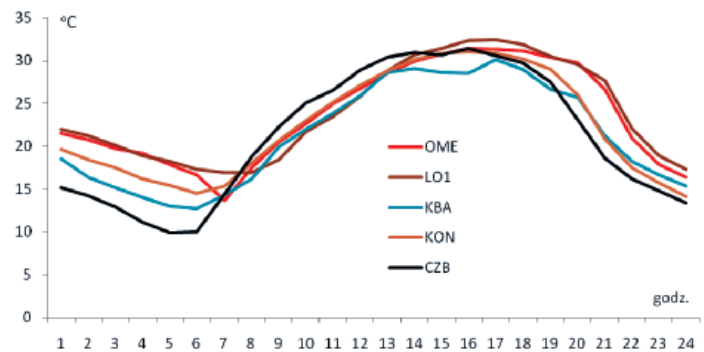
mgr Rafał Maszewski
rafmasz@umk.pl
tel. +48 56 612 26 16



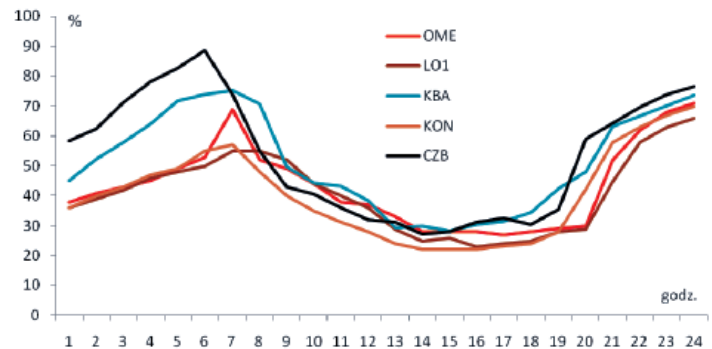
Rys. 4. Mapa pokrycia/użytkowania terenu dla miasta Torunia i jego najbliższego otoczenia



Rys. 5. Przebiegi w wybranych stanowiskach pomiarów meteorologicznych w rejonie Torunia w dniu 3 lutego 2012 r.: a – temperatury, b – wilgotności względnej powietrza



a



b

Rys. 6. Przebiegi w wybranych stanowiskach pomiarów meteorologicznych w rejonie Torunia w dniu 30 kwietnia 2012 r.: a – temperatury, b – wilgotności względnej powietrza