

JOLANTA RADOSZ, ZBIGNIEW CAPUTA

KONCEPCJA POMIARÓW SKŁADNIKÓW BILANSU CIEPLNEGO POWIERZCHNI CZYNNEJ ZA POMOCĄ STACJI TERENOWYCH

Abstrakt: Celem opracowania jest prezentacja pomiarów składników bilansu cieplnego powierzchni czynnej Wyżyny Katowickiej. Pomiary zostaną przeprowadzone za pomocą automatycznych stacji — stacjonarnej i terenowej, wyposażonych w anemometry soniczne, higrometry kryptonowe oraz bilansomierze promieniowania, zamontowane na maszcie o wysokości umożliwiającej pomiar parametrów cechujących badaną powierzchnię. Pomiar będzie dokonywany z częstotliwością 10 Hz i uśredniany za okres 60 sek. Przewiduje się ustawianie stacji terenowej w punktach wzdłuż wytyczonego profilu, i dokonywanie pomiarów w obrębie wytypowanych powierzchni w ciągu doby, w warunkach pogody wyżowej, niżowej i bezgradientowej, w cieplej i chłodnej masie powietrza. Spodziewanym efektem badań będzie wydzielenie obszarów o podobnym bilansie cieplnym, oszacowanie wartości składników bilansu energii dla każdego z nich, co łącznie pozwoli na sprawdzenie oraz ocenienie zastosowanej metody.

Słowa kluczowe: bilans cieplny, stacje terenowe, Wyżyna Katowicka.

1. Wstęp

Pomiary składników bilansu cieplnego przeprowadzone w obrębie Wyżyny Śląskiej pozwolą na określenie zróżnicowania przestrzennego jej powierzchni czynnej. W pierwszym etapie zostaną one wykonane na obszarze jednego z pięciu mezoregionów proponowanego obszaru, tj. na Wyżynie Katowickiej. Wybór jest determinowany szczegółowym opracowywaniem w Katedrze Klimatologii UŚ warunków klimatu lokalnego (Bil 2000, 2001; Bil i in. 2003; Caputa 2001, 2002; Caputa, Leśniok 2001; Caputa i in. 2003; Niedźwiedź, Ustrnul 1989; Niedźwiedź i in. 1997).

Wyżyna Śląska należy do obszarów silnie przekształconych przez człowieka. Od pierwszej połowy XIX w. następowały tutaj zmiany w krajobrazie naturalnym, spowodowane koncentracją przemysłu i rozwojem miast. Zmiany te nasiliły się w XX w. i wpływały na klimat lokalny, czym zajmowali się między innymi A. Kamiński (1991), T. Niedźwiedź (2000), T. Niedźwiedź i in. (1997). Równolegle prowadzono badania nad wpływem cyrkulacji, typu pogody oraz czynników lokalnych

na klimat GOP i Wyżyny Śląsko-Krakowskiej (Kraujalis 1972, 1980; Niedźwiedź 1998, 2000; Niedźwiedź i in. 1997; Ośródka 1999; Ośródka, Wojtylak 1996).

Najbardziej istotnym argumentem przy wyborze obszaru badań wydaje się być wielkie zróżnicowanie powierzchni. Proponowana koncepcja jest również pewną kontynuacją prowadzonych od lat dziewięćdziesiątych XX stulecia badań nad zagadnieniem zróżnicowania topoklimatycznego Wyżyny Śląskiej. Przeprowadzona nieinstrumentalną metodą (Paszyński 1980) wstępna klasyfikacja jej powierzchni znalazła odzwierciedlenie w postaci map topoklimatycznych, obejmujących wybrane fragmenty tego obszaru (Kamiński, Radosz 1991, 1993, 1994, 2000, 2001, 2002, 2003; Radosz, Kamiński 2003). Zakłada się, że wytypowane powierzchnie czynne są jednorodne, a każda z nich cechuje się swoistym bilansem energii. Jego równanie w ogólnej postaci jest następujące:

$$Q + H + E + G = 0 \text{ [Wm}^{-2}\text{]}$$

gdzie: Q oznacza saldo promieniowania, H, E i G to odpowiednio pionowe strumienie ciepła odczuwalnego, utajonego oraz strumień ciepła w podłożu.

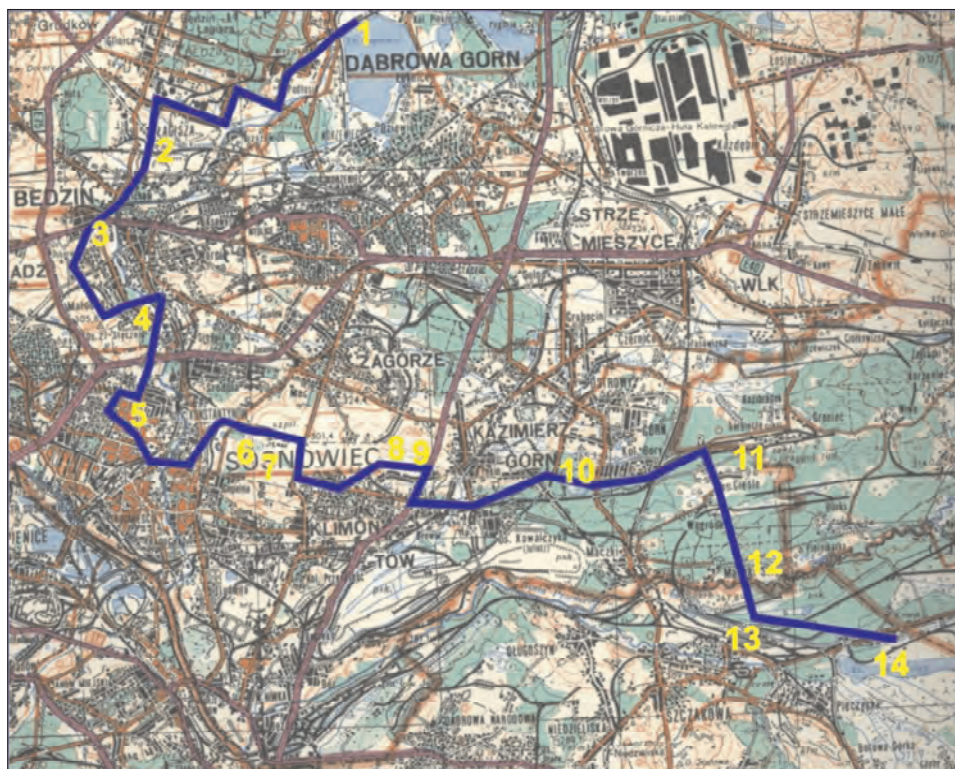
2. Charakterystyka obszaru

Wyżyna Katowicka, będąca jednym z pięciu mezoregionów Wyżyny Śląskiej (Kondracki 2001) jest obszarem wyniesionym od 250 m n.p.m. do maksymalnie 360 m n.p.m. Obszar ten, zbudowany ze skał karbońskich, przykrytych w części północnej skałami węglanowymi, ma charakter rzeźby zrębowej, reprezentowanej przez płaskowyże, garby i wzgórza, rozdzielające kotliny zapadliskowe. Niemal na całej powierzchni rozpowszechnione są utwory piaszczysto-gliniaste z kompleksem gleb bielcowych oraz brunatnych, stanowiących siedliska borów sosnowych świeżych oraz suchych. Mniejszy udział w pokrywie glebowej mają rędziny porośnięte lasami liściastymi oraz utwory organiczne z glebami mułowo-bagiennymi, na których, wzdłuż dolin rzecznych rozwinęły się łągi z wierzbami i topolami, na pozostałym obszarze – użytki zielone.

Jest to zarazem mezoregion o największych powierzchniach zurbanizowanych i uprzemysłowionych, a także o zdegradowanym środowisku glebowym. Jednym z przejawów takiej degradacji jest zaburzenie warunków wilgotnościowych, spowodowane osiadaniami terenu poniżej poziomu wód gruntowych. Powoduje to tworzenie się podmokłości i zbiorników wodnych lub osiadanie wskutek odwodnienia, wywołujące następnie osuszenie warstw przypowierzchniowych (Czaja 1988).

3. Metodyka badań

Do wyznaczenia składników bilansu energii wybranych jednorodnych powierzchni zastosowana zostanie metoda pomiarów patrolowych z wykorzystaniem automatycznej stacji mobilnej oraz pomiarów ciągłych w oparciu o automatyczną stację stacjonarną.



Ryc. 1. Lokalizacja punktów pomiarowych wzdłuż profilu we wschodniej części Wyżyny Katowickiej

Fig. 1. Localisation of measurement points along the research profile in the eastern part of the Katowice Upland

3.1. Pomiary patrolowe

Przyjęte zostało założenie wykonywania bezpośrednich pomiarów składników bilansu energii w terenie zurbanizowanym i uprzemysłowionym, wzdłuż wyznaczonego profilu. Profil liczący 25 km został wytyczony przez powierzchnie występujące powszechnie na Wyżynie Katowickiej. Jego przebieg ilustruje rycina 1, powierzchnie wydzielone wraz z ich zaklasyfikowaniem do formy terenu zawiera tabela 1, tabela 2 zawiera lokalizację oraz krótką charakterystykę stanowisk. Dla zobrazowania wielkości proponowanych powierzchni wykorzystane zostały wcześniejsze opracowania typów topoklimatu wybranych miast (Kamiński, Radosz 2000, 2001, 2003; Radosz, Kamiński 2003), co umożliwiło szacunkową ocenę procentowego udziału powierzchni reprezentujących poszczególne formy użytkowania terenu (tab. 3). Wartości składników bilansu cieplnego wybranych powierzchni uzyskane zostaną drogą pomiarów patrolowych. Schemat oraz zestaw czujników proponowanej stacji patrolowej przedstawiony został na rycinie 2. Tak przygotowane instrumenty pozwolą na pomiary składników bilansu cieplnego – bilansu promieniowania oraz wyznaczeniu metodą korelacyjną strumieni ciepła jawnego i utajonego.

W oparciu o tak skonstruowaną stację patrolową zakłada się dokonywanie pomiarów w warunkach pogody niżowej, wyżowej oraz bezgradientowej, w ciepłej i chłodnej masie powietrza, prowadzonych w okresie jednego roku. Liczba dni pomiarowych zostanie zaplanowana na podstawie analizy materiałów archiwalnych typów pogody oraz możliwości technicznych. Pomiar wzdłuż profilu będzie wykonywany każdorazowo przez całą dobę z częstością 10 Hz i uśrednianiu za okres 60 sek.

Uzyskane pomiary dadzą chwilowe wartości strumieni ciepła. Opracowywanie wyników będzie polegało na odnoszeniu danych uzyskanych z pomiarów patrolowych do warunków standardowych, co umożliwi weryfikację uprzednio wydzielonych powierzchni. W dalszym postępowaniu dla każdego składnika bilansu cieplnego zostaną wyznaczone odchylenia od wartości standardowych (Paszyński i in. 1999). Zakłada się skonstruowanie modelu statystycznego pozwalającego obliczyć wartości strumieni bilansu cieplnego dla badanych powierzchni w skali roku. Analiza korelacji wzajemnej pozwoli wytypować zmienne do modelu, natomiast najbardziej adekwatnymi są modele regresji wielokrotnej oraz analiza nieparametryczna dla małej liczby przypadków.

3.2. Pomiary stacjonarne

Stacja meteorologiczna zlokalizowana jest przy Wydziale Nauk o Ziemi, Uniwersytetu Śląskiego w Sosnowcu przy ulicy Będzińskiej 60, na wysokości 263 m n.p.m. Szczegółowe położenie określają współrzędne geograficzne: 19°08'E, 50°18'N. Funkcjonująca od roku 1999 automatyczna stacja obecnie jest wyposażona w następujące czujniki: termohigrometr (2 m), czujniki prędkości i kierunku wiatru (10 m), bilansomierz promieniowania (1,5 m), deszczomierz (1 m) oraz zestaw termometrów do pomiaru profilu termicznego od -100 do 200 cm. Zakres pomia-

Tab. 1. Wydzielone powierzchnie użytkowania terenu wzdłuż wyznaczonego profilu
Table 1. Chosen surfaces of land use along the marked profile

Forma użytkowania terenu	Forma terenu		
	Wypukła	Płaska	Wklęsła
	+	+	+
Las	+	+	+
Tereny zielone (parki, cmentarze, ogródki działkowe)	+	+	
Zabudowa zwarta	+	+	+
Zabudowa rozproszona	+	+	+
Hałda	+		
Wyrobisko			+
Zbiornik wodny		+	

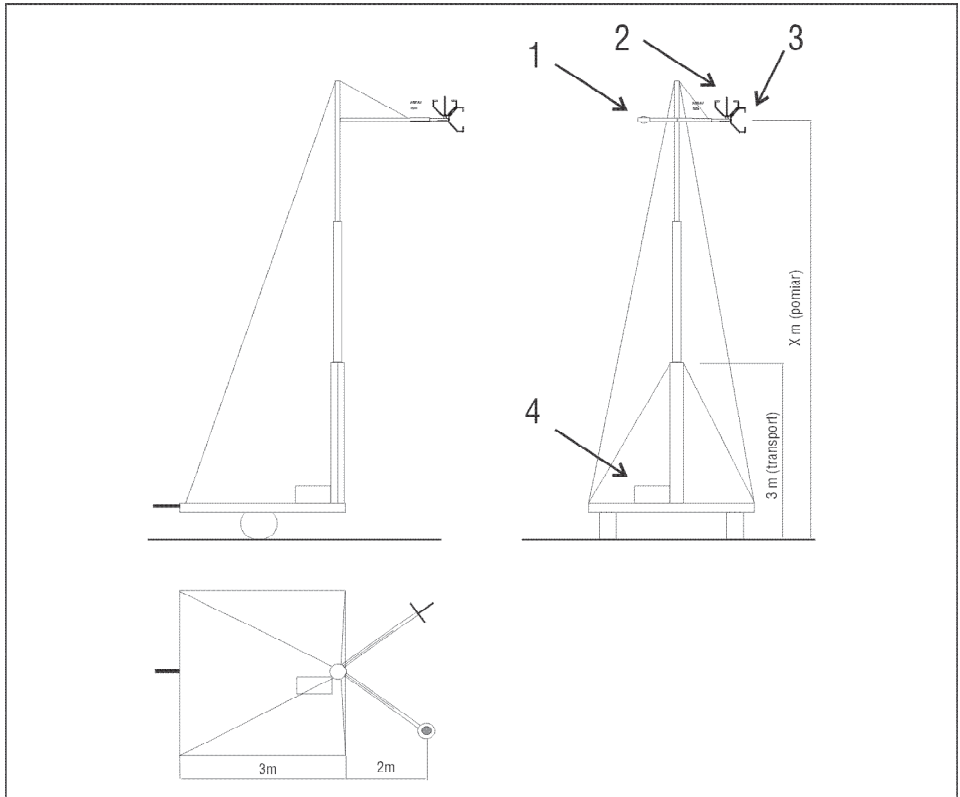
+ - położenie użytkowanej powierzchni w stosunku do formy terenu.

Tab. 2. Opis stanowisk w obrębie wydzielonych powierzchni użytkowania terenu
Table 2. Description of sites within chosen surfaces of land use

Forma użytkowania terenu	Stanowisko		
	Nr	Lokalizacja	Opis stanowiska
Zbiornik wodny Pogoria III	1	Dąbrowa Górnicza	Rozległa tafła wodna
Hałda	2	Będzin-Łągisza	Odpady z elektrowni brak roślinności
Obszar zwartej zabudowy	3	Będzin-Syberka	Zwarta zabudowa wysoka na wzniesieniu
Tereny zielone (cmentarz, ogródek działkowy)	4	Będzin/Sosnowiec	Cmentarz na stoku, ogródek na obszarze płaskim
Obszar zwartej zabudowy	5	Sosnowiec centrum	Zwarta zabudowa wysoka na obszarze płaskim
Trwały użytek zielony	6	Kolonia pod Klimontowem	Rozległa, płytka dolina; siedliska od suchych po wilgotne
Obszar zabudowy jednorodzinnej	7	Kolonia pod Klimontowem	Rozległa, płytka dolina z trwałym użytkowaniem zielonym
Trwały użytek zielony	8	Pekin- Sosnowiec	Uprawy, ugory, siedliska wilgotne
Trwały użytek zielony	9	Ostrowy Górnicze	Torfowisko przejściowe, siedliska wilgotne
Las	10	W rejonie zbiornika Balaton	Bór sosnowy na wzniesieniu, w zagłębieniu – las łęgowy
Trwały użytek zielony	11	Kolonia Cieśle	Łąki śródleśne, siedliska ciepłochłonne i sucholubne
Obszar zabudowy jednorodzinnej	12	Maczki Stare	Obszar płaski
Wyrobisko	13	Szczakowa	Piaskownia
Las	14	Dolina Białej Przemysy	Łęg

Tab. 3. Udział form użytkowania terenu w ogólnej powierzchni wybranych miast (%)
 Table 3. Percentage of various forms of land use in the whole area of selected towns (%)

Forma użytkowania terenu	Miasto		
	Sosnowiec	Mysłowice	Dąbrowa Górnicza
Lasy	24	30	27
Trwałe użytki zielone	32,8	38	47
Tereny zielone (cmentarze, ogródki działkowe)	6	1	2
Obszary zwartej zabudowy	18	16,2	12,5
Obszary rozproszonej zabudowy	12	12	9
Wyrobiska	4,2	0,5	0,5
Hałdy	1,8	1,4	0,5
Zbiorniki wodne	1,1	0,4	1,5



Ryc. 2. Schemat mobilnej stacji patrolowej. 1 – bilansomierz promieniowania, 2 – anemometr soniczny, 3 – higrometr kryptonowy, 4 – logger.

Fig. 2. Model of mobile measurement station. 1 – radiation balance sensor, 2 – sonic anemometer, 3 – krypton hygrometer, 4 – data logger.

rów obejmuje zatem pomiary gradientowe oraz strukturę bilansu promieniowania. Wobec przyjętych założeń, aby spełniać warunki reprezentatywności w stosunku do stacji mobilnej, opisywana stacja musi zostać wyposażona w następujące przyrządy: anemometr soniczny, higrometr kryptonowy oraz strumieniomierz ciepła w gruncie. Pierwszy etap realizacji zadania będzie polegał na ustaleniu wysokości czujników nad powierzchnią czynną na stacji bazowej. Jest to istotne ze względu na bezpieczeństwo przyrządów, łatwość w obsłudze stacji terenowej, lecz przede wszystkim w aspekcie merytorycznym – od wysokości zainstalowania czujników będzie zależało uchwycenie parametrów cechujących rozwiniętą warstwę graniczną. Pomiary będą dokonywane przy pomocy loggera z częstotliwością 10 Hz, uśredniane i zapisywane co 60 sekund. Opracowywanie wyników będzie polegało na obliczeniu wartości strumieni bilansu cieplnego i określeniu jego struktury.

4. Wyniki

Zastosowanie ciągłych i patrolowych pomiarów elementów meteorologicznych nie jest podejściem nowatorskim i może mieć zarówno pozytywne aspekty, jak i stwarzać problemy. Pozytywnym będzie fakt dokonywania pomiarów w oparciu o zestaw stacji automatycznych, gdy jedna rejestruje w sposób ciągły, podczas gdy druga – stan chwilowy. Takie podejście zezwoli na sprawdzenie metody, umożliwi weryfikację założeń projektu w zakresie wyboru powierzchni i wielkości wymiany ciepła między powierzchnią graniczną a atmosferą. Wynikiem modelu statystycznego będzie przestrzenny rozkład wartości strumieni bilansu cieplnego dla badanych powierzchni w skali roku.

LITERATURA:

- Bil G., 2000, *Zmienność temperatury powietrza w Katowicach w latach 1931-1996 na tle zmian urbanistycznych*, Przegl. Geogr., 72, 1-2, 73-85.
- Bil G., 2001, *Zmienność warunków meteorologicznych sprzyjających koncentracji lub dyspersji zanieczyszczeń powietrza w GOP na tle sąsiednich rejonów*, maszynopis, Katedra Klimatologii, Uniwersytet Śląski, Sosnowiec.
- Bil G., Caputa Z., Kamiński A., 2003, *Air temperature modification caused by thermal influence of a building*, Acta Univ. Wratisl., 2542, 395-400.
- Caputa Z., 2001, *Pomiary bilansu promieniowania różnych powierzchni czynnych przy wykorzystaniu automatycznych stacji pomiarowych*, Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, 55/56, 11, 95-103.
- Caputa Z., 2002, *Struktura bilansu promieniowania na wybranych powierzchniach czynnych Wyżyny Śląsko-Krakowskiej*, maszynopis, Katedra Klimatologii, Uniwersytet Śląski, Sosnowiec.
- Caputa Z., Leśniok M., 2001, *Badania promieniowania całkowitego i zapylenia atmosfery na obszarze Sosnowca*, [w:] J. Prášek (red.), *Změny geografického prostředí v pohraničních oblastech hornoslezského a ostravského regionu*, Ostravska Univerzita, Ostrava, 91-97.

- Caputa Z., Leśniok M., Niedźwiedz T., Puszczewicz Z., Widawski A., 2003, *Research problems of urban and industrial areas climate in Department of Climatology, Faculty of Earth Sciences, University of Silesia*, [w:] K. Kłysik, T. Oke, K. Fortuniak, S. Grimmond, J. Wibig (red.), *Proceedings 1, 5th Intern. Conf. on Urban Clim.*, 1-5.09.2003, Łódź, 47-50.
- Czaja S., 1988, *Zmiany stosunków wodnych w zlewni Brynicy*, *Geographia, Studia et Dissertationes*, 11, Katowice, 60-93.
- Kamiński A., 1991, *Klimat obszarów zurbanizowanych i przemysłowych*, [w:] A.T. Jankowski (red.), *Kształtowanie środowiska geograficznego i ochrona przyrody na obszarach uprzemysłowionych i zurbanizowanych*, Katowice-Sosnowiec, 18-23.
- Kamiński A., Radosz J., 1991, *Zmiany zróżnicowania topoklimatów okolic Jastrzębia Zdroju w Rybnickim Okręgu Węglowym*, [w:] A.T. Jankowski, T. Szczypek (red.), *Człowiek i środowisko w Górnos Śląsko-Ostrawskim Regionie Przemysłowym*, *Mat. Symp. Polsko-Czeskiego*, Sosnowiec, 55-61.
- Kamiński A., Radosz J., 1993, *Zróżnicowanie topoklimatyczne w Górnos Śląskim Okręgu Przemysłowym na przykładzie miasta Tychy*, [w:] V. Kriz, J. Prasek, A.T. Jankowski (red.), *Zmeny geografického prostredi v pohranicnich oblastech ostravskeho a hornoslezskeho regionu*, *Ostravska Univerzita, Uniwersytet Śląski, Ostrawa*, 59-66.
- Kamiński A., Radosz J., 1994, *Waloryzacja topoklimatu Rudzkiego Parku Krajobrazowego*, maszynopis, Sosnowiec.
- Kamiński A., Radosz J., 2000, *Differencjacja i wremiennaja izmiennywost' topoklimatow na territorii g. Sosnowca*, [w:] A.T. Jankowski, I.I. Pirożnik (red.), *Natural use in the different conditions of human impact*, *Belarus State Univ., Univ. of Silesia, Minsk-Sosnowiec*, 193-195.
- Kamiński A., Radosz J., 2001, *Zróżnicowanie topoklimatu i jego zmiany w czasie na obszarze Mysłowic*, [w:] J. Prášek (red.), *Změny geografického prostředí v pohraničních oblastech hornoslezského a ostravského regionu*, *Ostravska Univ., Ostrawa*, 140-145.
- Kamiński A., Radosz J., 2002, *Topoklimaticzeskaja differencyacyna teritorii goroga Tarnowskie Góry (Silezskaja Wozwyszennost, Polska)*, [w:] V.N. Andreyczuk, V.P. Korzyzhyk (red.), *Regional aspects of land use*, *Chemimvtsy-Sosnowiec*, 91-95.
- Kamiński A., Radosz J., 2003, *Topoklimat Wyżyny Śląskiej: Dąbrowa Górnicza*, [w:] A.T. Jankowski, M. Rzętała (red.), *Problemy geoekologiczne górnośląsko-ostrawskiego regionu przemysłowego*, *Mat. Symp. Polsko-Czeskiego, Uniw. Śląski, Sosnowiec*, 66-71.
- Kondracki J., 2001, *Geografia regionalna Polski*, PWN, Warszawa.
- Kraujalis M.W., 1972, *Udział ciepła ze sztucznych źródeł w bilansie cieplnym na obszarze Polski*, *Prace geogr. IGIpZ PAN*, 93, 74.
- Kraujalis M.W., 1980, *Zróżnicowanie warunków termicznych podłoża atmosfery na obszarze miasta*, [w:] M. Kluge (red.), *Metody opracowań topoklimatycznych*, *Dok. Geogr.*, 3, 84-88.
- Niedźwiedz T., 1998, *Rola cyrkulacji atmosfery w kształtowaniu klimatu Górnego Śląska*, [w:] Rzętała M., Szczypek T. (red.), *Geografia w kształtowaniu i ochronie środowiska oraz transformacji gospodarczej regionu górnośląskiego*, *Mat. 47 Zjazdu PTG, Sosnowiec*, 35-49.
- Niedźwiedz T., 2000, *Częstość występowania układów barycznych, mas powietrza i frontów nad regionem górnośląskim*, [w:] A.T. Jankowski, U. Myga-Piątek, S. Ostaficzuk (red.), *Środowisko przyrodnicze regionu górnośląskiego — stan poznania, zagrożenia i ochrona*, *Mat. Konf. Nauk., Sosnowiec-Tarnowskie Góry*, 71-77.

- Niedźwiedz T., Łupikasza E., Bielec Z., Leśniok M., 1997, *Zmienność wieloletnia warunków meteorologicznych GOP na tle współczesnych zmian klimatu Europy*, Maszynopis, Katedra Klimatologii, Uniwersytet Śląski, Sosnowiec.
- Niedźwiedz T., Ustrnul Z., 1989, *Wpływ sytuacji synoptycznej na występowanie nad Górnos Śląskim Okręgiem Przemysłowym typów pogody sprzyjających koncentracji lub rozpraszaniu zanieczyszczeń powietrza*, Wiad. IMGW, 12 (33), 1-2, 31–37.
- Ośródk L., 1999, *Przebieg podstawowych elementów pogody w aglomeracji katowickiej w latach 1993–1999*, [w:] *Monografia systemu automatycznych pomiarów jakości powietrza w aglomeracji katowickiej (1993–1999)*, Wojewoda Śląski – OBiKŚ, Katowice.
- Ośródk L., Wojtylak M., 1996, *Tendencje przebiegu wybranych elementów meteorologicznych w Górnos Śląskim Okręgu Przemysłowym. Próba oceny wpływu człowieka na klimat*, [w:] *Metody badań wpływu czynników antropogenicznych na warunki klimatyczne i hydrologiczne w obszarach zurbanizowanych*, Mat. Konf. Nauk., Katowice, 12–14 września 1996, 115–126.
- Paszyński J., 1980, *Metody sporządzania map topoklimatycznych*, Dok. Geogr., 3, 13-28.
- Paszyński J., Miara K., Skoczek J., 1999, *Wymiana energii między atmosferą a podłożem jako podstawa kartowania topoklimatycznego*, Dok. Geogr., 14.
- Radosz J., Kamiński A., 2003, *Topoclimatic Mapping on 1:50 000 scale, The Map sheet of Bytom*, [w:] K. Kłysik, T. Oke, K. Fortuniak, S. Grimmond, J. Wibig (red.), *Proceedings 1, 5th Intern. Conf. on Urban Clim.*, 1-5.09.2003, Łódź, 236.

A SCHEME OF MEASUREMENTS OF HEAT BALANCE COMPONENTS OVER AN ACTIVE SURFACE BY MEANS OF A FIELD STATION

SUMMARY

The aim of this study is to present conception of evaluation of heat balance components of active surface within Katowice Upland. Measurements will be taken using automatic stations – both stationary and mobile ones, with equipment composed of sonic anemometers, krypton hygrometers and radiation balance meters, installed at masts of height enabling recording parameters which are typical for surfaces investigated. The measurement will be made with frequency of 10 Hz and averaged to 1 minute. Field station will be moved along the traced profile (Fig. 1, Tab. 2), every time making measurements within chosen surfaces during 24 hours, under conditions of anti-cyclone, cyclone and gradientless weather, in warm and calm air-masses. Number of measuring days will be determined adequately to weather types and technical possibilities. The expected result will be separating areas of similar heat balance, estimation of values of heat balance for every of them, what in total will allow checking and evaluating of method applied.