

*Marek Angiel*

Uniwersytet Jagielloński, Instytut Geografii  
Stacja Naukowa w Łazach k. Bochni

## ZASTOSOWANIE AUTORSKIEJ, AUTOMATYCZNEJ STACJI METEOROLOGICZNEJ W BADANIACH WYMIANY ENERGII MIĘDZY ATMOSFERĄ A PODŁOŻEM

*Zarys treści:* Artykuł prezentuje konstrukcję autorskiej, automatycznej stacji meteorologicznej, stosowanej z powodzeniem w badaniach wymiany energii między atmosferą a jej podłożem na progu Pogórza Wiśnickiego w Stacji Naukowej Instytutu Geografii UJ w Łazach k. Bochni. Wyniki pomiarów uzyskiwane z automatycznej stacji meteorologicznej pozwalają na określenie czasowej zmienności wielkości strumienia ciepła w gruncie i poznanie warunków dostawy ciepła do typowej dla tego obszaru pokrywy glebowo-roślinnej. Podano przykłady wykorzystania danych pomiarowych.

*Słowa kluczowe:* automatyczna stacja meteorologiczna, wymiana energii.

*Key words:* automatic weather station, energy exchange.

### 1. Wprowadzenie

Automatyczna stacja meteorologiczna jest dobrym narzędziem pomiarowym, szczególnie przydatnym przy podejmowaniu różnorodnych prac badawczych z zakresu mikroklimatologii i topoklimatologii. Głównym atutem stacji automatycznej jest możliwość równoczesnego prowadzenia pomiarów wielu elementów meteorologicznych i dowolny krok czasowy, w jakim te pomiary są prowadzone. Inną, ważną cechą stacji automatycznej jest sposób, w jaki gromadzone są w niej wyniki pomiarów. Analogowe wyniki z czujników pomiarowych są zamieniane na postać cyfrową i przechowywane w pamięci stacji lub przesyłane do adresata. Uzyskane w ten sposób dane pomiarowe umożliwiają łatwy dostęp do nich; pomijany jest żmudny proces ich przekształcania

z postaci analogowej na postać cyfrową. Ważną, pozytywną cechą nowoczesnej stacji automatycznej, jest jej duża sprawność i niezawodność. Wszystkie wymienione powyżej atuty meteorologicznych stacji automatycznych winny przekonywać do ich stosowania w codziennej praktyce pomiarowej. Wydaje się, że podstawowym problemem, jaki musi być rozwiązany przed podjęciem decyzji o zakupie (budowie) stacji, jest wyraźne sprecyzowanie celu, jaki ma zostać osiągnięty w wyniku jej stosowania. To konieczność uzyskania serii pomiarowych z konkretnych czujników, w ściśle założonym okresie, przy ustalonej częstotliwości próbkowania, determinuje sposób rozwiązań konstrukcyjnych, a co za tym idzie – ustala koszty budowy stacji.

## 2. Cel budowy automatycznej stacji meteorologicznej

Artykuł prezentuje udaną próbę stworzenia i eksploatacji autorskiej, automatycznej stacji meteorologicznej na Stacji Naukowej Instytutu Geografii Uniwersytetu Jagielloń-skiego w Łazach k. Bochni, gdzie taka stacja jest narzędziem pozwalającym na prowadzenie badań wymiany energii między atmosferą a jej podłożem. Stacja Naukowa IG UJ w Łazach k. Bochni jest położona na progu Karpat i Kotliny Sandomierskiej na wysokości 245 m n.p.m. Badania prowadzone są na stanowisku reprezentatywnym dla wierzchowin i górnych partii zboczy garbów Pogórza Wiśnickiego. Tworząc automatyczną stację meteorologiczną postawiono sobie za cel:

- poznanie czasowej zmienności wielkości strumienia ciepła w gruncie i zasobów ciepła w typowej dla obszaru progu Pogórza pokrywie glebowo-roślinnej oraz
- poznanie warunków dostawy ciepła do gruntu na tym obszarze.

Automatyczna stacja meteorologiczna powstała w oparciu o zespół różnych czujników pomiarowych, a system rejestracji zbudowany został z modułów pomiarowych serii ADAM-4000 firmy Advantech.

Trzeba wyraźnie stwierdzić, że wyposażenie stacji badawczej lub pomiarowej w automatyczną stację meteorologiczną jest przedsięwzięciem kosztownym. Pojęcie stacji automatycznej nie jest jednoznaczne. Stacją automatyczną może być zarówno prosty układ pomiarowo-rejestrujący, jak i rozbudowany oraz specjalizowany zespół składający się z wielu urządzeń pomiarowych i rejestratorów. Najprostszą stacją automatyczną jest układ składający się przynajmniej z jednego czujnika pomiarowego, z jednego przetwornika analogowo-cyfrowego i z pamięci, która pozwala przechować zebrane informacje. Pamięć, w którą musi być wyposażona każda stacja automatyczna, może znajdować się w zespole rejestrującym lub też może być to pamięć masowa komputera współpracującego ze stacją.

Licząc się z kosztami, można próbować budować stacje automatyczne według pomysłów autorskich w celu obniżenia kosztów takiego urządzenia, pamiętając jednocześnie, by nie obniżyć jego walorów użytkowych. Jednym ze sposobów obniżenia kosztów stacji jest zastąpienie istniejącego, bardzo drogiego i wyspecjalizowanego rejestratora (loggera), innym zespołem urządzeń spełniającym nasze oczekiwania. Nigdy jednak nie należy próbować zastępować dobrych, sprawdzonych czujników pomiarowych renomowanych firm pozornie tańszymi, nieprofesjonalnymi czujnikami,

z którymi możemy mieć wyłącznie kłopoty. Musimy pamiętać, że wartość uzyskanych wyników zależy przede wszystkim od jakości czujników pomiarowych.

### 3. Zastosowanie automatycznej stacji meteorologicznej w badaniach bilansu cieplnego

Na Stacji Naukowej w Łazach prowadzone są badania wymiany energii między atmosferą a jej podłożem. Jak wiadomo, promieniowanie słoneczne przekształcane jest w gruncie na energię cieplną zużywaną na parowanie, ogrzanie gruntu i przypowierzchniowej warstwy powietrza zgodnie z równaniem bilansu cieplnego:

$$R_n + LE + S + G = 0$$

gdzie:  $R_n$  – saldo promieniowania,  $LE$  – strumień ciepła utajonego,  $S$  – strumień ciepła jawnego,  $G$  – strumień ciepła wymienianego z podłożem.

Z równania tego wynika, że pomiędzy poszczególnymi jego członami istnieje związek, który przy zmieniającej się wilgotności gleby i wysokości pokrywy roślinnej oraz odmiennych warunkach meteorologicznych może się różnie kształtować. Badania wymiany energii między atmosferą a jej podłożem prowadzone na Stacji w Łazach koncentrują się głównie na określeniu związków, jakie zachodzą między poszczególnymi składnikami bilansu cieplnego powierzchni czynnej. Nadrzędnym celem badań wymiany energii jest poznanie oddziaływania różnych rodzajów geokompleksów na strukturę bilansu cieplnego powierzchni czynnej w różnych porach roku, przy odmiennych sytuacjach pogodowych.

W trakcie badań szczególny nacisk położono na:

- poznanie średniego dobowego rozkładu wielkości strumienia ciepła w gruncie (w typowym dla tego regionu typie pokrywy glebowo-roślinnej) w poszczególnych termicznych porach roku, przy różnych typach pogody,

- poznanie średniego dobowego rozkładu promieniowania pochłoniętego w poszczególnych termicznych porach roku, przy różnych typach pogody,

- określenie czasowego rozkładu wielkości strumienia ciepła w pokrywie glebowej i wielkości promieniowania pochłoniętego w poszczególnych termicznych porach roku,

- określenie wpływu środowiska geograficznego, a więc wpływu zarówno właściwości powierzchni czynnej, jak i warunków meteorologicznych na przebieg dzienny strumienia ciepła w pokrywie glebowej,

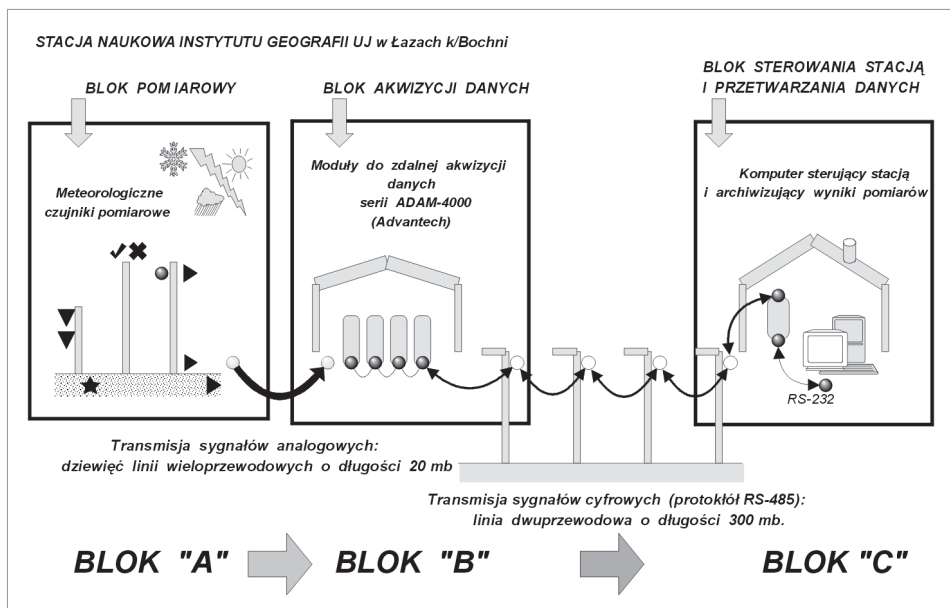
- poznanie związków, jakie zachodzą między strumieniem ciepła w gruncie a strumieniem promieniowania pochłoniętego.

### 4. Konstrukcja automatycznej stacji meteorologicznej

Od strony technicznej budowa stacji automatycznej polegała na rozwiązaniu problemu doboru czujników pomiarowych i rozwiązaniu sposobu rejestracji oraz przesyłu

danych z poletka pomiarowego (ogródka meteorologicznego) do budynku Stacji na odległość 300 metrów. Przyjęte rozwiązanie przedstawiono na ryc. 1.

Stacja automatyczna składa się z trzech bloków: bloku pomiarowego, bloku akwizycji danych oraz bloku sterowania stacją i przetwarzania danych. Sygnały zebrane z czujników pomiarowych (blok "A") są przesyłane w postaci analogowej na odległość 20 m do bloku akwizycji danych (blok "B"). Blok ten składa się z zespołu modułów

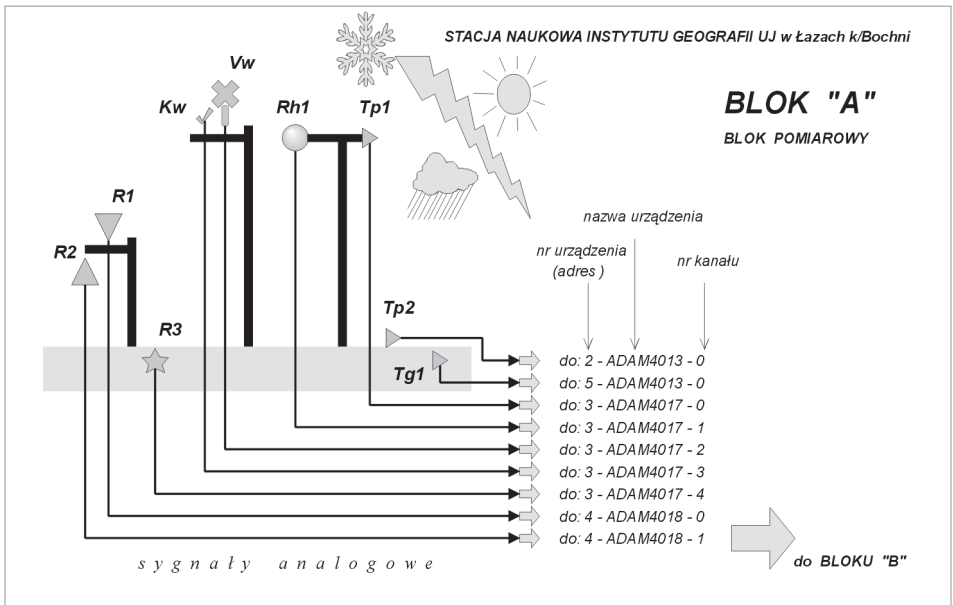


Ryc. 1. Schemat ideowy autorskiej, automatycznej stacji meteorologicznej na Stacji Naukowej IG UJ w Łazach k. Bochni

Fig. 1. Conceptual diagram of the author's automatic weather station at the Field Center of the Institute of Geography in Łazy near Bochnia

do zdalnego gromadzenia danych serii ADAM-4000 umieszczonego w domku pomiarowym. W bloku "B" sygnały analogowe są zamieniane na postać cyfrową i przesyłane napowietrzną linią o długości 300 m do komputera, który stanowi trzon bloku "C" – bloku sterowania stacją i przetwarzania danych.

**Blok pomiarowy ("A")** jest zespołem meteorologicznych czujników pomiarowych zamontowanych na specjalnych masztach, usytuowanym na terenie ogródka meteorologicznego (fot. 1). Schemat rozmieszczenia czujników w bloku pomiarowym przedstawia ryc. 2. Wyniki uzyskane z czujników pomiarowych umożliwiają prześledzenie czasowego rozkładu strumienia ciepła w gruncie, a także rozkład promieniowania słonecznego całkowitego i odbitego przez powierzchnię czynną. Poza tym aparatura umożliwia poznanie czasowego rozkładu temperatur i wilgotności powietrza na różnych wysokościach oraz rozkładu temperatury gruntu, a także prędkości i kierunku



Ryc. 2. Schemat rozmieszczenia czujników na poletku pomiarowym (Blok "A")

Fig. 2. Diagram of the arrangement of sensors in the experimental plot (Block "A")

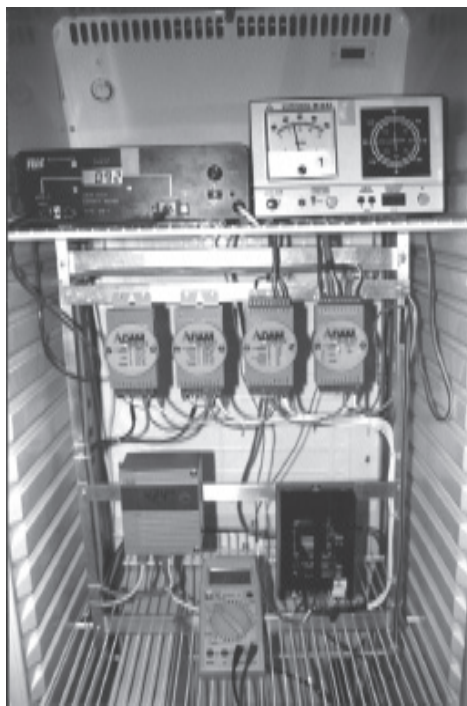
wiatru. Składowe bilansu promieniowania krótkofalowego mierzy się solarymetrem sprzężonym z albedo-metrem typu CM-11 (KIPP&ZONEN). Do pomiarów temperatury powietrza (na wysokości 0,05 m nad poziomem gruntu) i gruntu (na głębokości 0,05 m pod poziomem gruntu) zastosowano oporowe czujniki platynowe Pt-100. Do pomiaru temperatury i wilgotności powietrza na wysokości 2,0 m nad poziomem gruntu wykorzystano prze-twornik HMP143 (Vaisala). Wielkość strumienia ciepła w gruncie mierzy się czujnikiem natężenia strumienia ciepła MGS 3 (SOJO), współpracującym z miernikiem DM-1 (TUS Electronics). Do pomiaru prędkości i kierunku wiatru wykorzystano wiatromierz W-841 (Zootechnika).

**Blok akwizycji danych ("B")** jest miejscem, w którym wartość każdego pomiaru przesyłanego w postaci analogowej z bloku pomiarowego przekształcana jest na postać cyfrową. Z bloku akwizycji danych wartości pomiarów w postaci cyfrowej są przesyłane do sterującego stacją komputera, znajdującego się w bloku sterowania stacją i przetwarzania danych. Blok akwizycji danych zbudowany został z modułów do zdalnego groma-dzenia i kontroli danych serii ADAM-4000 firmy *Advantech* (fot. 2). Schemat konstrukcji bloku akwizycji danych zobrazowano na ryc. 3. Moduły serii ADAM-4000 umożliwiają zdalne połączenie czujników pomiarowych z komputerem, a przeznaczone są głównie do niezawodnej pracy w trudnych warunkach przemysłowych i klimatycznych. Producent oferuje kilkanaście modeli modułów posiadających różne typy wejść i wyjść: analogowe, termoparowe, PT-100, cyfrowe, licznikowe oraz przekaźnikowe; dostępne są również moduły rejestratora z pamięcią FLASH. Moduły posiadają jedno



Fot. 1. Zespół meteorologicznych czujników pomiarowych (blok "A")

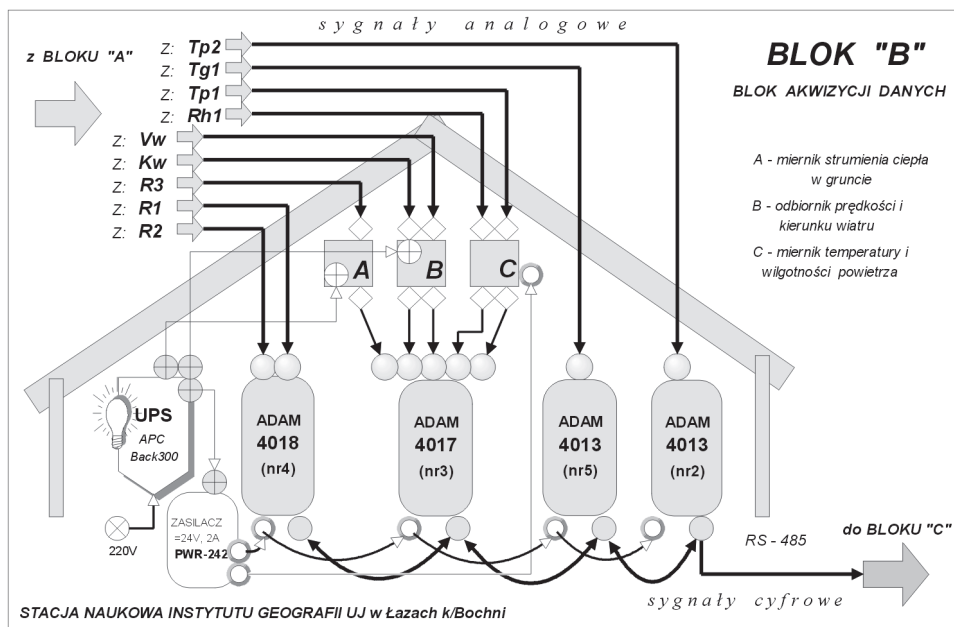
Photo 1. Meteorological sensors (block "A")



Fot. 2. Blok akwizycji danych (blok "B")

Photo 2. Data acquisition block (block "B")

lub osiem wejść analogowych, bądź jedno lub szesnaście wejść cyfrowych. Użytkownik zdalnie wybiera typ i zakres przy użyciu komendy wyjściowej z komputera sterującego. Moduł jednego typu z serii modułów ADAM-4000 może być używany równocześnie do wielu różnych zadań, co znacznie ułatwia projektowanie pracy tych urządzeń oraz ich obsługę. Moduły serii ADAM-4000 są sterowane prostymi rozkazami ASCII i mogą być łączone w sieć do 256 modułów na odległość do 1200 m; korzystają z przemysłowego, dwukierunkowego protokołu komunikacyjnego EIA RS-485. We wszystkich modułach wykorzystane są izolatory optyczne (do  $3000V_{DC}$ ) ograniczające możliwość uszkodzeń spowodowanych nagłym wzrostem napięcia. Do przesyłania i odbioru danych moduły ADAM-4000 wykorzystują tylko jedną parę przewodów. Moduły są zasilane napięciem od  $+10$  do  $+30 V_{DC}$  i są chronione przed przypadkowymi zmianami kierunku przepływu prądu; mogą być bezpiecznie podłączane i rozłączane bez zakłócania pracy sieci. Moduły z wejściem analogowym (jedno- i ośmiokanałowe) wykorzystują sterowane mikroprocesorem 16-bitowe przetworniki sigma-delta A/D. Wszystkie moduły serii ADAM-4000 są konfigurowane przez komputer sterujący, tak więc fizyczna regulacja modułów jest zbędna. Po otrzymaniu zgłoszenia z komputera sterującego moduł wysyła dane w wymaganym formacie przez sieć RS-485.



Ryc. 3. Schemat konstrukcji bloku akwizycji danych (Blok "B")

Fig. 3. Diagram of the construction of the data-acquisition block (Block "B")

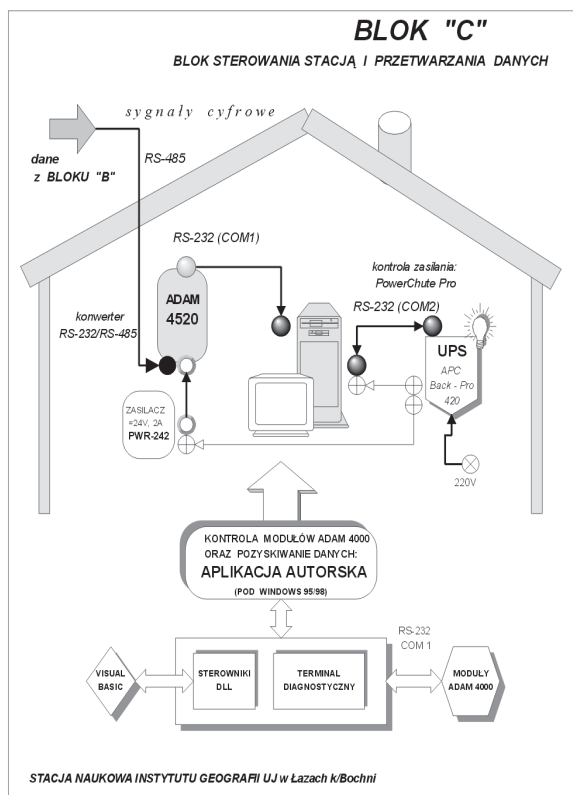
Przy budowie automatycznej stacji meteorologicznej wykorzystano trzy typy modułów z serii ADAM-4000 z wejściami analogowymi. Do obsługi czujników Pt-100 zastosowano moduły ADAM-4013. Moduł ten posiada przetwornik o rozdzielczości 16 bitów i akceptuje czujniki RTD z kablem 2-, 3- oraz 4-żyłowym; maksymalna częstota próbkowania wynosi 10 Hz. Do obsługi pięciu czujników pomiarowych z wyjściami analogowym  $\pm 1V$  użyto ośmiokanałowego modułu ADAM-4017. Moduł ten akceptuje wejścia analogowe typu: mV, V i mA, zapewniając programowalność zakresu wejściowego dla wszystkich ośmiu kanałów; posiada przetwornik o rozdzielczości 16 bitów; maksymalna częstota próbkowania dla wszystkich wejść analogowych wynosi 10 Hz. Czujniki promieniowania obsługuje ośmiokanałowy moduł ADAM-4018 z wejściem analogowym ustawionym w zakresie  $\pm 15mV$ . Moduł ten akceptuje wejścia analogowe typu: termopara, mV, V oraz mA. Moduł posiada przetwornik o rozdzielczości 16 bitów; maksymalna częstota próbkowania dla wszystkich wejść analogowych wynosi 10 Hz.

Dla prawidłowej pracy automatycznej stacji meteorologicznej konieczne jest skuteczne uziemienie sieci przesyłowej oraz wszystkich przyrządów pomiarowych i rejestrujących. W przypadku omawianej stacji należało również rozwiązać problem stabilizacji warunków termicznych i wilgotnościowych, które warunkują prawidłową pracę bloku akwizycji danych. Zastosowano klimatyzowaną szafę, która zapewnia umieszczonym w niej przyrządom przez cały rok stałą temperaturę  $+15^{\circ}C$  i wilgotność 60%.

**Blok sterowania stacją i przetwarzania danych ("C")** jest „mózgiem” automatycznej stacji meteorologicznej. Schemat rozwiązania tego bloku na Stacji Naukowej IG UJ w Łazach prezentuje ryc. 4. Kontrolą modułów i pozyskiwaniem danych steruje aplikacja autorska napisana w Visual Basic 4.0 z wykorzystaniem bibliotek DLL, pracująca w środowisku Windows 95. Do sterowania wykorzystuje się szeregowe złącze COM komputera sterującego. Próbkowanie wszystkich kanałów pomiarowych następuje co 60 sekund, a czas pobierany jest z zegara komputera. Program dokonuje korekty wyników zgodnie z charakterystykami fizycznymi urządzeń pomiarowych i przeliczenia na jednostki fizyczne. Bieżące wyniki z pomiarów są wyświetlane na ekranie komputera w czasie rzeczywistym. Wyniki pomiarów są archiwizowane w plikach, które aplikacja buduje automatycznie o godzinie 00<sup>00</sup> i zamyka o godzinie 23<sup>59</sup>. Pliki te mają format umożliwiający ich eksport do arkusza kalkulacyjnego. Wyniki pomiarów z dnia bieżącego można również prze-głądać w postaci graficznej na monitorze komputera

w czasie rzeczywistym. Wyniki z poszczególnych czujników pomiarowych są prezentowane na oddzielnych ekranach graficznych, wchodzących w skład interfejsu aplikacji.

W trakcie eksploatacji stacji automatycznej ważne jest zabezpieczenie całego systemu przed przepięciami, spadkami i całkowitym zanikiem napięcia. Aby uniknąć nieuchronnych przesto-jów i zapewnić całkowitą ochronę komputera sterującego, oraz blok pomiarowy i blok akwizycji danych, zastosowano systemy chroniące. Bloki: pomiarowy i akwizycji danych zabezpiecza UPS Back 300 (APC), natomiast blok sterowania chroni UPS Back-Pro 420 (APC). Oprogramowanie zarządzające zasilaniem – PowerChute Pro współpracujące z Back-Pro420 – pozwala bezpiecznie chronić dane; oprogramowanie przejmuje kontrolę i dokonuje samodzielnego wyłączenia systemu operacyjnego w przypadku zaniku zasilania. Pozwala też na automatyczny



Ryc. 4. Schemat konstrukcji bloku sterowania stacją i przetwarzania danych (Blok "C")

Fig. 4. Diagram of the construction of the control station and data processing block (Block "C")



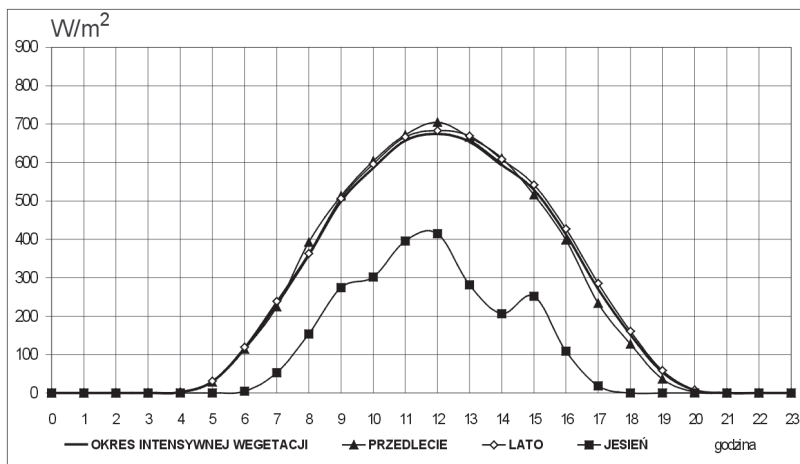
start komputera i uruchomienie aplikacji sterującej stacją w momencie ponownego pojawienia się napięcia w sieci.

## 5. Przykłady wykorzystania danych pomiarowych

Jak wspomniano wyżej, w trakcie badań szczególny nacisk położono na poznanie zasobów ciepła w gruncie na obszarze progu Pogórza Wiśnickiego w poszczególnych termicznych porach roku. Zamieszczone ryciny są przykładami, które obrazują warunki dostawy ciepła do gruntu i prezentują kształtowanie się zasobów ciepła w gruncie na tym obszarze. Prezentowane wyniki pochodzą z jednorocznej serii pomiarowej wykonanej za pomocą opisywanej automatycznej stacji meteorologicznej. Pomiary wykonywane były co 60 sekund. Na rycinach przedstawiono wyniki uśrednione: średnie 10-minutowe i średnie jednogodzinne.

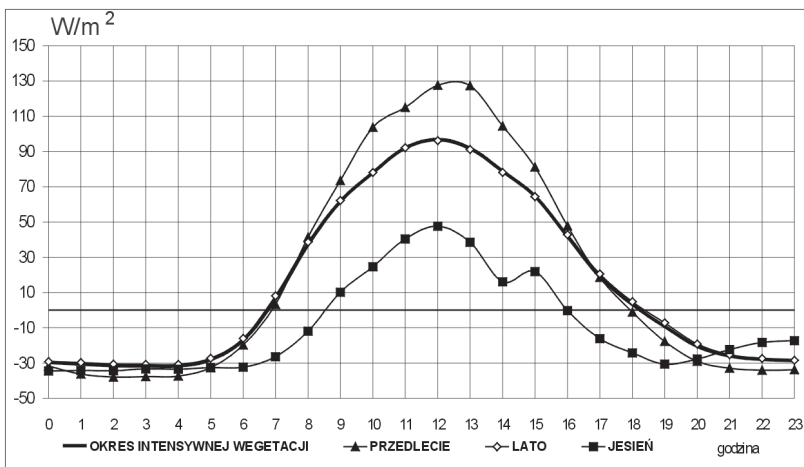
Dobowy rozkład promieniowania pochłoniętego w poszczególnych termicznych porach roku, przy różnych typach pogody prezentuje ryc. 5, na której przedstawiono średni dobowy rozkład promieniowania pochłoniętego w okresie intensywnej wegetacji, w dniach bezchmurnych, bez opadu i z bardzo dużym usłonecznieniem w 1994 r.

Na ryc. 6 przedstawiono dobowy rozkład wielkości strumienia ciepła w gruncie (w typowym dla tego regionu typie pokrywy glebowo-roślinnej), w okresie intensywnej wegetacji w dniach bezchmurnych, bez opadu i z bardzo dużym usłonecznieniem w 1994 r.



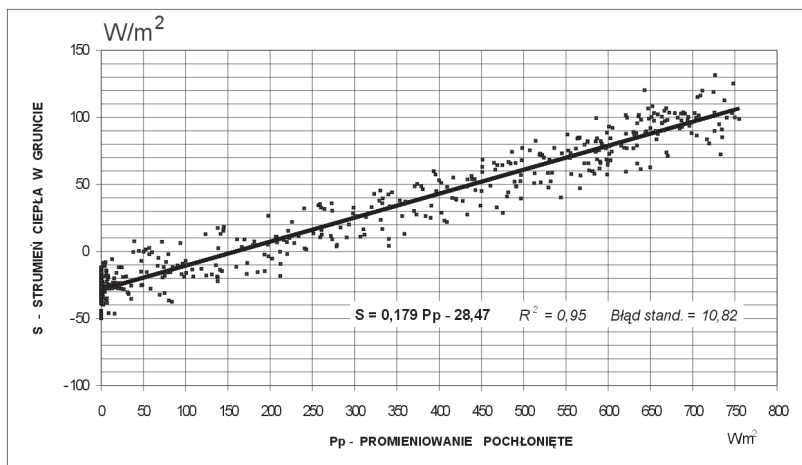
Ryc. 5. Dobowy rozkład promieniowania pochłoniętego w okresie intensywnej wegetacji na progu Pogórza Wiśnickiego w dni bezchmurne, bez opadu z bardzo wysokim usłonecznieniem (1994 r.)

Fig. 5. 24-hour distribution of absorbed radiation during a period of intensive vegetation in the marginal zone of the Pogórze Wiśnickie on cloudless days without precipitation and with very high insolation (1994)



Ryc. 6. Dobowy rozkład strumienia ciepła w gruncie w okresie intensywnej wegetacji na progu Pogórza Wiśnickiego w dni bezchmurne, bez opadu z bardzo wysokim usłonecznieniem (1994 r.)

Fig. 6. 24-hour distribution of heat flux during a period of intensive vegetation in the marginal zone of the Pogórze Wiśnickie on cloudless days without precipitation and with very high insulation (1994)



Ryc. 7. Związek między strumieniem ciepła w gruncie a promieniowaniem pochłoniętym w okresie intensywnej wegetacji na progu Pogórza Wiśnickiego w dni bezchmurne, bez opadu z bardzo wysokim usłonecznieniem (1994 r.)

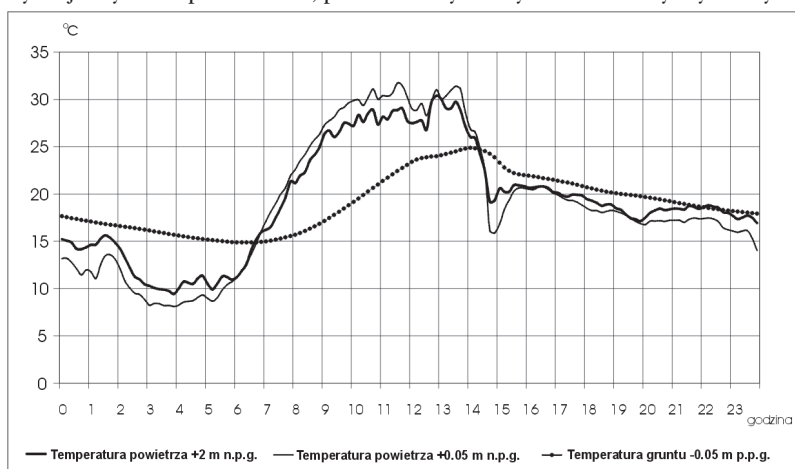
Fig. 7. The relationship between heat flux in the ground and absorbed radiation during a period of intensive vegetation in the marginal zone of the Pogórze Wiśnickie on cloudless days without precipitation and with very high insulation (1994)

Przykładem umożliwiającym poznanie związków, jakie zachodzą między strumieniem ciepła w gruncie a strumieniem promieniowania pochłoniętego, są wyniki prezentowane na ryc. 7. Przedstawia ona zależność wielkości strumienia ciepła w gruncie od wielkości promieniowania pochłoniętego w okresie intensywnej wegetacji w dniach bezchmurnych, bez opadu i z bardzo dużym usłonecznieniem w 1994 r.

Ryc. 8, 9 i 10 prezentują przykład wykorzystania danych pomiarowych z automatycznej stacji meteorologicznej do przesłedzenia wpływu ekstremalnych zjawisk meteorologicznych na zasoby ciepła w gruncie. Opisany przykład przedstawia przejście gwałtownej burzy z gradobiciem nad obszarem proggu Pogórza Wiśnickiego w dniu 29 maja 1999 roku, od godziny 14 do 15. Ryc. 8 przedstawia dobowy rozkład temperatury powietrza na wysokości 2 m i 0,05 m n.p.g., oraz rozkład temperatury gruntu na głębokości 5 cm; ryc. 9 prezentuje dobowy rozkład promieniowania całkowitego i odbitego, natomiast ryc. 10-dobowy rozkład strumienia ciepła w gruncie. Prezentowane wyniki są średnimi 10-minutowymi, z pomiarów co 60 sekund.

## 6. Podsumowanie

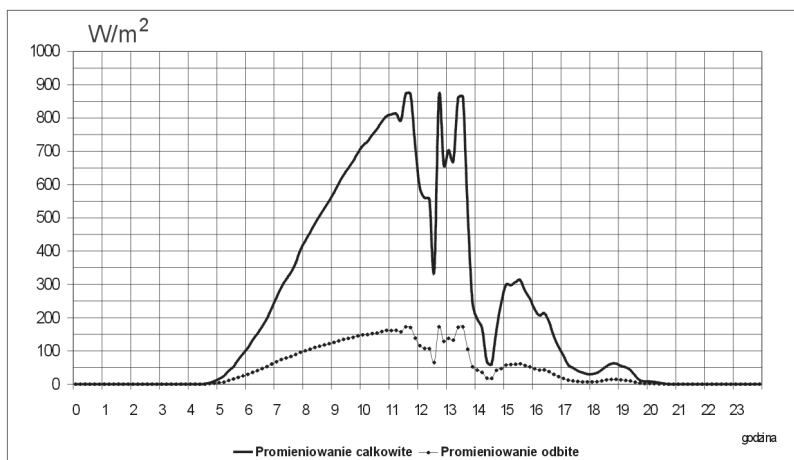
Prowadząc różnorodne badania mikroklimatyczne i topoklimatyczne, w których wykorzystujemy dane pomiarowe, powinniśmy korzystać ze zdobyczy nowych technik



Ryc. 8. Przykład przebiegu temperatury powietrza i gruntu w dniu wiosennym z gwałtowną burzą (29 maja 1999 r.)

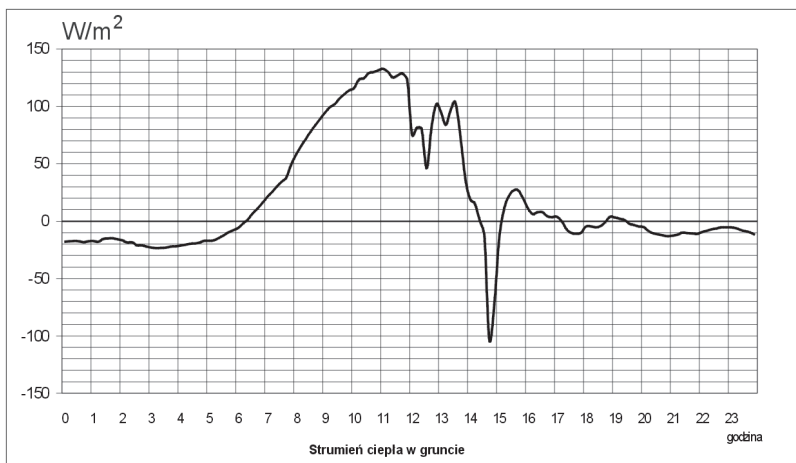
Fig. 8. Example of 24-hour distribution of ground and air temperature during a spring day with heavy rain (29 May 1999)

pomiarowych. Zaprezentowany wyżej przykład automatycznej stacji meteorologicznej winien przekonać do celowości stosowania tego typu urządzeń w codziennej praktyce pomiarowej. Tylko dobrej klasy urządzenia automatyczne umożliwiają zebranie danych, które pozwalają na analizę zjawisk w różnej skali czasowej i ocenę wpływu jednych czynników meteorologicznych na drugie.



Ryc. 9. Przykład przebiegu promieniowania całkowitego i odbitego w dniu wiosennym z gwałtowną burzą (29 maja 1999 r.)

Fig. 9. Example of 24-hour distribution of total and reflected radiation during a spring day with heavy rain (29 May 1999)



Ryc. 10. Przykład przebiegu strumienia ciepła w gruncie w dniu wiosennym z gwałtowną burzą (29 maja 1999 r.)

Fig. 10. Example of 24-hour distribution of heat flux in the ground during a spring day with heavy rain (29 May 1999)

Ocena sprawności działania prezentowanej automatycznej stacji meteorologicznej wypada bardzo pomyślnie. Uważam, że zastosowanie wysokowydajnych oraz niezawodnych modułów pomiarowo-kontrolnych serii ADAM-4000, opartych o 16-bitowe przetworniki A/D, było posunięciem udanym. Stacja umożliwia sprawne, bezawaryjne i automatyczne zbieranie danych meteorologicznych, niezbędnych do prowadzenia różnorodnych badań naukowych zmierzających do pełniejszego poznania środowiska przyrodniczego.

## Literatura

- Angiel M., 1995, *Kształtowanie się zasobów ciepła w gruncie na obszarze progu Pogórza Wielickiego w okresie intensywnej wegetacji* [w:] L. Kaszowski (red.), *Dynamika i antropogeniczne przeobrażenia środowiska przyrodniczego progu Karpat między Rabą a Uszwicą*, Inst. Geogr. UJ, Kraków.
- Angiel M., 1999, *Badania wymiany energii między atmosferą a jej podłożem*, LAB-Laboratoria, aparatura, badania, 2.

## APPLICATION OF THE SELF-DESIGNED AUTOMATIC WEATHER STATION IN STUDIES OF ENERGY EXCHANGE BETWEEN THE ATMOSPHERE AND GROUND SURFACE

### Summary

The paper presents the construction of the self-designed automatic weather station that is used to study the exchange of energy between the atmosphere and the ground surface at Pogórze Wiśnickie (Field Center of the Jagiellonian University's Institute of Geography) in Lazy near Bochnia (S. Poland). The results of measurements obtained from the automatic weather station enabled the determination of temporal changes in heat flux in the ground and to recognise conditions of heat supply to soil and vegetation cover that are typical of the region. Examples of applications are also included.

