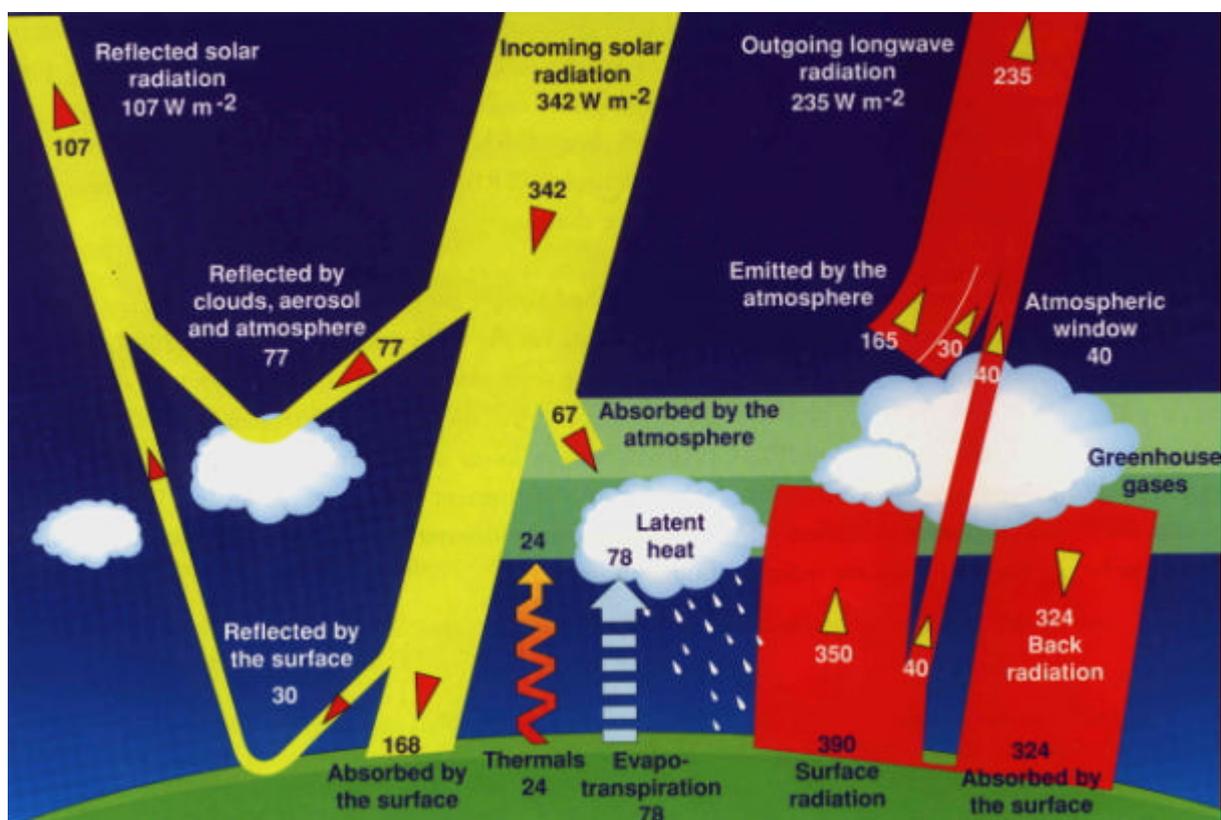


Projekt badań na stacji pomiarowej solar-AOT w Strzyżowie



Krzysztof Markowicz

Instytut Geofizyki Uniwersytetu Warszawskiego

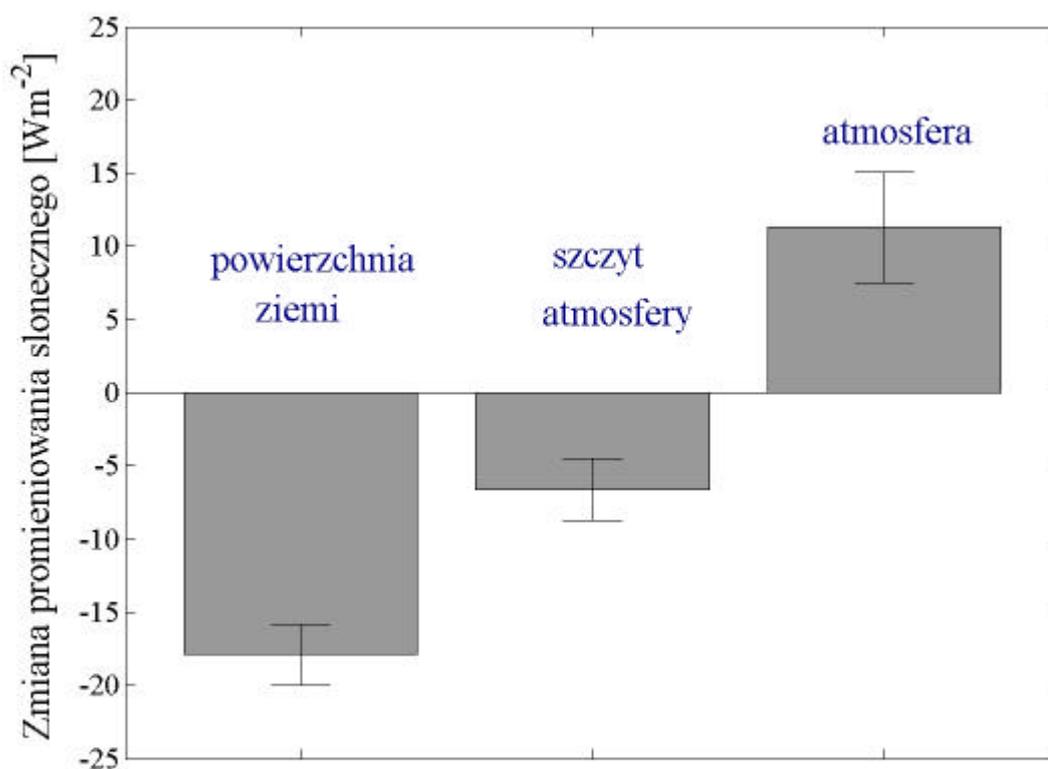
e-mail kmark@igf.fuw.edu.pl

www.igf.fuw.edu.pl/meteo/stacja

tel. 502927760

1. Motywacja

Zanieczyszczenia atmosferyczne zwane inaczej aerozolami s¹ obecnie przedmiotem bardzo intensywnych badań na ca³ym świecie. Wzrost temperatury powietrza obserwowany w XX wieku świadczy o zmianach klimatycznych. Chociaż klimat ziemski zmienia³ się w przesz³ooci z przyczyn naturalnych za obecne globalne ocieplenie obarcza się rozwój przemys³owy prowadz¹cy do wzrostu koncentracji gazów cieplarnianych. Jednak jak wynika z badań klimatologicznych przeprowadzonych w ci¹gu ostatnich 10-ciu lat drobne cz¹stki zanieczyszczeń w obszarach o silnym wp³ywie antropogenicznym prowadz¹ do och³adzania się klimatu [Lelieveld et al., 2002; Markowicz et al., 2002].



Rysunek 1: Zmiana promieniowania s³onecznego wyniku obecności aerozolu w atmosferze nad Morzem Śródziemnym.

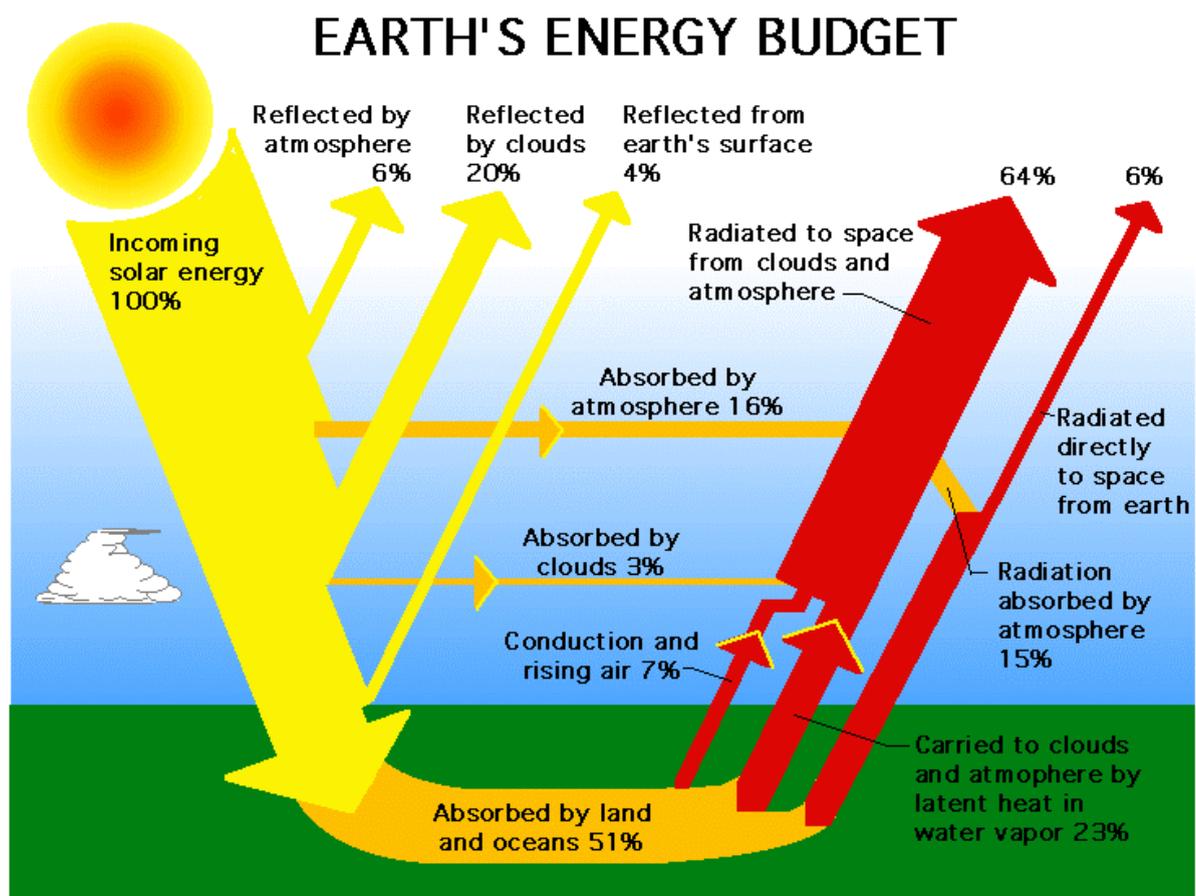
Rola aerozoli jest jednak ci¹gle s³abo poznana, ponieważ w róż³nych rejonach świata mają one odmienne w³łaściwości fizyczno-optyczne. Ponadto aerozole oddzia³ują c z chmurami zmieniaj¹ ich w³łaściwości mikrofizyczne przez co oddzia³ywają na pogodę i klimat. Wyniki badań prowadzonych w czasie eksperymentu MINOS na Krecie w 2001 [Markowicz et al., 2002] potwierdziły, że aerozole produkowane nad Europ¹ środkową i

wschodni¹ przemieszczaj¹ c si¹e na po³udnie Europy powoduj¹ znacznie zmiany w bilansie energetycznym nad Morzem Śródziemnym i prowadzi do zmian klimatycznych. Aerozole redukuj¹ promieniowanie s³oneczne dochodz¹ ce do powierzchni ziemi o oko³o 18 Wm⁻² (oko³o 6%) tym samym prowadz¹ do wzrostu globalnego albedo ziemi. Promieniowanie s³oneczne odbijane od uk³adu ziemia-atmosfera zwi¹ksza si¹e o oko³o 6Wm⁻², za¹caatmosfera dodatkowo zostaje zaabsorbowane 11 Wm⁻² (Rysunek 1).

Zainteresowanie badaniami naukowymi obejmuj¹ cymi t¹ tematyk¹e jest szczególnie widoczne w VI programie ramowych Unii Europejskiej co dowodzi, ze poznanie wp³lywu zanieczyszczenia atmosfery na zmiany klimatu jest szalenie wa³ne.

2. Projekt badawczy

Planowany projekt obejmuje badania zmienno¹ci sezonowej tzw. bezpo¹redniego efektu aerozolowego (aerosol direct effect).



Rysunek 2: Zmiany promieniowania s³onecznego oraz ziemskiego w atmosferze.

Aerozole poprzez rozpraszanie i absorpcje promieniowania słonecznego i ziemskiego oddziaływają na bilans promieniowania w całej atmosferze a w szczególności na powierzchni ziemi oraz na szczycie atmosfery (Rysunek 2). Zmiany jego są opisywane przez wymuszanie radiacyjne aerozolu (aerosol radiative forcing), które zależą od koncentracji aerozolu, jego typu i składu chemicznego oraz albedo powierzchni i deklinacji słońca. Ponieważ aerozole takie jak: siarczany, związki azotowe, sadze i pyły oddziałują na klimat najsilniej badania na stacji Solar-AOT będą ukierunkowane na pomiary wartości tych związków. Badania na Krecie w czasie eksperymentu MINOS pokazały, że kluczową rolę podczas pory letniej odgrywają pożary torfowisk na Ukrainie. Produkowane w czasie ich trwania ogromnie ilości sadzy prowadzi do wymuszania radiacyjnego na powierzchni ziemi około -85 Wm^{-2} na jednostkę grubości optycznej. Dla typowej grubości optycznej w Polsce (AOT=0.2) prowadzi to do redukcji promieniowania słonecznego na poziomie około 8-10%. Ponieważ Ukraina sąsiaduje z Polską można oczekiwać wartości te mogą być jeszcze większe niż na Krecie dlatego celowe staje się monitorowanie tego typu zjawisk. Tym bardziej, że w Polsce żadna instytucja naukowa-badawcza nie zajmuje się tym problemem.

Badanie przebiegu rocznego wymuszania aerozolowego jest szczególnie istotne, gdy zasadniczej zmianie ulega albedo powierzchni. Wysokie albedo (nad pokrywą śnieżną) w skutek wielokrotnego odbicia i wielokrotnego rozpraszania promieniowania słonecznego sprawia, że aerozol pochłania znacznie większą część promieniowania niż nad innym typem powierzchni. Prowadzi to może nawet do dodatniego wymuszania radiacyjnego na szczycie atmosfery i tym samym do ogrzewania się układu ziemia-atmosfera. Tak więc w okresie zimowym aerozole mogą potęgować efekt cieplarniany zacew lecie minimalizowanego. W celu zbadania tego typu zmian w ciągu roku niezbędne stają się ciągłe pomiary strumieni promieniowania na powierzchni ziemi oraz szczycie atmosfery. Te ostatnie będą wykonywane przy użyciu instrumentów umieszczonych na satelitach. Planuje się wykorzystywanie obserwacji z instrumentów CERES oraz MODIS znajdujących się na satelicie polarnym TERRA oraz z instrumentu AVHRR na satelicie NOAA-16,17.

W ramach projektu badawczego wykonywane będą pomiary stratyfikacji termicznej przygruntowej warstwy powietrza. W godzinach około południowych redukcja promieniowania słonecznego przez aerozol może osiągnąć 100 Wm^{-2} co prowadzi do zmian w bilansie termicznym na powierzchni ziemi. Zmiany te w zależności od albedo powierzchni wpływają na przygruntowy profil temperatury powietrza. Dodatkowo, absorpcja promieniowania słonecznego przez aerozol w atmosferze prowadzi to zmniejszania się strumieni ciepła utajonego i odczuwalnego ustalających równowagę radiacyjno-konwekcyjną.

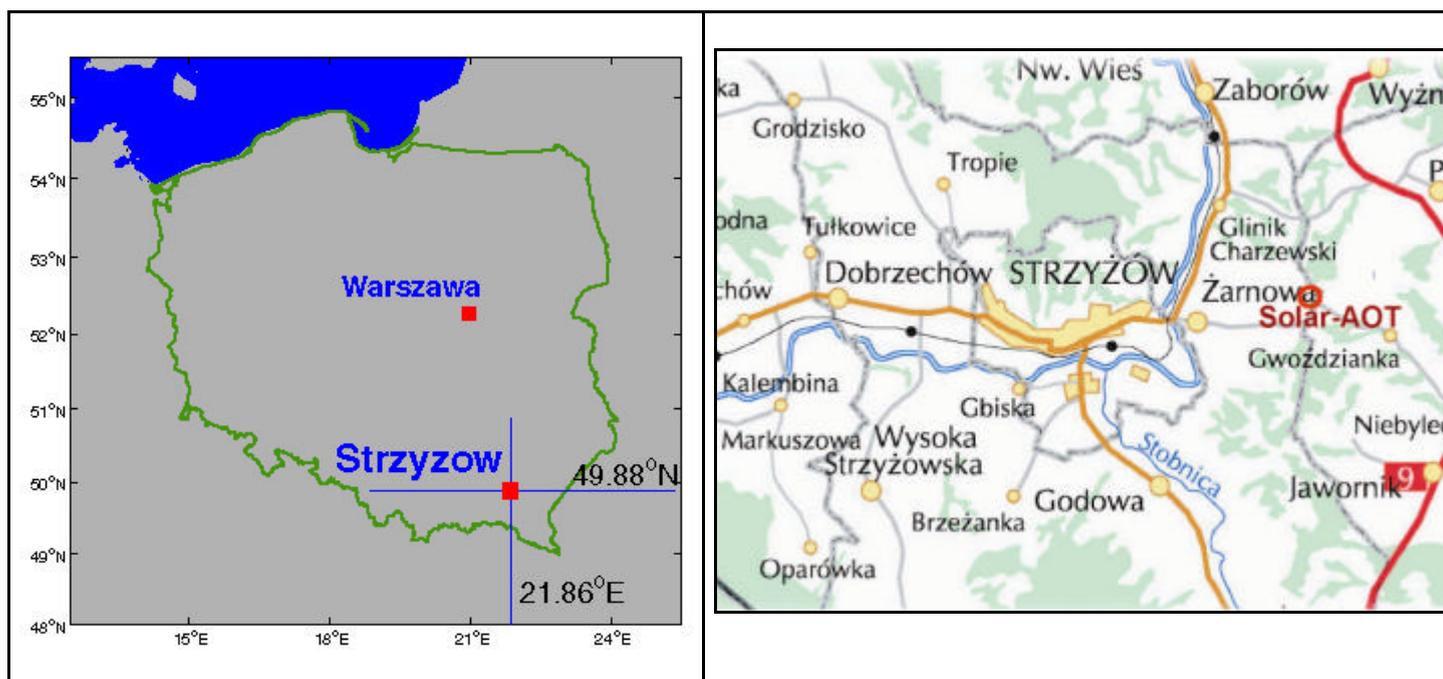
Dzięki tym pomiarom możliwe będzie ocenienie wpływu aerozoli na stratyfikację dolnej warstwy granicznej i jej rozwój w czasie dnia.

Ponadto prowadzony będzie monitoring zanieczyszczeń powietrza wraz z pomiarami optycznymi aerozoli. Podstawowe parametry to spektralna grubość optyczna, absorpcja oraz rozpraszanie światła widzialnego na aerozolach. Wyniki tych obserwacji będą porównywane modelami transportu zanieczyszczeń powietrza tj. NAAPS oraz GOCARD.

Dane o pionowych profilach temperatury i wilgotności powietrza będą wykorzystywane ze stacji aerologicznej we Lwowie.

Wyniki wszystkich pomiarów będą asymilowane do modelu transferu promieniowania słonecznego i długofalowego w atmosferze (Modtran 4.1) w celu wyznaczania zmian bilansu promieniowania w atmosferze poprzez aerozol [Markowicz, 2003]. Ponieważ model ten jest kosztowny obliczeniowo planuje się wykonywanie obliczeń co 0.5 lub 1 godzinę.

3. Informacje o stacji badawczej



Rysunek 3: (a) Mapa Polski oraz (b) mapa okolic Strzyżowa

Stacja badawcza Solar-AOT (Rysunek 3) jest przeniesioną stacją klimatologiczną MK1-260 pracującą w latach 1985-1993 na wysokości 260 m.n.p.m i prowadzoną przez Krzysztofa Markowicza. Wcześniej prace dotyczyły badań nad klimatem Strzyżowa [Markowicz K. M., 1992] oraz wpływem zanieczyszczeń powietrza na promieniowanie



Rysunek 4 a b: Widok na stacje badawcz¹

słoneczne dochodzą do powierzchni ziemi [Markowicz, K. M. 1993]. Planowane jest jednak również rejestracja warunków meteorologicznych na stacji MK1-260, gdyż znajduje się ona 170 metrów poniżej stacji Solar-AOT i wyniki pomiarów na dwóch wysokościach będą szalenie przydatne.

Stacja w projektowanym zakresie badań będzie wraz placówką badawczą PAN-u w Belsku (koło Warszawy) jedynymi takimi w Polsce. Stacja Solar-AOT oddalona jest 5 km w kierunku wschodnim od centrum Strzyżowa i położona na wysokości 433 m.n.p.m. o współrzędnych geograficznych 49.88°N, 21.86°E. Wysokość względna około 200 metrów ponad miastem Strzyżów oraz brak zabudowań w sąsiedztwie stacji do 400 m sprawia, że panują tam reprezentatywne warunki o zminimalizowanym wpływem miejskim.

4. Zakres prowadzonych badań oraz dostęp do danych

Warunki meteorologiczno-klimatologiczne mierzone będą przy pomocy automatycznej stacji pogody Ultimeter2001 oraz termo-higrometru LAB-EL. Promieniowanie słoneczne oraz ziemskie będą mierzone przy wykorzystaniu radiometrów szerokopasmowych: pyranometry (firmy Kipp&Zonnen oraz Eppley), pyrliometry oraz pyrgeometry. Całkowita zawartość aerozolu w atmosferze tzw. grubość optyczna aerozolu będzie monitorowana poprzez spektralne sunfotometry oraz shadowband, które dodatkowo umożliwiają pomiar całkowitej zawartości ozonu oraz pary wodnej w atmosferze. Planowane jest wykonywanie pomiarów absorpcji aerozolu oraz współczynnika rozpraszania w trybie ciągłym za pośrednictwem instrumentów; PSAP'u (Particle Soot Absorption Photometer) oraz przez Nephelometer'u. W ramach programu badań na stacji Solar-AOT prowadzone będą obserwacje struktury termicznej przygruntowej warstwy powietrza do wysokości 15 metrów oraz pomiary temperatury gruntu do głębokości 1m.

Wyniki pomiarów będą prezentowane w Internecie na stronie www.igf.fuw.edu.pl/meteo/stacja/radiacja/stacja.htm i odświeżane co 10-15 minut. Aktualne wyniki obserwacji zamieszczane będą w postaci graficznej. Możliwe będzie też podłączenie się do bazy danych i pobranie odpowiedniego zestawu danych archiwalnych. Dane te będą dostępne w formatach binarnych standardu MATLAB'a lub w NetCDF-ie.

Na stronie głównej stacji będą zamieszczane reklamy firm, które będą sponsorować sprzęt badawczy oraz utrzymywać stacje.

5. Aparatura pomiarowa

Aktualne wyposażenie stacji:

1) pyranometr: Kipp&Zonen



2) pyranometr: Eppley

3) dwa sunfotometry 5-cio kanałowe



4) elektroniczna stacja meteorologiczne Ultimeter2001



4a) podgrzewany anemometr – Ultimeter2001



4b) barometr – Ultimeter2001

4c) termohigrometr – Ultimeter2001

4d) podgrzewany deszczomierz – Ultimeter2001



**5) elektroniczny termohigrometr sponsorowany przez
firmę: LAB-EL ELEKTRONIKA LABORATORYJNA S.**

**6) zestaw termometrów do badania gradientowych w
przygruntowej warstwie powietrza**

7) termohigrograf- Zootechnika Kraków

8) barograf- Zootechnika Kraków

9) Datalogger 34970A z kart¹ 20-kana³ow¹ firmy Hewlett
Packard



Planowe rozszerzenie aparatury pomiarowej o:

- 1) shadowband
- 2) pyrhelimetr
- 3) pyrgeometr
- 4) sun tracker
- 5) zestaw termometrów glebowych i atmosferycznych
- 6) PSAP
- 7) Nephelometer
- 8) elektroniczny wskaźnik wysokości pokrywy śnieżnej
- 9) detektor wy³adowań atmosferycznych

6. Współpraca z Zespołem Szkół w Strzyżowie

Planowana jest współpraca z Zespołem Szkół w Strzyżowie mająca na celu rozwijanie zainteresowań poznawczych uczniów. Stacja Solar-AOT będzie tym samym mogła być jedną z placówek badawczych międzynarodowego projektu badawczego GLOBE. GLOBE (www.globe.gov) to organizacja zrzeszająca tysiące szkół na całym świecie, których uczniowie uczestniczą w badaniach związanych z następującymi dziedzinami naukowymi:

atmosfera, hydrosfera, biosfera i inne. Szkoły uczestniczące w tych badaniach (około kilkudziesięciu w Polsce) przesyłają wyniki pomiarów za pośrednictwem Internetu do centrum znajdującego się w USA. Krzysztof Markowicz jest w radzie naukowej programu GLOBE i odpowiedzialny za szkolenie nauczycieli i uczniów z badań atmosfery w Polsce. Szkoły biorące udział w GLOBE uczestniczą w seminariach w Polsce i za granicą, gdzie prezentują swoje wyniki obserwacji. Na tym tle współpraca z Zespołem Szkół w Strzyżowie wydaje się być bardzo interesująca.

Uczniowie będą mieli dostęp do danych pomiarowych ze stacji Solar-AOT za pośrednictwem Internetu i będą mogli uczestniczyć w badaniach naukowych wraz z Instytutem Geofizyki UW. Pierwszy taki okres badawczy planowany jest na czerwiec-sierpień tego roku.

7. Dodatkowe wykorzystanie stacji

- badania wykorzystania energii słonecznej oraz wiatrowej w rejonie
- ciągły monitoring zanieczyszczeń powietrza
- raporty o widzialności powietrza
- ostrzeżenia o niebezpiecznych zjawiskach atmosferycznych
- prognoza indeksu UV
- statystyki klimatologiczne
- obliczanie czasu trwania okresu grzewczego

8. Komunikacja i podłączenie do Internetu

Planowane jest podłączenie Internetu do stacji za pośrednictwem satelitalnego lub radiowego. Komunikacja radiowa z punktem bazowym (wejście do sieci TPSA w odległości 4.1 km od stacji) będzie możliwa dzięki zastosowaniu anten kierunkowych. W tym celu wymagane jest zakupienie dwóch kart radiowych i dwóch anten kierunkowych (minimum 20 dB) z kablami.

9. Miesięczne koszty utrzymania stacji.

- średni pobór energii elektrycznej: 0.25 kW (190 kWh miesięcznie): 85 zł
- opłata za podłączenie do sieci TPSA: 30 zł.

w sumie około 115 zł.

10. Bibliografia

Markowicz, K. M. *Klimat Strzyżowa, 1992*

Markowicz, K. M. *Ekstynkcja promieniowania słonecznego w paśmie widzialnym w dolnej troposferze, 1993*

Lelieveld, J., H. Berresheim, S. Borrmann, P.J. Crutzen, F.J. Dentener, H. Fischer, J. de Gouw, J. Feichter, P. Flatau, J. Heland, R. Holzinger, R. Kormann, M. Lawrence, Z. Levin, K. Markowicz, N. Mihalopoulos, A. Minikin, V. Ramanathan, M. de Reus, G.J. Roelofs, H.A. Scheeren, J. Sciare, H. Schlager, M. Schultz, P. Siegmund, B. Steil, P. Stier, M. Traub, J. Williams, and H. Ziereis, Global air pollution crossroads over the Mediterranean, *Submitted to Science*, 2002.

Markowicz, K.M., P.J. Flatau, M.V. Ramana, P.J. Crutzen, and V. Ramanathan, Absorbing Mediterranean Aerosols Lead to a Large Reduction in the Solar Radiation at the Surface., *Geophys. Res. Lett.*, 2002.

Markowicz, K. M., Experimental Determination of Solar and Infrared Aerosol Radiative Forcing, doktorat, 2003

Curriculum Vitae- Krzysztof Markowicz

Adres s³u¿bowy:

Instytut Geofizyki, Uniwersytetu Warszawskiego
02-093 Warszawa, Pasteura 7
tel: [+48] (22) 55 46 836
fax: [+48] (22) 82 22 387
e-mail kmark@igf.fuw.edu.pl
home page: <http://www.igf.fuw.edu.pl/meteo/stacja>

Adres domowy :

ul. S³owackiego 96
38-100 Strzy¿ów, woj podkarpackie
tel. [+48] (17) 276 15 93
tel. kom. 502 92 77 60

dane personalne:

data i miejsce urodzenia: 12 kwiecieñ 1974, Rzeszów
stan cywilny: kawaler

edukacja:

1981-1983 nauka w Szkole podstawowej nr I w Strzy¿owie
1984-1989 nauka w szkole podstawowej nr II w Strzy¿owie
1989-1993 nauka w Liceum Ogólnokszta³c¹cym o profilu matematyczno-
fizycznym w Zespole Szkół w Strzy¿owie, woj podkarpackie
1993-1999 studia na Międzywydzia³owych Indywidualnych Studiach
Matematyczno-Przyrodniczych, Uniwersytet Warszawski.
1999 tytu³ magistra fizyki, specjalnoœcfizyka atmosfery na wydziale fizyki
Uniwersytetu Warszawskiego.
od 1999 studia doktoranckie na wydziale fizyki UW

nagrody:

1992 i 1993: nagrody PAN konkursach prac naukowych dla m³odych fizyków
1997: stypendium Ministra Edukacji Narodowej
1999: nagroda im Bardadin-Otwinowska za prace magisterska
2001: 9-cio miesięczny stypendium Polsko-Amerykańskiej komisji Fulbright'a
(Junior Grant w Instytucie Oceanografii Scripps Uniwersytetu Kalifornijskiego

w San Diego).

dziedziny naukowe:

zmiany klimatu Ziemi

transfer promieniowania słonecznego w atmosferze

rozwój działalności naukowej:

1985-1992 prowadzenie stacji meteorologicznej MK1-260 w Strzyżowie i praca nad klimatem miasta oraz mikroklimatem obszaru podgórskiego

1992-1993 prowadzenie badań nad osłabieniem promieniowania słonecznego w dolnej troposferze

1992 i 1993 staż naukowy w Instytucie Fizyki PAN w Warszawie

1998-1999 praca nad turbulencjami w chmurach w ramach pracy magisterskiej

1999 udział w międzynarodowym eksperymencie INDOEX (Indian Ocean Experiment) dotyczący wpływu aerozoli na zmiany klimatu Ziemi.

Prowadzenie badań na statku NOAA R/V Brown.

1999-2000 badania związane z wpływem aerozolu na zmiany klimatyczne na Morzu Arabskim, 3 miesięczny pobyt w Instytucie Oceanografii Scripps UCSD w San Diego

od 2000 udział w programie międzynarodowym programie GLOBE

2001 udział w eksperymencie ACE-Asia, badania na statku R/V Brown

2001 udział w eksperymencie MINOS na Krecie

2002 luty-czerwiec stypendium Fulbright'a w Instytucie Oceanologii Scripps UCSD. Współpraca z prof. V. Ramanathanem i dr A. Vogelmannem oraz Paulem Crutzenem laureatem nagrody Nobla

2002 lipiec-listopad stypendium Fulbright'a w Naval Research Laboratory, Monterey. Współpraca z prof. P. Flatau'em.

Lista publikacji

opublikowane do 31 10 2002

1. Krzysztof M. Markowicz Piotr, J. Flatau, M. V. Ramana, P. J. Crutzen, and V. Ramanatha, *Absorbing Mediterranean Aerosols Lead to a Large Reduction in the Solar Radiation at the Surface.*, 2002, Geophysical Research Letters
2. Lelieveld, J., H. Berresheim, S. Borrmann, P.J. Crutzen, F.J. Dentener, H. Fischer, J. de Gouw, J. Feichter, P. J. Flatau, J. Heland, R. Holzinger, R. Kormann, M. Lawrence, Z. Levin, Krzysztof M. Markowicz, Mihalopoulos, A. Minikin, V. Ramanathan, M. de Reus, G.J. Roelofs, H.A. Scheeren, J. Sciare, H. Schlager, M. Schultz, P. Siegmund, B. Steil, P. Stier, M. Traub, J. Williams, and H. Ziereis, *Global air pollution crossroads over the Mediterranean*, Science 2002.
3. E. J. Welton, Kenneth J. Voss, Patricia K. Quinn, P. J. Flatau, K. Markowicz, J. R. Campbell, J. D. Spinhirne, H. R. Gordon, and J. E. Johnson, *Measurements of aerosol vertical profiles and optical properties during INDOEX 1999 using micro-pulse lidars* Journal of Geophysical Research – Atmospheres
4. Krzysztof M. Markowicz, Piotr J. Flatau, P. K. Quinn, Christian M. Carrico, M. K. Flatau, A. Vogelmann, *Influence of Relative Humidity on Aerosol Radiative Forcing*, Submitted to Journal of Geophysical Research – Atmospheres, 2002
5. Andrew M. Vogelmann, Krzysztof Markowicz, Malgorzata Szczodrak, Piotr J. Flatau, and Peter J. Minnett, *Aerosol Infrared surface forcing observed during Ace-Asia.*, *Aerosol Infrared surface forcing observed during Ace-Asia*, submitted to Nature, Oct. 2002
6. Krzysztof, M. Markowicz, P. J. Flatau, Andy Vogelmann, P. K. Quinn, *Modeled infrared aerosol forcing during ACE-Asia*. Submitted to Journal of Geophysical Research – Atmospheres, 2002

Publikacje popularno naukowe

Piotr, J. Flatau, Krzysztof M. Markowicz, Jak zmierzyc klimat? , Wiedza i Zycie, 2000

Publikacje konferencyjne

1. Flatau, P. J., Mitchell, G., Welton, E. J., Wieland, J., Markowicz, K., Nolan, J., Voss, K., Gordon, H., Miller, M., Kahru, M., Nakajima, T., 2000, *Comprehensive ocean color measurements during the 1999 INDOEX project*, Eos, Transactions, vol. 80, no. 49, 1999, p.274, January 24-28, 2000, American Society of Limnology and Oceanography, American Geophysical Union, 2000 Ocean Sciences Meeting, San Antonio, Texas.

2. Welton, E. J., Flatau, Voss, K. J., P. J., Gordon, H. R., Markowicz, K., Campbell, J. R., Spinherne, J. D., 1999, *Measurement of the vertical distribution of the vertical distribution of aerosols and clouds during INDOEX 1999 using micro-pulse lidars*, Eos, Transactions, AGU 1999 Fall Meeting, Volume 80, Number 46, November 16, 1999, December 13-17, 1999, San Francisco, California, American Geophysical Union.

3. Konrad Bajer, Krzysztof Markowicz, Szymon Malinowski, *Influence of the small-scale turbulence structure on the concentration of cloud droplets* w: 13th International Conference on Cloud and Precipitation, Proceedings, str. 159-162, International Commission on Clouds and Precipitation (ICCP) of the International Association of Meteorology and Atmospheric Sciences (IAMAS), r. 2000

4. P. J. Flatau, M. K. Flatau, K. Markowicz, P. Quinn, A. Vogelmann, Influence of relative humidity on aerosol radiative efficiency, 2002, AGU Fall Meeting, San Francisco.

CONFERENCE PROCEEDINGS

5. K.,M., Markowicz, P. J. Flatau, A. Vogelmann, Modeling of infrared radiative forcing during the ACE-Asia experiment: influence of dust and sea-slat, 2002 AGU Fall Meeting, San Francisco. CONFERENCE PROCEEDINGS

6. A. M. Vogelmann, Piotr J. Flatau, M. Szczodrak, K. Markowicz and P. J. Minnett, 2002, Infrared radiative forcing of the ACE-Asia aerosol observed during the NOAA ship R.H. Brown cruise, 2002, Joint International Symposium on Atmospheric Chemistry within the Earth System, September, Crete, Greece. CONFERENCE PROCEEDINGS

7. K.,M. Markowicz, P. J. Flatau, J. P. Crutzen, V. Ramanathan, Aerosol Radiative Forcing at Finokalia Sampling Station during the MINOS Experiment, 2002, Joint International Symposium on Atmospheric Chemistry within the Earth System, September, Crete, Greece. CONFERENCE PROCEEDINGS

Prezentacje konferencje

Krzysztof Markowicz, *Badania zmian klimatu Ziemi, eksperyment INDOEX*
Symposium Instytutu Fizyki Doświadczalnej 2001, Warszawa

Krzysztof M Markowicz. *The solar aerosol forcing during MINOS experiment*, Workshop, Jun 2002 Munich.

Krzysztof Markowicz, *Przyczyny Zmian Klimatu Ziemi (Eksperyment INDOEX)*, Festiwal Nauki Warszawa 1999.