

Julita BISZCZUK
Zenobia LITYŃSKA
Aleksander CURYŁO

WPŁYW PROMIENIOWANIA UV NA ZDROWIE CZŁOWIEKA – FUNKCJE CZUŁOŚCI SPEKTRALNEJ: ERYTEMALNA, PREWITAMINA D3, SCUP-H

STRESZCZENIE *W ramach przedstawianej pracy zbadano wpływ promieniowania UV na zdrowie człowieka z zastosowaniem 3 wybranych funkcji czułości spektralnej: erytemalna, prewitamina D3, SCUP-H (rak skóry). Pracę podzielono na dwie części. W pierwszej części przeanalizowano zależność promieniowania UV złożonego z funkcjami czułości prewitamina D3 oraz SCUP-H od kąta zenitalnego i ozonu całkowitego w porównaniu z promieniowaniem erytemalnym. W drugiej, zbadano rozkład biologicznie czynnego promieniowania UV dla Polski na podstawie trzyletniej (1999-2001) zrekonstruowanej serii promieniowania dla trzech stacji IMGW: Łeba, Warszawa, Zakopane.*

Słowa kluczowe: *biologicznie czynne promieniowanie UV, funkcje czułości spektralnej*

mgr Julita BISZCZUK

e-mail: julita.biszczyk@imgw.pl

doc. dr Zenobia LITYŃSKA

e-mail:zenobia.litynska@imgw.pl

mgr Aleksander CURYŁO

e-mail:Aleksander.curlo@imgw.pl

Ośrodek Aerologii
Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej

1. WSTĘP

Promieniowanie słoneczne jest ważnym naturalnym czynnikiem tworzącym klimat Ziemi. Nadfioletowe pasmo promieniowania słonecznego (UV) odgrywa istotną rolę w wielu procesach biosfery. Ma wiele dobroczynnych oddziaływań, ale może być również bardzo szkodliwe w przypadku przekroczenia progu bezpieczeństwa. Dotyczy to również ludzkiego organizmu, w szczególności skóry.

Natężenie biologicznie czynnego promieniowania UV (UVBE), promieniowania złożonego z funkcjami czułości spektralnej odpowiedzialnymi za wywołanie określonej biologicznej reakcji, zmienia się wraz z kątem zenitalnym Słońca i zawartością ozonu całkowitego w atmosferze.

Celem poniższej pracy jest przedstawienie wpływu promieniowania UV na zdrowie człowieka przy użyciu różnych funkcji czułości spektralnej, przy zmiennej wartości ozonu całkowitego i kąta zenitalnego Słońca. Do zrealizowania celu pracy wybrano trzy funkcje: erytemalna, prewitamina D3 oraz SCUP-H.

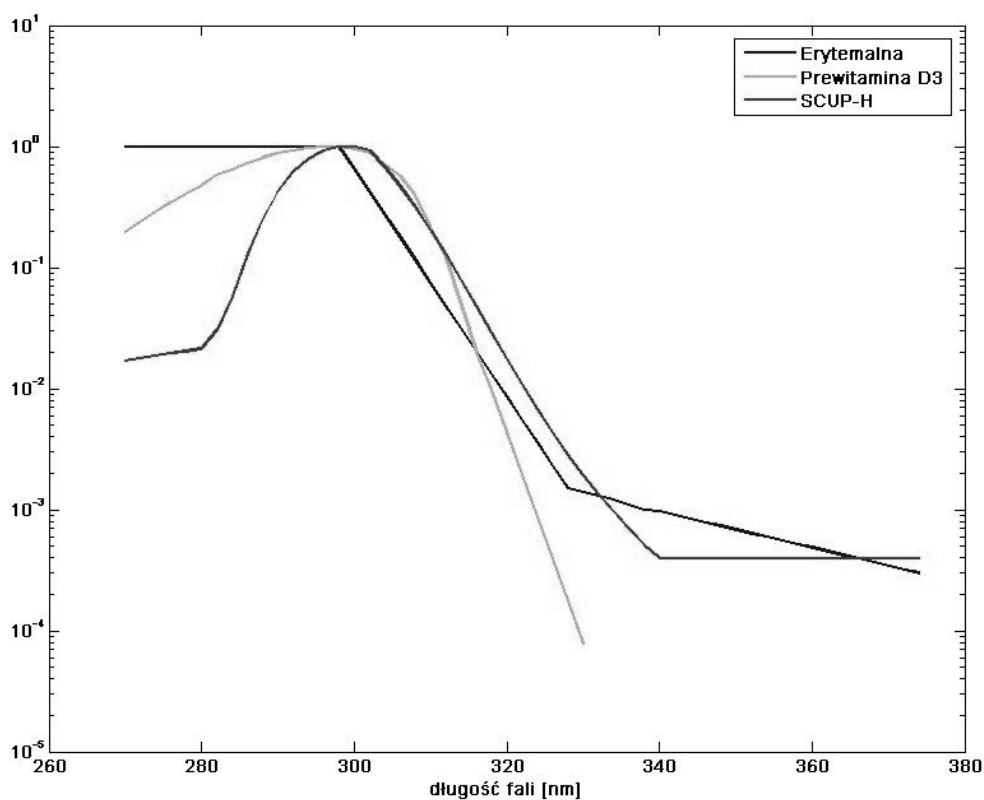
Pracę podzielono na dwie części:

1. Przeanalizowanie zależności promieniowania UV z zastosowaniem wybranych funkcji czułości spektralnej od kąta zenitalnego i zawartości ozonu w atmosferze w porównaniu z promieniowaniem erytemalnym.
2. Zbadanie rozkładu biologicznie czynnego promieniowania UV dla Polski. Analiza na podstawie trzyletniej (1999-2001) zrekonstruowanej serii promieniowania dla trzech stacji IMGW: Łeba, Warszawa, Zakopane.

2. DANE I METODYKA

Funkcje czułości spektralnej opisują wpływ promieniowania UV w zależności od długości fali na wywołanie określonej biologicznej reakcji. W pracy wykorzystano trzy funkcje (rys. 1):

- Erytemalna – odpowiedzialna za reakcję rumieniową, opisuje szkodliwy wpływ promieniowania UV na skórę.
- Prewitamina D3 – produkcja prewitaminy D3 w ludzkiej skórze, funkcja normalizowana do 1 przy 298 nm.
- SCUP-H – opisuje powstawanie raka skóry, funkcja została wyznaczona na myszach i skorygowana dla ludzkiej skóry, normalizowana do 1 przy 299 nm.



Rys. 1. Funkcje czułości spektralnej: erytemalna, prewitamina D3, SCUP-H

Do obliczenia biologicznie czynnego promieniowania UV korzystano z następującego wzoru

$$UVBE = \int F(\lambda)B(\lambda)d\lambda ,$$

gdzie:

- $UVBE$ – biologicznie czynne promieniowanie UV [mW/m^2],
- $F(\lambda)$ – widmo promieniowania UV [mW/m^2nm],
- $B(\lambda)$ – funkcja czułości spektralnej określonego biologicznego efektu,
- λ – długość fali [nm].

W pierwszej części został wykorzystany model transferu promieniowania libRadtran v.1.1. Użyte do otrzymania promieniowania UVBE widmo, obliczono przy następujących parametrach modelu:

- bezchmurne niebo;
- aerozole: standardowe;
- profile atmosferyczne: dla średnich szerokości geograficznych w lecie;

- albedo: 0,03;
- wysokość nad poziomem morza: 0 m;
- dzień w roku: 80;
- algorytm liczący: sdisort;
- spectrum poza atmosferą: atlas plus madtran.

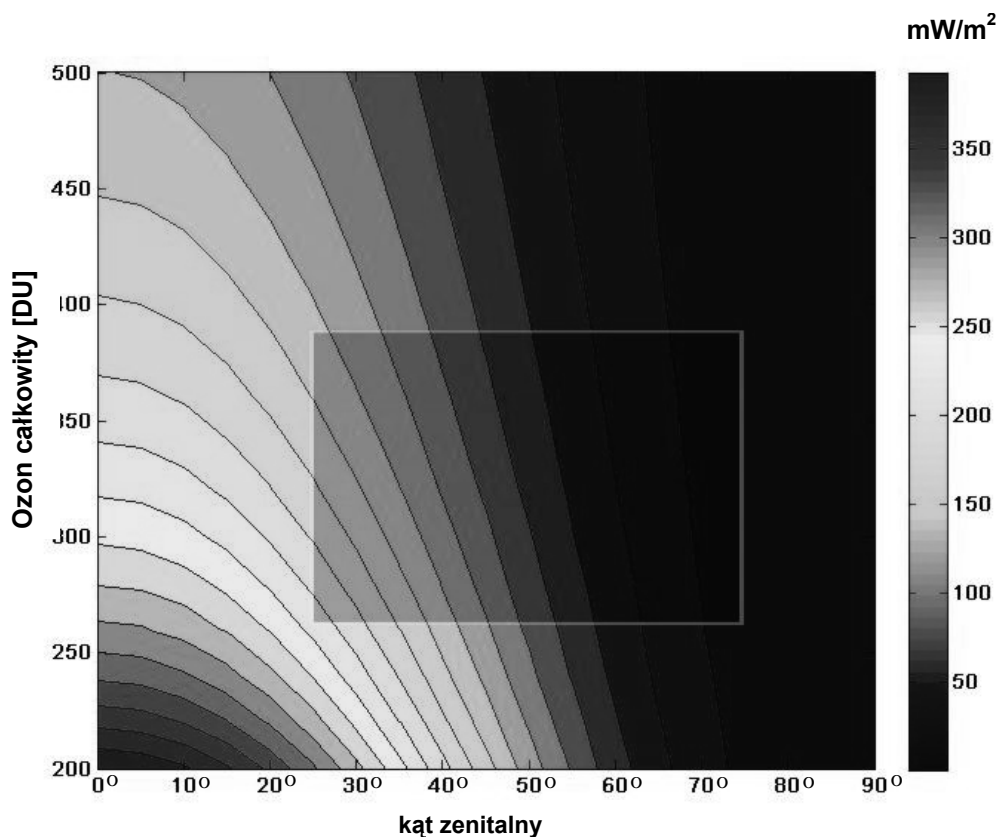
Do zbadania zależności promieniowania biologicznie czynnego od kąta zenitalnego i zawartości ozonu w atmosferze w porównaniu z promieniowaniem erytemalnym zostały wyliczone stosunki: $UVBE / UV_{eryt}$.

W drugiej części pracy wykonano analizę rozkładu promieniowania UVBE nad obszarem Polski. W pracy wykorzystano trzyletnią (1999-2001), zrekonstruowaną serię promieniowania UV dla 3 stacji IMGW: Łeba (54,75° N, 17,53° E), Warszawa (52,27° N, 20,98° E), Zakopane (49,30° N, 19,97° E) z 5 miesięcy: maj, czerwiec, lipiec, sierpień, wrzesień. Rekonstrukcja została wykonana przez Aleksandra Curyło przy użyciu własnego modelu rekonstrukcji promieniowania UV opracowanego w ramach Akcji COST 726. W modelu tym autor wykorzystał zmierzone promieniowanie całkowite i zrekonstruowany całkowity ozon. W przypadku każdej ze stacji, dla analizowanego okresu wyliczono dawki dzienne promieniowania UVBE [J/m^2] i wykreślono je w funkcji kąta zenitalnego i dnia w roku.

3. WYNIKI

3.1. Część I

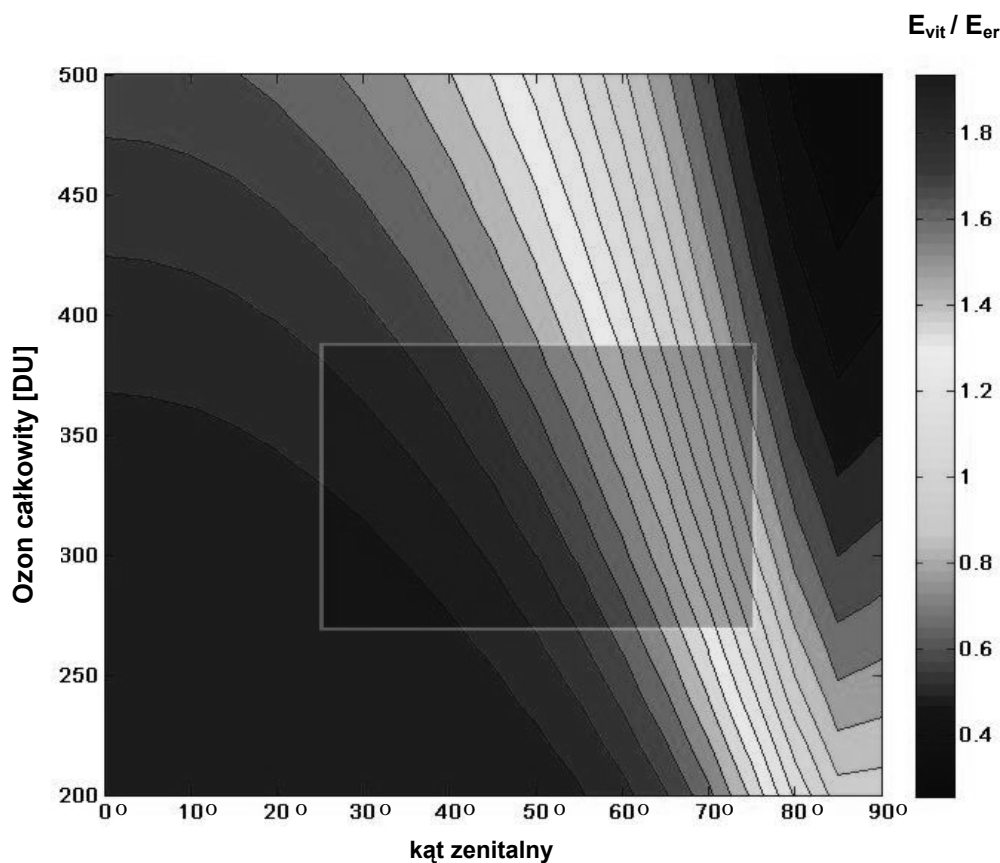
Jednym z efektów wywoływanych przez promieniowanie UV jest rumień skóry. Rysunek 2 przedstawia zależność natężenia napromienienia erytemalnego [mW/m^2] od kąta zenitalnego i ozonu całkowitego. Obserwujemy dużą zmienność promieniowania erytemalnego w funkcji obu parametrów, przy czym najwyższe dawki promieniowania występują przy małych kątach zenitalnych Słońca i niskiej zawartości ozonu w atmosferze. W Polsce zakres kąta zenitalnego wynosi od 25° na południu Polski w lecie, do 75° zimą w północnej części kraju, a średnie miesięczne wartości ozonu całkowitego wahają się między 270-390 DU (rys. 2 - ramka). Z powodu takiej rozpiętości powyższych parametrów, w Polsce obserwujemy dużą zmienność natężenia napromienienia erytemalnego w ciągu roku.



Rys. 2. Natężenie napromienienia erytemalnego [mW/m^2] w funkcji kąta zenitalnego i ozonu całkowitego [DU]. Ramka przedstawia zakres kąta zenitalnego i ozonu całkowitego dla Polski

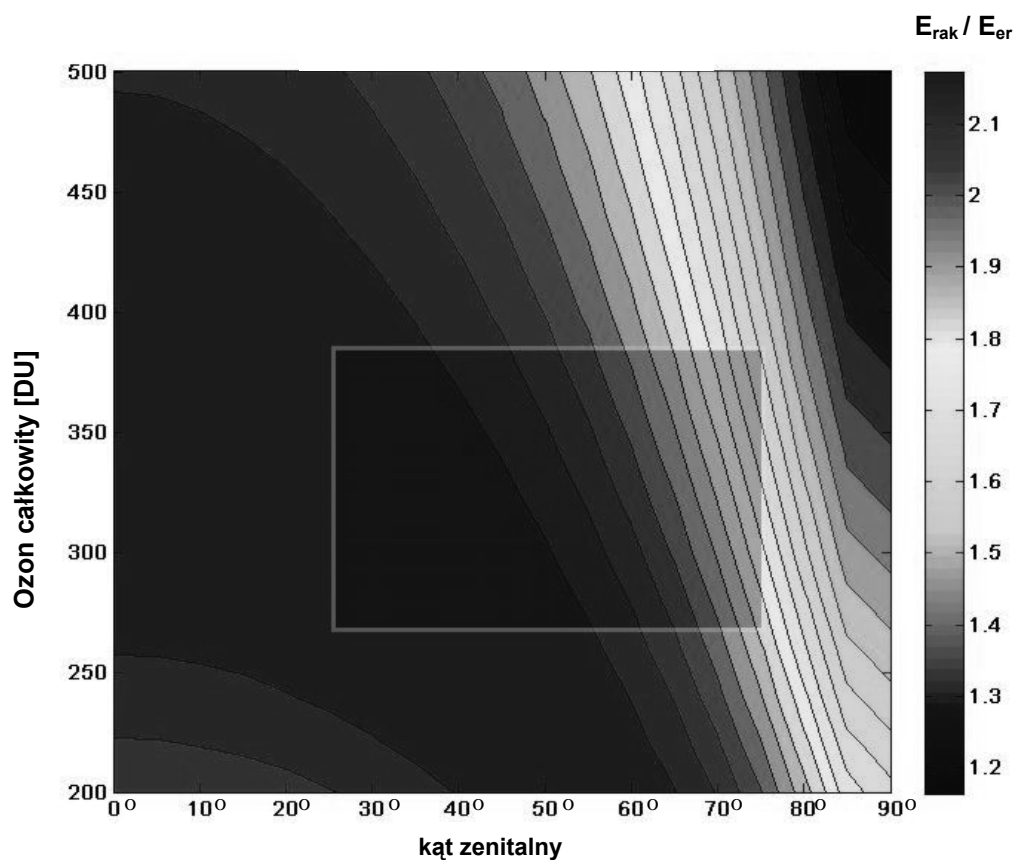
Poza powstawaniem rumienia skóry, promieniowanie UV wywołuje jeszcze wiele innych reakcji. Dobroczynnym oddziaływaniem promieniowania nadfioletowego jest jego wpływ na produkcję witaminy D w ludzkiej skórze.

Rozkład promieniowania UV o czułości prewitaminy D3 w funkcji kąta zenitalnego i ozonu różni się od rozkładu promieniowania erytemalnego. Przy niskich kątach zenitalnych Słońca wartości promieniowania UV o czułości prewitaminy D3 są wyższe w stosunku do promieniowania erytemalnego (rys. 3). Przy kątach zenitalnych powyżej 70° obserwujemy sytuację odwrotną. W Polsce w okresie zimowym natężenie napromienienia UV o czułości prewitaminy D3 jest niższe niż promieniowania erytemalnego. Analizując rysunek 3 obserwuje się ponadto większą zależność promieniowania UV z zastosowaniem funkcji czułości prewitaminy D3 od kąta zenitalnego niż od zmiennej zawartości ozonu w atmosferze.



Rys. 3. Stosunek promieniowania biologicznie czynnego prewitaminy D3 do promieniowania erytemalnego w funkcji kąta zenitalnego i ozonu całkowitego [DU]. Ramka przedstawia zakres kąta zenitalnego i ozonu całkowitego dla Polski

Jedną z negatywnych właściwości promieniowania UV jest jego wpływ na tworzenie się raka skóry. Promieniowanie UV z zastosowaniem funkcji czułości spektralnej SCUP-H osiąga wyższe wartości w stosunku do promieniowania erytemalnego w całym zakresie kąta zenitalnego Słońca (rys. 4). Przy zastosowanych parametrach modelu, przy kątach zenitalnych do 60° obserwujemy dwukrotną różnicę w wartości natężenia napromienienia o czułości raka skóry do promieniowania erytemalnego. Podobnie jak w poprzednim przypadku, promieniowanie o czułości raka skóry wykazuje większą zależność od kąta zenitalnego niż ozonu całkowitego.



Rys. 4. Stosunek promieniowania biologicznie czynnego SCUP-H do promieniowania erytemalnego w funkcji kąta zenitalnego i ozonu całkowitego [DU]. Ramka przedstawia zakres kąta zenitalnego i ozonu całkowitego dla Polski

3.2. Część II

Analizując promieniowanie UVBE z 3 stacji IMGW: Łeba, Warszawa, Zakopane, z lat 1999-2001 widzimy różnice w rozkładzie promieniowania biologicznie czynnego nad obszarem Polski (rys. 5, 6, 7). Głównym czynnikiem powodującym taki rozkład jest zachmurzenie, ale istotną rolę odgrywa również kąt zenitalny Słońca. Najwyższe dawki promieniowania UVBE obserwowane są w południowej Polsce, w okresie: czerwiec-lipiec. Wraz ze wzrostem wartości kąta zenitalnego i przesuwaniami się na północ kraju natężenie promieniowania UVBE maleje.

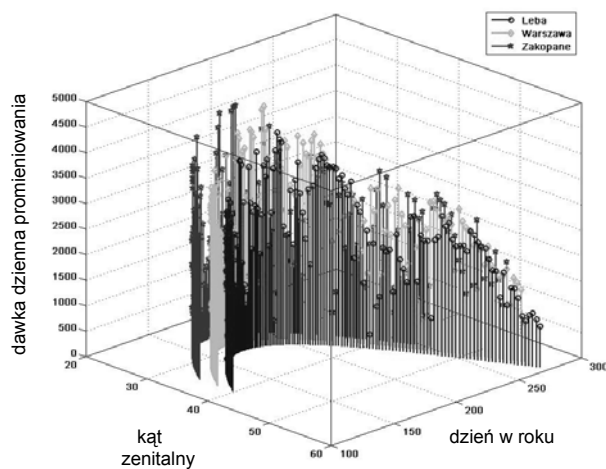
Na przedstawionych poniżej wykresach widać również różnicę w wielkości dawek promieniowania biologicznie czynnego. Potwierdzając wyniki pierwszej części pracy, promieniowanie o czułości raka skóry przyjmuje najwyższe wartości. W Zakopanem dawki dzienne tego promieniowania osiągnęły wartość 5000 [J/m²], przy czym dawki promieniowania erytemalnego i o czułości prewitaminy D3 nie przekroczyły wartości 4300 [J/m²]. Różnice natężenia napromienienia erytemalnego i promieniowania biologicznie czynnego prewitaminy D3 są niewielkie, ale przy niskich kątach zenitalnych widoczne są wyższe wartości dawek dziennych promieniowania o czułości prewitaminy D3.

4. PODSUMOWANIE I WNIOSKI

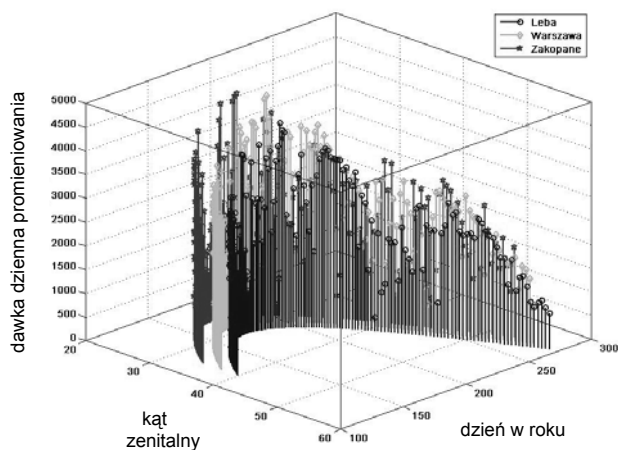
W przedstawionej pracy przeanalizowano zależność promieniowania UV z zastosowaniem funkcji czułości: prewitaminy D3 oraz SCUP-H od kąta zenitalnego i ozonu całkowitego w porównaniu z promieniowaniem erytemalnym oraz zbadano rozkład biologicznie czynnego promieniowania UV dla Polski na podstawie trzyletniej (1999-2001) zrekonstruowanej serii promieniowania dla trzech stacji IMGW: Łeba, Warszawa, Zakopane. Z uzyskanych w pracy wyników nasuwają się następujące wnioski:

- Przy kącie zenitalnym do 70° obserwuje się wyższe wartości promieniowania UV w czułości prewitaminy D3 w stosunku do promieniowania erytemalnego.
- W całym zakresie kąta zenitalnego natężenie napromienienia w czułości raka skóry osiąga wyższe wartości niż natężenie napromienienia erytemalnego.
- Promieniowanie UVBE wykazuje większą zmienność w funkcji kąta zenitalnego Słońca niż ozonu całkowitego.
- Widoczne są różnice w rozkładzie promieniowania UVBE nad obszarem Polski.
- Najwyższe wartości promieniowania UVBE obserwuje się w południowej Polsce i w okresie letnim: czerwiec-lipiec.

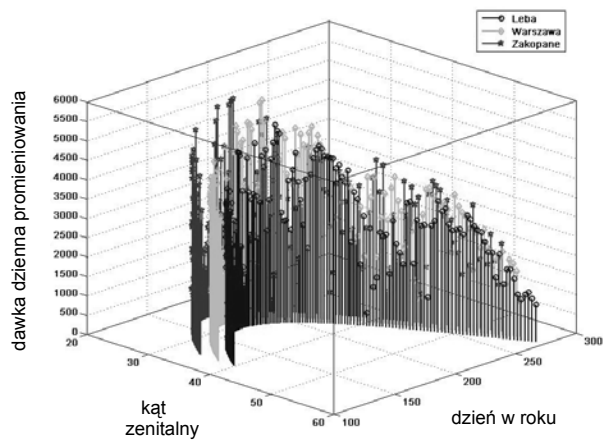
a)



b)



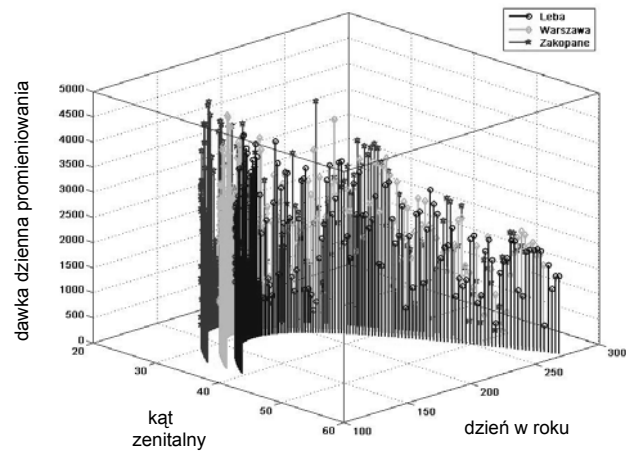
c)



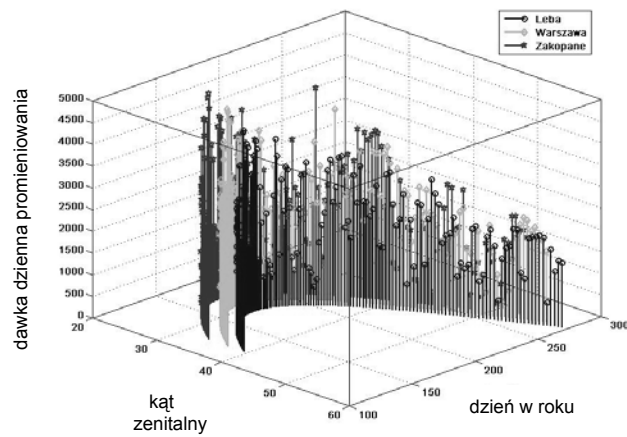
Rys. 5. Dawki dzienne [J/m^2]:

a) promieniowania erytemalnego, b) o czułości prewitaminy D3, c) o czułości SCUP-H dla 3 stacji, z okresu maj-wrzesień 1999 r. w funkcji kąta zenitalnego i dnia w roku

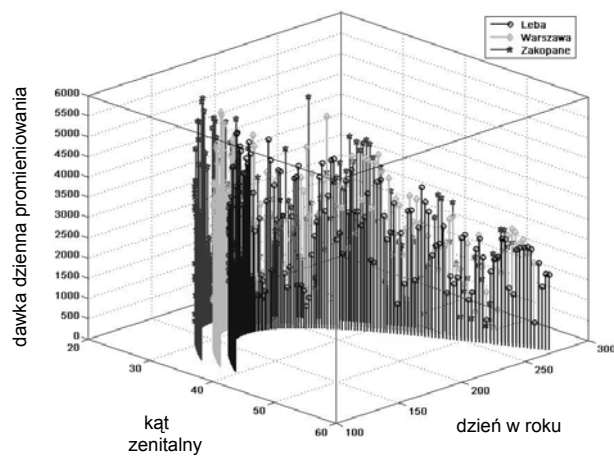
a)



b)



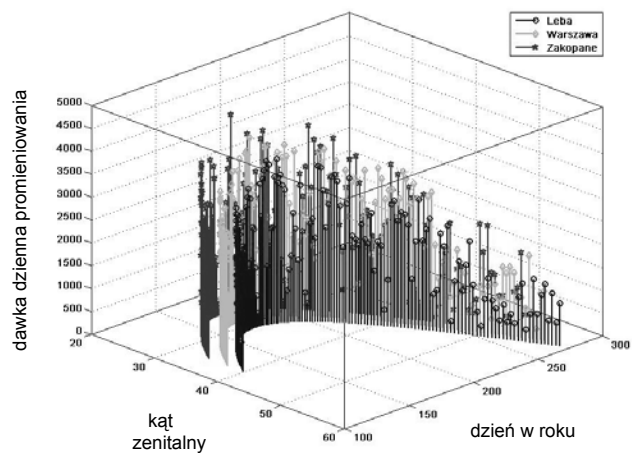
c)



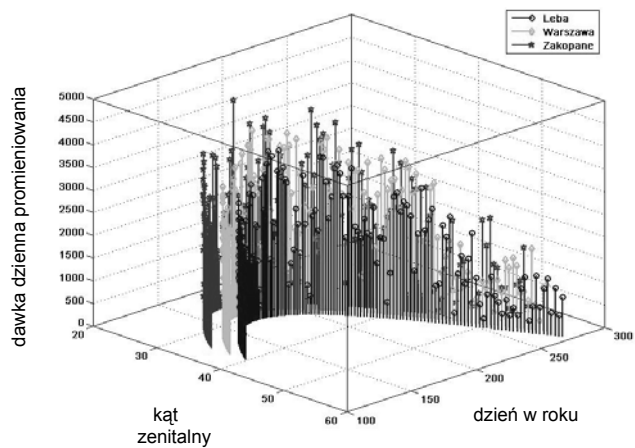
Rys. 6. Dawki dzienne [J/m^2]:

a) promieniowania erytemalnego, b) o czułości prewitaminy D3, c) o czułości SCUP-H dla 3 stacji, z okresu maj-wrzesień 2000 r. w funkcji kąta zenitalnego i dnia w roku

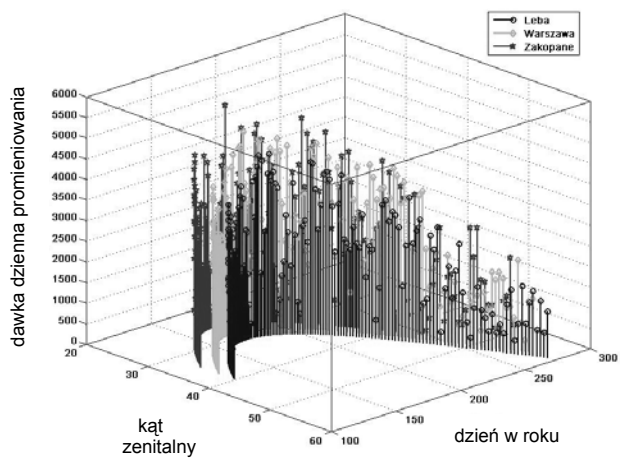
a)



b)



c)



Rys. 7. Dawki dzienne [J/m^2]:

a) promieniowania erytemalnego, b) o czułości prewitaminy D3, c) o czułości SCUP-H dla 3 stacji, z okresu maj-wrzesień 2001 r. w funkcji kąta zenitalnego i dnia w roku

LITERATURA

1. de Gruijl, F.R. and J.C. van der Leun: Estimate of the wavelength dependency of ultraviolet carcinogenesis in humans and its relevance to the risk assessment of a stratospheric ozone depletion. *Health Physics*, 67:319-25,1994.
2. Holick, M. and all: Action spectrum for the production of previtamin D3 in human skin. CIE Technical Report, 2006.
3. MacKinley, A. F., Diffey, B.L.: A reference action spectrum for ultraviolet induced erythema in human skin. *CIE J.*,6(1), 17-22,1987.
4. McKenzie, R. L.: UV radiation climatology and trends. Proceedings of the UV Conference "One century of UV radiation research", Davos, 13-14, 2007.

Rękopis dostarczono, dnia 04.04.2008 r.

Opiniował: prof. dr hab. inż. Władysław Dybczyński

UV RADIATION INFLUENCE
ON HUMAN HEALTH – ACTION SPECTRA:
ERYTHEMAL, PREWITAMIN D3, SCUP-H

Julita BISZCZUK, Zenobia LITYŃSKA,
Aleksander CURYŁO

ABSTRACT *We analysed the UV radiation influence on human health of used 3 action spectra: erythemal, previtamin D3, SCUP-H. The work consists of two parts. In the first part we have studied the variations of UV radiation weighted with previtamin D3 and SCUP-H action spectra, in comparison with erythemal as functions of total ozone and solar zenith angle. In the second part we have showed the variations of UV biologically effective radiation over Poland for the 1999-2001 period, on the basis of reconstructed UV radiation for 3 IMWM station: Leba, Warsaw, Zakopane.*