

ZAGROŻENIE SŁONECZNYM PROMIENIOWANIEM NADFIOLETOWYM NA OBSZARZE GÓRNEGO ŚLĄSKA W ŚWIETLE BADAŃ INSTYTUTU MEDYCyny PRACY I ZDROWIA ŚRODOWISKOWEGO

SOLAR ULTRAVIOLET RADIATION'S HAZARD ON THE UPPER SILESIA PROVINCE IN VIEW OF INSTITUTE OF OCCUPATIONAL MEDICINE AND ENVIRONMENTAL HEALTH RESEARCH

Stanisław Marzec, Jolanta Nowicka, Elżbieta Janosik

*Instytutu Medycyny Pracy Zdrowia Środowiskowego w Sosnowcu
Zakład Szkodliwości Fizycznych, Fizjologii Pracy i Ergonomii
Kierownik Zakładu: dr n.prz. S. Marzec*

Streszczenie

W artykule przedstawiono wyniki pomiarów natężenia słonecznego promieniowania UV w województwie śląskim, wykonane w 2007 roku, w zakresie skuteczności erytemalnej. Oceniono wielkość ekspozycji ludności na nadfiolet pod względem zdrowotnym, z uwzględnieniem pór roku, stanu pogody, stopnia zadrzewienia, czasu przebywania na zewnątrz budynków.

Mierzono natężenie napromienienia w płaszczyźnie poziomej oraz w kierunkach południowym, zachodnim, północnym i wschodnim. Do pomiarów wybrano teren częściowo zabudowany i zadrzewiony.

Największe natężenie napromienienia stwierdzono w płaszczyźnie poziomej i dla kierunku południowego, natomiast najmniejsze dla kierunku północnego. Wykazano, że wielkość narażenia ludności zależy nie tylko od pory roku i warunków klimatycznych, lecz również w dużym stopniu od warunków terenowych: zabudowy i zadrzewienia.

Słowa kluczowe: promieniowanie UV, nadfiolet słoneczny, indeks UV

Abstract

This article presents measurements of solar UV radiation taken in 2007 in Silesian Province in view of erythema efficiency. People's exposure to UV radiation was examined and covered aspects of health, season, weather conditions, number of trees and amount of time spent outdoor.

Irradiance was measured in horizontal plane and in south, north, east and west directions in vertical plane. The area chosen for measurements was partially urbanised and afforested.

The strongest irradiance appeared in horizontal plane measurements and in south direction. The weakest irradiance appeared in northern direction. It shows that people's hazard to solar UV depends not only on season and climate conditions, but also, to a great extent, on local environmental conditions – urbanisation and afforestation.

Key words: ultraviolet radiation, solar ultraviolet, UV index

Nadesłano: 15.11.2010

Zatwierdzono do druku: 25.11.2010

Wstęp

Jednym z czynników środowiska naturalnego oddziałujących na człowieka jest promieniowanie nadfioletowe (UV), będące składnikiem promieniowania słonecznego. Nadfiolet emitowany przez Słońce jest silnie pochłaniany w atmosferze ziemskiej, zwłaszcza krótkofalowy, dzięki czemu do Ziemi dociera tylko nadfiolet dłuższy od około 290 nm, znacznie mniej niebezpieczny dla życia biologicznego niż nadfiolet krótkofalowy [1].

Promieniowanie UV w nadmiernych dawkach wywołuje u człowieka niekorzystne skutki zdrowotne, przy czym narządami krytycznymi są skóra i oczy. Oddziałując na skórę, nadfiolet może powodować rumień (erytemę) skóry, złuszczenie się naskórka, wzrost pigmentacji (powstają piegry, plamy soczewicowate, znamiona), przyspieszenie procesu starzenia się skóry (tzw. fotostarzenie – zażółcenia, wysuszenie skóry, zmarszczki) oraz zmiany przednowotworowe i nowotworowe. Nadmierna ekspozycja oka na nadfiolet może prowadzić do zapalenia spojówki (photoconjunctivitis) i rogówki (photokeratitis), zaćmy, uszkodzenia siatkówki. Długotrwałe, wieloletnie narażenie skóry na intensywne promieniowanie UV może prowadzić do powstania nowotworów skóry, głównie raków podstawnokomórkowych, rzadziej kolczystokomórkowych, a niekiedy nawet czerniaków [2]. Najbardziej szkodliwe jest promieniowanie nadfioletowe o długościach fal 280–315 nm, zwane nadfioletem B (UVB), natomiast znacznie mniej aktywny jest nadfiolet długofalowy, powyżej 315 nm, zwany nadfioletem A (UVA).

Najczęściej dochodzi do narażenia na nadfiolet słoneczny, natomiast znacznie rzadziej na nadfiolet źródeł sztucznych. Dotyczy to zarówno populacji ogólnej jak i pracowników.

W ostatnich latach znacznie wzrosło zainteresowanie narażeniem ludności na ten czynnik, co spowodowane jest bardzo dużym wzrostem zachorowalności na czerniaka, a także spadkiem stężenia ozonu stratosferycznego, co implikuje wzrost natężenia UVB docierającego do powierzchni ziemi.

Z uwagi na wagę zagadnienia, Konwencja Wiedeńska z 1985 roku oraz Protokół Montrealski z 1987 roku obliguje wszystkie kraje Unii Europejskiej, w tym Polskę, do prowadzenia pomiarów natężenia promieniowania UV przy powierzchni ziemi [3, 4]. W związku z tym powstaje coraz większa liczba stacji pomiarowych, monitorujących wielkość natężenia słonecznego promieniowania UV docierającego do powierzchni ziemi. W Polsce pomiarami naturalnego promieniowania nadfioletowego zajmuje się przede wszystkim Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej, ze swoimi ośrodkami w Legionowie, Łebie i Zakopanem, a także Instytut Geofizyki w Belsku pod Warszawą, który najdłużej mo-

onitoruje nadfiolet słoneczny docierający do powierzchni ziemi.

Pomiary naturalnego nadfioletu wykonuje się miernikiem o charakterystyce widmowej odpowiadającej skuteczności tworzenia rumienia skóry czyli erytemy [5]. Ponieważ brak jest jednomyślności w jej przebiegu, WHO zaleca aby pomiary naturalnego UV wykonywać według krzywej względnej skuteczności erytemalnej ustalonej przez Międzynarodową Komisję Oświetleniową (CIE) z 1987 roku [6]. Polskie przepisy wymagały, aby pomiary UV wykonywać według skuteczności określonych w normie PN-79/T-06588 [7].

Stopień narażenia ludności na naturalne promieniowanie UV określa się wielkością dawki otrzymanej w ciągu całego dnia, wyrażoną w J/m^2 lub jako wielokrotność minimalnej dawki promieniowania UV powodującej wystąpienie rumienia na nieekspozowanej wcześniej skórze człowieka (MED Minimal Erythema Dosis). W celu łatwiejszego przedstawienia ogółowi populacji wielkości naturalnego promieniowania UV, podaje się tzw. indeks UV (oznaczany UVI lub Iuv), zdefiniowany jako efektywne natężenie napromienienia w W/m^2 , wyznaczone według krzywej rumieniowej CIE, pomnożone przez 40 [5]. W przypadku wyliczania lub prognozowania maksymalnego dziennego indeksu UV przyjmuje się maksymalną wartość spośród średnich 30-minutowych wartości efektywnego natężenia napromienienia UV, natomiast w przypadku wyznaczania indeksu na drodze pomiarowej bierze się pod uwagę maksymalne wartości średniego natężenia napromienienia UV dla okresów 5–10-minutowych.

Indeks UV jest stosowany do informowania ludności o zagrożeniu zdrowia naturalnym promieniowaniem UV i o konieczności stosowania określonych środków ochronnych skóry i oczu. Dla zdrowego człowieka rasy białej o typowej skórze (kategorii II lub III) indeks UV równy 1–2 oznacza brak zagrożeń naturalnym nadfioletem i możliwość przebywania na słońcu bez ograniczeń i bez konieczności stosowania ochron. Indeks UV o wartości 3–5 oznacza średnie zagrożenie nadfioletem i konieczność ograniczenia przebywania w miejscach nasłonecznionych, a większe wartości indeksu oznaczają wysokie i bardzo wysokie zagrożenie nadfioletem i konieczność znacznego ograniczenia narażenia nie tylko na bezpośrednie promieniowanie słoneczne ale również na promieniowanie rozproszone oraz stosowanie ochron skóry i oczu (ubrań, kremów ochronnych, kapeluszy, okularów).

Poziom naturalnego promieniowania UV na poziomie ziemi zależy od szeregu czynników, w tym również od stopnia i rodzaju zachmurzenia oraz zanieczyszczenia powietrza. W województwie śląskim występuje znacznie większe niż w innych rejonach

Polski zanieczyszczenie powietrza, dlatego określenie narażenia ludności tego obszaru na naturalny nadfiolet ma szczególne znaczenie. W związku z tym w Instytucie Medycyny Pracy i Zdrowia Środowiskowego w Sosnowcu prowadzono w latach 2004-2007 badania natężenia napromienienia naturalnego nadfioletu, występującego na terenie województwa śląskiego w celu oszacowania stopnia narażenia ludności na słoneczny nadfiolet. W artykule tym przedstawiono wyniki pomiarów UV otrzymane w 2007 roku.

Materiał i metoda

Punkt pomiarowy znajdował się w Sosnowcu, na wysokości 260 m n.p.m. o współrzędnych geograficznych 50°16'18" szerokości geograficznej północnej i 19°08'05" długości geograficznej wschodniej. Do pomiarów wybrano teren częściowo zabudowany, o zróżnicowanej wysokości budynków, maksymalnie do około 10 m. Po stronie południowej w pobliżu punktu pomiarowego nie występowały zabudowania ani zadrzewienie, natomiast w pozostałych kierunkach, w odległości około 50–100 m znajdowały się drzewa liściaste.

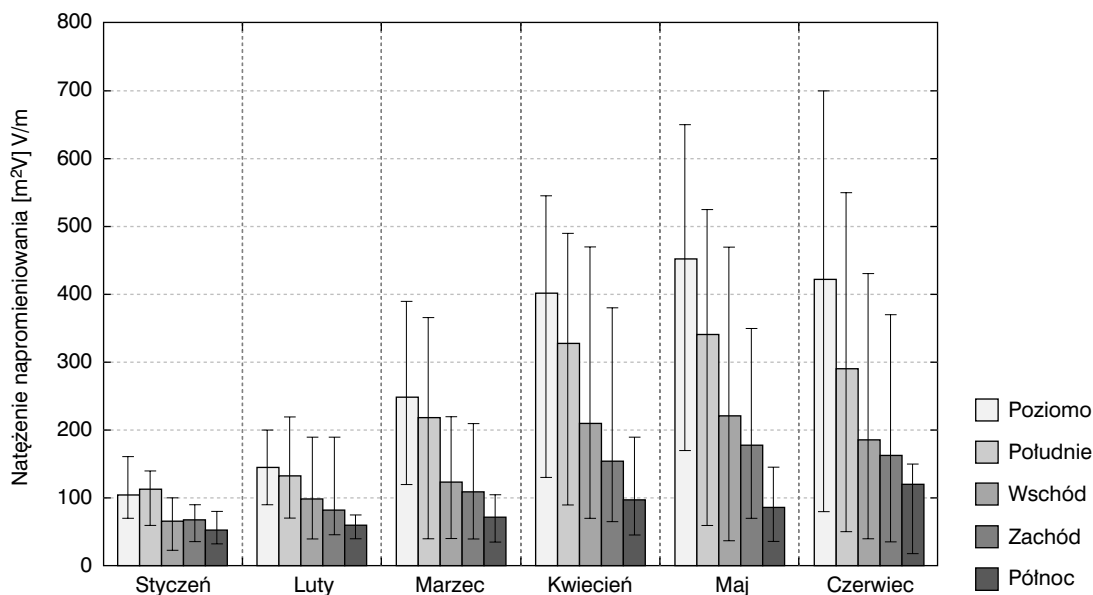
Wyznaczano średnie natężenie napromienienia naturalnego UV dla okresu 10 minut w porze maksymalnej wysokości słońca (w południe czasu słonecznego). Pomiar UV przeprowadzono miernikiem nadfioletu typu UV-01 firmy SONOPAN, według skuteczności erytemalnej, określonej w Pol-

skiej Normie PN-79/T-06588 [7]. Sondę umieszczano na wysokości 1,5 m nad poziomem gruntu, w płaszczyźnie poziomej oraz pionowo w kierunkach wschodnim, południowym, zachodnim i północnym. Błąd pomiarów nie przekraczał 20%.

Notowano również wielkość i rodzaj zachmurzenia, stopień pokrycia terenu śniegiem oraz notowano wartości indeksu UV dla Katowic, podawane przez IMiGW.

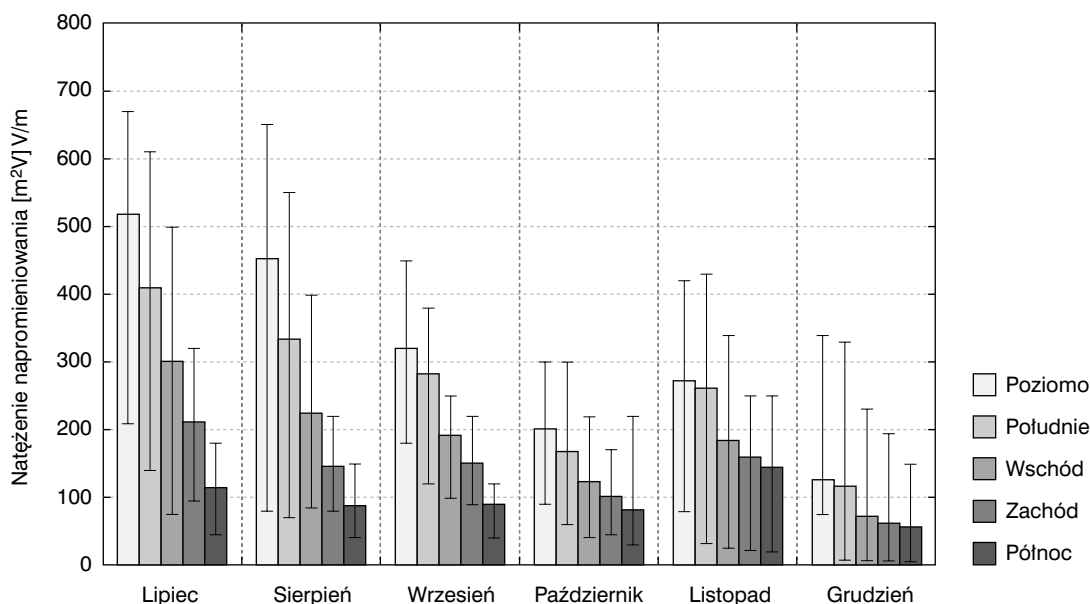
Wyniki badań

Na rycinach 1 i 2 przedstawiono średnie oraz maksymalne i minimalne wartości natężenia napromienienia erytemalnego, otrzymane w poszczególnych miesiącach 2007 roku w płaszczyźnie poziomej oraz w kierunkach południowym, wschodnim, zachodnim i północnym. Podane na rysunkach wartości natężenia napromienienia należy podzielić przez współczynnik 4, aby otrzymać wartości wyznaczone miernikiem o krzywej widmowej CIE. W wyniku pomiarów stwierdzono znaczne zróżnicowanie natężenia promieniowania UV w zależności od kierunku ustawienia sondy. Największe natężenie napromienienia stwierdzono w płaszczyźnie poziomej, a nieco mniejsze w płaszczyźnie pionowej w kierunku południowym, z wyjątkiem miesiąca stycznia, dla którego sytuacja jest odwrotna. Najmniejsze natężenie napromienienia dla wszystkich miesięcy występuje w płaszczyźnie pionowej w kierunku północnym.



Rycina 1. Natężenie napromienienia promieniowania erytemalnego w poszczególnych kierunkach w miesiącach styczeń–czerwiec 2007 roku

Figure 1. Irradiance of erythemal radiation in particular directions, in months January–June 2007.



Rycina 2. Natężenie napromienienia promieniowania erytemalnego w poszczególnych kierunkach w miesiącach lipiec–grudzień 2007 roku

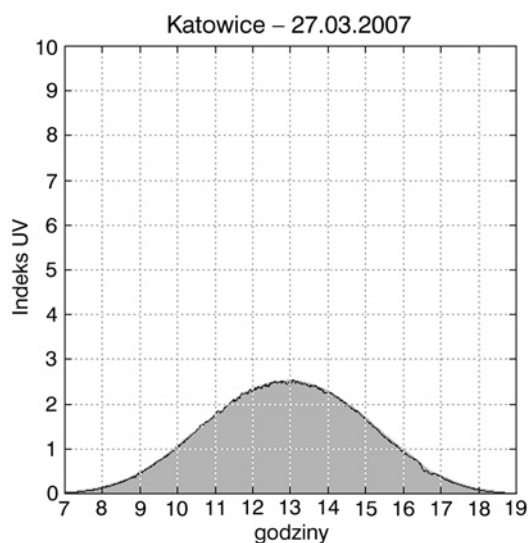
Figure 2. Irradiance of erythemal radiation in particular directions, in months July–December 2007.

Średnie wartości natężenia napromienienia UV dla płaszczyzny poziomej w okresie letnim wynoszą około $0,11 \text{ W/m}^2$ (po uwzględnieniu współczynnika korekcji), a maksymalnie $0,15\text{--}0,17 \text{ W/m}^2$, co odpowiada średniemu indeksowi UV 4,5 oraz maksymalnemu 6–7 jednostek. Największe natężenie promieniowania występuje w miesiącu lipcu, nieco mniejsze w maju, sierpniu i czerwcu, natomiast najmniejsze w styczniu – około $0,025 \text{ W/m}^2$, następnie w grudniu – około $0,03 \text{ W/m}^2$ i nieco większe w lutym. Większe średnie natężenie napromienienia UV stwierdzono w maju

niż w czerwcu oraz w listopadzie niż w październiku. W miesiącach letnich, zwłaszcza w czerwcu i sierpniu, występują duże różnice w wartościach natężenia napromienienia UV, nawet ponad $0,12 \text{ W/m}^2$.

Dyskusja

Na rycinie 3 przedstawiono przykładowe dzienne zmiany wartości indeksu UV w Katowicach w dniu bezchmurnym, otrzymane przez Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej [8]



Rycina 3. Dzienny przebieg wartości indeksu UV w Katowicach wg IMiGW [8]

Figure 3. Daily course of UV index values in Katowice, according to IMiGW [8].

Jak wynika z ryciny, natężenie napromienienia UV podczas bezchmurnego nieba, zmienia się według krzywej gaussowskiej, osiągając maksimum w południe czasu słonecznego. Otrzymana doza naturalnego promieniowania UV, ważona według krzywej skuteczności CIE (D_{sko}), wyniesie [9]

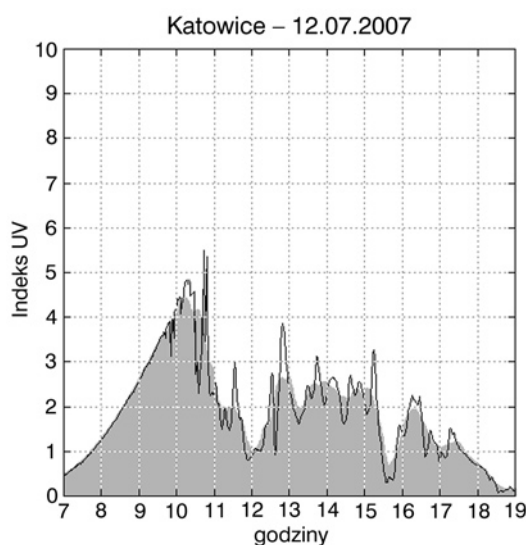
$$D_{sko} = 0,025 UVI_{max} \int_t f(t) dt \quad (1)$$

gdzie: UVI_{max} – maksymalna wartość indeksu UV w danym dniu (w południe czasu słonecznego), $f(t)$ – funkcja według której zmienia się indeks UV.

W przypadku przebywania na zewnątrz pomieszczeń, np. od godziny 8 do 16, otrzymana doza naturalnego promieniowania UV, wyrażona w $[J/m^2]$, określać będzie równanie:

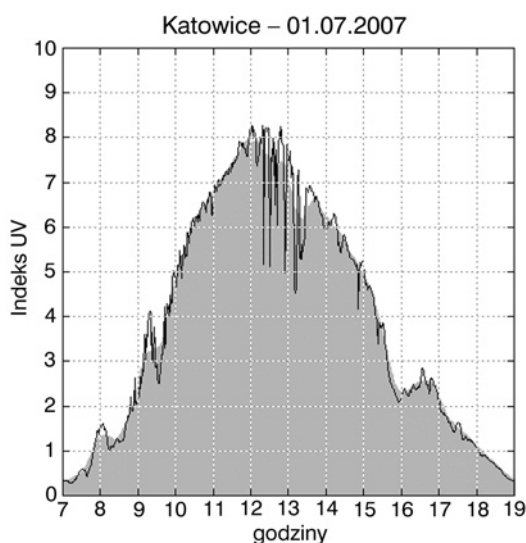
$$D_{sko} = 450 UVI_{max} \quad (2)$$

Z danych IMiGW wynika, że jeżeli występują chmury niskie, a stopień zachmurzenia przekracza 3/8, wówczas natężenie nadfioletu słonecznego ulega zmniejszeniu od 20% do 80%. W przypadku chmur średnich zmniejszenie naturalnego UV występuje w przypadku zachmurzenia przekraczającego 5/8 (o 20% do 50%), a w przypadku chmur wysokich zmniejszenie naturalnego UV nastąpi dopiero w przypadku zachmurzenia praktycznie pełnego (co najmniej 7/8) i tylko o około 10% [5]. Na rycinie 4 przedstawiono przebieg UVI podczas zachmurzenia spowodowanego chmurami niskimi, a na rycinie 5 – podczas zachmurzenia spowodowanego chmurami wysokimi [8].



Rycina 4. Dzienny przebieg wartości indeksu UV w Katowicach podczas zachmurzenia o wielkości 6/8–7/8 chmurami niskimi, wg IMiGW [8]

Figure 4. Daily course of UV index values in Katowice during 6/8–7/8 octas by low clouds, according to IMiGW [8].

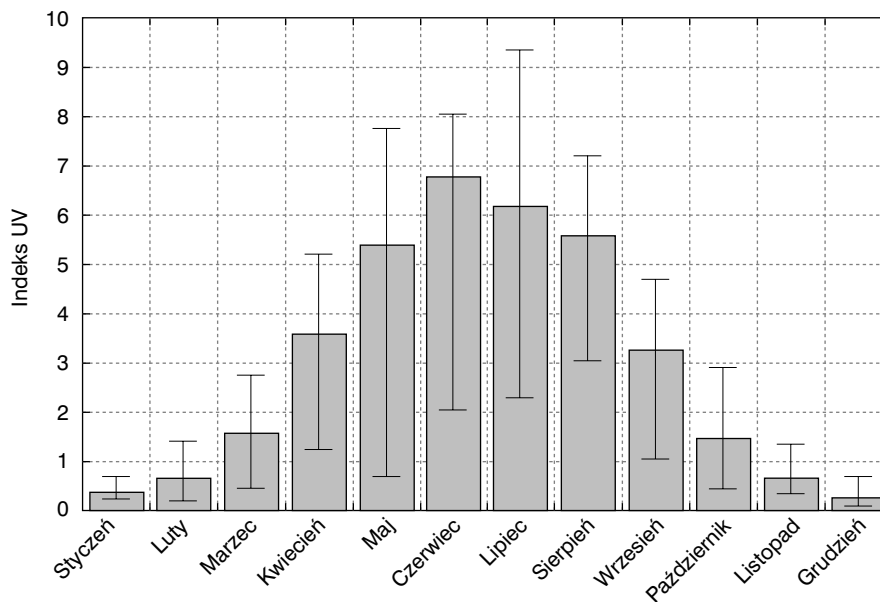


Rycina 5. Dzienny przebieg wartości indeksu UV w Katowicach podczas zachmurzenia o wielkości 7/8 chmurami wysokimi, wg IMiGW [8]

Figure 5. Daily course of UV index values in Katowice during 7/8 octas by high clouds, according to IMiGW [8].

Średnie oraz największe i najmniejsze, spośród maksymalnych, wartości indeksów UV występujących w poszczególnych miesiącach 2007 roku, wyznaczone na podstawie danych IMiGW, przedstawia rycina 6. Jak wynika z ryciny, średnie wartości indeksów UV w miesiącach letnich (maj–sierpień) w Katowicach wynoszą około 6, a maksymalne 8–9 jednostek. Wobec tego doza promieniowania UV,

otrzymana w ciągu 8-godzinnego okresu ekspozycji wyniesie średnio 2700 J/m², a maksymalnie nawet 4050 J/m², wobec minimalnej dawki wywołującej rumień skóry (MED) od 200 do 450 Jm², w zależności od typu skóry. Może wystąpić więc wielokrotne, nawet kilkunastokrotne, przekroczenie progowej wartości rumieniowej, co wymaga ograniczenia narażenia skóry.



Rycina 6. Wartości indeksu UV w Katowicach w poszczególnych miesiącach 2007 roku w oparciu o pomiary IMiGW

Figure 6. UV index values in Katowice in particular months of 2007, according to IMiGW.

Otrzymane na podstawie własnych pomiarów, wartości natężenia napromienia są nieco mniejsze od wartości wyznaczonych przez IMiGW. Poza tym stwierdzono większe średnie wartości natężenia napromienia w maju niż w czerwcu oraz w listopadzie niż w październiku, czego nie wykazały pomiary IMiGW. Różnice te mogą być spowodowane zabudową oraz zadrzewieniem drzewami liściastymi, które opadają jesienią i wskazują, że rzeczywiste narażenie ludności na naturalne promieniowanie nadfioletowe może być mniejsze, niż wynikałoby to z wielkości indeksu UV, mierzono w terenie otwartym, bez zabudowy i zadrzewienia.

Wnioski

● Wyniki otrzymane na podstawie własnych pomiarów wskazują, że na poziom narażenia ludności na naturalny nadfiolet ma duży wpływ nie tylko pogoda lecz również m.in. zabudowa i zadrzewienie terenu.

● Monitoring słonecznego UV, prowadzony przez stacje IMiGW uwzględnia jedynie wpływ pogody. Pomiary słonecznego nadfioletu w naturalnych warunkach umożliwiają uwzględnienie wpływu elementów urbanistycznych i krajobrazowych na wielkość narażenia ludności, co pozwala na dokładniejsze określenie zagrożenia tym czynnikiem.

● Dysponując wynikami pomiarów promieniowania słonecznego UV w naturalnych warunkach można określić dla danego regionu stopień narażenia ludności, dozwolony czas bezpiecznego przebywania w terenie oraz odpowiednie środki ochrony przed nadfioletem.

Wykaz piśmiennictwa

1. Lukas R., McMichael T., Smith W., Armstrong B.: Solar ultraviolet radiation. Global burden of disease from solar ultraviolet radiation., Environmental burden of diseases series, no. 13, WHO Geneva 2006; 4.
2. Induski J.A. (red.): Promieniowanie nadfioletowe. Kryteria zdrowotne środowiska, IMP Łódź 1997; t. 160.

3. Konwencja Wiedeńska w sprawie ochrony warstwy ozonowej. Dz.U. 1992; nr 98, poz. 488.
4. Protokół Montrealski w sprawie substancji zubażającej warstwę ozonową. Dz.U. 1992; nr 98, poz. 490.
5. Lityńska Z., Łapeta B., Wolska H.: Indeks UV a człowiek, IMGW, Warszawa 2001.
6. McKinlay A.F., Diffey B.L.: A reference action spectrum for ultrafiolet induced erythema in human skin. CIE Research Note, CIE Journal, 1987; 6, 1: 17-22.
7. PN-79/T-06588 Ochrona przed promieniowaniem optycznym. Promieniowanie nadfioletowe. Nazwy, określenia, jednostki.
8. www.imgw.pl (01.07.2007)
9. Lapere J., Gambichler T.: Sun protection offered by fabrics: on the relation between effective doses based on different action spectra., Photodermatology, Photoimmunology and Photomedicine, 2003; 19 (1): 11-16.

*Adres do korespondencji:
dr Stanisław Marzec
Instytut Medycyny Pracy i Zdrowia Środowiskowego
41-200 Sosnowiec, ul. Kościelna 13
tel. 032 2660885 wew. 236, fax 032 2661124
e-mail: s.marzec@imp.sosnowiec.pl*