

dr inż. AGNIESZKA WOLSKA
 dr MAŁGORZATA POŚNIAK
 dr MAŁGORZATA SZEWCZYŃSKA
 Centralny Instytut Ochrony Pracy
 – Państwowy Instytut Badawczy

Naturalne promieniowanie UV i fototoksyczne substancje chemiczne – metoda oceny ryzyka zawodowego



Fot. Dwight Smith, Bigstockphoto

Na zewnętrznych stanowiskach pracy często równocześnie oddziałują naturalne promieniowanie UV oraz różne substancje chemiczne, co może powodować choroby skóry, zwane fotodermatozami egzogennymi. Wśród grup zawodowych zatrudnionych na takich stanowiskach pracy są m.in. pracownicy budowy dróg układający asfalt. Źródłem fototoksycznych substancji chemicznych na tych stanowiskach są masy bitumiczne a substancjami fototoksycznymi w niej zawartymi są fenantren i antracen. Niezbędne jest zapewnienie pracownikom odpowiednich środków ochrony, wytypowanych na podstawie przeprowadzonej oceny ryzyka zawodowego. W niniejszym artykule przedstawiono opracowane kryteria i metodę oceny ryzyka związanego z łącznym oddziaływaniem naturalnego promieniowania UV i czynników chemicznych. Jest to metoda szacunkowa, która opiera się na wyznaczeniu wskaźnika ekspozycji skóry na promieniowanie UV i czynniki chemiczne z wykorzystaniem odpowiednich współczynników przeliczeniowych i nie wymaga dokonywania pomiarów przez pracodawcę.

Solar UV and phototoxic chemical substances – occupational risk assessment

Solar UV and different chemical substances are often present at the same time at outdoor workstations. As a result, they affect workers' skin and they can induce skin diseases called exogenic photodermatitis. Among occupational groups at such workstations are road construction workers who lay the asphalt. Bitumen mass is a source of phototoxic substances: phenanthrene and anthracene at these workstations. The workers should have appropriate protective measures chosen on the basis of risk assessment. This article presents new criteria and a method of risk assessment related to simultaneous impact of solar UV and chemical substances. The new method is an estimation method based on calculating the index of exposure of skin to UV and chemical substances; it takes into account indexes related to the clouds, clothes, shade and duration of exposure.

Wstęp

Dyrektywa 2006/25/WE [1] i wdrażające ją rozporządzenie w sprawie bhp przy pracach związanych z ekspozycją na promieniowanie optyczne [2] wskazują na konieczność uwzględniania podczas dokonywania oceny ryzyka zawodowego skutków dla zdrowia, wynikających ze współwystępowania w środowisku pracy promieniowania nadfioletowego i fotoczułujących substancji chemicznych. Wprawdzie oba te dokumenty dotyczą ekspozycji na sztuczne promieniowanie optyczne, to jednak ze względu na takie same skutki zdrowotne mogą odnosić się do ekspozycji zawodowej na naturalne promieniowanie UV. Ponadto zgodnie z zapisami dyrektywy ramowej 89/391/EWG [3] i wdrażającego

ją rozporządzenia MPiPS w sprawie ogólnych przepisów bhp [4] przy ocenie zagrożeń i ryzyka zawodowego powinny być brane pod uwagę wszystkie czynniki szkodliwe występujące na stanowiskach pracy, bez względu na to, czy pochodzą od źródeł sztucznych czy też naturalnych, a pracodawcy zobowiązani są do podejmowania odpowiednich środków w celu wyeliminowania lub ograniczenia tych zagrożeń.

Na zewnętrznych stanowiskach pracy często równocześnie oddziałują naturalne promieniowanie UV oraz różne substancje chemiczne, co może powodować choroby skóry, zwane fotodermatozami egzogennymi. Wśród grup zawodowych zatrudnionych na takich stanowiskach pracy są m.in. pracownicy

budowy dróg układający asfalt. Źródłem fototoksycznych substancji chemicznych na tych stanowiskach są masy bitumiczne. Niezbędne jest zapewnienie pracownikom odpowiednich środków ochrony, wytypowanych na podstawie przeprowadzonej oceny ryzyka zawodowego [5]. Metodę oceny ryzyka związanego z łącznym oddziaływaniem naturalnego promieniowania UV i czynników chemicznych przedstawiono w niniejszym artykule.

Przyczyny i rodzaje fotodermatoz

Fotodermatoza jest to choroba skóry spowodowana ekspozycją na promieniowanie słoneczne, związana z nadwrażliwością na promieniowanie UV, zależna od mechanizmów immunologicznych lub czynników

egzogennych. Fotodermatozy można podzielić na pięć głównych grup: samoistne (idiopatyczne), egzogenne, endogenne, uwarunkowane genetycznie oraz schorzenia mogące ulec zaostrzeniu pod wpływem promieniowania słonecznego. W przypadku stosowania chemicznych substancji fototoksycznych lub fotoalergicznym wraz z jednoczesną ekspozycją na promieniowanie nadfioletowe (głównie UVA) mamy do czynienia z fotodermatozami egzogennymi [6]. Dotyczy to zarówno substancji o działaniu układowym, jak i miejscowym. Wyróżnia się dwa rodzaje reakcji skóry: zapalenie fototoksyczne i fotoalergiczne skóry, zwane inaczej odczynami postłonecznymi. Szacuje się, że ok. 70% fototoksyn i fotoalergenów jest uaktywnianych przez UVA [6].

Reakcje fototoksyczne mogą wystąpić praktycznie u wszystkich pod warunkiem zadziałania substancji fototoksycznych i promieniowania UV w odpowiednio dużej dawce. Minimalna dawka UVA do wywołania reakcji fototoksycznych czy fotoalergicznym wynosi 20 000 J/m² [6, 7]. Mechanizm tworzenia się odczynów fototoksycznych powstaje na drodze uwalniania energii przez substancje chemiczne będące w kontakcie ze skórą. Wynikiem tego procesu jest uszkodzenie struktur komórkowych i rozwój ostrej reakcji zapalnej, która występuje u wszystkich osób po każdorazowym zadziałaniu substancji fototoksycznej i promieniowania UVA. Reakcja ta pojawia się najczęściej bezpośrednio lub w niedługim czasie po ekspozycji i ograniczona jest do miejsca działania obu tych czynników, a więc zarówno substancji fototoksycznej, jak i promieniowania UVA i ustępuje całkowicie po usunięciu czynnika uczulającego. W odczynach fototoksycznych nie bierze udziału system immunologiczny. Wykwity występują najczęściej bezpośrednio lub w niedługim czasie od ekspozycji na światło. Klinicznie przypominają oparzenia słoneczne – widoczny jest rumień, obrzęk, pęcherze. Cechą różniącą odczyn fototoksyczny od oparzenia słonecznego jest obecność ognisk hiperpigmentacji pozapalnej [6]. W niektórych przypadkach utrzymują się długotrwałe przebarwienia (np. po niektórych lekach do stosowania zarówno wewnętrznego, jak i zewnętrznego) lub zmiany przypominające liszaj płaski czy porfirię późną skórą. Dziegicje, bitумы, barwniki (antrachinon, eozyne, róż bengalski), furokumaryny oraz leki (amiodaron, tetracykliny, furosemid, naproksen, sulfonamidy) to przykłady substancji wywołujących odczyn fototoksyczny.

W reakcjach fotoalergicznym bierze udział układ immunologiczny, a wykwity skórne nie pojawiają się u wszystkich narażonych na działanie substancji fotoalergicznym. Reakcje te powstają pod wpływem

jednoczesnego działania tych substancji i promieniowania UV. Jednak występowanie tych odczynów nie jest tak bezpośrednio związane z dawką substancji chemicznej i promieniowania, jak ma to miejsce w przypadku odczynów fototoksycznych. Odczyn fotoalergicznym wymagają powtarzającego się kontaktu z czynnikiem uczulającym i mogą przekształcić się w przetrwałą postać nadwrażliwości na światło [7]. W przypadku substancji o działaniu fotoalergicznym powstają zmiany określane jako fotoalergicznym wyprysk kontaktowy. Po upływie 24-48 godzin od ekspozycji na promienie UV, głównie na odsłoniętych częściach ciała, ale również w miejscach niepoddanych ekspozycji na działanie światła, pojawiają się wykwity grudkowe z towarzyszącym świądem. Przykładami substancji wywołujących reakcje fotoalergicznym są: halogenowe pochodne salicylanilidów, leki przeciwgrzybiczne, fenotiazyny (chloropromazyna, prometazyna), składniki filtrów przeciwsłonecznym, a także niektóre substancje zapachowe (pizmo ambratowe).

Oddziaływanie łączne promieniowania UV i fototoksycznych substancji chemicznych występujących w dymach asfaltów

W przypadku pracowników budowy dróg źródłem substancji fototoksycznych są masy bitumiczne wchodzące w skład asfaltów, które po uplastycznieniu w ok. 180-200 °C wydzielają wieloskładnikowe mieszaniny substancji chemicznych, m.in.:

- węglowodory aromatyczne: ksyleny, etylobenzen, butylobenzen – o działaniu głównie neurotoksycznym
- aldehydy: formaldehyd, akrylaldehyd, acetaldehyd – o działaniu drażniącym, uczulającym
- wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA), w tym antracen i fenantren – o działaniu fototoksycznym.

W warunkach narażenia zawodowego wszystkie wymienione substancje wchłaniają się do organizmu pracownika jednocześnie poprzez układ oddechowy i nieuszkodzoną skórę oraz w bardzo małym stopniu przez układ pokarmowy. Mogą one powodować szkodliwe efekty m.in. w wyniku działania miejscowego, np. uczulenie, wysypkę, zaczerwienienie. Dodatkowo jednoczesne działanie promieniowania UV może te reakcje potęgować lub powodować inne reakcje skórne – fotodermatozy egzogenne, jeśli wśród oddziałujących czynników chemicznych będą substancje fototoksyczne lub fotoalergicznym oddziałujące po wchłonięciu przez organizm drogą inhalacyjną, pokarmową lub przez skórę.

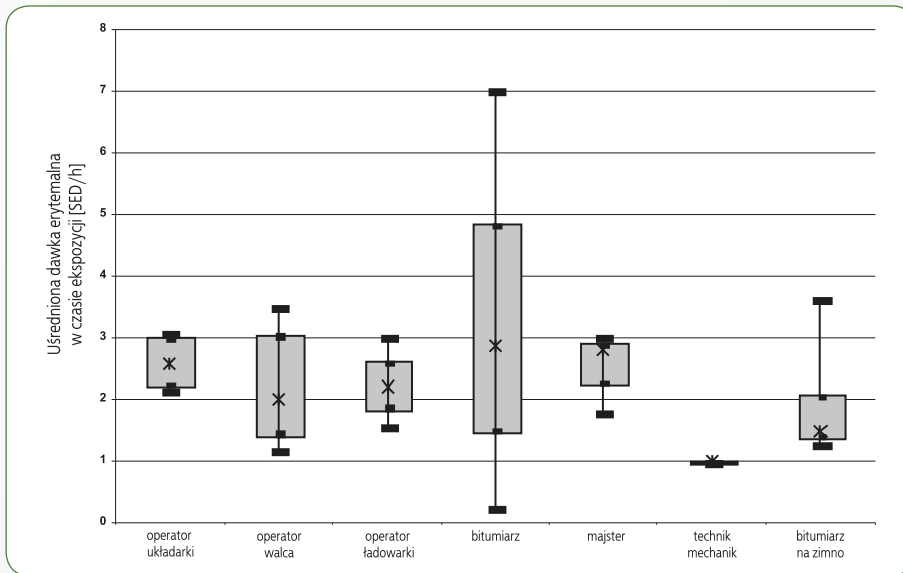
Metoda badania ekspozycji na naturalne promieniowanie UV i fototoksyczne substancje chemiczne

Opracowana w CIOP-PIB metoda badania łącznej ekspozycji na naturalne promieniowanie UV i fototoksyczne substancje chemiczne obejmowała badanie poziomu ekspozycji na naturalne promieniowanie UV oraz badanie ekspozycji dermalnej i inhalacyjnej na fototoksyczne substancje występujące w dymach asfaltu.

Poziom ekspozycji pracowników na naturalne nadfiolet wyznaczano na podstawie pomiaru indywidualnej dawki erytemalnej (napromienienia erytemalnego) promieniowania UV i całkowitej dawki promieniowaniem UVA. Dawki te mierzono za pomocą indywidualnych dozymetrów X2000-10 i X2000-5 produkcji firmy Gigahertz-Optik GmbH (Niemcy), umieszczanych na ramionach pracowników.

Do oznaczania fototoksycznych WWA zastosowano zmodyfikowaną metodę oznaczania podaną w normie PN-Z-04240-5:2006 *Ochrona czystości powietrza. Badania zawartości wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych. Część 5*. [9]. Do pobierania próbek powietrza w celu oznaczania stężeń fenantrenu i antracenu na stanowiskach pracy zastosowano próbnik, składający się z filtra z włókna szklanego i rurki adsorpcyjnej wypełnionej żywicą Amberlit XAD-2 typu ORBO-43. Do wyizolowania badanych analitów z pobranych próbek zastosowano ekstrakcję rozpuszczalnikową – dichlormetanem i acetonitrylem. Ilościową analizę WWA w uzyskanych ekstraktach prowadzono metodą wysokosprawnej chromatografii cieczowej z detekcją fluorescencyjną. Metoda oznaczania tych związków do oceny narażenia dermalnego polegała na przypięciu oprawek z filtrami teflonowymi do ubrania pracownika, osadzeniu emitowanych substancji podczas wykonywanych czynności zawodowych na filtrach teflonowych, wyekstrahowaniu zdeponowanych substancji chemicznych dichlormetanem i analizie chromatograficznej otrzymanych roztworów.

Badania łącznego narażenia na promieniowanie UV i fototoksyczne substancje chemiczne przeprowadzono na stanowiskach pracy zatrudnionych przy układaniu asfaltów zespołów pracowników, składających się z: operatora układarki, operatora walca, operatora ładowarki, bitumiarzy oraz technika mechanika i majstra (jeżeli byli obecni podczas wykonywania badań). Wykonano również badania podczas napraw nawierzchni dróg, gdzie stosowano emulsję asfaltu do zalewania ubytków/dziur/naprawianych powierzchni, a nie asfalt uplastyczniony termicznie. Badania wykonano na stanowiskach pracy 88 pracowników, od maja do września w latach 2008-2010.



Rys. 1. Zestawienie uśrednionych (za czas ekspozycji) dawek erytemalnych otrzymywanych przez poszczególne grupy pracowników. Legenda: „x” odpowiada medianie, wysokość słupka – rozstępowi, a „wąsy” – wartości minimalnej i maksymalnej w każdej grupie zawodowej

Fig. 1. Averaged (by time of exposure) erythemal doses for individual groups of workers. Legend: X- median, bar height-interval, whiskers – minimum and maximum values in each group

Wyniki badania ekspozycji na naturalne promieniowanie UV i fototoksyczne substancje chemiczne

Wyznaczone z pomiarów dozymetrycznych średnie dawki erytemalne promieniowania UV u badanych pracowników wynosiły od 5,43 SED (SED – standardowa dawka erytemalna [5]) do 17,25 SED (SED = 100 J/m²). Wartość 1000 J/m² (10 SED), którą przyjęto jako wartość graniczną ekspozycji na promieniowanie UV (odpowiada ona dawce erytemalnej, która wywołuje zaczerwienienie skóry preadoptionwanej do promieniowania UV w przypadku III i IV fototypu skóry) była przekroczona dla 60% pracowników objętych badaniami. Największe dawki erytemalne występowały u bitumiarzy (średnia 17,25 SED), u majstrów

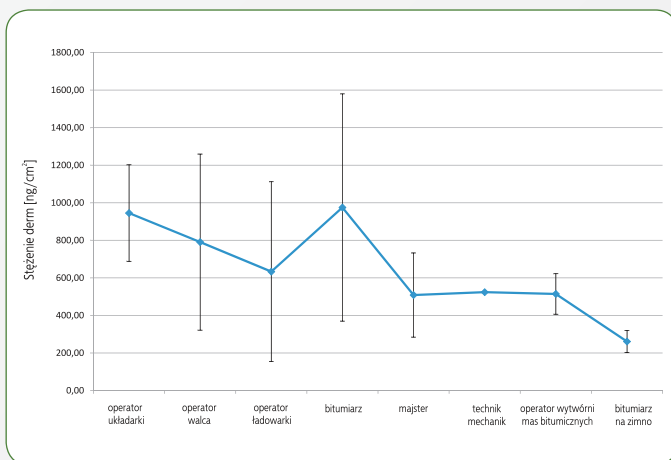
nadzorujących prace przy rozściełaniu asfaltu (14,42 SED) oraz operatorów układarek, które nie były wyposażone w dodatkowe zadaszenie (13,34 SED).

Średnia wartość uśrednionych dawek erytemalnych za czas ekspozycji występujących u badanych pracowników wynosiła od 0,99 SED/h do 3,16 SED/h. Wartość uśrednionej dawki erytemalnej, dla której przyjęto wartość graniczną wynoszącą 125 J/(m²h), (1,25 SED/h) jak dla 8-godzinnej ekspozycji (10 SED/8 h = 1,25 SED/h) była przekroczona u 84% pracowników objętych badaniami. Największe wartości występowały u bitumiarzy, operatorów układarki i majstrów. Natomiast najniższą uśrednioną dawkę erytemalną na poziomie 1 SED/h otrzymywał technik mechanik (rys. 1.).

Zróżnicowanie otrzymywanych dawek w obrębie poszczególnych grup pracowników wynikało ze zmienności warunków pogodowych (indeksu UV i zachmurzenia), ale także z różnorodności wykonywanych przez nich czynności, jak i ekranowania (przesłaniania) dozymetrów przez współpracowników i maszyny robocze. Przy układaniu asfaltu dawki mniejsze występowały u operatorów walca, ładowarki i układarki w porównaniu z dawkami otrzymywanymi przez bitumiarzy, co spowodowane było głównie daszkami zainstalowanymi nad operatorami tych pojazdów.

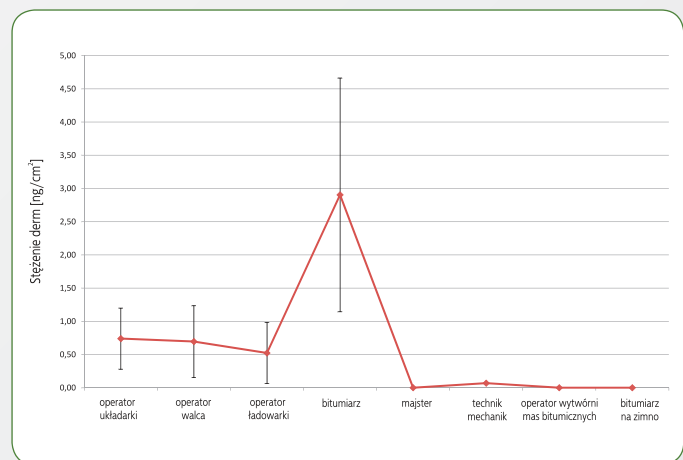
Zmierzone dawki UVA w ciągu zmiany roboczej we wszystkich przypadkach przekroczyły wartość 20 000 J/m², a więc wartość wystarczającą do wystąpienia efektów: fototoksycznego i fotouczulającego. Uzyskane wyniki badań wskazują, że zarówno otrzymywane dawki erytemalne jak i całkowite UVA są wysokie, i w przypadku nieosłoniętej skóry samo oddziaływanie promieniowania UV może powodować skutki szkodliwe dla zdrowia pracowników. Dodatkowo występowanie w ich środowisku pracy substancji fototoksycznych, które mogą być deponowane na skórze może przyczyniać się do wzmoczenia ewentualnych podrażnień skóry (oparzenia). Natomiast łączne działanie substancji fototoksycznych deponowanych na skórze i wchłanianych przez układ oddechowy przy współdziałaniu nadfioletu może prowadzić również do reakcji fototoksycznych i fotouczulających.

Niebezpieczne substancje chemiczne o działaniu drażniącym, uczulającym, w tym fototoksycznym, oznaczono w powietrzu wdychanym przez pracowników oraz w próbkach dermalnych. Wśród tych substancji jest 8 substancji o działaniu drażniącym, w tym 3 drażniące na skórę, 2 substancje żrące, 2 o działaniu uczulającym i 2 fototoksyczne. Obecność antracenu i fenantrenu (substancji fototoksycznych) w po-



Rys. 2. Zestawienie średnich geometrycznych stężeń inhalacyjnych sumy antracenu i fenantrenu dla poszczególnych grup badanych pracowników

Fig. 2. Geometrical mean values of inhalation concentration of the total of anthracene and phenanthrene for individual groups of workers



Rys. 3. Zestawienie średnich geometrycznych dermalnych sumy antracenu i fenantrenu dla poszczególnych grup badanych pracowników

Fig. 3. Geometrical mean values of dermal concentration of the total of anthracene and phenanthrene for individual groups of workers

wietru na stanowiskach pracy oraz w próbkach dermalnych, wskazuje na możliwość wystąpienia reakcji fototoksycznych u pracowników zatrudnionych podczas układania nawierzchni dróg z asfaltów, narażonych na łączne oddziaływanie promieniowania UV i tych substancji.

Badania substancji fototoksycznych wykazały, że średnie inhalacyjne stężenia ważone dla sumy antracenu i fenantrenu mieściły się w zakresie od 250 do 3590 ng/m³. Poziom stężenie tych substancji zależny był od wykonywanych czynności przez poszczególne grupy pracowników podczas układania i wytwarzania asfaltu. Na najwyższe stężenia antracenu i fenantrenu zawarte we wdychanym powietrzu narażeni byli operatorzy układarki (średnie stężenie geometryczne 916 ng/m³) i bitumiarze rozgrabiający rozgrzaną masę asfaltu (średnie stężenie geometryczne 828 ng/m³), a następnie operatorzy walca, ładowarki, majster, technik mechanik i operator wytwórni mas bitumicznych (rys. 2.). Najmniejsze stężenia tych substancji występowały w strefie oddychania bitumiarzy wykonujących łatanie nawierzchni dróg emulsją asfaltową na zimno, dla których średnie stężenie ważone wynosiło 256 ng/m³.

Średnie stężenie sumy antracenu i fenantrenu zdeponowanego na skórze (rys. 3.) było w zakresie od 0 do 2,9 ng/cm². W przypadku narażenia dermalnego również poziom ilości fenantrenu i antracenu zależał od wykonywanych przez pracowników czynności. Największe ilości tych substancji na skórze oznaczono dla bitumiarzy rozgrabiających rozgrzaną masę asfaltu (średnie stężenie 2,14 ng/cm²), około dziesięciokrotnie mniejsze u operatorów układarki (średnie stężenie geometryczne 0,24 ng/cm²), a następnie u operatorów walca i ładowarki. Przeprowadzone pomiary u bitumiarza „na zimno” (stosowanie emulsji asfaltu przy naprawie dróg), operatora wytwórni mas, majstra i technika mechanika nie wykazały obecności na ich skórze fototoksycznych substancji chemicznych.

Z przeprowadzonych badań wynika, że pracownicy zatrudnieni podczas układania asfaltów na drogach byli narażeni jednocześnie na promieniowanie UV oraz fenantren i antracen, co może być przyczyną fotodermatoz egzogennych. W związku z tym w ocenie ryzyka zawodowego tej grupy pracowników wskazane jest uwzględnienie łącznego oddziaływania tych szkodliwych dla zdrowia czynników.

Metoda oceny ryzyka związanego z łącznym oddziaływaniem UV i fototoksycznych substancji chemicznych

Najpełniejsza metoda oceny ryzyka zawodowego polega na porównaniu wyników pomiarów odpowiednich parametrów czynników szkodliwych z ich wartościami najwyższych dopuszczalnych natężeń lub najwyższych dopuszczalnych stężeń.

Takie postępowanie nie jest jednak możliwe w przypadku łącznej ekspozycji na naturalne promieniowanie UV i fototoksyczne substancje chemiczne – antracen i fenantren z uwagi na brak odpowiednich wartości normatywów higienicznych w polskich przepisach oraz w innych państwach UE i USA. W związku z tym opracowano metodę oceny ryzyka zawodowego związanego z łącznym oddziaływaniem naturalnego promieniowania UV i fototoksycznych substancji chemicznych, której podstawą nie jest pomiar, lecz szacunkowa ocena zmienności natężenia naturalnego promieniowania UV i stężeń tych substancji w powietrzu na stanowiskach pracy oraz ich ilości zdeponowanych na skórze nieosłoniętych rąk, dłoni czy twarzy pracowników.

Zaproponowana metoda oceny ryzyka zawodowego związanego z łączną ekspozycją pracowników zatrudnionych na zewnętrznych stanowiskach pracy przy układaniu asfaltów na naturalne promieniowanie UV i fototoksyczne substancje chemiczne opiera się na określeniu następujących wskaźników:

- W_{es}** – wskaźnika ekspozycji skóry na promieniowanie UV bez stosowanych środków ochrony wyznaczonego na podstawie maksymalnego prognozowanego indeksu UV w obszarze geograficznym, na którym wykonywana jest praca i współczynnika zachmurzenia W₁ (patrz [5])
- W_{ch}** – wskaźnika ekspozycji związanej z działaniem fototoksycznym substancji na skutek narażenia inhalacyjnego i dermalnego
- W_{es, ch}** – wskaźnika łącznej ekspozycji na promieniowanie UV i fototoksyczne substancje chemiczne
- W^{*}_{es, ch}** – skorygowanego wskaźnika łącznej ekspozycji na promieniowanie UV i fototoksyczne substancje chemiczne po zastosowaniu środków ochronnych

Wskaźnik W_{ch} wyznacza się na podstawie współczynnika zależnego od sumy stężeń an-

tracenu i fenantrenu w powietrzu (W_{ch, inh}) oraz współczynnika zależnego od sumy ilości antracenu i fenantrenu zdeponowanych na skórze (W_{ch, derm}). Szacunkową wartość W_{ch, inh} i W_{ch, derm} określa się w zależności od wykonywanych czynności przez danego pracownika korzystając z tab. 1.

Wyznaczona na podstawie wyników pomiarów napromienienia erytemalnego i napromienienia całkowitego promieniowaniem UVA, jak również wielkości sumy stężeń antracenu i fenantrenu w powietrzu w strefie oddychania i zdeponowanych na skórze badanych pracowników wartość kryterialna do oceny ryzyka zawodowego wynosi:

$$W_{es, ch} \text{ lub } W_{es, ch}^* < 1,2$$

Proponowane kryterium i metoda oceny ryzyka zawodowego związanego z łącznym narażeniem na promieniowanie UV substancji fototoksyczne określone jest poprzez maksymalną dopuszczalną wartość wskaźnika łącznej ekspozycji na promieniowanie UV i fototoksyczne substancje chemiczne: antracen i fenantren występujące w dymach asfaltów (bez uwzględnienia środków ochrony – W_{es, ch} i z uwzględnieniem środków ochrony – W^{*}_{es, ch}).

Ostateczny wskaźnik do oceny ryzyka W^{*}_{es, ch} oblicza się wg wzoru:

$$W_{es, ch}^* = W_{es, ch} \cdot W_2 \cdot W_3 \cdot W_4$$

po określeniu wartości:

W_{es, ch} – wskaźnika łącznej ekspozycji na promieniowanie UV i fototoksyczne substancje chemiczne

W₂ – współczynnika zależnego od ubioru

W₃ – współczynnika zależnego od zacienienia

W₄ – współczynnika zależnego od czasu ekspozycji.

Szacunkowe wartości współczynników W₂, W₃, W₄ podano w tab. 2.

**PRZYJMUJE SIĘ, ŻE RYZYKO
JEST POMIJAŁNIE MAŁE,
GDY WSKAŹNIKI W_{es, ch} lub W^{*}_{es, ch}
NIE PRZEKRACZAJĄ WARTOŚCI 1,2**

Tabela 1. Określanie szacunkowe współczynnika ekspozycji W_{ch}, zależnego od sumy stężeń antracenu i fenantrenu
Table 1. Estimation of the exposure index W_{ch}, which depends on the total concentration of anthracene and phenanthrene

Lp.	Grupa pracowników	Szacunkowa wartość współczynnika W _{ch, inh}	Szacunkowa wartość współczynnika W _{ch, derm}	Szacunkowa wartość współczynnika W _{ch}
1	Bitumiarz	1,35	W _{ch, der} = 1,4	W _{ch} = 1,89
2	Operator układarki	1,40	W _{ch, der} = 1,0	W _{ch} = 1,40
3	Operator walca	1,25	W _{ch, der} = 1,0	W _{ch} = 1,25
4	Majster	1,2	W _{ch, der} = 1,0	W _{ch} = 1,20
5	Operator ładowarki	1,2	W _{ch, der} = 1,0	W _{ch} = 1,20
6	Technik mechanik	W _{ch, inh} = 1,2	W _{ch, der} = 1,0	W _{ch} = 1,20
7	Bitumiarz „na zimno”	W _{ch, inh} = 1,0	W _{ch, der} = 1,0	W _{ch} = 1,00

Tabela 2. Szacunkowe współczynniki przeliczeniowe do określania wskaźnika ekspozycji skóry w zależności od zachmurzenia, ubioru, zacielenia i czasu ekspozycji
 Table 2. Estimated calculation indexes for determining the skin exposure index related to the clouds, clothes, shade and duration of exposure

Współczynniki przeliczeniowe do określania wskaźnika ekspozycji skóry							
W ₁ – współczynnik zależny od zachmurzenia		W ₂ – współczynnik zależny od ubioru		W ₃ – współczynnik zależny od zacielenia		W ₄ – współczynnika zależnego od czasu ekspozycji	
Opis stopnia zachmurzenia	Szacunkowa wartość	Rodzaj ubioru	Szacunkowa wartość	Rodzaj zacielenia	Szacunkowa wartość	Czas ekspozycji	Szacunkowa wartość
Nieboskłon całkowicie pokryty chmurami	W ₁ = 0,2	Niechroniony tułów, ręce (w tym dłonie), nogi, głowa i szyja	W ₂ = 1,0 [^]	Brak cienia	W ₃ = 1,0	Ekspozycja przez co najmniej 50% czasu pracy	W ₄ = 1,0
Średnie zachmurzenie	W ₁ = 0,5	Chroniony tułów, ale ekspozowane ręce (w tym dłonie), głowa i szyja	W ₂ = 0,6* [^]	Częściowe zacielenie	W ₃ = 0,3	Ekspozycja okołopołudniowa	W ₄ = 0,5
Małe zachmurzenie	W ₁ = 0,7	Całkowite zakrycie odzieżą z ekspozowaną głową i szyją	W ₂ = 0,27* [^]	Dobre zacielenie	W ₃ = 0,02	Ekspozycja ranna lub późno popołudniowa	W ₄ = 0,2
Nieboskłon bezchmurny	W ₁ = 1	Całkowite zakrycie odzieżą	W ₂ = 0,02	Brak cienia	W ₃ = 1,0	–	–

*w przypadkach, gdy pracownik nosi czapkę z daszkiem przy wyznaczaniu W₂ można odjąć 0,05

[^]w przypadku noszenia rękawic roboczych/ochronnych przy wyznaczaniu W₂ można odjąć 0,2 (pozycja 1-3)

Ze względu na dużą zmienność indeksu UV w okresie letnim zaleca się, aby ocena ryzyka zawodowego wykonywana była w przeddzień wieczorem lub rano przed rozpoczęciem prac, tak, aby można było zastosować niezbędne środki ochrony zbiorowej, indywidualnej lub działania organizacyjne stosownie do jej wyników. W celu ułatwienia i przyspieszenia procesu oceny ryzyka można opracować arkusz kalkulacyjny [5] z wprowadzonymi wszystkimi współczynnikami przeliczeniowymi do wyznaczania wskaźników ekspozycji skóry i stanowiskami pracy tak, aby po każdorazowej zmianie IUV odpowiadającej danemu dniu automatycznie były wyznaczane wskaźniki ekspozycji i odpowiadające im ryzyko. Innym rozwiązaniem może być opracowanie wskaźników ekspozycji skóry i odpowiadającego im ryzyka dla kilku charakterystycznych wartości IUV w okresie letnim występujących w danym rejonie Polski dla poszczególnych stanowisk pracy. Szczegółowy sposób postępowania podczas oceny ryzyka można znaleźć w broszurze wydanej przez CIOP-PIB „Łączne narażenie na promieniowanie UV i fototoksyczne substancje chemiczne u pracowników zatrudnionych przy układaniu asfaltów – metoda oceny ryzyka.”

Podsumowanie

Przeprowadzona ocena ryzyka zawodowego związanego z łączną ekspozycją na naturalne promieniowanie UV i fototoksyczne substancje chemiczne pracowników załóg zatrudnionych przy układaniu i wytwarzaniu asfaltu wykazała, że ryzyko powstania niekorzystnych skutków zdrowotnych, np. w postaci odczynów fototoksycznych na skórze było duże u 45% badanych pracowników. Zasto-

sowanie odpowiedniego ubrania roboczego zakrywającego odsłonięte ręce, szyję i głowę oraz kremów z filtrami UV, a także odpowiednio dobranych środków ochrony indywidualnej (półmaski i rękawice ochronne) może ograniczyć ryzyko do małego.

Zgodnie z zapisami rozporządzeń MPiPS [4, 9] pracodawca ma obowiązek zapewnienia pracownikom bezpieczeństwa i higieny pracy poprzez zapobieganie zagrożeniom i przeprowadzania oceny ryzyka związanego z zagrożeniami, które nie mogą być wykluczone, co dotyczy m.in. naturalnego promieniowania UV i fototoksycznych substancji chemicznych. Dotychczasowy brak metody oceny ryzyka związanego z łącznym oddziaływaniem tych czynników przyczyniał się do ich pomijania.

Przedstawiona szacunkowa metoda oceny ryzyka może być stosowana jako przykładowa w okresie wiosenno-letnim i stanowić podstawę do doboru odpowiednich środków ochronnych w postaci środków ochrony indywidualnej (odpowiednia odzież, rękawice czy półmaski) oraz środków organizacyjnych (czas pracy, zacielenie, rotacja). Wyniki oceny powinny być przedstawiane pracownikom, aby uświadomić im zagrożenia oraz zasady ochrony.

Można zatem przyjąć, że wprowadzenie do praktycznego stosowania opracowanej metody oceny ryzyka przyczyni się zarówno do zwiększenia świadomości pracowników odnośnie do zagrożeń dla zdrowia oraz przestrzegania zasad profilaktyki nadmiernej ekspozycji; jak i do wypełniania przez pracodawców wymagań prawnych odnośnie do oceny i ograniczania ryzyka zawodowego. W efekcie powinno to przyczynić się do zmniejszenia skutków szkodliwych dla zdrowia u tych pracowników.

PIŚMIENNICTWO

- [1] Dyrektywa 2006/25/WE Parlamentu Europejskiego i Rady w sprawie minimalnych wymagań w zakresie ochrony zdrowia i bezpieczeństwa dotyczących narażenia pracowników na ryzyko spowodowane czynnikami fizycznymi (sztucznym promieniowaniem optycznym) (dziewiętnasta dyrektywa szczegółowa w rozumieniu art. 16 ust. 1 dyrektywy 89/391/EWG).
- [2] Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 27 maja 2010 r. w sprawie bhp przy pracach związanych z ekspozycją na promieniowanie optyczne (DzU nr 100, poz. 643)
- [3] Dyrektywa 89/391/EWG w sprawie wprowadzenia środków w celu poprawy bezpieczeństwa i zdrowia pracowników w miejscu pracy
- [4] Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 6 czerwca 2008 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie ogólnych przepisów bhp (DzU nr 108, poz. 690)
- [5] A. Wolska, A. Latała *Sposób oceny ryzyka zawodowego związanego z naturalnym promieniowaniem nadfioletowym*, „Bezpieczeństwo Pracy” 7-8 (478-479) 2011
- [6] K. Kujawska-Dębiec, G. Broniarczyk-Dyła *Wybrane choroby skóry spowodowane wpływem działania promieni słonecznych*, *Postępy Dermatologii i Alergologii* 2008; XXV, 2: 61-65
- [7] M. Pośniak, M. Szewczyńska, A. Wolska, P. Głogowski *Narażenie łączne na promieniowanie nadfioletowe i substancje chemiczne o działaniu drażniącym, uczulającym w tym fotouczulającym*. Prace Instytutu Elektrotechniki, 2010, zeszyt 244, s. 125-138
- [8] PN-Z-04240-5:2006. Ochrona czystości powietrza. Badania zawartości wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych. Część 5: Oznaczenie antracenu, benzo/a/antracenu, chryzenu, benzo/b/fluorantenu, benzo/k/fluorantenu, benzo/a/pirenu, dibenzo/ah/antracenu, benzo/ghi/perylenu i indeno/123cd/pirenu na stanowiskach pracy metodą wysokosprawnej chromatografii cieczowej
- [9] Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 30 grudnia 2004 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy związanej z występowaniem w miejscu pracy czynników chemicznych (DzU z 2005 r., nr 11, poz. 81)

Publikacja opracowana na podstawie wyników I etapu programu wieloletniego pn. „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy”, sfinansowanego w latach 2008-2010 w zakresie badań naukowych i prac rozwojowych ze środków Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego/Narodowego Centrum Badań i Rozwoju. Koordynator programu: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy.