

Małgorzata Pośniak, Agnieszka Wolska, Małgorzata Szewczyńska

**Łączne narażenie na promieniowanie UV
i fototoksyczne substancje chemiczne
u pracowników
zatrudnionych przy układaniu asfaltów –
metoda oceny ryzyka**

Warszawa, 2011

CIOP  PIB

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

Koordinator programu: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy

Autorzy

Małgorzata Pośniak, Agnieszka Wolska, Małgorzata Szewczyńska
– Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy

Projekt okładki

Jolanta Maj

© Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy
Warszawa 2011

ISBN 978-83-7373-109-7



Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy
ul. Czerniakowska 16, 00-701 Warszawa
tel. (48-22) 623 36 98, fax (48-22) 623 36 93, www.ciop.pl

Spis treści

1. Wstęp	5
2. Skutki oddziaływania promieniowania UV i substancji chemicznych na skórę człowieka	6
3. Metoda oceny ryzyka zawodowego związanego z łącznym oddziaływaniem promieniowania UV i substancji chemicznych	9
3.1. Metoda oceny ryzyka	9
3.2. Kryteria oceny ryzyka	10
3.3. Sposób postępowania	10
4. Przykłady oceny ryzyka	16
5. Podsumowanie	17

1. Wstęp

Pracownicy zatrudnieni na zewnętrznych stanowiskach pracy przy budowie dróg stanowią w Polsce liczną grupę zawodową narażoną jednocześnie na oddziaływanie naturalnego promieniowania UV oraz fototoksyczne substancje chemiczne, które wchodzi w skład mas bitumicznych.

Promieniowanie nadfioletowe (UV) zalicza się do czynników szkodliwych w środowisku pracy. Bywa ono również przyczyną chorób skóry zwanych fotodermatozami, które są związane z nadwrażliwością na promieniowanie UV. Nadwrażliwość mogą spowodować niektóre substancje znajdujące się w pożywieniu, stosowane jako leki bądź kosmetyki, a także różnego rodzaju substancje roślinne lub chemiczne występujące w środowisku pracy o tzw. działaniu fototoksycznym.

Masy bitumiczne stosowane do asfaltowania dróg, po wcześniejszym uplastycznieniu w temperaturze ok. 180 °C, są źródłem wieloskładnikowych mieszanin substancji chemicznych, wśród których występują substancje drażniące, uczulające i fototoksyczne, jak np.:

- węglowodory aromatyczne: ksyleny, etylobenzen, butylobenzen – substancje o działaniu neurotoksycznym
- aldehydy: formaldehyd, akrylaldehyd, acetaldehyd – substancje o działaniu drażniącym lub żrącym
- wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne, w tym **antracen i fenantren** – substancje o działaniu fototoksycznym.

W warunkach narażenia zawodowego wszystkie wymienione substancje oddziałują na pracownika jednocześnie poprzez układ oddechowy i nieuszkodzoną skórę oraz w bardzo małym stopniu przez układ pokarmowy. W efekcie mogą powodować różnego rodzaju reakcje skórne, jak swędzenie, wysypki, zaczerwienienia, uczulenia. Dodatkowe jednoczesne działanie promieniowania UV może te reakcje potęgować lub powodować takie reakcje skórne, jak fotodermatozy egzogenne, jeśli wśród oddziałujących czynników chemicznych są substancje fototoksyczne lub fotoalergiczne działające po wchłonięciu przez organizm drogą inhalacyjną, pokarmową lub przez skórę.

2. Skutki oddziaływania promieniowania UV i substancji chemicznych na skórę człowieka

Szkodliwe skutki ekspozycji skóry na promieniowanie nadfioletowe to: erytyma (zaczerwienienie), poparzenie słoneczne, fotodermatozy, fotostarzenie skóry, keratozy słoneczne, zmiany przednowotworowe i nowotworowe, rak skóry (czerniak; rak podstawno-, płasko- i kolczysto-komórkowy).

Skutki szkodliwe dla skóry ze względu na czas ich wystąpienia po ekspozycji dzieli się na ostre i przewlekłe (tab. 1). Ostre występują maksymalnie do 24 godzin po ekspozycji, natomiast przewlekłe znacznie później, często po wieloletniej ekspozycji na naturalne promieniowanie nadfioletowe.

Tabela 1. Klasyfikacja skutków ubocznych dla skóry, wywołanych ekspozycją na naturalne promieniowanie nadfioletowe, ze względu na czas ich wystąpienia po ekspozycji

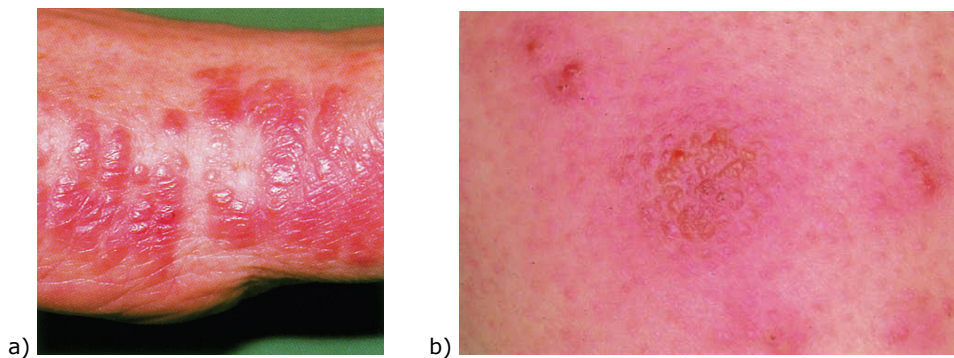
Rodzaj skutków ubocznych	Szkodliwe skutki ekspozycji na UV
Ostre	erytyma fotodermatozy poparzenie słoneczne
Przewlekłe	fotostarzenie skóry keratozy słoneczne fotouczulenie zmiany przednowotworowe i nowotworowe rak skóry (czerniak; rak podstawno-, płasko- i kolczysto-komórkowy)

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 ogólnie lub miejscowo chemicznych substancji fototoksycznych lub fotoalergicznych wraz z jednoczesną ekspozycją na promieniowanie nadfioletowe (głównie UVA) mamy do czynienia z fotodermatozami egzogennymi. Dotyczy to zarówno substancji o działaniu ogólnym jak i miejscowym. Wyróżnia się dwa rodzaje reakcji skóry: zapalenie fototoksyczne i zapalenie fotoalergiczne skóry, zwane inaczej odczynami posłonecznymi. Szacuje się, że ok. 70% fototoksyn i fotoalergenów uaktywnia się pod wpływem UVA.

Reakcje fototoksyczne mogą wystąpić praktycznie u wszystkich, pod warunkiem zadziałania substancji toksycznych i promieniowania UV w odpowiednio dużej dawce. Reakcja ta występuje najczęściej bezpośrednio po ekspozycji lub w niedługim czasie po niej i jest ograniczona 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 po ekspozycji na światło lub w niedługim czasie po niej. Klinicznie przypominają oparzenia słoneczne – widoczny jest rumień, obrzęk, pęcherze. W niektórych przypadkach utrzymują się długotrwałe przebarwienia (np. po niektórych lekach, zarówno stosowanych wewnętrznie jak i zewnętrznie) lub zmiany przypominające liszaj płaski czy porfiurię późną skórną. Reakcje fototoksyczne mogą być wywołane przez wszystkie substancje o działaniu światłouczulającym, stąd trudności w zróżnicowaniu tych odczynów z odczynami fotoalergicznymi. Dziegacie, **bitumy**, barwniki (antrachinon, eozyna, róż bengalski), furokumaryny oraz leki (amiodaron, tetracykliny, furosemid, naproksen, sulfonamidy) to przykłady substancji wywołujących odczyny fototoksyczne.

W **reakcjach fotoalergicznymi** bierze udział układ immunologiczny, a wykwity skórne nie pojawiają się u wszystkich narażonych na działanie sub-

stancji. Powstają pod wpływem substancji uczulającej, która może być wchłaniana do organizmu przez układ oddechowy, pokarmowy lub przez nieuszkodzoną skórę, i jednoczesnego działania promieniowania UV. Jednak występowanie tych odczynów nie jest tak bezpośrednio związane z dawką substancji chemicznej i promieniowania, jak w przypadku odczynów fototoksycznych. Odczyny fotoalergiczne występują na skutek powtarzającego się kontaktu z czynnikiem uczulającym i mogą się przekształcić w przetrwałą postać nadwrażliwości na światło. W wyniku działania substancji o działaniu fotoalergicznym powstają zmiany określane jako fotoalergiczny wyprysk kontaktowy. Po upływie 24–48 godzin od ekspozycji na promienie UV, głównie na odsłoniętych częściach ciała, lecz również w miejscach niepoddanych ekspozycji na działanie światła, pojawiają się wykwity grudkowe z towarzyszącym im świądem.



Rys. 1. Przykład odczynu fotoalergicznego skóry: a) widoczny rumień, obrzęk, pęcherze b) widoczne wykwity grudkowe

3. Metoda oceny ryzyka zawodowego związanego z łącznym oddziaływaniem promieniowania UV i substancji chemicznych

Badania łącznej ekspozycji na promieniowanie UV i fototoksyczne substancje chemiczne u pracowników zatrudnionych przy układaniu asfaltów na drogach, przeprowadzone w ramach realizacji projektu badawczo-rozwojowego przez CIOP-PIB, stanowiły podstawę do opracowania kryteriów i metody oceny ryzyka zawodowego związanego z łącznym oddziaływaniem tych czynników.

3.1. Metoda oceny ryzyka

Opracowana metoda oceny ryzyka zawodowego w wypadku łącznej ekspozycji na promieniowanie UV i fototoksyczne substancje chemiczne opiera się **na szacunkowym określeniu wartości liczbowej wskaźnika ekspozycji pracownika, na którego działają naturalne promieniowania UV i czynniki chemiczne**, jako podstawowego parametru oceny ryzyka zawodowego.

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

- W_{es}** – wskaźnika ekspozycji skóry na promieniowanie UV bez stosowanych środków ochrony
- W_{ch}** – wskaźnika ekspozycji związanego z działaniem fototoksycznym substancji chemicznych
- 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 ochrony zbiorowej, organizacyjnej i indywidualnej.

3.2. Kryteria oceny ryzyka

Opracowane kryteria oceny ryzyka zawodowego opierają się **na danych pomiarowych napromienienia erytemalnego i promieniowania UVA oraz całkowitego promieniowania UV, jak również danych pomiarowych stężeń sumy antracenu i fenantrenu w powietrzu w strefie oddychania i zdeponowanych na skórze badanych pracowników** zatrudnionych przy układaniu asfaltów i wytwarzaniu mas bitumicznych.

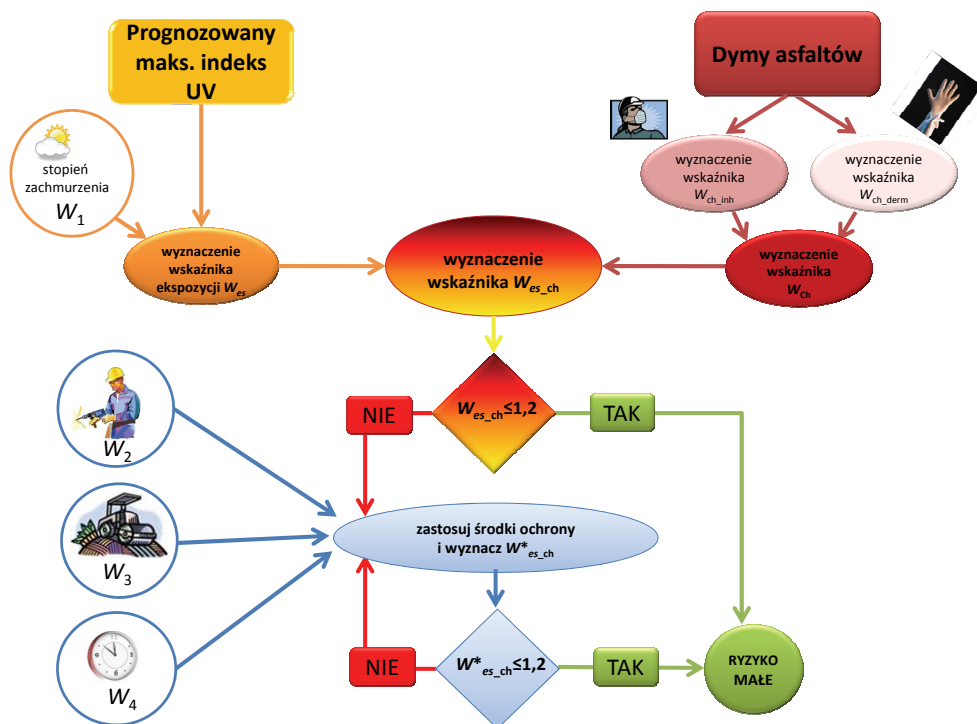
Proponowanym kryterium oceny ryzyka zawodowego związanego z łącznym narażeniem na promieniowanie UV i substancje fototoksyczne maksymalna dopuszczalna wartość wskaźnika łącznej ekspozycji na promieniowanie UV i fototoksyczne substancje chemiczne: antracen i fenantren, występujące w dymach asfaltów (bez uwzględnienia środków ochrony – W_{es_ch} i z uwzględnieniem środków ochrony – $W^*_{es_ch}$).

Przyjmuje się, że ryzyko jest małe, gdy wskaźniki W_{es_ch} lub $W^*_{es_ch}$ nie przekraczają wartości 1,2.

3.3. Sposób postępowania

Ocena ryzyka zawodowego związanego z łącznym oddziaływaniem promieniowania UV i substancji chemicznych powinna być wykonywana codziennie rano przed rozpoczęciem prac.

Proponuje się, aby upoważniony pracownik podczas wyznaczania poziomu ryzyka postępował zgodnie z przedstawionym schematem.



Rys. 2. Schemat metody oceny ryzyka zawodowego związanego z łącznym narażeniem na promieniowanie UV i fototoksyczne substancje chemiczne

► **ETAP 1. Wyznaczenie wartości wskaźnika ekspozycji skóry (W_{es}) bez stosowania środków ochrony**

Wskaźnik ekspozycji skóry (W_{es}) wyznacza się wg wzoru:

$$W_{es} = IUUV \cdot W_1$$





gdzie: IUV – prognozowany maksymalny indeks UV w tym obszarze geograficznym Polski, w którym będzie wykonywana praca w danym dniu; W_1 – współczynnik zachmurzenia.

Wartość prognozowanego indeksu UV dla obszaru Polski na dany dzień jest dostępna na stronie Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej

(http://www.imigw.pl/index.php?option=com_content&view=article&id=144&Itemid=177)

lub w telewizyjnych programach z prognozą pogody, np. TVN Meteo. Korzystając z tych map do wyznaczenia W_{es} , należy brać pod uwagę prognozę dnia bezchmurnego. Wartość W_1 w danym dniu określa się szacunkowo, wykorzystując informacje podane w tabeli 2.

Tabela 2. Szacunkowe określanie wartości współczynnika zachmurzenia W_1

Widok stopnia zachmurzenia nieboskłonu	Opis stopnia zachmurzenia	Szacunkowa wartość współczynnika W_1
	nieboskłon całkowicie pokryty chmurami	0,2
	średnie zachmurzenie często zakrywające słońce	0,5
	małe zachmurzenie czasami zakrywające słońce	0,7
	nieboskłon bezchmurny (czyste niebo)	1

- ▶ **ETAP 2. Wyznaczenie wskaźnika ekspozycji związanego z działaniem fototoksycznym substancji chemicznych, W_{ch} , w zależności od czynności wykonywanych przez poszczególne grupy pracowników przy asfaltach**

Wskaźnik W_{ch} wyznacza się na podstawie współczynnika zależnego od sumy stężeń antracenu 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 czynności wykonywanych przez danego pracownika, korzystając z tabeli 3.

Tabela 3. Szacunkowe określanie wartości współczynnika zależnego od sumy stężeń antracenu i fenantrenu w powietrzu

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

► **ETAP 3. Wyznaczenie wskaźnika łącznej ekspozycji na promieniowanie UV i fototoksyczne substancje chemiczne, W_{es_ch}**

Wartość współczynnika wynikającego z łącznej ekspozycji na promieniowanie UV oraz na antracen i fenantren należy obliczyć indywidualnie dla każdego pracownika na podstawie szacunkowo ustalonych wskaźników ekspozycji, W_{esr} określonych na podstawie indeksu UV i współczynnika zależnego od zachmurzenia podanego w tabeli 2 oraz współczynników W_{ch} podanych w tabeli 3, w zależności od klasyfikacji grupy pracownika wg wzoru:

$$W_{es_ch} = W_{es} \cdot W_{ch}$$

► **ETAP 4. Sprawdzenie, czy $W_{es_ch} \leq 1,2$**

Jeśli warunek jest spełniony, to można przyjąć, że ryzyko jest pomijalnie małe i nie ma konieczności stosowania dodatkowych środków ochrony. Jeśli warunek nie jest spełniony, należy zastosować dostępne środki ochrony (ubiór pra-

ownik, zacinienie terenu, skrócenie czasu ekspozycji), a następnie kontynuować ocenę ryzyka.

► **ETAP 5. Wyznaczenie skorygowanego wskaźnika łącznej ekspozycji na promieniowanie UV i fototoksyczne substancje chemiczne, $W_{es_ch}^*$, z zastosowaniem środków ochrony**

Wskaźnik $W_{es_ch}^*$ oblicza się (korzystając z danych zawartych w tabelach 4 – 6) wg wzoru:

$$W_{es_ch}^* = W_{es_ch} \cdot W_2 \cdot W_3 \cdot W_4$$

po określeniu wartości:

W_2 – współczynnika zależnego od ubioru

W_3 – współczynnika zależnego od zacinienia

W_4 – współczynnik zależnego od czasu ekspozycji.

Tabela 4. Szacunkowe określanie wartości współczynnika zależnego od ubioru

Lp.	Rodzaj ubioru	Szacunkowa wartość współczynnika W_2
1.	Niechroniony tułów, ręce (w tym dłonie), nogi, głowa i szyja	1,0
2.	Chroniony tułów, ale eksponowane ręce (w tym dłonie), głowa i szyja (zalicza się tu: noszenie koszulki bez rękawów bądź z krótkim rękawem oraz długich spodni i brak rękawic ochronnych)	0,6
3.	Całkowite zakrycie odzieżą z eksponowaną głową i szyją (zalicza się tu: noszenie koszuli z długim rękawem oraz długich spodni oraz brak rękawic ochronnych)	0,27
4.	Całkowite zakrycie odzieżą (zalicza się tu: noszenie koszuli z długim rękawem oraz długich spodni i czapki z szerokim rondem lub hełmu ochronnego i rękawic)	0,02
Uwaga: gdy pracownik nosi czapkę z daszkiem, przy wyznaczaniu W_2 można odjąć 0,05 (dotyczy pozycji 2. i 3.). Natomiast, jeśli nosi rękawice robocze/ochronne odejmuje się 0,2 (pozycje 1.– 3.).		

Tabela 5. Szacunkowe określanie współczynnika zależnego od zacielenia

Rodzaj zacielenia	Szacunkowa wartość współczynnika W_3
Brak cienia (w tym tereny otwarte)	1,0
Częściowe zacielenie – praca wykonywana przez część czasu w zacieleniu, a część w słońcu (w tym np. zabudowa o małej gęstości, co oznacza pracę czasami w zacieleniu)	0,3
Dobre zacielenie (w tym np. zabudowa o dużej gęstości, zadaszanie obsługiwanej maszyny)	0,02

Tabela 6. Szacunkowe określanie wartości współczynnika zależnego od czasu ekspozycji

Czas ekspozycji	Szacunkowa wartość współczynnika W_4
Ekspozycja przez co najmniej 50% czasu pracy (w tym praca wykonywana przez co najmniej 1 godzinę w okolicy południa)	1,0
Ekspozycja okołopołudniowa (w tym praca wykonywana przez 1 lub 2 godziny w okolicy południa)	0,5
Ekspozycja ranna lub późnopołudniowa (w tym może być ekspozycja rano i późnym popołudniem)	0,2

► **ETAP 6. Sprawdzenie, czy $W_{es_ch}^* \leq 1,2$**

Jeśli warunek jest spełniony, to można przyjąć, że ryzyko jest pomijalnie małe i nie ma konieczności stosowania dodatkowych środków ochrony. Jeśli warunek nie jest spełniony, należy zastosować dodatkowe środki ochrony lub zmienić organizację czasu pracy tak, aby ograniczyć ryzyko do małego.

4. Przykłady oceny ryzyka

Zawód	IUV	W_1	W_{es}	W_{ch_inh}	W_{ch_derm}	W_{ch}	W_{es_ch}	W_2	W_3	W_4	$W^*_{es_ch}$
Operator walca	8	1	8	1,25	1	1,25	10,00	0,27	0,02	1	0,05
Bitumiarz I	8	1	8	1,35	1,4	1,89	15,12	0,22	1	1	3,33
Bitumiarz II	3,1	0,2	0,62	1,35	1,4	1,89	1,17	0,02	1	1	0,02
Operator układarki	8	1	8	1,4	1	1,40	11,20	0,35	1	1	3,92

RYZYSKO	MAŁE
	DUŻE

Gdy ocena wskazuje na ryzyko duże, wówczas należy zastosować odpowiednie środki ochrony dróg oddechowych (np. półmaski) i rąk lub skrócić czas pracy w łącznym narażeniu na substancje chemiczne emitowane z mas bitumicznych i promieniowanie UV.

5. Podsumowanie

Ocena ryzyka zawodowego związanego z łączną ekspozycją pracowników załóg zatrudnionych przy układaniu i wytwarzaniu asfaltu na naturalne promieniowanie UV i fototoksyczne substancje chemiczne, przeprowadzona podczas realizacji projektu badawczo-rozwojowego, wykazała, że było ono duże u 45% badanych. Zastosowanie odpowiedniego ubrania roboczego zakrywającego odsłonięte ręce, szyję i głowę oraz kremów z filtrami UV, a także odpowiednio dobranych środków ochrony indywidualnej (półmasek i rękawic ochronnych) ograniczy ryzyko do małego.

Wykorzystanie opracowanej metody oceny ryzyka przez pracodawców w praktyce przyczyni się do stosowania i przestrzegania podstawowych zasad ograniczania ryzyka związanego z łączną ekspozycją pracowników zatrudnionych przy układaniu asfaltów na naturalny UV i fototoksyczne substancje chemiczne.