

Wojciech Mniszek

*Wyższa Szkoła Zarządzania Ochroną Pracy w Katowicach*

## **Zagrożenia przy nakładaniu nawierzchni bitumicznych na drogach**

### **Streszczenie**

Celem pracy było przedstawienie technologii nakładania mas bitumicznych na drogach. Podczas prac budowlanych na drogach istnieje wiele czynników zagrożenia dla zdrowia pracowników. Cechą charakterystyczną tych zagrożeń jest to, że działają one jednocześnie i przy ocenie narażenia pracowników powinno to być uwzględniane, przedstawiono także metody pomiarów czynników szkodliwych. Profilaktyka zdrowotna i współdziałanie lekarzy medycyny pracy ze specjalistami bhp jest istotnym elementem w dążeniu do obniżania wypadków przy pracy w tym sektorze budownictwa i prewencją przed skutkami zdrowotnymi.

**Słowa kluczowe:** *budownictwo drogowe, czynniki zagrożenia, profilaktyka zdrowotna.*

### **Abstract**

The engineering process of putting the bituminous masses on roads was the aim of work. Many factors of threat during building works on roads exist for the workers' health. This is characteristic feature of these threats, that they act simultaneously and it should be taken into account in the risk assessment of workers. Methods of measurements of harmful factors was introduced also. The wholesome prophylaxis and the cooperation with the doctors of medicine and experts of work safety is the essential element in endeavor to reducing incidents in this sector of building and the prevention before wholesome results.

**Keywords:** *road building, hazard factors, prophylaxis of health.*

## **1. Wprowadzenie**

W sektorze budownictwa lądowego znacząco rozwija się budownictwo drogowe. Następuje wzrost zatrudnienia przy pracach związanych z infrastrukturą transportu, szczególnie na stanowiskach związanych bezpośrednio z pracami takimi jak roboty

ziemne, podbudowa i nakładanie nawierzchni bitumicznych. Prace te wykonywane są w specyficznych i trudnych warunkach higienicznych, są prowadzone na otwartej przestrzeni, najczęściej w sezonie wiosennym i letnim (w okresie zimowym tylko sporadycznie), a więc często w wysokiej temperaturze powietrza i przy dużym nasłonecznieniu. Masy bitumiczne wykorzystywane do nakładania nawierzchni dróg mają wysoką temperaturę co powoduje, że wiele ich składników podlega parowaniu i substancje te łatwo przedostają się do układu oddechowego osób pracujących bezpośrednio przy obsłudze maszyn i wykonywaniu ręcznych prac przy nakładaniu mas bitumicznych.

Prócz zagrożeń chemicznych istotne znaczenie ma hałas, jako czynnik zagrożenia zdrowia, wibracje, pochodzące od stosowanych maszyn drogowych, mikroklimat gorący, naturalne promieniowanie nadfioletowe, monotonność pracy oraz stres związany z pracą w bliskim sąsiedztwie maszyn, będących w ruchu i niejednokrotnie czynnego i mocno obciążonego ruchem pasa drogi.

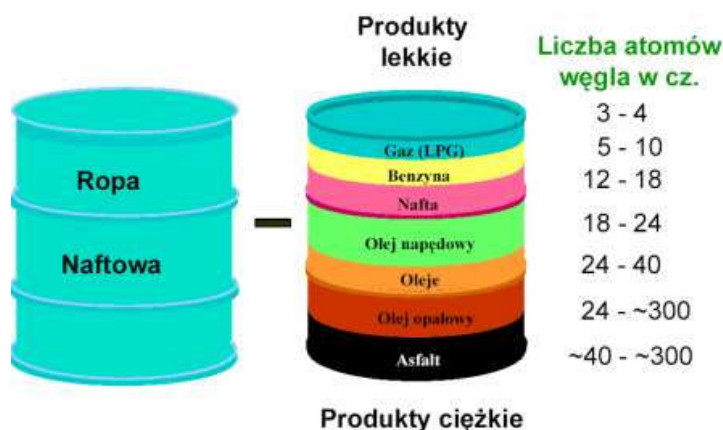
Ocena narażenia pracowników musi uwzględniać czynniki zagrożenia występujące jednocześnie. Prawidłowo wykonana ocena narażenia pracowników zatrudnionych w budownictwie drogowym powinna stanowić podstawę do podjęcia takich środków technicznych i organizacyjnych, które poprawią higieniczne warunki pracy i zmniejszą wypadkowość w pracy w tym dziale budownictwa. Istotna jest właściwa profilaktyka zdrowotna, uwzględniająca łączne oddziaływanie czynników zagrażających zdrowiu i specyficzne warunki pracy. Wykonywanie prac na otwartej przestrzeni wymaga odmiennego podejścia do oceny narażenia pracownika, zastosowania np. innej strategii pobierania próbek powietrza dla wykonania oznaczeń stężeń substancji chemicznych w powietrzu, niż w przypadku oceny narażenia w hali produkcyjnej, gdzie warunki pracy są ustalone na mniej więcej stałym poziomie. Warunki pogodowe, zmienne kierunki wiatru, zmiany temperatury, opady atmosferyczne, zmienna wilgotność mogą zafałszować wyniki pomiarów rzeczywistego narażenia i działania takie będą mało skuteczne dla ochrony zdrowia pracowników.

Celem artykułu jest przedstawienie typowej technologii stosowanej przy nakładaniu mas bitumicznych na drogach, scharakteryzowanie zagrożeń pracowników i przedstawienie zasad profilaktyki przy współdziałaniu jednocześnie kilku czynników zagrożenia. Artykuł został opracowany na podstawie pracy Nr 68/MP/2007/86/3738, finansowanej przez Ministerstwo Zdrowia [1].

## **2. Charakterystyka materiałów i technologii**

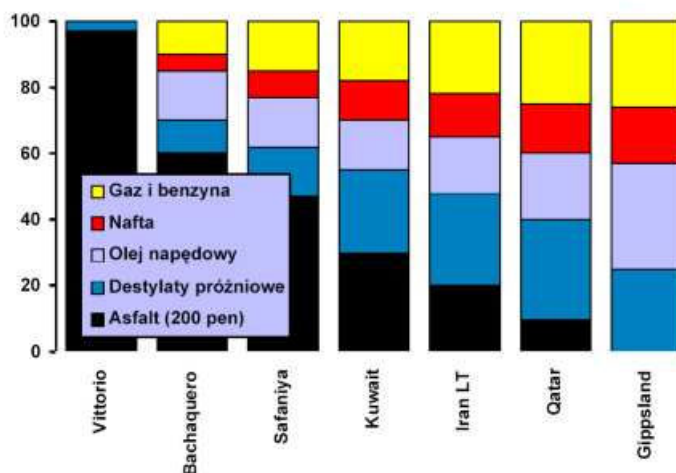
Materiałem wykorzystywanym do formowania poszczególnych warstw nawierzchni drogowej są mieszanki mineralno-asfaltowe. Podstawowymi składnikami mieszanek mineralno-asfaltowych są: asfalt drogowy, kruszywo, wypełniacz i dodatki specjalne.

Asfalt jest produkowany w procesie destylacji ropy naftowej, na rys. 1 przedstawiono główne frakcje ropy naftowej.



Rys. 1. Ogólny skład ropy naftowej z podziałem na frakcje lekkie i ciężkie ze wskazaniem liczby atomów węgla w cząsteczkach poszczególnych frakcji. Peter Green Bitumem Technology Unit [www.bp.pl].

Różnice pomiędzy gatunkami rop są znaczne, bowiem w grupie rop asfaltowych naftenowych zawartość składników asfaltowych wynosi więcej niż 25%. Liczba tych składników zwiększa się po destylacji. Cechą pozytywną tych rop jest nieznaczna zawartość parafiny. Niektóre ropy wenezuelskie oraz ropy z bliskiego wschodu są bezparafinowe, przy czym te pierwsze zawierają w swoim składzie 65-75% asfaltu, a drugie 25-35% asfaltu. Są to najlepsze ropy do produkcji asfaltów o wysokiej jakości. Ropę parafinową cechuje brak składników asfaltowych, które jednak można otrzymać po destylacji takiej ropy i stanowią wtedy do 10% masy ropy. Ropy te zawierające parafiny stałe należą do większości rop polskich i kanadyjskich, jak i w znacznej części rosyjskich. Z uwagi na zawartość składników niskowrzących, ropy tego typu są najlepszym surowcem do produkcji paliw. Kolejną grupą są lekkie ropy mieszane zawierające zarówno parafinę jak i składniki asfaltowe. Ilość składników od 10-20% masy ropy. Podczas destylacji zwiększa się ilość składników asfaltowych. Warunkiem otrzymania asfaltu drogowego z tej ropy jest redukcja parafiny w asfalcie podczas przeróbki [2].



Rys. 2. Zróżnicowanie składu ropy naftowej w zależności od miejsca jej wydobywania. Peter Green Bitumem Technology Unit [www.bp.pl].

Asfalty drogowe posiadają właściwości wiążące, spełniają w masach bitumicznych rolę lepiszcza. Charakteryzują się barwą brązową do czarnej, stałą lub półstałą konsystencją. Obecnie jako lepiszcza wykorzystuje się niemal wyłącznie asfalty otrzymywane w wyniku przeróbki ropy naftowej (asfalty naftowe). Najbardziej odpowiednim surowcem do ich wytwarzania są ropy naftenowe i ropy parafinowo-naftenowe o małej zawartości parafiny. Metody produkcji asfaltów drogowych dostosowuje się do rodzaju surowca oraz wymaganych właściwości produktu. Polegają one na skoncentrowaniu ciężkich składników ropy w procesie destylacji bądź na zwiększeniu ilości tych składników poprzez utlenienie pozostałości po destylacji ropy. Asfalty to mieszaniny wielkocząsteczkowych węglowodorów. Ich skład zależy od rodzaju ropy, z której zostały wyprodukowane oraz od procesów zastosowanych podczas produkcji. Dokładna budowa chemiczna asfaltów jest trudna do określenia. Ogólnie związki chemiczne występujące w asfaltach można podzielić na cztery podstawowe grupy o podobnej naturze chemicznej:

- *asfalteny* - czarne, twarde, amorficzne, kruche i połyskliwe, nietopliwe materiały, które oprócz węgla i wodoru zawierają azot, siarkę i tlen oraz śladowe ilości niklu i wanadu. Łatwo rozpuszczają się w chloroformie, tetra- i dichlorku węgla. Są to mieszaniny związków wielopierścieniowych o masie cząsteczkowej 2000 + 5000. Stanowią ok. 5 - 20% masy asfaltu;
- *żywice asfaltowe* - o masie cząsteczkowej 800-2000 stanowią do 25% masy asfaltu. Ze względu na swoją konsystencję, od ciągliwej lepkiej masy do twardej, kruchej, brunatnej substancji, mają największy wpływ na ciągliwość asfaltów;
- *związki pierścieniowe* - stanowią główną część dyspersyjnego medium zmiękczającego. Są to związki aromatyczne lub nafteno-aromatyczne z bocznym łańcuchem, o masie cząsteczkowej 500 + 900. Stanowią około 45 - 60% masy asfaltowej;
- *związki nasycone* - są to przeważnie węglowodory alifatyczne o prostych i rozgałęzionych łańcuchach, łącznie z alkilonaftenami i alkiloaromatami. Ich masa cząsteczkowa jest podobna do masy cząsteczkowej związków pierścieniowych nasyconych i nienasyconych. Frakcja ta stanowi 5 do 20% masy asfaltu.

Asfalteny obecne w asfalcie wpływają na podwyższenie jego lepkości i sztywności. Żywice i składniki aromatyczne poprawiają adhezję lepiszcza do materiału mineralnego. Zawartość składników nasyconych, szczególnie tych o prostych, długich łańcuchach, decyduje o właściwościach reologicznych asfaltu w niskich temperaturach. Właściwości lepiszcza wpływają na właściwości użytkowe mieszanek mineralno-asfaltowych i decydują o trwałości nawierzchni [3]. Aby poprawić odporność nawierzchni na odkształcenia, pękanie, starzenie itp., dodaje się do asfaltów substancje modyfikujące, takie jak: polimery, miąż gumowy pochodzący z rozdrobnionych opon samochodowych, sole organometaliczne, asfalty naturalne, żywice syntetyczne.

Jak pokazują doświadczenia wielu krajów, skuteczną poprawę właściwości warstw bitumicznych nawierzchni można uzyskać przez modyfikację lepiszcza lub mieszanki mineralno – bitumicznej polimerem. Dobór polimeru, jego ilość, sposób modyfikacji



zależy zarówno od rodzaju polimeru, jak i od konkretnego przypadku zastosowania [4]. Do najczęściej stosowanych w tym celu polimerów zalicza się Styren-Butadien-Styren (SBS), należą do grupy kopolimerów styrenu i butadienu czyli składają się z bloków polistyrenu połączonych łańcuchem polibutadienu. Najbardziej znanym obecnie elastomerem SBS jest Kraton D. Elastomery produkowane są pod różnymi postaciami: proszku, proszku pudrowanego krzemionką, granulatu. Butadien jest jednym z najbardziej sprężystych materiałów, jego elastyczność znacznie przewyższa elastyczność kauczuku naturalnego. Styren jest twardy, jednak powyżej temperatury ok. 100°C mięknie, by po ochłodzeniu znów stwardnieć. Technologia produkcji pozwala na tworzenie różnych typów SBS: liniowych lub wieloramiennych, np. o strukturze promienistej (radialnej). Powstały elastomer ma właściwości termoplastyczne, tzn. mięknie po ogrzaniu i twardnieje po schłodzeniu. Liniowy typ SBS jest otrzymywany przez połączenie dwóch bloków polistyrenu łańcuchem polibutadienu. Zaś typ radialny SBS otrzymuje się przez połączenie np. czterech bloków polistyrenu czterema łańcuchami polibutadienu. Do modyfikacji asfaltów drogowych najczęściej stosuje się SBS typu liniowego.

Kruszywa drogowe tworzą tzw. „szkielet” mieszanki mineralno-asfaltowej. Jego zadaniem jest przenoszenie obciążeń. Wykorzystywane do budowy dróg kruszywa dzielą się na: kruszywa mineralne, powstałe w wyniku naturalnego rozdrobnienia skał litych (piaski, żwiry i pospółki) lub otrzymywane po przekruszeniu skał; kruszywa sztuczne, wytworzone przez człowieka (kruszywa z tworzyw sztucznych) lub będące produktami ubocznymi podczas wytwarzania innych wyrobów (żużle wielkopiecowe, pomiedziowe, paleniskowe, popioły lotne). W celu zwiększenia adhezji ziaren kruszywa do asfaltu, zwilża się je środkami powierzchniowo czynnymi jak np. sole sodowe lub potasowe kwasów tłuszczowych (mydła) czy aminy tłuszczowe. Wypełniaczami dodawanymi do mieszanek mineralno-asfaltowych są drobno zmielone skały. Stosuje się dwa rodzaje wypełniaczy: podstawowy, otrzymywany ze skał osadowych o zawartości węglanu wapnia powyżej 90%, stosowany powszechnie, zastępczy z innych skał, stosowany w ilości do 20% całej potrzebnej ilości wypełniacza. Najczęściej stosowanymi wypełniaczami są: mączka wapienna - materiał mineralny ziarnisty pochodzący z przemiału (rozdrobnienia) skał wapiennych, charakteryzujący się rozdrobnieniem odpowiadającym wymaganiom, wypełniacz wapienny - część mączki wapiennej przechodząca podczas oznaczania składu ziarnowego przez sito kontrolne o nominalnym wymiarze oczka 0,075 mm [5].

Mieszanki wytwarzane są na gorąco w otaczarkach. Ich skład jakościowy i ilościowy, zależy od rodzaju i projektowanych właściwości układanej warstwy i jest ściśle określony w recepturach sporządzonych zgodnie z przepisami szczegółowymi i dokumentacją projektową. Osuszone i podgrzane do odpowiedniej temperatury (150-170°C) kruszywo oraz wypełniacz są odważane i podawane do mieszalnika. Jednocześnie do mieszalnika jest doprowadzany, za pomocą urządzeń dozujących, asfalt również podgrzany do wymaganej w recepturze temperatury (ok. 180°C). Po wymieszaniu, gotowa masa jest magazynowana w zbiorniku gotowej masy (nie dłużej niż kilka

godzin), skąd jest załadowywana na odpowiednie samochody ciężarowe i odwożona do miejsca wbudowania. Typową otaczarnię do produkcji mieszanki bitumicznej przedstawiono na rys. 3.



Rys. 3. Zdjęcie otaczarni do produkcji mieszanki bitumicznej w Strzelcach Opolskich [nwm.strzelceopolskie.pl].

Wyprodukowana w wytwórni, gorąca masa (130-180°C) dowożona jest na budowę samochodami samowyładowczymi, pod przykryciem, w sposób zapewniający zachowanie jej właściwości i wymaganej temperatury przy wbudowywaniu. Dostarczona mieszanka mineralno-asfaltowa jest rozkładana na odpowiednio przygotowanym podłożu lub warstwie podbudowy, przy użyciu rozkładarki mas bitumicznych, wyposażonej w: automatyczne sterowanie pozwalające na ułożenie warstwy zgodnie z założoną grubością i szerokością oraz podgrzewaną (instalacją gazową) płytą wibracyjną do wstępnego zagęszczania masy. Temperatura rozkładanej masy jest ściśle określona w szczegółowej specyfikacji technicznej 130°C do 170°C. W związku z tym konieczne jest wykonywanie pomiarów temperatury mieszanki mineralno-asfaltowej w czasie jej wbudowywania. Rozkładarka powinna być systematycznie zasilana w mieszankę, aby jej układanie mogło odbywać się w sposób ciągły, bez przestoju, z jednostajną prędkością. Bezzwłocznie po rozłożeniu mieszanki mineralno-asfaltowej zagęszcza się ją przy pomocy różnego rodzaju walców drogowych ogumionych lub stalowych. W miejscach trudnodostępnych lub w pobliżu istniejących urządzeń technicznych (włazy kanalizacyjne, kratki ściekowe itp.), gdy niemożliwe jest użycie ciężkiego sprzętu rozkłada się mieszankę ręcznie i zagęszcza płytami wibracyjnymi. Układanie nawierzchni asfaltowych określone jest przez odpowiednie normy i wytyczne. Nie dopuszcza się wykonywania warstwy asfaltowej podczas opadów atmosferycznych oraz gdy prędkość wiatru przekracza 16m/s. Wykonywanie warstw o grubości  $\geq 8$ cm z mieszanki zagęszczanej nie powinno odbywać się w temperaturze poniżej +5°C, natomiast warstw o grubości  $\leq 8$ cm w temperaturze niższej niż +10°C.



Rys. 4. Prace przy rozkładaniu mas bitumicznych.

W procesie wykonania warstw nawierzchni asfaltowych wykorzystywane są następujące maszyny: wytwórnia mas bitumicznych (otaczarka) o mieszaniu cyklicznym lub ciągłym do wytwarzania mieszanek mineralno-asfaltowych, rozkładarka mas bitumicznych do układania mieszanek mineralno-asfaltowych typu zagęszczanego z elektronicznym sterowaniem, podgrzewaną płytą wibracyjną do wstępnego zagęszczania, walce lekkie, średnie i ciężkie stalowe gładkie, walce ogumione, samochody samowładowcze z przykryciem brezentowym, skrapiaarki.

Dobór zestawu maszyn uzależniony jest od przyjętej technologii i organizacji robót. Bezpośrednio z procesem układania nawierzchni związani są pracownicy zatrudnieni na stanowiskach:

- operator rozkładarki – za pomocą ciężkiego sprzętu rozkłada na przygotowanym podłożu poszczególne warstwy mieszanek mineralno-asfaltowych na gorąco, steruje pracą rozkładarki, uruchamia i obsługuje jej mechanizmy, w tym podgrzanie stołu rozkładającego mieszanki,
- operator walca – steruje pracą walca zagęszczającego ułożoną mieszankę, dba o równe jej rozłożenie i prawidłowe zagęszczenie, co wpływa na trwałość i cechy eksploatacyjne przyszłej nawierzchni,
- robotnicy drogowi/układacze nawierzchni asfaltowych – w czasie układania nawierzchni monitorują jakość pracy rozkładarki, kontrolują temperaturę świeżych dostaw masy mineralno asfaltowej tuż przed załadowaniem do rozkładarki, nadzorują załadunek masy do kosza rozkładarki, usuwają rozsypaną masę, w przypadkach koniecznych wykonują ręczne układanie mieszanki mineralno – asfaltowej itp.,
- kierowca ciężarówki – transportuje mieszanki bitumiczne z wytwórni na miejsce budowy.



### 3. Zagrożenia chemiczne

Szkodliwe substancje chemiczne stwarzają dwa rodzaje zagrożeń: zatrucia ostre, o bezpośrednim gwałtownym przebiegu oraz ryzyko powstania zatruc przewlekłych, o znacznie odległych w czasie skutkach. Działanie przewlekłe rozwija się na skutek kumulacji trucizny w organizmie lub jest ono wynikiem uszkodzeń np. morfologicznych w obrębie narządów. Potencjalną zdolność indukowania skutków odległych ma większość ksenobiotyków w warunkach przedłużonego działania nawet małych dawek. Dlatego istotna jest identyfikacja potencjalnych zagrożeń i podjęcie działań minimalizujących ich skutki. Analiza składu mas bitumicznych i przebiegu procesu technologicznego układania nawierzchni asfaltowych, pozwala stwierdzić, że potencjalnymi czynnikami chemicznymi zagrażającymi zdrowiu pracowników zatrudnionych bezpośrednio przy wbudowywaniu mas bitumicznych są:

- **Dymy asfaltów**

Powstają w czasie produkcji i rozkładania gorących mieszanek mineralno-asfaltowych. Są to złożone mieszaniny substancji szkodliwych o różnym charakterze chemicznym i różnym stopniu toksyczności. Badania składu par i lotnych cząstek stałych emitowanych podczas ogrzewania asfaltów w temperaturze 160°C, pozwoliły zidentyfikować ponad 200 związków chemicznych. Grupę główną związków w oparach asfaltu drogowego stanowią węglowodory alifatyczne. Wśród pozostałych składników stwierdzono obecność aldehydów i węglowodorów aromatycznych. Dymy asfaltów, występujące w powietrzu stanowisk pracy w stężeniach przekraczających ustalone normatywy higieniczne (najwyższe dopuszczalne stężenie NDS – 5mg/m<sup>3</sup>, lub najwyższe dopuszczalne stężenie chwilowe – 10mg/m<sup>3</sup>) mogą powodować podrażnienie oczu oraz układu oddechowego. Poważniejsze skutki zdrowotne mogą wystąpić wówczas, gdy w ich składzie wystąpią wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA), związki o silnych właściwościach toksycznych.

- **Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne**

Klasyfikowane są jako substancje szkodliwe, wiele z nich wykazuje działanie rakotwórcze oraz mutagenne. Głównym źródłem emisji wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych, w procesie układania nawierzchni drogowych są asfalty, wykorzystywane jako lepiszcza w mieszankach mineralno-asfaltowych. Na wielkość emisji WWA ma wpływ pochodzenie i rodzaj asfaltu. Stwierdzono, że asfalty modyfikowane polimerami emitują więcej WWA, niż asfalty niemodyfikowane. Największe narażenie na wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne stwarza praca z materiałami zawierającymi lepiszcza pochodzenia węglowego. Wykazano, że w substancji lotnej emitowanej przez pak ze smoły węglowej znajduje się 1000 razy więcej WWA niż w odpowiedniej substancji pochodzenia asfaltowego. Obecnie lepiszcza pochodzenia węglowego nie są stosowane, jednak robotnicy drogowi mogą mieć z nimi kontakt podczas odnawiania starych nawierzchni. Dodatkowym źródłem wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych są spaliny z silników maszyn wykorzystywanych do budowy dróg oraz w przypadku, gdy roboty drogowe wykonywane są



w pobliżu czynnego pasa drogi, o znacznym natężeniu ruchu, z silników przejeżdżających pojazdów. WWA stanowią grupę ponad stu związków zbudowanych z dwóch lub większej ilości pierścieni aromatycznych charakteryzujących się zbliżonymi właściwościami fizyko-chemicznymi. Związki te występują zawsze w mieszaninie. Wykrycie w próbce środowiskowej jednego ze związków z grupy WWA, świadczy o obecności innych związków z tej grupy.

Zgodnie z obowiązującymi przepisami [6], w powietrzu stanowisk pracy oznacza się dziewięć związków z grupy WWA: dibenzo(a,h)antracen, benzo(a)piren, benzo(a)antracen, benzo(b)fluoranten, benzo(k)fluoranten, indeno(1,2,3-c,d)piren, antracen, chryzen, benzo(g,h,i)perylene. Za wskaźnik całej grupy WWA ze względu na siłę działania rakotwórczego oraz powszechność występowania w środowisku został uznany benzo(a)piren. Różnice w masach cząsteczkowych poszczególnych węglowodorów i w ich podstawowych właściwościach powodują, że w powietrzu w fazie gazowej występują najczęściej związki takie jak: acenaften, antracen, acenaftylen, fluoren i fenantren, które charakteryzują się niskim ciężarem cząsteczkowym (152-178 g/mol) i prężnością par powyżej  $10^{-4}$  mmHg, w fazie gazowej oraz stałej mogą występować fluoranten i piren tj. związki o średnim ciężarze cząsteczkowym (np. 202 g/mol) i o prężności par pomiędzy  $10^{-4}$  a  $10^{-8}$  mmHg, w postaci zaadsorbowanej na cząsteczkach pyłu (najczęściej o średnicy około 3  $\mu$ m) występują związki charakteryzujące się dużym ciężarem cząsteczkowym (228-278 g/mol) i prężnością pary poniżej  $10^{-8}$  mmHg, tj.: benzo(a)antracen benzo(a)piren, benzo(b)fluoranten, benzo(k)fluoranten, benzo(g,h,i)perylene, chryzen, dibenz(a,h)antracen, indeno(1,2,3-cd)piren.

W celu wykonania oceny narażenia pracowników na szkodliwe substancje chemiczne, przeprowadza się pomiary stężeń tych substancji w powietrzu stanowisk pracy. Na podstawie uzyskanych wyników oblicza się wskaźniki narażenia, a następnie porównuje się je do wartości odpowiednich najwyższych dopuszczalnych stężeń (NDS), najwyższych dopuszczalnych stężeń chwilowych (NDSCh) lub najwyższych dopuszczalnych stężeń pułapowych (NDSP) określonych w Rozporządzeniu Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 29 listopada 2002 r., (Dz. U. nr 217, poz. 1833 z późniejszymi zmianami).

Tab. 1. Najwyższe dopuszczalne stężenia dla dymów asfaltów i wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych [6]

Substancja chemiczna	NDS [mg/m <sup>3</sup> ]	NDSCh [mg/m <sup>3</sup> ]	NDSP [mg/m <sup>3</sup> ]
Dymy asfaltu	5	10	-
Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne	0.002*	-	-

\* jako suma iloczynów stężeń 9 WWA i ich względnych współczynników rakotwórczości obliczona według wzoru:

$$W_{\text{WWA}} = k_1 C_1 + k_2 C_2 + k_3 \Sigma C_3 + \dots + k_9 \Sigma C_9 \quad (1)$$

gdzie:

$W_{\text{WWA}}$  - wskaźnik narażenia dla 9 WWA,

$C_1$  do  $C_9$  - wartości stężeń poszczególnych WWA uzyskane z pomiarów,

$k_1$  do  $k_9$  - względne współczynniki rakotwórczości przedstawione w tabeli 2.

Względne współczynniki rakotwórczości dla poszczególnych WWA zostały opublikowane przez Nisbet'a i LaGoy'a w 1992 r. Koncepcja autorów opiera się na założeniu, że benzo(a)piren jest związkami wskaźnikowym, a siła działania kancerogennego innych związków obliczana jest w stosunku do BaP.

Wartości względnych współczynników rakotwórczości dla 9 WWA przedstawiono w tabeli 2.

Tab. 2. Wartości względnych współczynników rakotwórczości ( $k$ ) dla 9 WWA [6]

Lp	Nazwa związku	Stężenie mg/m <sup>3</sup>	Względny współczynnik rakotwórczości k
1.	Dibenzo(a,h)antracen	$C_1$	5
2.	Benzo(a)piren	$C_2$	1
3.	Benzo(a)antracen	$C_3$	0,1
4.	Benzo(b)fluoranten	$C_4$	0,1
5.	Benzo(k)fluoranten	$C_5$	0,1
6.	Indeno(1,2,3-c,d)piren	$C_6$	0,1
7.	Antracen	$C_7$	0,01
8.	Chryzen	$C_8$	0,01
9.	Benzo(g,h,i)perylene	$C_9$	0,01

Ze względu na fakt, że proces prowadzony jest na wolnym powietrzu, duży wpływ na przeprowadzane badania mają panujące w dniu pomiarów warunki atmosferyczne takie jak: nasłonecznienie, wysokie temperatury w lecie, niskie temperatury wiosną i jesienią, siła i kierunek wiatru. Nie bez znaczenia, dla wyników pomiarów, pozostaje wpływ spalin pochodzących od pracujących przy wbudowywaniu masy asfaltowej maszyn i urządzeń (samochodów ciężarowych, rozścielaczy, koparko-ładowarek, itp.) oraz spalin pochodzących od środków transportu w przypadku gdy prace drogowe prowadzone są na otwartej dla ruchu samochodowego drodze.

Z obserwacji przeprowadzonych na budowach dróg prowadzonych w różnych obszarach województwa śląskiego wynika, że prace drogowe wykonywane są praktycznie od świtu do zmroku, a więc w ponadnormatywnym czasie (ponad 8 godzin). Dlatego też, do wydłużonego czasu pracy powinien być dostosowany czas pobierania próbek powietrza na stanowiskach pracy przy wbudowywaniu mas asfaltowych, czyli w przypadku 12 godzinowego czasu pracy pomiar należy wykonywać co najmniej przez 9 godzin (75% czasu zmiany roboczej). Jeśli chodzi o budownictwo drogowe czas ten powinien obejmować czas przebywania pracownika drogowego na swoim stanowisku

pracy i w ocenie narażenia powinien zostać odzwierciedlony we wskaźniku narażenia, który w przypadku narażenia dłuższego lub krótszego od 8 godzinnego dnia pracy należy obliczyć zgodnie ze wzorem (PN-EN 689:2002):

$$C_w = \frac{c_1 \times t_1 + c_2 \times t_2 + \dots + c_i \times t_i}{8} \quad (2)$$

gdzie:

$c_i$  - stężenie jednostkowe w czasie  $t_i$ ,

$t_i$  - czas pomiaru jednostkowego w czasie narażenia.

Przeliczenie średniego ważonego stężenia substancji na 8 godzin umożliwia interpretację wyników pomiarów w odniesieniu do normatywu higienicznego.

Przeprowadzone przez Instytut Medycyny Pracy i Zdrowia Środowiskowego (IMPiZŚ) [1] badania oraz piśmiennictwo wskazują, że poziomy stężenie WWA, oznaczanych na stanowiskach pracy przy nakładaniu mas bitumicznych na drogi, z biegiem lat wykazują tendencję spadkową, a nawet stwierdzana jest jedynie obecność WWA w stężeniach poniżej oznaczalności metody analitycznej. Niskie stężenia WWA występujące na stanowiskach pracy związane są z wprowadzeniem mas asfaltowych pochodzenia petrochemicznego do technologii budowania dróg, jako jednego ze składników mas drogowych w miejsce stosowanego wcześniej smołasfaltu i pakosmoły pochodzenia karbochemicznego. Z uwagi na niskie stężenia WWA na stanowiskach pracy próbki powietrza powinny być pobierane przez całą zmianę roboczą na jeden filtr (dozymetria indywidualna), aby móc oznaczyć je metodą zalecaną w Polskiej Normie (PN-Z-04240-5:2006).

Należy pamiętać, że na zafałszowanie wyników pomiarów może wpływać przeprowadzenie ich w nieodpowiednich warunkach. Kiedy i w jakich okolicznościach nie powinno się więc przeprowadzać pomiarów dla oceny narażeń? Otóż bardzo ważnym kryterium są warunki atmosferyczne. Pomiarów czynników chemicznych nie należy przeprowadzać w dni, w których występują opady atmosferyczne (deszcz, śnieg, mżawka), bo one dezaktywują filtry lub złoża adsorbujące substancje chemiczne w rurce pomiarowej oraz kiedy wieje silny wiatr, który zwiewa lub nawiewa pył na filtr. Dyskusyjne jest również pobieranie próbek powietrza w przypadku, gdy pracownicy drogowi wykonują jedynie drobne roboty naprawcze nawierzchni na krótkim odcinku drogi. Nie są to standardowe warunki ich pracy, roboty trwają krótko, a ilość wbudowywanej masy jest niewielka. W pobranych, w takich warunkach, próbkach powietrza oznaczane substancje chemiczne mogą zostać niewykryte lub będą występowały w stężeniach poniżej oznaczalności metody analitycznej albo w stężeniach poniżej 0,1 krotności NDS. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 20 kwietnia 2005 roku w sprawie badań i pomiarów czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy (Dz. U. Nr 73 poz. 645, 2005 r.) podaje, że jeżeli w dwóch kolejnych pomiarach stwierdza się stężenie substancji chemicznej poniżej 0,1 krotności NDS to można odstąpić od pomiarów danej substancji chemicznej. Zapis ten nie powinien dotyczyć pracowników drogowictwa, z tytułu narażenia na WWA, gdyż jak wspomniano

wcześniej, WWA na ich stanowiskach pracy pochodzą z kilku różnych źródeł i poziomy stężeń tych związków w powietrzu są uzależnione od stosowanych materiałów, procesu technologicznego, warunków atmosferycznych, obecności spalin z silników samochodowych w miejscu prowadzenia prac budowlanych. Z tego względu istnieje uzasadniona konieczność prowadzenia regularnych badań poziomów stężeń WWA na omawianych stanowiskach pracy. Ilościowo zawartość szkodliwych substancji chemicznych w próbkach powietrza pobranych w czasie układania nawierzchni asfaltowych, oznacza się metodami:

- dymy asfaltu metodą grawimetryczną, zgodnie z Polską Normą PN-91-Z-04030/05 „Ochrona czystości powietrza. Badanie zawartości pyłu. Oznaczanie pyłu całkowitego na stanowiskach pracy metodą filtracyjno-wagową”,
- wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne metodą zgodną z Polską Normą PN-Z-04240-5:2006 „Ochrona czystości powietrza - Badania zawartości wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych - Część 5: Oznaczanie 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” lub dowolną zwalidowaną metodą równoważną.

Pomimo niestwierdzenia przekroczeń dopuszczalnych wartości dla sumy 9 WWA na stanowiskach pracy podczas wykonywania nawierzchni dróg, nie można warunków uznać za bezpieczne, ze względu na prawdopodobnie rakotwórcze działanie WWA. WWA, nawet w bardzo niskich stężeniach, nie pozostają bez znaczenia dla zdrowia o czym należy poinformować pracowników i zwrócić im uwagę na konieczność przestrzegania przepisów BHP uwzględniających zachowania prozdrowotne.

Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne mogą być wchłaniane do organizmu trzema drogami: przez układ oddechowy, do którego wnikają w postaci par, aerozoli lub zaadsorbowane na cząstkach pyłu. Wchłaniane tą drogą mogą osadzać się w różnych odcinkach dróg oddechowych (w zależności od rozmiarów cząstek, na których są zaadsorbowane), skąd mogą być usuwane transportem rzęskowośluzowym i trafiać do przewodu pokarmowego. Narażenie na WWA przez skórę ma miejsce głównie w warunkach ekspozycji zawodowej poprzez bezpośredni kontakt. Należy podkreślić, że przy narażeniu zawodowym główną drogą wchłaniania WWA do organizmu ludzkiego jest układ oddechowy. Niezależnie od drogi wchłaniania WWA są szybko przenoszone przez krwioobieg do tkanek i narządów. Dzięki dobrej rozpuszczalności w lipidach łatwo przenikają przez białkowo-lipidowe błony komórkowe na zasadzie dyfuzji biernej. Są one zatrzymywane głównie w nerkach i wątrobie, w mniejszych ilościach w śledzionie, nadnerczach i w jajnikach. Wchłonięte do organizmu WWA włączają się następnie do procesów metabolicznych co prowadzi do mutacji, a dalej do choroby nowotworowej, bowiem WWA wykazują silne działanie mutagenne i kancerogenne. Prowadzone od wielu lat badania wskazywały na nierozzerwalny związek pomiędzy emisją WWA, a wzmożonym występowaniem



nowotworów. Właściwości rakotwórcze WWA związane są z obecnością charakterystycznych ugrupowań – centrów aktywności powodujących powstanie aktywnych rakotwórczo pochodnych. Nie same WWA są mutagenne ale pewne ich pochodne tlenowe będące efektem przemian metabolicznych organizmu. WWA należą do kancerogenów genotoksycznych tj. posiadających zdolność do trwałego wiązania się z DNA komórki, naruszania jego struktury i funkcji (lub systemów naprawy DNA) i w ten sposób inicjujących proces nowotworowy. Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne wykazują również toksyczność układową, powodując uszkodzenia nadnerczy, układu chłonnego, krwiotwórczego i oddechowego. Z uwagi na potencjalny charakter rakotwórczy, WWA stanowią poważny problem zdrowotny w przypadku narażenia zawodowego [7].

## 4. Zagrożenia fizyczne

Najważniejszymi szkodliwymi czynnikami fizycznymi, na jakie mogą być narażeni pracownicy podczas układania mas bitumicznych są: hałas słyszalny oraz drgania mechaniczne (wibracja). Źródłem tych czynników jest sprzęt stosowany w technologii procesu budowy dróg, a niekiedy również w pracach pobocznych. Poza tym, w okresie letnim może dojść do nadmiernego obciążenia termicznego pracowników oraz do narażenia na intensywne naturalne promieniowanie nadfioletowe.

Poniżej przedstawiono źródła i charakterystykę wymienionych czynników oraz najważniejsze skutki zdrowotne.

- **Hałas**

Skutki działania hałasu można podzielić na słuchowe i pozasłuchowe, specyficzne i niespecyficzne, bezpośrednie i pośrednie. Szkodliwe działanie hałasu na narząd słuchu uwarunkowane jest poziomem dźwięku powyżej 80 dB, obecnością wysokich częstotliwości oraz impulsów akustycznych, długim czasem działania, współwystępowaniem narażenia na niektóre związki chemiczne, np. rozpuszczalniki, metale ciężkie. Szczególnie niebezpieczne są skrajnie wysokie poziomy dźwięku, tzw. poziomy niszczące, przekraczające 130 dB, mogące spowodować trwałe uszkodzenie słuchu po jednorazowym, krótkotrwałym działaniu. Należy pamiętać, że ubytków słuchu spowodowanych hałasem nie można wyleczyć, ale można im całkowicie zapobiec. Hałas wpływa na układ hormonalny człowieka, zmienia się przemiana materii oraz biochemizm krwi, tkanek i narządów, innymi słowy, hałas jest stresorem. Reakcją organizmu na stres powodowany przez hałas jest zwiększone ryzyko szeregu chorób, głównie nadciśnienia, zawałów serca, wrzodowych, nerwicowych. Poza tym hałas utrudnia zrozumiałość mowy, rozpoznawanie sygnałów, w tym ostrzegawczych, co przyspiesza zmęczenie, wyzwała agresję, zwiększa prawdopodobieństwo wypadku. Narażenie zawodowe na hałas ocenia się pod kątem ochrony narządu słuchu. Ocena narażenia zawodowego na hałas polega na porównaniu zmierzonych lub wyznaczonych poziomów dźwięku oraz poziomu ekspozycji, z trzema wartościami progów działania hałasu i wartościami maksymalnie dozwolonymi (NDN).

Najwyższymi dopuszczalnymi poziomami (NDN) hałasu w środowisku pracy są następujące wielkości, obowiązujące jednocześnie:

- równoważny poziom dźwięku, ważony według charakterystyki A, odniesiony do 8-godzinnego dobowego (lub niekiedy do tygodniowego) wymiaru czasu pracy, czyli poziom ośmiogodzinnej lub tygodniowej ekspozycji na hałas  $L_{EX8h}$  (lub  $L_{exw}$ ), wynoszący 85 dB,
- maksymalny poziom dźwięku  $L_{Amax}$ , ważony według charakterystyki A, wynoszący 115 dB,
- szczytowy poziom dźwięku  $L_{Cpeak}$ , ważony według charakterystyki C, wynoszący 135 dB. [6]

Dwa ostatnie parametry służą do oceny hałasów krótkotrwałych i impulsowych. Wielkość łącznej dawki energetycznej decyduje o stopniu ryzyka wystąpienia u pracownika postępującego ubytku słuchu w przypadku długotrwałej, zawodowej ekspozycji na hałas.

Wartość poziomu  $L_{Amax}$  określa maksymalny chwilowy poziom hałasu jaki wystąpił w trakcie pracy na danym stanowisku. Wartość  $L_{Cpeak}$  odzwierciedla poziom dźwięku impulsów akustycznych, czyli dźwięków trwających krócej niż 1 sekunda, występujących w ogólnym hałasie działającym na pracownika. Przekroczenie wartości progu działania hałasu oznacza, że praca na danym stanowisku obciążona jest ryzykiem wystąpienia u pracownika przewlekłego uszkodzenia słuchu, jakkolwiek niekoniecznie ryzykiem niedopuszczalnym. Przekroczenie wielkości dopuszczalnej  $L_{EX8h}$  jest równoznaczne z zaistnieniem wysokiego ryzyka wystąpienia u pracownika postępującego uszkodzenia słuchu. Przekroczenie dopuszczalnych wartości  $L_{Amax}$  i  $L_{Cpeak}$  oznacza, że hałas w którym pracuje pracownik powoduje wysokie ryzyko wystąpienia nagłego uszkodzenia słuchu. Poziom ekspozycji tygodniowej  $L_{EXW}$  jest średnią (logarytmiczną) wartością poziomu ekspozycji 8-godzinnej określonej na podstawie pomiarów poziomów  $L_{EX8h}$  wykonanych w ciągu pięciu kolejnych dni tygodnia pracy. Wielkość  $L_{EXW}$  jest szczególnie użyteczna w przypadku pracy na stanowisku charakteryzującym się dużą zmiennością ekspozycji na hałas w różnych dniach tygodnia, jakie zwykle występują podczas kładzenia nawierzchni bitumicznych.

Z analizy dostępnych danych pomiarowych wynika, że równoważny poziom dźwięku działającego na robotnika drogowego, obsługującego zagęszczarkę wynosi ponad 94 dB, podczas cięcia piłą nawierzchni asfaltowej – 96,5 dB. Operator walca stalowo-gumowego, podczas zagęszczania gruntu przy załączonej vibracji, narażony jest na hałas o poziomie ponad 86 dB. Operator rozścielacza podczas rozścielania masy mineralno-bitumicznej narażony jest na hałas około 87 dB, natomiast operator koparko-ładowarki jedynie na hałas o poziomie równoważnym prawie 76 dB, a maksymalnym 78 dB. Stosunkowo niski poziom narażenia na hałas występuje również podczas obsługi ładowarki – równoważny około 81 dB, maksymalny 86 dB. Przytoczone powyżej poziomy hałasu mają charakter orientacyjny, odpowiadają typowym warunkom pracy i mogą ulegać zmianom w zależności od warunków pracy i stanu technicznego urządzeń.

- **Drgania mechaniczne**

Ekspozycja na drgania mechaniczne, zwane też wibracjami, występuje podczas kontaktu określonych części ciała z drgającym przedmiotem. W zależności od części ciała kontaktujących się z drgającym przedmiotem, czyli miejsca wnikania drgań do organizmu, rozróżnia się dwa rodzaje oddziaływania drgań: *ogólne*, gdy wnikanie następuje przez nogi, plecy, miednicę lub boki ciała; *miejscowe*, gdy wnikanie następuje przez ręce.

Długotrwałe narażenie na drgania może wywołać zaburzenia funkcjonowania organizmu i doprowadzić do trwałych zmian chorobowych. Rodzaj tych zmian zależy od natężenia drgań, czasu ich działania (czasu kontaktu ze źródłem drgań) oraz miejsca wnikania drgań do organizmu. W przypadku nadmiernego narażenia na drgania ogólne może dojść do uszkodzenia układu kostnego oraz narządów wewnętrznych człowieka. Uszkodzenia układu kostnego obejmują najczęściej odcinek lędźwiowy kręgosłupa, niekiedy – odcinek szyjny. W przypadku narządów wewnętrznych, najczęściej dochodzi do niekorzystnych zmian w czynnościach układu pokarmowego, głównie żołądka i przelyku. Stwierdzono również zaburzenia w układzie krążenia, przedstonkowo-ślimakowym, narządach rozrodczych kobiet. Narządy wewnętrzne są najbardziej wrażliwe na drgania o częstotliwości z zakresu 2-18 Hz. Nadmierne narażenie na drgania miejscowe może spowodować przede wszystkim zmiany chorobowe w układach krążenia, nerwowym i kostno-stawowym. Zespół zmian chorobowych w wymienionych układach, spowodowany narażeniem na drgania, został nazwany zespołem wibracyjnym i uznany za chorobę zawodową. Zespół wibracyjny wywołany działaniem miejscowym drgań mechanicznych może mieć postać naczyniową, naczyniowo-nerwową, kostną, kostno-stawową, mieszaną. Najczęściej rejestrowaną postacią zespołu wibracyjnego są napadowe skurcze naczyń krwionośnych, objawiające się zblednięciem opuszków palców. Zmiany w układzie nerwowym spowodowane działaniem drgań miejscowych, objawiają się głównie zaburzeniami czucia, dotyku, wibracji, temperatury, a także pojawianiem się drętwienia lub mrowienia palców i rąk. Powstanie zespołu wibracyjnego zależy od pochłoniętej przez organizm energii wibracyjnej, częstotliwości drgań i wielu innych czynników, takich jak wiek pracownika, stan zdrowia, wydatek energetyczny, mikroklimat (wpływający na temperaturę i wilgotność rąk), sposób wykonywania pracy i wielu innych. Dlatego określenie zagrożenia zdrowia w wyniku narażenia na drgania mechaniczne jest bardzo trudne.

Wielkością charakteryzująca drgania jest przyspieszenie drgań, wyrażone w  $m/s^2$ . Ponieważ skutki działania drgań zależą od kierunku ich propagacji w organizmie, a przyspieszenia są wielkościami wektorowymi, wartości przyspieszeń drgań wyznacza się w trzech, prostopadłych do siebie kierunkach [8].

- **Mikroklimat**

Człowiek może pracować w dość szerokim, choć ograniczonym zakresie temperatur otoczenia. Praca wykonywana w warunkach mikroklimatu przekraczającego określony zakres wartości wiąże się z ryzykiem uszkodzenia zdrowia, obniżeniem

wydolności fizycznej, psychicznej i wydajności pracy. Proces wbudowywania mieszanek mineralno-asfaltowych wykonywany jest w temperaturach dodatnich oraz przy słabym wietrze lub pogodzie bezwietrznej, dlatego u pracowników zatrudnionych przy budowie dróg może dojść do nadmiernego obciążenia termicznego, gdy prace wykonywane będą w wysokich temperaturach powietrza, przy jednoczesnym narażeniu na bezpośrednie promieniowanie słoneczne i promieniowanie gorącej masy asfaltowej. Organizm ludzki jest stałocieplny, jego wewnętrzna temperatura wynosi około 37°C i utrzymanie jej jest bardzo ważne dla prawidłowego przebiegu procesów fizjologicznych organizmu. Za utrzymanie stałej temperatury wnętrza organizmu odpowiada układ termoregulacji. Jeżeli temperatura wnętrza organizmu przekroczy 42°C może dojść do uszkodzenia struktur białkowych i śmierci. W gorącym mikroklimacie znacznie trudniej organizm może tracić ciepło powstałe w jego wnętrzu w wyniku przemiany materii, które znacznie wzrasta podczas intensywnej pracy fizycznej.

Do bezpośrednich skutków pracy w gorącym mikroklimacie należą:

- udar cieplny, inaczej zwany porażeniem cieplnym, spowodowany porażeniem ośrodka termoregulacji i przekroczeniem możliwości termoregulacyjnych organizmu. Jest on groźny dla życia, w jego wyniku wzrasta temperatura wewnętrzna ciała powyżej 41°C;
- wyczerpanie cieplne spowodowane utratą wody i soli w wyniku pocenia się. Towarzyszy temu ogólne osłabienie, zawroty i bóle głowy, nudności, zaburzenia układu krążenia, niekiedy omdlenie;
- bolesne skurcze mięśni spowodowane zaburzeniem równowagi wodno-elektrolitowej, odwodnienie spowodowane niedostatecznym uzupełnieniem wody utraconej przez pocenie. Obniża ono zdolność do pracy, przyspiesza częstotliwość tętna i upośledza termoregulację. Poza tym intensywne pocenie się może spowodować zmiany skórne, tzw. potówki, upośledzenie funkcji wydzielania gruczołów potowych oraz odczyny zapalne skóry [9].

#### • **Naturalne promieniowanie UV**

Promieniowanie słoneczne korzystnie wpływa na zdrowie człowieka, jednak w przypadku zbyt intensywnego jego natężenia staje się szkodliwe. Szczególnie niebezpieczne może być promieniowanie nadfioletowe (UV), wchodzące w skład widma promieniowania słonecznego. Promieniowanie nadfioletowe działa na zewnętrzne części ciała, na skórę i oczy. Nadmiar UV prowadzi do przedwczesnego starzenia się skóry, powstania zmian przednowotworowych i nowotworowych w skórze, stanów zapalnych rogówki i spojówki oka, zmętnienia soczewki (zaćmy) oraz upośledzenia układu immunologicznego (odporności organizmu), co skutkuje większą skłonnością do zachorowań.

Stopień narażenia na naturalne promieniowanie UV określa się wielkością dawki otrzymaną w ciągu całego dnia, wyrażoną w MED, czyli minimalnej dawki powodującej rumień skóry. W celu ostrzeżenia ludności przed możliwością nadmiernego narażenia na nadfiolet, służby meteorologiczne podają tzw. indeks UV, zdefiniowany jako iloczyn



efektywnego natężenia napromienienia w  $W/m^2$ , wyznaczonego według krzywej skuteczności rumieniowej UV, pomnożonego przez 40. Gdy warunki pracy łączą się z koniecznością narażenia na promieniowanie słoneczne, dla którego indeks UV przekracza 6 jednostek, należy stosować środki ochrony skóry i oczu. Największe natężenie słonecznego UV występuje w Polsce w miesiącach maj - sierpień. Średnia wartość indeksu UV w tym okresie w południe wynosi około 4,5-5 jednostek, natomiast maksymalnie może przekraczać 10 jednostek [10].

## 5. Profilaktyka zdrowotna

Zdrowie to stan dobrego samopoczucia fizycznego, psychicznego i społecznego. Zdrowie to także zdolność i umiejętność pełnienia ról społecznych, adaptacji do zmian środowiska i radzenia sobie z tymi zmianami. Budownictwo drogowe jest szczególnym rodzajem budownictwa ogólnego. Różnorodność terenu, w którym prowadzone są prace, różnorodność wykonywanych robót, specyfika wykorzystywanych technologii sprawia, że pracownicy są narażeni na wiele czynników szkodliwych i uciążliwych, które stwarzają znaczne ryzyko wystąpienia licznych, niekorzystnych skutków zdrowotnych.

Profilaktyka zdrowotna osób zatrudnionych jest od lat przedmiotem zainteresowania polskiego ustawodawstwa. Kolejne akty prawne służyć mają poprawie opieki medycznej i socjalnej pracowników, dążą do ustalania szacowania ryzyka zdrowotnego i zarządzania tym ryzykiem w celu prewencji występowania chorób lub zaburzeń zdrowotnych. Zgodnie z polskim ustawodawstwem każdy pracownik podlega badaniom profilaktycznym. Konieczność przeprowadzania badań profilaktycznych pracowników wynika z Kodeksu Pracy. Art. 229 § 4 Kodeksu Pracy określa, że „*pracodawca nie może dopuścić do pracy pracownika bez aktualnego orzeczenia lekarskiego stwierdzającego brak przeciwwskazań do pracy na określonym stanowisku*”.

Obowiązkiem pracownika, zgodnie z art. 211 pkt 5 Kodeksu Pracy jest poddawanie się wstępnym, okresowym i kontrolnym badaniom lekarskim oraz innym zaleconym przez lekarza badaniom i stosowanie się do zaleceń lekarskich. Aktem wykonawczym w/w przepisów Kodeksu Pracy jest Rozporządzenie Ministra Zdrowia i Opieki Społecznej określające zakres i częstotliwość badań profilaktycznych [11]. Wskazówki metodyczne stanowiące Załącznik Nr 1 do w/w Rozporządzenia, określają zakres badań koniecznych do wykonania w celu wykrycia skutków zdrowotnych, będących następstwem działania danego czynnika szkodliwego lub uciążliwego. Określają zatem rodzaj badań wstępnych i okresowych wraz z częstotliwością ich wykonywania oraz rodzaj badań końcowych. Lekarz przeprowadzający badania profilaktyczne może poszerzyć ich zakres o dodatkowe specjalistyczne badania konsultacyjne oraz badania dodatkowe, jeśli stwierdzi, że jest to niezbędne dla prawidłowej oceny stanu zdrowia osoby przyjmowanej do pracy lub pracownika. Wyniki przeprowadzonych specjalistycznych badań konsultacyjnych oraz badań dodatkowych stanowią tzw. dokumentację wewnętrzną stanowiącą część badania profilaktycznego.

W razie stwierdzenia odchylenia w stanie zdrowia lekarz przeprowadzający badania profilaktyczne może wyznaczyć krótszy termin następnego badania, niż ten, który wynika z zaleceń w Załączniku Nr 1 do Rozporządzenia. Nie może jednak wydać orzeczenia z terminem badań okresowych dłuższym niż wymieniony w Załączniku nr 1. Lekarz orzecznik w swoim postępowaniu opiera się na ocenie zagrożeń zdrowia i życia pracownika, związanych z warunkami pracy. Z tego względu bardzo istotne znaczenie mają informacje o występujących na stanowiskach pracy czynnikach szkodliwych i uciążliwych zawarte w skierowaniu na badanie profilaktyczne wystawianym przez pracodawcę.

Zgodnie z obowiązującymi przepisami skierowanie takie powinno zawierać:

- określenie rodzaju badania profilaktycznego,
- stanowisko, na którym pracownik jest lub ma być zatrudniony, z możliwością podania kilku wariantów stanowisk,
- informację o występowaniu na stanowisku lub stanowiskach pracy czynników szkodliwych dla zdrowia lub warunków uciążliwych oraz aktualne wyniki badań i pomiarów czynników szkodliwych dla zdrowia, wykonanych na tych stanowiskach.

Druk skierowania wypełnia pracodawca lub jego przedstawiciel. Należy dążyć do tego by dane o narażeniu na stanowiskach pracy zostały szczegółowo określone przez dział BHP zakładu pracy. Problem jednak stanowi fakt, że w budownictwie drogowym trudno w większości przypadków określić faktyczne narażenie pracownika. W niektórych sytuacjach wskazane jest więc, aby lekarz profilaktyk uzupełnił te informacje własnymi spostrzeżeniami z dokonanej wizytacji stanowisk pracy, jak również oparł swoje postępowanie na ogólnej wiedzy medycznej na temat wpływu czynników szkodliwych i uciążliwych na pracownika.

Lekarz medycyny pracy posiada wiedzę potrzebną do określenia skutków przeciążenia organizmu i narastania cech uszkodzenia zdrowia w trakcie narażenia na dany czynnik szkodliwy.

Zakresy badań profilaktycznych przedstawiono w tabelach 3 do 7.

Tab. 3. Zakres badań profilaktycznych pracowników narażonych na benzo(a)piren. [11]

Czynnik szkodliwy lub uciążliwy <i>Benzo(a)piren</i>			Częstotliwość badań
Badania wstępne	lekarskie	ogólne, ze zwróceniem uwagi na układ oddechowy i skórę	co 1-2 lata
	pomocnicze	morfologia krwi z rozmazem; badanie ogólne moczu; zdjęcie rtg klatki piersiowej	
Badania okresowe	lekarskie	ogólne, ze zwróceniem uwagi na układ oddechowy i skórę	
	pomocnicze	morfologia krwi z rozmazem; badanie ogólne moczu; zdjęcie rtg klatki piersiowej	
Ostatnie badanie okresowe	lekarskie	ogólne, ze zwróceniem uwagi na układ oddechowy i skórę	-
	pomocnicze	morfologia krwi z rozmazem; badanie ogólne moczu; zdjęcie rtg klatki piersiowej	
Narządy (układy) krytyczne	układ oddechowy; skóra; pęcherz moczowy		
Uwagi	R <sub>2</sub> - czynnik o wysoce prawdopodobnym działaniu rakotwórczym		

Tab. 4. Zakres badań profilaktycznych pracowników narażonych na mikroklimat gorący [11]

Czynnik szkodliwy lub uciążliwy MIKROKLIMAT GORĄCY			Częstotliwość badań
Badania wstępne	lekarskie	ogólne	co 3 lata; powyżej 45 roku życia - co 2 lata
	pomocnicze	EKG	
Badania okresowe	lekarskie	ogólne	
	pomocnicze	EKG	
Ostatnie badanie okresowe	lekarskie	ogólne	-
	pomocnicze	EKG	
Narządy (układy) krytyczne	układ krążenia		
Uwagi	Badania profilaktyczne osób zatrudnionych w klimacie tropikalnym są uregulowane odrębnymi przepisami		

Tab. 5. Zakres badań profilaktycznych pracowników narażonych na drgania mechaniczne przekazywane na całe ciało [11]

Czynnik szkodliwy lub uciążliwy DRGANIA MECHANICZNE PRZEKAZYWANE NA CAŁE CIAŁO (WIBRACJA OGÓLNA)			Częstotliwość badań
Badania wstępne	lekarskie	ogólne; neurologiczne	co 4 lata
	pomocnicze	w zależności od wskazań zdjęcia rtg kręgosłupa lędźwiowo-krzyżowego	
Badania okresowe	lekarskie	ogólne; w zależności od wskazań - neurologiczne	
	pomocnicze	w zależności od wskazań zdjęcia rtg kręgosłupa lędźwiowo-krzyżowego	
Ostatnie badanie okresowe	lekarskie	ogólne; neurologiczne	-
	pomocnicze	w zależności od wskazań zdjęcia rtg kręgosłupa lędźwiowo-krzyżowego	
Narządy (układy) krytyczne	kręgosłup; układ nerwowy		

Tab. 6. Zakres badań profilaktycznych pracowników narażonych na drgania mechaniczne przekazywane na kończyny górne [11]

Czynnik szkodliwy lub uciążliwy DRGANIA MECHANICZNE (WIBRACJA) PRZEKAZYWANE NA KOŃCZYNY GÓRNE			Częstotliwość badań
Badania wstępne	lekarskie	ogólne, ze zwróceniem uwagi na układy: naczyniowy, nerwowy i kostny w zakresie kończyn górnych	pierwsze badanie okresowe po roku pracy, następne co 3 lata
	pomocnicze	próba oziębiania z termometrią skórną i próbą uciskową; ocena czucia wibracji metodą palestezjometryczną; zdjęcia rtg rąk i stawów łokciowych	
Badania okresowe	lekarskie	ogólne, ze zwróceniem uwagi na układy: naczyniowy, nerwowy i kostny w zakresie kończyn górnych	
	pomocnicze	próba oziębiania z termometrią skórną i próbą uciskową; ocena czucia wibracji metodą palestezjometryczną; w zależności od wskazań zdjęcia rtg rąk i stawów łokciowych	

Ostatnie badanie okresowe	lekarskie	ogólne, ze zwróceniem uwagi na układy: naczyniowy, nerwowy i kostny w zakresie kończyn górnych	-
	pomocnicze	próba oziębienia z termometrią skórną i próbą uciskową; ocena uczucia wibracji metodą palestezjometryczną	
Narządy krytyczne	układ nerwowy i kostny w zakresie kończyn górnych		
Uwagi	Gdy okres pracy w narażeniu na drgania mechaniczne, trwa krócej niż 5 lat i ostatnie badanie okresowe nie ujawniło zmian wskazujących na rozwój choroby wibracyjnej - nie ma potrzeby powtórnego wykonywania zdjęć rtg kości rąk i stawów łokciowych		

Tab. 7. Zakres badań profilaktycznych pracowników narażonych na hałas [11]

Czynnik szkodliwy lub uciążliwy HAŁAS			Częstotliwość badań
Badania wstępne	lekarskie	ogólne; otolaryngologiczne	ogólne co 4 lata; otolaryngologiczne i audiometryczne przez pierwsze 3 lata pracy w hałasie - co rok, następnie co 3 lata
	pomocnicze	audiometryczne tonalne w zakresie 125-8000 Hz (przewodnictwo powietrzne i kostne); inne w zależności od wskazań	
Badania okresowe	lekarskie	ogólne; otolaryngologiczne	-
	pomocnicze	audiometryczne tonalne w zakresie 125-8000 Hz (przewodnictwo powietrzne i kostne)	
Ostatnie badanie okresowe	lekarskie	ogólne; otolaryngologiczne	-
	pomocnicze	audiometryczne tonalne w zakresie 125-8000 Hz (przewodnictwo powietrzne i kostne)	
Narządy (układy) krytyczne	narząd słuchu		

## 6. Podsumowanie

Prace drogowe prowadzone są w specyficznych warunkach: na wolnej przestrzeni, na wielokilometrowych odcinkach, często w terenach niezurbanizowanych. W trakcie wykonywania robót prowadzone są prace ziemne, zbrojarskie, instalacyjne, prace związane z budową mostów i tuneli (praca poniżej poziomu ziemi oraz prace na wysokości), prace energetyczne i inne. Często zdarza się, że robotnicy drogowi są jednocześnie narażeni na szkodliwe czynniki chemiczne i fizyczne. Nie bez znaczenia dla zdrowia są czynniki psychospołeczne: stres związany z harmonogramem wykonywania pracy, obowiązującymi terminami zakończenia robót, pracą w bezpośrednim sąsiedztwie czynnego pasa drogi, przy maszynach w ruchu. Niejednokrotnie duży poziom stresu, zmęczenie, monotonia wykonywanych czynności wpływają na obniżenie koncentracji i sprawności ruchowej pracowników co skutkuje zwiększeniem wypadkowości.

W pracy przedstawiono czynniki narażenia, które należy interpretować jako występujące jednocześnie, co ma duże znaczenie dla oceny ryzyka zawodowego, należą do nich:



- substancje chemiczne, głównie wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne,
- czynniki fizyczne, głównie hałas, drgania mechaniczne i zapylenie,
- mikroklimat gorący i promieniowanie UV,
- stres.

Do służb medycyny pracy należy ocena zdrowia pracownika biorąc pod uwagę różne formy zagrożenia mogące występować jednocześnie na stanowisku pracy.

Konieczne jest prowadzenie programów profilaktycznych dotyczących promocji zdrowia oraz szkoleń z zakresu bezpieczeństwa i higieny pracy. Bezpieczne warunki pracy w dużej mierze są uzależnione od świadomości zatrudnionych osób, stopnia posiadanej wiedzy technicznej i informacji na temat narażenia na czynniki szkodliwe, które występują w miejscu zatrudnienia.

## LITERATURA

- [1] J. Kurek, S. Marzec, W. Mniszek, B. Pypno, E. Smolik, P. Szłapa: *Wytyczne do oceny narażenia i profilaktyki zdrowotnej pracowników przy układaniu mas bitumicznych na drogach*, Instytut Medycyny Pracy i Zdrowia Środowiskowego, Sosnowiec 2007.
- [2] J. Piłat, P. Radziszewski: *Nawierzchnie asfaltowe*, WKiŁ, Warszawa 2004.
- [3] K. Błażejowski, S. Styk: *Nawierzchnie drogowe. Poradnik. Technologia mas bitumicznych*, wyd. WKiŁ, Warszawa 2000.
- [4] D. Sybilski: *Polimeroasfalty drogowe: jakość funkcjonalna, metodyka i kryteria oceny, Seria: Studia i materiały*, Zeszyt 45, IBDiM, Warszawa 1996.
- [5] I. Gawęł, M. Kalabińska, J. Piłat: *Asfalty drogowe.*, wyd. WKiŁ, Warszawa 2001.
- [6] Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 29 listopada 2002 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia i środowiska pracy (Dz. U. z 2002 nr 217, poz. 1833).
- [7] *Toksykologia*, prac. zriort. pod red. W. Seńczuka, Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa 1994.
- [8] P. Kowalski: *Pomiar i ocena drgań mechanicznych w środowisku pracy według nowych przepisów prawnych*, „Bezpieczeństwo Pracy. Nauka i Praktyka”, 2006, nr 9.
- [9] M. T. Dębowski, F. M. Spioch, E. Kułagowska, S. Marzec: *Metody oceny środowisk cieplnych i wydatku energetycznego na stanowiskach pracy*, IMPiZŚ, Sosnowiec 1996.
- [10] *Promieniowanie nadfioletowe*, prac. zbior. pod red. J. A. Indulskiego, *Seria: Kryteria Zdrowotne Środowiska*, t. 160, IMP, Łódź 1997
- [11] Rozporządzenie Ministra Zdrowia i Opieki Społecznej z dnia 30 maja 1996 r. w sprawie przeprowadzania badań lekarskich pracowników, zakresu profilaktycznej opieki zdrowotnej nad pracownikami oraz orzeczeń lekarskich wydawanych do celów przewidzianych w Kodeksie pracy (Dz. U. nr 69, poz. 332 z późn. zm.).