

## Skutki zdrowotne pożarów pod ziemią

Pożary w podziemnych zakładach górniczych wywołują szereg skutków, spośród których najistotniejsze to skutki zdrowotne. W tym zakresie najczęściej mowa jest o oparzeniach, zaccadzeniach, zatruciach wywołanych dymem. Specyficzne zagrożenia zdrowotne związane są z procesem palenia się przenośników taśmowych, a w szczególności taśm używanych w tych przenośnikach. W procesie spalania emitowane są do powietrza substancje chemiczne, które mogą w określonych stężeniach i warunkach stanowić poważne źródło narażenia.

Analiza ilościowa i jakościowa substancji chemicznych wydzielających się w trakcie pożaru taśmy przenośnikowej oraz oszacowanie ryzyka zdrowotnego związanego z działaniem produktów spalania przeprowadzone zostały przez Centrum Badań i Dozoru Górnictwa Podziemnego w Łędzinach w ramach zakończonego właśnie międzynarodowego projektu EDAFFIC (Early Detection and Fighting Fire in Belt Conveyors) – Wczesne wykrywanie i zwalczanie pożarów przenośników taśmowych współfinansowanego ze środków Europejskiego Funduszu Badawczego Węgla i Stali.

Oceny ryzyka zdrowotnego służą do określania, czy poszczególne substancje chemiczne stwarzają znaczące ryzyko dla ludzkiego zdrowia, a jeśli tak – to w jakich warunkach. Ryzyko rozumiane jest jako „skwantyfikowana możliwość wystąpienia szkodliwego skutku w wyniku narażenia na dany czynnik w określonych warunkach”. Ocena ryzyka zatem to proces polegający na identyfikacji i ilościowej ocenie ryzyka na podstawie danych o stosowaniu lub występowaniu czynnika szkodliwego. Uwzględnia możliwość wystąpienia szkodliwych efektów działania u poszczególnych osobników lub populacji narażonych na ten czynnik i prawdopodobne drogi narażenia.

Ocena ryzyka zdrowotnego prowadzona jest zarówno ze względów badawczych, prewencyjnych, jak i politycznych oraz ekonomicznych. Cele tego procesu to przede wszystkim:

- dostarczenie obiektywnych (ilościowych) danych dotyczących ryzyka zdrowotnego
- dostarczanie danych niezbędnych w procesie podejmowania decyzji
- uczestnictwo w analizie kosztów i korzyści w odniesieniu do badanego obszaru.

Ocena ryzyka zdrowotnego dokonywana jest w oparciu o schemat składający się z czterech etapów.

Pierwszy etap to identyfikacja zagrożeń polega na zebraniu wszelkich dostępnych informacji dotyczących warunków narażenia oraz dokonaniu oceny czynników toksycznych mogących wywołać szkodliwe efekty zdrowotne. Istotne w tym obszarze dane obejmują między innymi: drogi wchłaniania substancji, jej własności fizyko-chemiczne, rodzaj ekspozycji, toksyczność.

Kolejny etap ma na celu dokonanie oceny narażenia. Narażenie na potrzeby oceny ryzyka definiowane jest jako zetknięcie i przenikanie do organizmu czynników fizycznych, chemicznych czy biologicznych o określonym stężeniu wyrażonym ilościowo. W etapie tym istotne znaczenie ma określenie, jak długi był czas ekspozycji, czyli styczności z substancją chemiczną, jaka była ilość/stężenie tej substancji, czy ekspozycja przebiegała w sposób ciągły czy okresowy oraz jaką drogą następuje narażenie osób na oddziaływanie substancji chemicznej – poprzez układ pokarmowy, wdychanie czy kontakt skórny (przez skórna absorpcja), ale także oczy. W przypadku prezentowanej pracy badawczej, podstawowym źródłem zagrożenia zdrowotnego jest powietrze, do którego przenikają związki chemiczne wydzielające się w trakcie spalania taśmy przenośnikowej. Szacowanym więc sposobem „kontaktu” ze szkodliwościami jest wdychanie.

Ocena zależności dawka-odpowiedź opiera się na danych uzyskanych w trakcie identyfikacji zagrożeń i polega na oszacowaniu ilości, w jakiej stwierdzona substancja chemiczna może powodować określone skutki zdrowotne. Jedną z podstawowych zasad toksykologii mówi, że to dawka czyni z substancji truciznę. Dotyczy to nawet tak powszechnie stosowanych substancji jak na przykład sól, która jest nieszkodliwa w niewielkich dawkach, ale w większych może wywołać poważne schorzenia. Ocena zależności dawka-odpowiedź dokonywana jest w celu oszacowania, jak różne poziomy ekspozycji na substancje chemiczne mogą wpływać na prawdopodobieństwo wystąpienia efektów zdrowotnych i ich nasilania się. Zależności te są różne dla substancji chemicznych wywołujących schorzenia nowotworowe i dla substancji chemicznych odpowiedzialnych za innego rodzaju zagrożenia zdrowotne. Ta wartość progowa określana jest przez tzw. NOAEL (no observed adverse effect level) – poziom braku obserwowanych efektów szkodliwych oraz LOAEL (lowest observed adverse effect level) – najniższy poziom obserwowanych efektów szkodliwych).

Przyjmuje się, że dla substancji o stwierdzonym działaniu toksycznym istnieje bezpieczny próg stężenia, poniżej którego organizm ludzki jest w stanie sam bronić się przed negatywnym wpływem.

W przypadku substancji chemicznych wykazujących właściwości kancerogenne, nawet niewielka ekspozycja może wywołać negatywne skutki, jeśli substancje te wpłyną na zmiany funkcji komórkowych w sposób, który przyczyni się do rozwoju choroby nowotworowej. Faktycznie, oznacza to, że nie istnieje bezpieczna wartość progowa, poniżej której prawdopodobieństwo rozwoju nowotworu wynosi zero. Wiele czynników znacząco utrudnia oszacowanie ryzyka nowotworowego. Jednym z nich jest fakt, że cykl przemian komórkowych następuje jeszcze przed stwierdzeniem czy rozwojem raka. Ponadto, u wielu osób choroba ujawnia się wiele lat po ekspozycji na szkodliwe substancje chemiczne.

Niekancerogenne efekty zdrowotne to zazwyczaj schorzenia układu oddechowego, jak na przykład astma, czy dolegliwości ze strony układu nerwowego. Jednym z celów szacunku dawka-odpowiedź jest określenie poziomów ekspozycji, które wywołują niskie lub znikome skutki nowotworowe.

Końcowy etap stanowi kompilację informacji uzyskanych w etapach wcześniejszych, prowadzącą do charakterystyki ryzyka. Analiza danych zgromadzonych i wypracowanych podczas określania narażenia oraz szacowania zależności dawka-odpowiedź pozwala na opisanie wynikającego z nich ryzyka zdrowotnego, którego pojawienie się jest przewidywane dla narażonej populacji. Analogicznie do szacowania narażenia, charakterystykę ryzyka przedstawia się dla efektów kancerogennych i niekancerogennych.

Przedmiotem realizowanych przez Centrum badań były trudnopalne taśmy przenośnikowe stosowane w górnictwie podziemnym. Najczęściej używane w urządzeniach transportujących węgiel są taśmy tkaninowo-gumowe, polichlorowinylovo-gumowe lub polichlorowinyłowe. Podczas pożarów przenośników, a tym samym taśm przenośnikowych powstaje cała gama produktów spalania, substancji chemicznych, które w zależności od ich stężenia, czasu i miejsca ekspozycji mogą stanowić poważne zagrożenie dla zdrowia osób narażonych na ich działanie.

Główny czynnik zagrożenia stanowi chlorowodór. Obliczony współczynnik ryzyka przekracza 100, a więc poziom bezpieczny przekroczony jest prawie stukrotnie. To oznacza konieczność zachowania szczególnych środków ostrożności w sytuacji narażenia na działanie tego związku. Chlorowodór wykazuje silne właściwości żrące i toksyczne dla dróg

oddechowych. Wpływ tej substancji najczęściej przejawia się podrażnieniami oczu, gardła, krtani, oskrzeli, obrzękiem płuc. Dodatkowo, ponieważ rozpuszcza się w wodzie, w tym ludzkim pocie, tworząc kwas solny, działając bezpośrednio na skórę może spowodować jej poparzenie.

Negatywne dla zdrowia działanie chlorowodoru potęguje interakcja z innym produktem spalania taśm przENOŚnikowych, dwutlenkiem siarki, którego drażniące właściwości obserwowane są przy nawet bardzo niskich stężeniach tego związku chemicznego. Ryzyko zdrowotne związane z oddziaływaniem dwutlenku siarki najczęściej wiąże się ze schorzeniami układu oddechowego oraz strun głosowych. Wdychanie powietrza zawierającego SO<sub>2</sub>, nawet w niskich stężeniach przyczynia się do nieżytów oskrzeli. Po wnikięciu do dróg oddechowych, dwutlenek siarki przenika do krwi, a tym samym do całego organizmu, kumulując się w ściankach tchawicy i oskrzeli, jak również w wątrobie, śledzionie, węzłach chłonnych oraz mózgu.

Niezwykle groźnym związkiem chemicznym pojawiającym się jako produkt spalania taśm przENOŚnikowych jest tlenek węgla. W zależności od stężenia i czasu narażenia organizmu ludzkiego może on doprowadzić do ciężkiego zatrucia, a nawet śmierci. Tlenek węgla w znaczący sposób ogranicza zdolności hemoglobiny do przenoszenia tlenu. Jest to główna przyczyna niedotlenienia tych narządów, które charakteryzują się wysokim zużyciem tlenu: mózg, serce, mięśnie szkieletowe. Niedotlenienie spowodowane zatruciem tlenkiem węgla może wywołać krótkotrwałe i odwracalne skutki objawiające się bólami i zawrotami głowy, dusznością, nudnościami, ale także ciężkie powikłania, często następujące jako opóźniony efekt toksycznego oddziaływania tego związku. Neurobehawioralne następstwa obejmują zaburzenia koordynacji, umiejętności kierowania pojazdami, bezsenność oraz zaburzenia poznawcze.

Ograniczanie dotlenienia organizmu jest również rezultatem oddziaływania tlenków azotu, w szczególności dwutlenku azotu, który jest kilkakrotnie bardziej toksyczny od tlenu azotu. Podobnie, jak CO wpływa na drogi oddechowe wywołując szereg zaburzeń i podrażnień. Jak pisze dr Alicja Wudarczyk: „Tlenki azotu w 60% wchłaniają się w górnych drogach oddechowych a pozostała część dociera do pęcherzyków płucnych. W drogach oddechowych reagują one z parą wodną tworząc kwas azotawy i azotowy. W dolnych drogach oddechowych działają jako utleniacze na białka, jak również wykorzystując swe właściwości redukujące powodują uszkodzenie tkanki płucnej”. Wysokie stężenie tych związków może wywołać obrzęk płuc - prowadzący do całkowitej niedrożności dróg

oddechowych - zwolnienie akcji, serca, odruchowe zatrzymanie oddechu. Ciężkie objawy zatrucia tlenkami to toksyczny obrzęk płuc, będący przyczyną śmierci.

Z prowadzonych badań wynika, że niektóre WWA wykazują silnie toksyczny charakter, wywołując szereg negatywnych skutków zdrowotnych o cechach takich, jak immunotoksyczność, genotoksyczność, kancerogenność i toksyczność reprodukcyjna. Stwierdzono również, że mogą wpływać na rozwój miażdżycy. Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne należą do tych czynników ryzyka zdrowotnego, które klasyfikowane są jako rakotwórcze. Spośród wielu WWA emitowanych do powietrza podczas spalania taśm przenośnikowych, silne działanie kancerogenne wykazuje między innymi benzo(a)piren. Ich oddziaływanie uzależnione jest od ilości WWA przenikających do organizmu, czasu narażenia oraz indywidualnej reakcji. W przypadku wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych nie jest jasne, czy mogą powodować krótkoterminowe skutki zdrowotne. Ze względu na stwierdzone własności kancerogenne, uwaga koncentruje się na efektach opóźnionych w czasie, a więc następujących w czasie trudnym do przewidzenia zachorowań na raka.

Ocena ryzyka zdrowotnego związanego oddziaływaniem substancji chemicznych powstających w trakcie pożarów taśm przenośnikowych ma istotny wpływ na poprawę bezpieczeństwa pracy z podziemnych zakładach górniczych. Świadomość zagrożenia i niebezpieczeństwa wynikającego z faktu przebywania w skażonym środowisku pracy, może przyczynić się w przypadku pracodawcy do opracowywania i wdrożeniach odpowiednich procedur postępowania w sytuacjach narażenia, w przypadku pracowników do podjęcia właściwych działań w celu eliminacji bądź redukcji ewentualnych negatywnych skutków zdrowotnych.

Więcej informacji na temat szacowania ryzyka zdrowotnego w związku z pożarami taśm przenośnikowych oraz projektu EDAFFIC można uzyskać kontaktując się z Ośrodkiem Badań Środowiska i Zagrożeń Naturalnych CBiDGP: [obsizn@cbidgp.pl](mailto:obsizn@cbidgp.pl), [www.cbidgp.pl](http://www.cbidgp.pl)

Fragmety artykułu pochodzą z referatu prezentowanego podczas Kongresu Górniczego, Gliwice 2011.

Dr Joanna Pruchnicka  
Mgr Małgorzata Ryszka