

Tadeusz Juliszewski

Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

WSTĘP

Skażenie powietrza pyłami uważa się za jedno z większych zagrożeń dla zdrowia człowieka. Dotyczy to zwłaszcza pyłów wdychanych do płuc i osadzanych w górnych drogach oddechowych. Mniej dotyczy pyłów które osadzają się na nieosłoniętej powierzchni skóry (twarz, szyja, dłonie), lub połykanych wraz ze śliną.

Współczesna wiedza medyczna określa dopuszczalne normy koncentracji różnych pyłów w powietrzu, które nie zagrażają zdrowiu człowieka. Na stanowiskach pracy są to tak zwane NDSy – Najwyższe Dopuszczalne Stężenia (w mg/m^3). Podobnie określa się normy koncentracji pyłów w miejscach zamieszkania człowieka (częściej stosuje się jednak tysiąckrotnie mniejszą jednostkę masy tj. $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Oczywistym postulatem jest by powietrze było czyste, to znaczy nie zawierało żadnych pyłów (jak i innych szkodliwych składników gazowych, czy aerozolowych). Postulat ten nie jest jednak możliwy do spełnienia. Ludzie wdychają powietrze zawierające różnego rodzaju pyły. Tak było w przeszłości, tak jest obecnie i tak będzie w przyszłości.

W powietrzu, którym oddychamy zawsze będą pyły – na ulicy, w parku, w samochodzie, w mieszkaniu, biurze, a nawet w szpitalu. Pyły pochodzenia naturalnego, lub pochodzenia antropogenicznego, będziemy wdychali zawsze – tak jak wdychali do płuc wszyscy nasi przodkowie i będą wdychać nasi następcy. Nie potrafimy eliminować ani nawet zredukować pyłów naturalnego pochodzenia, gdyż Natura jest od ludzi niezależna. Jedyne co potrafimy to zredukować emisje powodowane przez nas samych. Wyeliminować ich jednak całkowicie nie potrafimy nigdy. Nawet, gdyby udało się wyeliminować pyły pochodzenia antropogenicznego to i tak w powietrzu będą pyły pochodzenia naturalnego.

Bardzo trudno zbadać i określić jaki jest procentowy udział pyłów pochodzenia antropogenicznego w całości pyłu zawartego w powietrzu. Wymagałoby to zawikłych metod analizy chemicznej, zwłaszcza gdy pyły naturalnego i antropogenicznego pochodzenia są podobne, lub są takie same. Przykładowo: frakcje mineralne pochodzenia glebowego i z popiołu ze spalania paliw stałych są chemicznie podobne do siebie. W istocie, gdy wciągamy powietrze do płuc, nie jest wiadomo jaka jego część jest pochodzenia naturalnego, a jaka pochodzenia antropogenicznego.

Skażenie powietrza pyłami przedstawiane jest często jako jedno z największych, współczesnych, zagrożeń dla ludzi. Niektóre opisy tych zagrożeń mogą budzić strach a nawet przerażenie. Można wskazać przykłady manipulowania tymi emocjami w szczególności w dyskusjach o ograniczaniu spalania paliw, zwłaszcza biopaliw stałych (drewna, pelletów, brykietów).

Warto spojrzeć na to zagrożenie chłodnym okiem, aby osiąść własną, racjonalną, opinię. Autor (TJ) nie ma na celu bagatelizowanie skażenia powietrza pyłami pochodzenia antropogenicznego – przeciwnie: uważa, że emisje tego rodzaju pyłów należy zredukować. Przedstawiając sprawdzone, naukowe, fakty chce przekonać Czytelnika by nie ulegał manipulacjom, gdy czyta, lub słyszy, że spalanie

biomasy w nowoczesnych, certyfikowanych, piecach lub kominkach stanowi zagrożenie dla niego, jego rodziny i naturalnego środowiska.

POCHODZENIE PYŁÓW

Pyły unoszące się w atmosferze:

- (a) powstają naturalnie (bez udziału ludzi),
- (b) są wytwarzane przez ludzi (jako produkt uboczny ich aktywności produkcyjnej, usługowej, lub domowej).

Wiele czynników wpływa na to jaki jest odsetek masy pyłów naturalnych i masy pyłów pochodzenia antropogenicznego – (a) w danym miejscu i (b) w danej chwili. Siła wiatru, położenie lokalne i geograficzne danego miejsca, rodzaj spalanego paliwa, ilość emitowanych spalin i wiele innych są tymi czynnikami. Mierząc koncentracje pyłów - w danym miejscu i danym okresie czasu – określa się czy przekracza ona dopuszczalne normy, czy też jest poniżej poziomu uznawanego za dopuszczalny przez współczesną wiedzę naukową.

Pyły naturalne to, przede wszystkim:

- (1) pyłki roślin (często alergiczne dla niektórych osób, zwłaszcza na wiosnę),
- (2) szczątki roślin (np. zeschniętej trawy, lub liści) rozwiewane przez wiatr,
- (3) drobiny gleby (tzw. erozja eoliczna gleby),
- (4) wyziewy wulkaniczne,
- (5) pył kosmiczny,
- (6) cząstki naszej skóry i włosów,
- (7) cząstki tkanin z włókien naturalnych (ubrania, pościel, ręczniki i inne wyposażenie pomieszczeń mieszkalnych i roboczych).

Nb. pył zawarty w dymach z corocznie płonących lasów w Kanadzie zawiera podobno więcej zanieczyszczeń niż wszystkie emisje przemysłowe w tym ogromnym kraju. W Pekinie, mieście którego populacja jest niemal równa ilości mieszkańców Polski, zamglone niebo przez większą część roku, to nie tylko skutek emisji przemysłowych i komunikacyjnych, ale także pyłu niesionego wiatrem z pustyni.

Pyły pochodzenia antropogenicznego to przede wszystkim:

- (1) składniki spalin (ogrzewnictwo, energetyka, samochody, samoloty, kolej żelazna, rakiety),
- (2) procesów produkcyjnych (np. przygotowania kruszywa budowlanego),
- (3) cząstki zrywane z powierzchni dachów i ścian domów, cząstki odzieży i obuwia wytworzonych tworzyw sztucznych, mebli, podłogi, dywanów.

Źródeł pyłu w powietrzu jest zatem tysiące, choć każde z nich powoduje zapylenie powietrza w różnym stopniu – w danym miejscu i określonym, czasie. Koncentracja pyłów w powietrzu, który oddychamy, jest bardzo zmienna dlatego ekspozycję ludzi w danym miejscu (np. mieście) wyraża się często jako wartość średnią na rok (w mikrogramach na 1 metr sześcienny powietrza - $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Przypomnijmy, jeden mikrogram to 1/1000 miligrama, a jeden miligram to 1/1000 grama.

Bardzo małe wymiary geometryczne pyłu i bardzo mała masa jego cząsteczek powodują, że jest on przenoszony na duże odległości. Przykładowo: pustylny pył z Afryki dociera z wiatrem do Polski, podobnie jak pył z erupcji wulkanu na Islandii. Podobnie z wiatrem przemieszcza się pył naturalny i przemysłowy pomiędzy miastami, krajami i kontynentami.

WIELKOŚĆ ZIARNA PYŁU

Geometryczne wymiary ziarna pyłu wyraża się jego umowną średnicą chociaż jego kształt jest zwykle nieregularny. Szczególnie wyróżnia się ziarna pyłu o średnicy 2,5 mikrometra (PM 2,5) i o średnicy 10 mikrometrów (PM 10). Są to ziarna pyłu niewidoczne dla oczu. Warto przypomnieć, że 1 mikrometr to 1/1000 milimetra. Te mikroskopijne wymiary pyłu sprawiają, iż unoszą się długotrwale w powietrzu (stąd nazwa „pył zawieszony”) i są przenoszone z wiatrem na duże odległości.

Ta część pyłu, jaka osadzi się w górnych drogach oddechowych, jest usuwana wraz ze śluzem do jamy nosowej. Jest to pył PM 10 i o średnicy większej od 10 mikrometrów. Do pęcherzyków płucnych przenikają pyły PM 2,5 (i mniejsze) skąd wydostać się już nie mogą (o ile nie zostaną usunięte z powietrzem wydychanym). Jest to tzw. frakcja respirabilna pyłu. Jeśli jest to frakcja rozpuszczalna w płynach ustrojowych to po pewnym czasie organizm usuwa ją poprzez układ wydalniczy. Jeśli są to pyły nierozpuszczalne w płynach ustrojowych to są zatrzymane w organizmie człowieka do końca życia (głównie w węzłach chłonnych).

ILOŚCIOWY POMIAR ZAPYLENIA POWIETRZA

Koncentracja pyłu w powietrzu jest wyrażana różnymi wskaźnikami. Interpretacja tych różnych wskaźników dopiero pozwala ocenić potencjalne oddziaływanie pyłów na człowieka. Brak należytej interpretacji wskaźników koncentracji pyłu w powietrzu jest przyczyną nieporozumień i często utrudnia dyskusje o ochronie naturalnego środowiska. Najczęściej przyczyną nieporozumień jest także nie rozróżnianie pojęć: emisja i ekspozycja.

Emisja wyraża ilościowo jaką masę źródło pyłu wytwarza i przekazuje do objętości jednego metra sześciennego atmosfery jego naturalne lub antropogeniczne źródło. Jednostkami najczęściej stosowanymi są: mg/m^3 , a rzadziej $\mu\text{g}/\text{m}^3$, lub ilość sztuk ziaren pyłu w objętości jednego centymetra sześciennego powietrza ($\text{szt.}/\text{cm}^3$). Pomiar masy pyłu emitowanego wykonuje się zwykle metodami grawimetrycznymi, a pomiar ilości cząstek powietrza metodami konimetrycznymi. Ważne jest by pamiętać iż emisja spalin, mierzona znormalizowanymi metodami, dotyczy masy pyłu mierzonej za komorą spalania (można powiedzieć w przybliżeniu: jest to pomiar wykonywany w kominie). Podobnie mierzy się emisję spalin samochodowych, tj. na wylocie rury wydechowej.

Wielkość zmierzonej emisji spalin znormalizowanymi metodami badawczymi nie jest nigdy równoznaczna z ekspozycją ludzi. Przecież nikt nie oddycha powietrzem tuż przy wylocie z komina, czy rury wydechowej samochodu! Emitowane spaliny, w tym także pyły, ulegają rozcieńczeniu w powietrzu. Ekspozycja wyrażana jest też w odniesieniu do jednostki czasu, np. godziny, 8-godzinnego czasu pracy, miesiąca czy roku.

Znormalizowane metody pomiaru emisji (nie ekspozycji!) służą, przede wszystkim, do:

- (1) porównywania różnych urządzeń (np. kominków o tej samej mocy cieplnej, ale wytwarzanych przez różnych producentów),

- (2) atestacji danego urządzenia (pieca, kominka), tj. określenia czy atestowane (badane) urządzenie spełnia aktualne normy emisji, czy też ich nie spełnia.

Ekspozycja to ilość pyłu jaka jest pochłonięta przez organizm drogą oddechową, pokarmową (ze śliną), lub osadzi się na nieosłoniętej powierzchni ciała. Ekspozycja uwzględnia zatem koncentrację pyłu w danym miejscu – ale nie emisję! - i czas ekspozycji. Ponieważ emisja pyłów jest zmienna w czasie (i w danym miejscu) to do jej ilościowego wyrażenia stosuje się umowne wskaźniki. Wskaźniki te wyrażają wartość średniej ekspozycji.

Podobnie jak w przypadku każdej średniej (arytmetycznej, ważonej, geometrycznej) - jako parametru statystyki opisowej - jej interpretacja jest dyskusyjna. Bez określenia miar zmienności danych (np. odchylenie średnie, odchylenie standardowe, zakres zmienności) sama wartość średnia jest parametrem statystycznym, który może wprowadzać w błąd. Każdy zna dyskusje, a czasem w nich uczestniczy, o średnich zarobkach w Polsce, czy o średniej emeryturze....

Wielkość ekspozycji - a nie wielkość emisji - jest podstawą oceny zagrożenia oddziaływania pyłów na człowieka i środowisko. Duża emisja nie oznacza równocześnie dużej ekspozycji. Spaliny (pyły) emitowane z danego źródła – naturalnego lub antropogenicznego - ulegają bowiem rozproszению i rozcieńczeniu w atmosferze.

Szkodliwość pyłów dla człowieka wynika z:

- (1) ich koncentracji w powietrzu (w danym miejscu),
- (2) czasu ekspozycji na ich oddziaływanie,
- (3) składu chemicznego pyłów.

Potencjalna szkodliwość pyłów w powietrzu wynika zatem z różnych kombinacji możliwych przyczyn. Przykładowo: duża koncentracja pyłów w powietrzu, ale w krótkim czasie ekspozycji, może co najwyżej oddziaływać drażniąco na skórę i błony śluzowe, jednak nawet niewielka koncentracja pyłów rakotwórczych, przez dłuższy czas, może spowodować chorobę nowotworową. Pyły trujące nawet przy krótkotrwałej ekspozycji mogą zagrozić zdrowiu, a nawet życiu.

AKUMULACJA PYŁU W ORGANIZMIE

Powietrze, którym oddychamy, zawiera oprócz gazów – głównie azot i tlen – także cząstki stałe nazywane ogólnie pyłem. Wciągając powietrze do płuc wciągamy tam także pył, który częściowo osadza się w drogach oddechowych, a częściowo jest usuwany z powietrzem wydychanym z płuc. Ilość pyłu osadzonego w układzie oddechowym można obliczyć z wzoru:

$$A = RWCT,$$

gdzie A to akumulacja pyłu w organizmie (np. w mg),

R – retencja, tj. odsetek masy pyłu jaki pozostaje w układzie oddechowym, a nie zostaje usunięty z powietrzem wydychanym (bo nie cała masa wdychanego pyłu osadza się w organizmie ludzkim),

C – koncentracja pyłu w powietrzu (w mg/m^3 , lub $\mu\text{g}/\text{m}^3$),

W – wentylacja płuc (w $\text{m}^3/\text{godz.}$),

T – czas ekspozycji.

Przykładowo: jeśli średnie narażenie na pył w roku wynosi $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ danego pyłu, wentylacja płuc wynosi $0,6 \text{ m}^3/\text{godz.}$ (10 litrów na minutę, jak przy pracy o małym wysiłku), a czas ekspozycji wynosi 24 godziny, zaś retencja 0,5 (50%), to w tym czasie jednej doby w organizmie osadzi się 144 mikrogramy pyłu (0,144 miligrama). Jeśli na małej łyżeczce jest 5 gramów cukru to 144 mikrogramów odpowiada 0,00288 % masy cukru na łyżeczce (a zatem mniej niż nawet najmniejszy jego kryształek).

ATESTACJA URZĄDZEŃ EMITUJACYCH PYŁY

Atestacja urządzeń grzewczych i silników spalinowych wymaga określenia ile pyłu emitowane jest podczas spalania danego paliwa. W odniesieniu do paliw stosowanych w kotłach, piecach i kominkach dopuszczalne normy emisji pyłu określa się (1) w mg/m^3 objętości spalin, lub w (2) g/GJ wytworzonej energii ze spalania danego paliwa. Dotyczy to wszystkich paliw: gazowych, ciekłych i stałych. Dopuszczalna ilość emisji pyłu współczesnych urządzeń grzewczych (miejscowych ogrzewaczy pomieszczeń z zamkniętą komorą spalania) spalających biomasę drzewną wynosi $40 \text{ mg}/\text{m}^3$ spalin.

W krajach Unii Europejskiej ewidencjonuje się emisje gazowych i stałych (pyłów) składników spalin. W naszym kraju zajmuje się tym KOBIZE – Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami. Bilansowanie emisji jest podstawą określania kosztów jakie ponoszą wszyscy obywatele w Europie dlatego, że używają paliw do produkcji, usług i zapewnienia sobie komfortu życia w domach i mieszkaniach. Koszty te nie ponoszą mieszkańcy innych państw, np. Chin, Indii, Brazylii, USA itd.

Atestację urządzeń grzewczych (pieców, kotłów, kominków) przeprowadzają uprawnione (akredytowane) instytuty badawcze. Metodyka badań emisji spalin jest znormalizowana co oznacza, że wyniki badań tego samego urządzenia grzewczego są porównywalne niezależnie od akredytowanej instytucji, która wykonuje pomiary. Fizyczne parametry paliwa (np. drewna), parametry pracy urządzenia (np. dopływ powietrza do komory spalania), czas pomiaru (np. przy rozpalaniu i uzyskaniu pełnej mocy cieplnej) są ściśle określone podczas atestacji. Jeśli zatem dane urządzenie grzewcze uzyska atest to oznacza, że:

- (1) spełnia krajowe (i międzynarodowe, np. Unijne) normy,
- (2) jego eksploatacja nie zagraża ludziom i naturalnemu środowisku.

W odniesieniu do kotłów, kominków i pieców obowiązujące normy emisji spalin określane są powszechnie jako EKOPROJEKT (lub EKODESIGN). Eksploatacja urządzenia grzewczego spełniającego wymagania norm EKOPROJEKTu, zgodna z zaleceniami producenta tego urządzenia, nie powinna być kwestionowana.

Krytyczne uwagi formułowane dość często przez przedstawicieli niektórych grup ekologicznych są nie tylko nieuzasadnione, ale podważają zasady i systemy wszelkiej atestacji jakichkolwiek urządzeń technicznych (nie tylko grzewczych).

Krytyczne uwagi o szkodliwych emisjach spalin z kominków, kotłów i pieców na biomasę wynikają przede wszystkim z ich niewłaściwej eksploatacji (np. spalania mokrego paliwa, czy nieumiejętnego inicjowania zapłonu). Uogólnianie błędów popełnianych przez niektórych użytkowników kominków i pieców na wszystkich ich użytkowników jest pod każdym względem nieuzasadnione. Dodam od siebie (TJ), że takie uogólnienie jest społecznie i ekologicznie szkodliwe. Przeciwnicy poglądów autora powinni zobaczyć jak na masową skalę użytkuje się piece i kominki (często wyprodukowane w Polsce) na biomasę w takich krajach jak Niemcy, Austria, Włochy, czy Szwajcaria.

Problemu spalania śmieci nie omawiam jako zagadnienia nie tylko karygodnego, ale także dlatego, że żaden konstruktor i producent urządzeń grzewczych nie do takiego „paliwa” je przewiduje.

SPOSOBY OGRANICZANIA EMISJI PYŁÓW DO ATMOSFERY

Wpływ człowieka na emisje pyłów naturalnych jest praktycznie niemożliwy. Nie zakorkujemy przecież wulkanu, czy powstrzymamy wiatru niosącego pył glebowy, albo pyłki roślin. Naturalne cząstki pyłów będziemy zatem zawsze wciągali do naszych płuc, nawet gdy zakładamy maski na nos i usta. Zawsze będą przenikały do naszego organizmu, lub pokrywały nieośloną skórę.

Przemysłowe emisje pyłów podczas spalania paliw w ciepłowniach i elektrowniach ogranicza się dziś skutecznie poprzez zastosowanie filtrów, cyklonów i płuczek. Dym widoczny z komina nowoczesnej ciepłowni, czy elektrowni to w istocie para wodna, bo cząstki stałe zostały wychwycone.

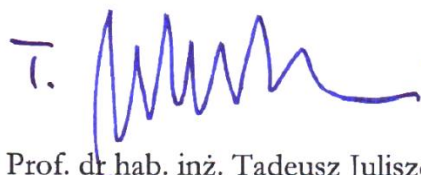
Takie parametry urządzenia grzewczego jak wielkość (objętość) komory spalania, ilość powietrza (tlenu) dopływającego do komory spalania, kształt drogi jaką przemieszczają się spaliny zanim trafią do komina, wielkość dostarczanej dawki paliwa w jednostce czasu do komory spalania są najbardziej decydujące. Nabywca i użytkownik kominka, czy pieca na biomasę, nie interesuje się na ogół konstrukcją; najważniejsze by przestrzegał zasad ich racjonalnej eksploatacji podanych przez producenta. Jeśli tych zasad przestrzega powinien być pewien, że emitowane spaliny nie zagrażają jemu i środowisku. Nikt też nie powinien formułować podejrzeń, że pył emitowany do środowiska jest niebezpieczny.

Widoczny dym z domu lub mieszkania, w którym spala się suche drewno lub atestowane pellety, to także prawie tylko para wodna. Po rozpaleniu kominka, czy pieca, nawet para wodna znika – nie dostrzega się z komina żadnych spalin. Oczywiście ulatują ze spalinami niewidoczne cząstki gazowe (np. tlenek węgla, dwutlenek węgla, tlenki azotu) i mikroskopijne ilości pyłów. Tą niezagrażającą zdrowiu i środowisku ilość pyłu emitowanego do atmosfery osiąga się dzięki nowoczesnej konstrukcji kominka czy pieca.

PODSUMOWANIE

Powietrze, którym oddychamy zawiera zawsze pyły naturalnego i antropogenicznego pochodzenia. Zawsze ludzie będą ekspozycyjni na działanie tych pyłów. Nawet maski o dużym stopniu zatrzymywania pyłów (powyżej 95% skuteczności) część tych pyłów przepuszczają także do dróg oddechowych.

Pyły emitowane do atmosfery ze spalania biomasy (drewno, pellety, brykiety, zrębki, węgiel drzewny) spełniające normatywne wymagania w atestowanych kominkach, kotłach i piecach nie stanowią zagrożenia dla ludzi i środowiska.



Prof. dr hab. inż. Tadeusz Juliszewski