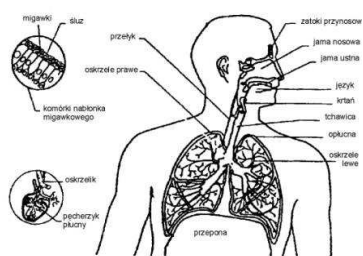


# OZNACZANIE PYŁU CAŁKOWITEGO I RESPIRABILNEGO METODĄ FILTRACYJNO – WAGOWĄ NA STANOWISKACH PRACY



Celem tej publikacji jest przybliżenie problematyki związanej z oznaczaniem pyłu całkowitego i respirabilnego na stanowiskach pracy. Metoda filtracyjno – wagowa przedstawiona jest uwzględniając zagadnienia czysto praktyczne jakie zazwyczaj spotykane są przy wykorzystywaniu tej metody. Zakres publikacji nie wyczerpuje wszystkich zagadnień związanych z tą problematyką – pokazuje dokładniej specyfikę ważenia oraz potencjalne źródła błędów jakie mogą w tym procesie wystąpić.

1. Wstęp .....	2
2. Źródła pyłów i ich wpływ na organizm .....	3
3. Akty normatywne - metody badawcze .....	4
3.1. Stosowane przyrządy pomiarowe .....	5
3.2. Procedury badawcze .....	6
3.3. Procedura Nr 1: Ważenie filtrów do badań w laboratorium .....	7
3.4. Personel .....	8
4. Wagi wykorzystywane w metodzie filtracyjno-wagowej.....	9
4.1. Wagi z działką elementarną $d=10\mu\text{g}$ .....	9
4.2. Wagi z działką elementarną $d=1\mu\text{g}$ .....	10
4.3. Błędy ważenia podczas ważenia różnicowego .....	11
5. Raport z I Międzylaboratoryjnych Badań w zakresie metody filtracyjno - wagowej .....	12

Janas Sławomir

Kierownik Laboratorium Badawczego  
e-mail: janas@radwag.pl



RADWAG WAGI ELEKTRONICZNE - LABORATORIUM BADAWCZE  
/ KONSULTACJE I WSPARCIE TECHNICZNE /

26-600 RADOM, ul. Bracka 28  
tel.(0-48) 38 48 800 wew. 536 tel./fax. (0-48) 385 00 10  
<http://www.radwag.pl>

## 1. Wstęp

Pyłem nazywamy zbiór cząstek stałych, które wyrzucone w powietrze, pozostają w nim przez pewien czas. Przyjmuje się że są to cząstki o wymiarach poniżej 300  $\mu\text{m}$ . Ich kształt jest zależy od pochodzenia pyłu. Inny kształt mają cząstki pochodzenia organicznego a inny nieorganicznego. Z tego też względu pojęcie wymiaru cząstki jako pojedynczego obiektu jest pojęciem umownym. Wielkość cząstek może być podawana w pewnych przedziałach jako:

- cząstki bardzo grube / $d_a > 10\mu\text{m}$ /
- cząstki grube / $2,5\mu\text{m} < d_a \leq 10\mu\text{m}$ /
- cząstki drobne / $0,1\mu\text{m} < d_a \leq 2,5\mu\text{m}$ /
- cząstki bardzo drobne / $d_a \leq 0,1\mu\text{m}$ /

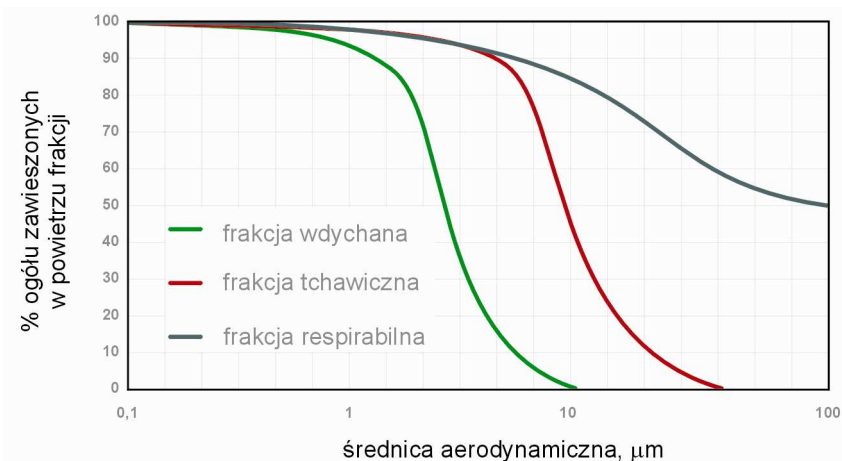
Dla potrzeb określania ich wielkości stosuje się następujące terminy:

- średnica zastępcza ziarna pyłu  
jest to średnica kuli o gęstości równej gęstości badanego pyłu której prędkość opadania w nieruchomym powietrzu jest równa prędkości opadania badania ziarna pyłu
- średnica aerodynamiczna cząstki pyłu  
jest to średnica kuli o gęstości  $1\text{g}/\text{cm}^3$  i takiej samej prędkości opadania w nieruchomym powietrzu, jak prędkości opadania badania cząstki
- średnica projekcyjna  
jest to średnica koła którego powierzchnia jest powierzchni rzutu cząstki na płaszczyznę obserwacji

Z higienicznego punktu widzenia pył nie jest substancją sypką lecz układem dwufazowym zwanym aerozolem. Jedną z faz jest powietrze (faza rozpraszająca) a drugą ciało stałe (faza rozproszona). Oceniając szkodliwość pyłów, najbardziej szkodliwa jest frakcja **respirabilna**, która dociera do pęcherzyków. Pomiar frakcji respirabilnej dokonuje się za pomocą selektorów cyklonowych, które oddzielają frakcję respirabilną od innych pyłów.

Według normy EN-481 zdefiniowane są jeszcze dwie frakcje pyłu:

- frakcja wdychana (przedostaje się przez usta i nos)
- frakcja płucna (pył docierający do oskrzeli)



Rys. 1. Podział pyłu na frakcje

## 2. Źródła pyłów i ich wpływ na organizm

W otaczającym nas powietrzu unoszą się różne rodzaje cząstek, które powstają w wyniku procesów naturalnych jak i sztucznych – technologicznych. Można stwierdzić, że pył powstaje w wyniku:

- procesów technologicznych, które wykorzystują pył jako jeden ze składników
- transportu materiałów sypkich
- produkcji i pakowania materiałów pylistych
- rozdrabniania i kruszenia materiałów
- spalania paliw
- prac rolniczych
- spawania, cięcia i innych procesów obróbki materiałów itp.

Powyższe zestawienie ma charakter ogólny i nie wyczerpuje wszystkich źródeł generujących pył w skali przemysłowej.

To jak pył oddziałuje na organizm człowieka zależy od stężenia pyłu, składu chemicznego oraz rozmiarów cząstki. Generalnie frakcja wdychana to cząstki o wymiarach poniżej 100µm. W górnym odcinku dróg oddechowych (nos, jama istna, gardło, krtań) zatrzymywane są cząstki o wymiarach powyżej 30µm a następnie wydalone ze śluzem

Do środkowego odcinka dróg oddechowych (tchawica, oskrzela, oskrzeliki) przedostaje się frakcja płucna, której wymiar nie przekracza 20µm. Do obszaru wymiany gazowej (pęcherzyki płucne) dostają się cząstki o wymiarze poniżej 7µm. To one stanowią pył **respirabilny**, który zalega dość długo powodując zmiany chorobowe. To jakie to będą zmiany zależy oczywiście od charakteru pyłu, który został zaabsorbowany przez nasz organizm.

Wśród pyłów można wyróżnić pyły drażniące, uczulające, rakotwórcze, włókniające. Inny podział pokazuje typ pyłu jaki jest przyczyną choroby a więc, pylica azbestowa, krzemowa, berylowa, węglowa, itd. Oceniając stopień zagrożenia pyłami o działaniu pylicotwórczym obok czasu narażenia zasadnicze znaczenie mają:

- poziom stężenia
- stopień rozdrobnienia
- zawartość wolnej krzemionki w pyle

Problem zanieczyszczeń powietrza jest obecnie problemem globalnym, co znajduje potwierdzenie w dyrektywach Europejskich

- nr 96/62/WE z dnia 27 września 1996 roku w sprawie oceny i zarządzania jakością otaczającego powietrza
- nr 1999/30/WE z dnia 22 kwietnia 1999 roku odnoszącej się do wartości dopuszczalnych dla dwutlenku siarki, dwutlenku azotu i tlenków azotu oraz pyłu i ołowiu w otaczającym powietrzu
- nr 2000/69/WE z dnia 16 listopada 2000 roku, dotyczącej wartości dopuszczalnych benzenu i tlenku węgla w otaczającym powietrzu
- nr 2002/3/WE z dnia 12 lutego 2002 roku, odnoszącej się do ozonu w otaczającym powietrzu
- nr 2004/107/WE w sprawie arsenu, kadmu, rtęci, niklu i wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych w otaczającym powietrzu.

### 3. Akty normatywne - metody badawcze

Problem zapylenia jest na tyle istotny, że wymaga ciągłego monitoringu co znalazło wyraz w zaleceniach, normach, dokumentach urzędowych. Należy do nich zaliczyć:

- **PN-Z-04008-7:2002 + Az 1:2004**

Ochrona czystości powietrza. Pobieranie próbek. Zasady pobierania próbek w środowisku pracy i interpretacja wyników

*Norma podaje zasady pobierania próbek powietrza i interpretacji wyników do oceny narażenia zawodowego na substancje chemiczne i pyły przemysłowe. Dotyczą one dozymetrii indywidualnej oraz pomiarów stacjonarnych.*

- **PN-91/Z-04030/05**

Ochrona czystości powietrza. Badanie zawartości pyłu. Oznaczenia pyłu całkowitego na stanowiskach pracy metodą filtracyjno-wagową

*Norma zawiera opis metodyki jako oznaczenie masy pyłu pobranego na sączek z określonej objętości powietrza. Podano sposób pomiaru z wykorzystaniem pyłomierzy stacjonarnych i indywidualnych.*

- **PN-91/Z-04030/06**

Ochrona czystości powietrza. Badanie zawartości pyłu. Oznaczenia pyłu respirabilnego na stanowiskach pracy metodą filtracyjno-wagową

*Norma zawiera opis metodyki jako oznaczenie masy pyłu pobranego na sączek z określonej objętości powietrza. Frakcję respirabilną uzyskuje się w wyniku zastosowania selektora wstępnego podczas pobierania próbek. Podano sposób pomiaru z wykorzystaniem pyłomierzy stacjonarnych i indywidualnych.*

Istnieją dodatkowo inne normy związane z tą problematyką, takie jak:

- PN-ISO 4225:1999 +Ak1 „Jakość powietrza. Zagadnienia ogólne. Terminologia
- PN-EN 1540:2004 „Powietrze na stanowiskach pracy. Terminologia”
- PN-ISO 7708 „Jakość powietrza. Definicje frakcji pyłu stosowane przy pobieraniu próbek do oceny zagrożenia zdrowia”
- PN-EN -13205:2004 „Powietrze na stanowiskach pracy. Ocena funkcjonowania przyrządów pomiarowych do pomiaru stężeń pyłu zawieszonego w powietrzu”
- PN-EN -482:2009 „Powietrze na stanowiskach pracy. Ogólne wymagania dotyczące procedur pomiarów czynników chemicznych”
- PN-EN -689:2002 „Powietrze na stanowiskach pracy. Wytyczne oceny narażenia inhalacyjnego na czynniki chemiczne przez porównanie z wartościami dopuszczalnymi i strategia pomiarowa ”
- PN-91/Z -04222/02 „Ochrona czystości powietrza. Badanie zawartości sadzy technicznej. Oznaczenie sadzy technicznej na stanowiskach pracy metodą filtracyjno-wagową”

Również w krajach UE oraz USA do oceny narażenia na pyły są stosowane metody filtracyjno-wagowe, tym niemniej przyjęto, że oznaczone stężenia masowe muszą być odnoszone do wymiarów cząstek. Tylko wtedy można określić szkodliwe działanie cząstek na człowieka z uwagi na ich depozycje w różnych odcinkach układu oddechowego.

### 3.1. Stosowane przyrządy pomiarowe

Przy poborze próbek w tzw. dozymetrii indywidualnej stosowane są poniższe przyrządy:

- **aspirator osobisty**  
musi zapewniać stały przepływ powietrza z odchyleniem nie większym niż 7% i przepływem w zakresie od 1 litra/min do 2 litrów/min.
- **głowica pomiarowa**  
dla zamocowania oprawki w której jest umieszczony sącdek w strefie oddychania pracownika
- **selektor cyklonowy**  
zapewniający natężenie przepływu 1,9 litra/min – oddzielenie pyłu respirabilnego od pyłu całkowitego
- **sączki pomiarowe**  
wykonane z mikrowłókien polipropylenowych lub polichlorku winylu lub inne niehigroskopijne sączki o sprawności filtracji powyżej 95%.
- **stoper**
- **waga analityczna**  
z działką elementarną co najmniej 0,01mg
- **eksykator**

Uwagę należy zwrócić na aspirator osobisty sprawdzając odchylenie przepływu powietrza przed i po pobraniu próbek.

$$\frac{V_{przed} - V_{po}}{V_{przed}} \cdot 100\% \leq 7\%$$

Drugim ważnym elementem jest selektor cyklonowy, którego natężenie przepływu musi zapewniać pobór pyłu respirabilnego. Jeżeli ten warunek nie jest spełniony, to sącdek zaabsorbuje jakąś fazę pośrednią. Pomiar będzie wówczas dotyczył zupełnie innej frakcji a wnioski z badań będą błędne.

Dla wagi analitycznej zaleca się wzorcowanie w co najmniej trzech punktach pomiarowych w zakresie od 10mg do 100mg. Jednym z punktów powinien być punkt 50mg. Działka elementarna wagi powinna wynosić:

- co najmniej 0,05mg dla pyłu całkowitego
- 0,01mg dla pyłu respirabilnego /dopuszcza się 0,05mg jeżeli masa pyłu na sączku jest większa niż 1mg/

### 3.2. Procedury badawcze

Zasady pobierania próbek powietrza oraz przechowywania i transportowania sączków są podane w stosowanych dokumentach. Jest to opis dość precyzyjny pozwalający powtarzalnie i odtwarzalnie wykonywać wszystkich czynności. Norma PN-91-0430/05 dla pyłu całkowitego podaje możliwości poboru poprzez pyłomierz stacjonarny lub osobisty. Niezależnie od wybranej metody poboru próbki, minimalna masa pyłu na sączku powinna wynosić 0,5mg a maksymalne obłożenie sączka 0,5mg/cm<sup>2</sup>.

Pomiar pyłu respirabilnego wg. normy PN-91 Z-04030/06 można realizować poprzez pyłomierz stacjonarny lub osobisty. Czas pobierania próbki musi gwarantować pobranie minimalnej masy próbki na sączek:

- 0,3mg, jeżeli wykorzystujemy wagę z działką elementarną 0,01mg
- 1mg, jeżeli wykorzystujemy wagę z działką elementarną 0,05mg.

Maksymalna masa próbki na sączku nie powinna być większa niż 5mg

Stężenie pyłu respirabilnego w badanym powietrzu oblicza się według wzoru:

$$X = \frac{m_2 - m_1}{V} \cdot 1000 \text{ gdzie:}$$

*X – stężenie pyłu respirabilnego [mg/m<sup>3</sup>]*

*m<sub>2</sub> – masa sączka po pobraniu próbki [mg]*

*m<sub>1</sub> – masa sączka przed pobraniem próbki [mg]*

*V – objętość próbki powietrza obliczona jako iloczyn objętościowego natężenia przepływu pobieranego powietrza i czasu pobierania [l]*

Cytowane normy traktują wagę jako element pomiarowy, bez wyraźnych wskazań co do procedury jej sprawdzenia. Można jednakże przyjąć, że wszystkie jednostki badawcze posiadają akredytację i działają według normy PN-EN ISO/IEC 17025, a co za tym idzie mają własny system nadzoru nad wyposażeniem pomiarowym.

W żadnej normie nie znajdują się niestety zapisy dotyczące właściwości metrologicznych wagi w kontekście jej ewentualnych błędów oraz przyczyn ich powstawania. Zupełnie „białą plamą” jest tematyka opisująca źródła, które generują błędy w przypadku wag elektronicznych – na co należy zwrócić uwagę. Jest to dość oczywiste, ponieważ takie zalecenia mogą sformułować tylko producenci wag bazując na własnym doświadczeniu.

Mając na uwadze powyższe problemy Wojewódzka Stacja Sanitarno-Epidemiologiczna w Rzeszowie, oddział laboratoryjny w Tarnobrzegu oraz firma RADWAG zorganizowały I Międzylaboratoryjne Badania w zakresie metody filtracyjno-wagowej, których celem było:

- wyznaczenie cech charakteryzujących metodę wagową w warunkach powtarzalności i odtwarzalności, gdy wielkością mierzoną jest masa
- sprawdzenie biegłości laboratorium w zakresie analiz wagowych jak również metody filtracyjno - wagowej.

Koordynatorem programu była p. mgr inż. Grażyna Czaderska (WSSE Tarnobrzeg). Dla potrzeb badań firma RADWAG stworzyła procedurę ważenia sączków co gwarantowało powtarzalność dla każdego ważenia. Procedura ta obejmował również element kontroli wagi przed badaniami jak i po zakończeniu badań.

Taka procedura pokazuje i jednocześnie zabezpiecza operatora przed błędami wagi na skutek różnych dryftów. Zastosowana procedura nie uwzględnia indywidualnych rozwiązań systemowych, ale wskazuje pewną drogę jaką można wybrać celem zapewnienia powtarzalności w metodzie filtracyjno-wagowej. Opisy zawarte w procedurze mają charakter ogólny i poprzez to mogą być odnoszone do większości wag elektronicznych.

### 3.3. Procedura Nr 1: Ważenie filtrów do badań w laboratorium

- A. Waga przeznaczona do ważenia filtrów powinna być załączona do sieci przed pomiarami przez okres co najmniej 8 godzin. Przyjmuje się, że wagi co do których zastosowano tylko wyłączenie wyświetlacza funkcja „stand-by” są gotowe do użytkowania natychmiast po włączeniu wyświetlacza. Jeżeli producent wagi zaleca inne okresy wygrzewania wag to należy je przyjąć jako obowiązujące.
- B. Przed pomiarami należy ustalić /sprawdzić/ poprawność wskazań wagi poprzez postawienie wzorca masy o masie zbliżonej do masy, która będzie badana. Dla pomiarów zanieczyszczeń przyjmuje się, że zastosowanie wzorca o nominale 0,5g lub 1g jest wystarczające. Jeżeli wskazanie wagi odbiega o wartości oczekiwanej, należy wykonać adjustację wagi zgodnie z procedurą opisaną w dokumentacji wagi. Po zakończeniu adjustacji należy ponownie sprawdzić poprawność wskazań wagi.
- C. Jeżeli adjustacja wagi nie powoduje zmiany wskazania dla masy wzorca, należy przyjąć, że wskazanie wagi jest poprawne. Obserwowana odchyłka pomiędzy masą wzorca a wskazaniem wagi jest tzw. błędem liniowości wagi (przy założeniu, że masa wzorca jest prawdziwa – rzetelna).  
*Komentarz:*  
*Dla ważenia różnicowego zasadniczą rzeczą jest powtarzalności pomiarów oraz utrzymywanie poprawności wskazań przez wagę w okresie przeprowadzenia procedury.*
- D. Przed rozpoczęciem ważenia filtrów należy zamknąć komorę wagi. Po ustabilizowaniu się wskazania należy nacisnąć przycisk ZERO/TARE. Jest to konieczne dla ustalenia dokładnego wskazania zerowego.
- E. Delikatnie i płynnie otworzyć komorę wagi i umieścić filtr na środku szalki. Nie należy wywierać dodatkowych nacisków na szalkę – po położeniu filtra nie należy poprawiać jego pozycji względem powierzchni szalki.  
*Komentarz:*  
*Niedopuszczalne jest wystawianie filtra poza obrys szalki. Pozycja filtra względem środka szalki nie jest czynnikiem decydującym o poprawności pomiaru, jest raczej wynikiem Dobrej Praktyki Laboratoryjnej.*
- F. Zamknąć komorę wagi i po ustabilizowaniu się wskazania odczytać wynik ważenia
- G. Otworzyć komorę wagi i zdjąć filtr z szalki.
- H. Gdy waga wróci do wskazania zerowego ustalić ponownie dokładne zero naciskając przycisk ZERO/TARE.

- I. Wykonać drugie ważenie tego samego filtra i zarejestrować jego masę.
- J. Wyliczyć masę filtra jako wartość średnią z wykonanych pomiarów.
- K. Jeżeli wykonywane są długie serie ważeń po zakończeniu serii należy położyć na szalce wagi wzorzec 0,5g lub 1g i porównać wynik jego ważenia z wartością początkową oceniając dryft wskazania wagi w czasie.

*Komentarz:*

*Dryft wskazania wagi jest czynnikiem niepożądanym, ponieważ przez operatora wagi jest interpretowany jako przyrost lub ubytek masy (zależnie od jego kierunku). Z tego względu należy kontrolować ten parametr wagi. W praktyce przy ocenie tego parametru należy uwzględnić również powtarzalność wagi dla tego obciążenia.*

### 3.4. Personel

Ważenie jak się wydaje jest czynnością trywialną, więc trudno formułować tu pewne wymagania co do personelu obsługującego wagę. Czynność na tyle prosta: połóż sączonek, odczytaj wynik, zdejmij sączonek, ale praktyka pokazuje, że każdy może to zrobić inaczej. Zaczyna się od podejścia do problemu:

- jak ująć sączonek?;
- jak otworzyć komorę wagi?
- kiedy wynik jest stabilny? Czy trzeba poczekać jak już jest wynik stabilny?
- jak reagować na wskazania wagi, gdy są różne od oczekiwanych?
- czy wagę adiustować czy też może lepiej nie?
- czy trzeba ją sprawdzić przed procedurą ważenia?
- czy pracować powoli bo wyniki będą dokładniejsze?, czy też może szybko?

Pytań wiele i odpowiedzi też mogą być różne. Generalnie operator powinien cechować się pewnością działania – pracuje w miarę szybko obserwując wyniki własnej pracy. Powinna to być osoba odpowiedzialna potrafiąca na bieżąco oceniać wyniki pomiaru jak i zachowanie zarówno obiektu badanego czyli sączonek jak i wagi. Oczekiwana jest zatem wiedza:

- z metod poboru materiału do badań,
- właściwości sączonek (jego klimatyzacji i stabilizacji w czasie),
- transportowania sączonek (możliwość ubytku masy),
- procesu ważenia (błędy wynikające z dryftów wagi, rozrzutu wskazań)
- wpływu warunków środowiskowych na proces ważenia

Oczywiście osiągnięcie ideału nie jest możliwe, ale dążenie do pogłębiania własnej wiedzy jak najbardziej wskazane. Nie należy zapominać że, jednym z elementów systemów jakości jest samodoskonalenie się, które należy odnosić nie tylko personalnie ale również do własnych procedur.

Czynnik ludzki w procesach ważenia może mieć decydujące znaczenie toteż należy dobierać odpowiednie osoby do odpowiednich czynności.



## 4. Wagi wykorzystywane w metodzie filtracyjno-wagowej

Dokładność wag precyzują normy i tak dla pyłu całkowitego norma PN-91 Z -04030/05 precyzuje dokładność wagi jako co najmniej 0,05mg.

Dla pyłu respirabilnego norma PN-91 Z-04030/06 w punkcie 5. Aparatura, przyrządy i materiały wymienia wagę półmikroanalityczną o dokładności ważenia  $\pm 0,01$ mg. Dopuszcza jednakże zastosowanie wagi o dokładności ważenia  $\pm 0,05$ , jeżeli masa próbki na sączku wynosi co najmniej 1mg. Praktyka pokazuje, że powszechnie są stosowane wagi z działką elementarną 0,01mg. Jest to wynik raczej oferty producentów wag niż świadomy wybór użytkowników.

Specyficzne wymagania związane z monitoringiem zanieczyszczeń powietrza wymagają **innych rozwiązań** w zakresie konstrukcji wag. Wprawdzie normy wskazują dokładność wag ale nie precyzuje innych parametrów takich jak powtarzalność oraz stabilność w czasie. Jest to wymagane dla **ważenia różnicowego, które jest wykorzystywane przy ocenie masy pyłu**. Z drugiej strony większość wag stosowanych w metodach filtracyjno-wagowych to wagi o znacznych udźwigach ok. 100g – 200g a ważone na masy pyłu są znacznie mniejsze. Tak więc ważymy na początku zakresu pomiarowego – waga jest źle dobrana do zastosowania. Zastosowanie takiej a nie innej wagi wynika z oferty rynku, który preferuje tzw. wagi uniwersalne, które mogą mieć szeroki wachlarz zastosowań.

Użytkownicy niejako akceptują ten stan chęcią posiadania tzw. „wagi uniwersalnej”, żeby wszystko na niej można było zważyć. Niestety nie jest to dobra droga, ponieważ każda waga to układ mechaniczny – jeżeli obciążymy go znaczną masą np. 150g a następnie bardzo małą np. 80mg to prawdopodobieństwo wystąpienia znacznego błędu pomiaru jest duże. Znajomość tych zagadnień jest wskazana przynajmniej dla szeroko rozumianego nadzoru technicznego nad wagami.

Drugim zagadnieniem jest wielkość szalki i konstrukcja komory – jej podatność na czynniki zewnętrzne. Należy tu rozpatrywać głównie wpływ ruchu powietrza w komorze wagowej na wynik pomiaru.

### 4.1. Wagi z działką elementarną $d=10\mu\text{g}$

Dla ważenia różnicowego można stosować wagę **XA 52X**. Jest to waga przeznaczoną do pracy w warunkach laboratoryjnych. Posiada magnetoelektryczny system pomiarowy z impulsowym przetwarzaniem sygnału przez procesor DSP. Takie rozwiązanie gwarantuje poprawność pracy z zachowaniem powtarzalności i liniowości w pełnym zakresie pomiarowym. Dokładność wagi jest automatycznie utrzymywana poprzez system automatycznej kalibracji wewnętrznej.

Waga posiada możliwość odłączenia głowicy od komory ważenia. Rozwiązanie to znacznie redukuje drgania przenoszone na komorę ważenia oraz zmniejsza gabaryty urządzenia. Dokumentowanie pracy jest możliwe poprzez procedury GLP lub poprzez wydruki niestandardowe. Waga posiada certyfikat zatwierdzenia typu oraz 3 letnią gwarancję.



### Konstrukcja:

- Magnetoelektryczny system pomiarowy
- Regulacja dokładności: automatyczna kalibracja startowa, temperaturowa, czasowa oraz ręczna.
- Mobilny wyświetlacz graficzny na przewodzie z możliwością ustawienia obok wagi, wysokość cyfr wyświetlacza 20mm
- 12 przyciskowa klawiatura membranowa
- Możliwość podłączenia klawiatury zewnętrznej typu PS/2
- Komora ważenia z odsuwanymi szybami bocznymi oraz szybą górną wymiary komory ważenia: 167mm x 161mm x 228mm (szerokość x głębokość x wysokość).
- Możliwość ważenia pod szalką
- Materiał szalki – stal nierdzewna

### Parametry techniczne

<b>XA 52/X</b>	
Maksymalne obciążenie	52g
Działka elementarna	10 $\mu$ g
Powtarzalność	10 $\mu$ g
Temperatura pracy	+ 18°C / + 30°C
Czas stabilizacji	5 sek.
Szalka	$\phi$ 85mm

### 4.2. Wagi z działką elementarną d=1 $\mu$ g

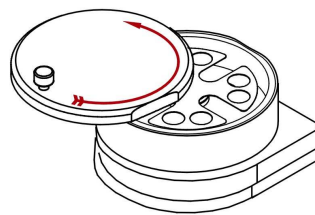
Wagą dedykowaną dla ważenia różnicowego sączków jest waga **MYA 5/F**, która jest jedną z mikrowag produkcji RADWAG. Cechą charakterystyczną tej wagi jest doskonała szczelność komory wagowej po pozwala na uzyskiwanie powtarzalnych pomiarów nawet w niekorzystnych warunkach przy krótkim czasie ważenia. Konstrukcję szalki tej wagi tworzy duża powierzchnia o średnicy  $\phi$  100mm, co daje możliwości pomiaru filtrów o znacznych średnicach.

Ażurowana powierzchnia szalki eliminuje wpływ podmuchów na filtry o małych średnicach rzędu  $\phi$  20 – 50mm, dając jednocześnie stabilne podparcie dla filtrów o znacznych gabarytach.



## Konstrukcja:

- Magnetoelektryczny system pomiarowy
- Regulacja dokładności: automatyczna kalibracja startowa, temperaturowa, czasowa oraz ręczna.
- Mobilny wyświetlacz dotykowy (touch panel) 88 x 115mm na przewodzie z możliwością ustawienia obok wagi, wysokość cyfr wyświetlacza regulowana
- 8 przyciskowa klawiatura membranowa
- System własnych definiowanych przycisków
- Definiowane czujniki podczerwieni dla sterowania pracą wagi
- Poziomniczka elektroniczna – funkcja Alarm
- Możliwość podłączenia klawiatury zewnętrznej typu PS/2
- Aluminiowa komora ważenia:  $\phi$  115mm x 15m (głębok.)
- Materiał szalki – aluminium



## Parametry techniczne

<b>MYA 5/F</b>	
Maksymalne obciążenie	5g
Działka elementarna	1 $\mu$ g
Powtarzalność	2 $\mu$ g
Temperatura pracy	+ 18°C / + 30°C
Czas stabilizacji	10sek.
Szalka	$\phi$ 100mm

### 4.3. Błędy ważenia podczas ważenia różnicowego

Określanie masy pyłu odbywa się poprzez dwukrotny pomiar sączka. Pierwsze ważenie to masa sączka czystego  $M_1$  (bez pyłu), a drugie sączka z pyłem  $M_2$ . Ponieważ masę pyłu określamy z relacji  $M_2 - M_1$  stąd nazwa ważenie różnicowe. Wymaga ono od wagi stabilności wskazań w czasie. Jest to zrozumiałe ze względu na dość długi czas całej procedury – głównie ze względu na stabilizację sączków.

Błędy jakie mogą wynikać z działania wagi to błędy:

- dokładności wskazań wagi na skutek
  - dryftów wywołanych zmienną temperaturą otoczenia
  - podmuchów powietrza na stanowisku
  - niewłaściwej adjustacji /wykonanej w złych warunkach/
  - błędnej procedury ważenia
- punktu zerowego wagi na skutek:
  - dryftów zera wywołanych zmienną temperaturą otoczenia
  - podmuchów powietrza na stanowisku
  - błędnej procedury ważenia

Praktycznie ocena tych czynników pozwala ocenić i zniwelować błędy ważenia (lub jej uwzględnić).

## 5. Raport z I Międzylaboratoryjnych Badań w zakresie metody filtracyjno - wagowej

W dniach 15-18 września 2009 w Jantarze w ośrodku szkoleniowo-wypoczynkowym Wiking odbyły się I Międzylaboratoryjne Badania w zakresie metody filtracyjno – wagowej. Organizatorami programu była Wojewódzka Stacja Sanitarno-Epidemiologiczna w Rzeszowie, Oddział Laboratoryjny w Tarnobrzegu, Gospodarstwo Pomocnicze przy WSSE w Rzeszowie, z/s w Tarnobrzegu oraz Laboratorium Badawcze i Pomiarowe firmy RADWAG. Koordynatorem programu ze strony WSSE była pani mgr inż. Grażyna Czaderska, Laboratorium Badawcze reprezentował mgr Sławomir Janas a Laboratorium Pomiarowe mgr Andrzej Hantz.

### Celem szkolenia było:

- Zapoznanie się z obowiązującymi metodami, normami dotyczącymi technik pobierania próbek pyłów w środowisku pracy
- Ustalenie głównych źródeł błędów popełnianych podczas pobierania próbek oraz ich ważenia
- Udoskonalenie procesu ważenia
- Zapoznanie się z procesem nadzorowania wag, odważników oraz wzorców masy
- Przedstawienie zasad szacowania niepewności i walidacji metody filtracyjno-wagowej
- omówienie możliwości sterowania jakością podczas pobierania, przygotowywania próbek oraz analizy wagowej

### Celem programu badania biegłości było:

- wyznaczenie cech charakteryzujących metodę wagową w warunkach powtarzalności i odtwarzalności, gdy wielkością mierzona jest masa
- sprawdzenie biegłości laboratorium w zakresie analiz wagowych jak również metody filtracyjno – wagowej

W zakresie procesów związanych z techniką wagową odbył się wykład prowadzony przez pracowników firmy RADWAG, który obejmował poniższe zagadnienia:

1. Wprowadzenie do zagadnień ważenia
2. Infrastruktura metrologiczna w Polsce i Europie
3. Metrologia prawna w odniesieniu do wag
4. Nadzór nad wagami i wzorcami masy
5. Warunki środowiskowe na stanowiskach wyposażonych w wagi – praktyczne aspekty.

Zagadnienia obejmujące techniki pobierania pyłów oraz problematykę z tym związaną przedstawił p. mgr Andrzej Uzarczyk. Uczestnicy wykładu otrzymali informacje na temat źródeł i właściwości pyłów, zasad pobierania próbek powietrza w dozymetrii indywidualnej, ocen narażenia na pył całkowity i respirabilny oraz wzorcowania i sprawdzania przepływomierzy.

Osobną częścią wykładu było omówienie niepewności metod badawczych (budżet niepewności przy pobieraniu próbek, składniki niepewności, niepewność standardowa i rozszerzona) oraz ich walidacja (powtarzalność, odtwarzalność, ocena jednorodności wariacji, zakres roboczy, walidacja metody pobierania próbek powietrza do oceny pyłu respirabilnego i całkowitego).

W ramach badań uczestnicy wykonali rzeczywiste pomiary próbek powietrza dla pyłu respirabilnego i całkowitego zgodnie z normą PN-91/Z-04030/05 i PN-91/Z-04030/06. W trakcie badań odbyły się również pokazy aparatury firm Two-Med., SKC oraz Radiotechnika-Cassela.

Literatura:

1. mgr Andrzej Uzarczyk  
Materiały szkoleniowe 2009: „Zapylenie pomieszczeń i stanowisk pracy”
2. PN-Z-04008-7:2002 + Az 1:2004  
Ochrona czystości powietrza. Pobieranie próbek. Zasady pobierania próbek w środowisku pracy i interpretacja wyników
3. PN-91/Z-04030/05  
Ochrona czystości powietrza. Badanie zawartości pyłu. Oznaczenia pyłu całkowitego na stanowiskach pracy metodą filtracyjno-wagową
4. PN-91/Z-04030/06  
Ochrona czystości powietrza. Badanie zawartości pyłu. Oznaczenia pyłu respirabilnego na stanowiskach pracy metodą filtracyjno-wagową
5. Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 29 listopada 2002 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy. (Dz.U. nr 217, poz. 1833, zm. Dz.U. z 2005 r. nr 212, poz. 1769)
6. dr inż. Elżbieta Jankowska, dr Małgorzata Pośniak, CIOP – Państwowy Instytut Badawczy „Występowanie pyłów w powietrzu otaczającym człowieka” – Bezpieczeństwo Pracy 5/2006
7. Wikipedia.org.