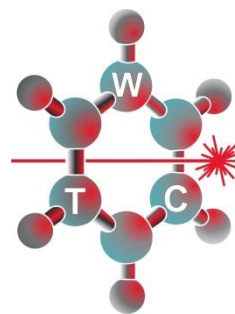




**LABORATORIUM
OCHRONA PRZED SKAŻENIAMI**



**INSTRUKCJA DO ĆWICZENIA LABORATORYJNEGO
BADANIE CAŁKOWITEGO PRZECIEKU
WEWNĘTRZNEGO MASEK
AEROZOLEM CHLORKU SODU**

OGÓLNE WARUNKI BEZPIECZEŃSTWA W LABORATORIUM

- 1. Zakład Ochrony Dróg Oddechowych Wojskowego Instytutu Chemii i Radiometrii jest akredytowanym laboratorium prowadzącym badania w dziedzinie indywidualnych i zbiorowych środków ochrony przed skażeniami.**
- 2. Przed wejściem do laboratorium, studenci pozostawiają wierzchnie okrycia oraz teczkę w wyznaczonym miejscu.**
- 3. Przed rozpoczęciem zajęć należy zapoznać się z instrukcją przeciwpożarową znajdującą się w pomieszczeniu laboratoryjnym.**
- 4. Do pomieszczenia laboratoryjnego, studenci mogą wносить wyłącznie instrukcje do ćwiczeń laboratoryjnych, notatniki, kalkulatory oraz przybory do pisanie.**
- 5. Z pomieszczeń laboratorium zabrania się wynoszenia lub przestawiania jakiegokolwiek aparatury lub wyposażenia.**
- 6. W pomieszczeniach laboratoryjnych zabrania się używać otwartych źródeł ognia, palenia tytoniu i spożywania posiłków.**
- 7. Wszystkie prace związane z uruchomieniem aparatury i oprzyrządowania stanowiska do badań można wykonywać jedynie pod nadzorem prowadzącego zajęcia.**
- 8. W czasie ćwiczenia, bez zezwolenia prowadzącego, nie wolno przemieszczać się na inne stanowiska badawcze lub do innych pomieszczeń laboratorium.**
- 9. Włączanie/wyłączanie aparatury oraz obsługiwanie się nią może odbywać się dopiero po dokładnym zapoznaniu się z instrukcją stanowiskową, procedurą badawczą oraz instrukcjami obsługi aparatury.**
- 10. Każde nieprzewidziane wydarzenie (praca z wodorem), wypadek oraz skaleczenie powinno być natychmiast zgłoszone prowadzącemu zajęcia.**
- 11. Ćwiczenie laboratoryjne uważa się za zakończone jeżeli prowadzący podpisze protokół z badań.**

1. CEL ĆWICZENIA

Celem ćwiczenia jest wyznaczanie całkowitego przecieku wewnętrznego przez maski i półmaski z wykorzystaniem aerozolu chlorku sodu.

2. PODSTAWY TEORETYCZNE

Właściwości ochronne filtracyjnych masek przeciwgazowych. Parametry określające niezbędny stopień ochrony

Przy ustalaniu wymagań, dotyczących właściwości ochronnych filtracyjnych masek przeciwgazowych, należy uwzględniać całą współzależność parametrów, które określają niezbędny stopień ochrony dróg oddechowych przed substancjami chemicznymi, promieniotwórczymi i biologicznymi.

Należy przy tym mieć na uwadze, że zawiżenie wymagań w stosunku do właściwości ochronnych maski prowadzi zawsze do pogorszenia właściwości eksploatacyjnych (np. zwiększenie masy i gabarytów, zwiększenie ucisku na głowę, zwiększenie oporu oddychania itp.). Wynika z tego, że w stosunku do maski przeciwgazowej, nie mogą być stawiane wymagania ochrony absolutnej, a jedynie względnej tzn. takiej ochrony, która zabezpieczałaby obniżenie dawek (skażeń) do poziomu dopuszczalnych dla człowieka. W rzeczywistości, nawet w najbardziej doskonałej masce, do przestrzeni szkodliwej zawsze będą przenikać pewne ilości aerozoli oraz par substancji trujących, radioaktywnych i biologicznych.

Aerozole mogą przenikać poprzez filtropochłaniacz (najmniej prawdopodobne), ale głównie mogą być zassane poprzez nieszczelności części twarzowej oraz jej połączeń z elementami składowymi.

Charakterystyka zassania



Podczas wdechu powietrze skażone może przenikać do przestrzeni szkodliwej następującymi drogami (rys. 1):

- ☞ przez nieszczelności, powstające w wyniku opóźnienia zamykania się zaworu wydechowego przy przejściu z fazy wydechu fazy wdechu (zassanie przez zawór wydechowy); —→
- ☞ przez nieszczelności, powstające na skutek złego przylegania części twarzowej do twarzy w pasie uszczelniania (niewłaściwe dopasowanie), przechodzącym przez czoło, skronie, policzki i podbródek (zassanie w pasie uszczelniania); —→
- ☞ przez nieszczelności w miejscach połączeń poszczególnych części maski:
 - z filtropochłaniaczem, —→
 - z komorą foniczną; —→
 - z UPP, —→
 - z węzłem okularowym. —→

Ilość zassanego powietrza przez nieszczelności powiększa się przy wzroście podciśnienia pod maską, zależnego głównie od oporu aerodynamicznego filtropochłaniacza. W czasie wdechu pod maską powstaje podciśnienie i powietrze zewnętrzne napływa do przestrzeni pod maską zarówno przez filtropochłaniacz jak i przez nieszczelności. Przy wydechu w przestrzeni pod maską powstaje nadciśnienie, liczbowo równe aerodynamicznemu oporowi zaworu wydechowego i powietrze zostaje usunięte na zewnątrz.

W celu matematycznego ujęcia zjawiska zassania należy poczynić pewne założenia:

- wymieszanie powietrza pod częścią twarzową zachodzi natychmiast;
- występuje zjawisko sorpcji substancji szkodliwych na wewnętrznej powierzchni części twarzowej maski.

Niech do przestrzeni szkodliwej, o objętości w [cm³], w czasie t [s] zostanie zassana przez nieszczelności ilość powietrza v [cm³/s] o stężeniu substancji szkodliwej C_0 . W tym samym czasie do przestrzeni szkodliwej napłynie, poprzez pochłaniacz, V [cm³/s] powietrza. Oznaczmy stężenie substancji w przestrzeni szkodliwej przez C_m . Wówczas zmiana ilości substancji szkodliwej w przestrzeni pod maską w czasie dt wyniesie:

$$C_0 \cdot v \cdot dt - (v - V)C_m dt = W \cdot dC \quad [1]$$

Ponieważ zazwyczaj $V \gg v$ można tej ostatniej wielkości nie brać pod uwagę i wówczas równanie (1) w uproszczonej formie będzie wyglądało następująco

$$C_0 \cdot v \cdot dt - C_m \cdot V dt = W \cdot dC \quad [2]$$

Całkując w granicach od 0 do t (gdzie t oznacza czas trwania wdechu) oraz od 0 do C_m otrzymamy

$$C_m = C_0 \frac{v}{V} \left(1 - e^{-\frac{V \cdot t}{w}} \right) \quad [3]$$

Jeżeli założyć, że objętość przestrzeni szkodliwej wynosi 300 cm³, a $Vt = 1500$ cm³ (przy objętości wdechu $V = 1000$ cm³ i czasie trwania wdechu $t = 1,5$ s), wówczas

$$\frac{C_m}{C_0} = \frac{v}{V} \left(1 - e^{-\frac{1500}{300}} \right) = \frac{v}{V} (1 - 0,007)$$

czyli z dostateczną w praktyce dokładnością można założyć, że:

$$\frac{C_m}{C_0} \approx \frac{v}{V} \quad [4]$$

Stosunek stężeń $\frac{C_m}{C_0}$ wyrażony w [%] może być nazwany współczynnikiem przecieku

$$k_z = \frac{C_m}{C_0} 100\% \quad [5]$$

Norma PN-EN-136:2001 wymaga, że: „Średnia wartość przecieku wewnętrznego substancji testowej we wdychanym powietrzu nie powinna przekraczać 0,05 % dla żadnego z dziesięciu uczestników badań w jakimkolwiek ćwiczeniu.

Norma obronna NO-42-A214:2005 wymaga, aby: „całkowity przeciek wewnętrzny maski przeciwgazowej względem zanieczyszczenia testowego powinien być mniejszy niż 0,01 %.

3. PRZEBIEG ĆWICZENIA

3.1. Wykaz dokumentów związanych

Procedurę badawczą opracowano na podstawie wymagań i opisu przebiegu badań zawartych w normach związanych wyszczególnionych w Tabeli 1:

Tabela 1. Normy zawierające opis badania poszczególnych obiektów

Numer normy i punkt zawierający opis badania	Przedmiot badania
PN-EN 13274-1:2004	Norma na metodę badania
PN-EN 136:2001+ AC1:2004 +Ap1:2003, p.8.16	Maski
PN-EN 140:2001 + Ap1:2003, p.7.13	Półmaski i ćwierćmaski
PN-EN 149 + A1:2009, punkt 8.5	Półmaski filtrujące
NO-42-A214:2017, p.5.12	Maski

3.2. Wymagane środki ostrożności

Nie przewiduje się stosowania specjalnego ubioru ani środków ochrony indywidualnej.

Praca z wodorem wymaga nadzoru płomienia palnika umieszczonego w kominku przyrządu, należy śledzić wskazania mikroamperomierza fotometru płomieniowego. Brak wskazań świadczy o zgaśnięciu płomienia. Należy wówczas zamknąć dopływ wodoru do stanowiska i poczekać aż kominek ostygnie. Można wówczas ponownie zapalić wodór.

3.3. Warunki środowiskowe

Pomiar wykonuje się w temperaturze otoczenia $(23 \pm 5)^{\circ}\text{C}$.

3.4. Wymagane wyposażenie aparaturowe i materiały pomocnicze

Tabela 2. Wyposażenie

Lp	Nazwa wyposażenia
1	Pojedynczy generator aerozolu chlorku sodu
2	Fotometr płomieniowy o niskim przepływie i wysokiej czułości
3	Procesor sterujący wraz z oprogramowaniem do fotometru
4	System detekcji obejmujący: sondy pomiarowe, system próbkowania pulsacyjnego, system przełączania dla systemu próbkowania pulsacyjnego zawierający przetwornik ciśnienia
5	Bieżnia z możliwością maszerowania
6	Komora badawcza wraz z niezbędnym systemem rozprowadzającym

Odczynniki:

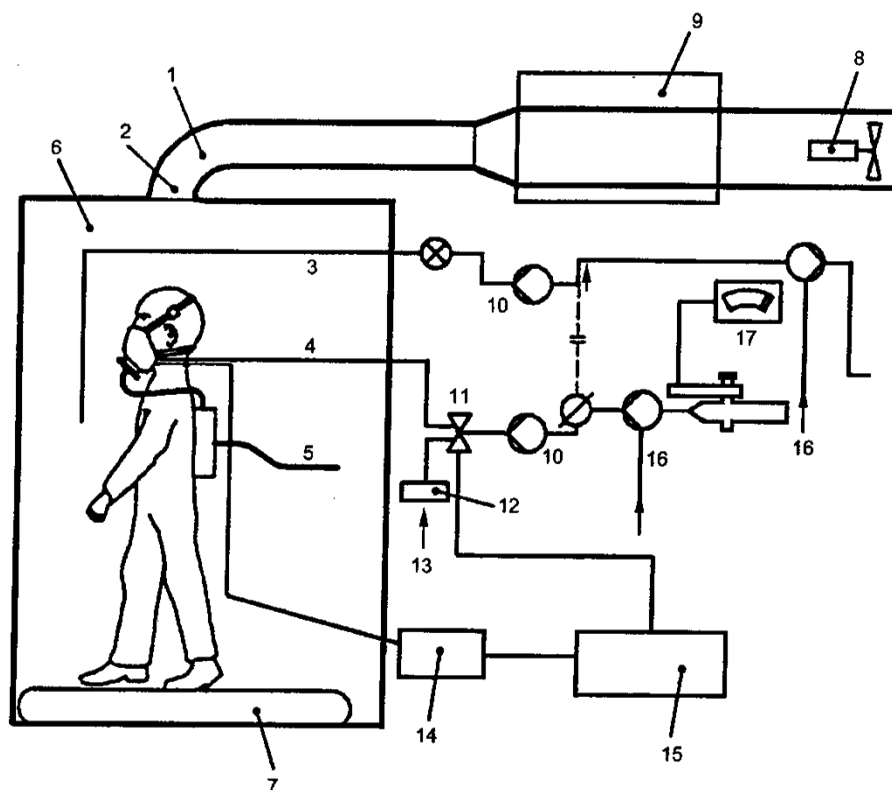
- wodór czysty o czystości 99,99 %;
- woda dejonizowana,
- chlorek sodu cz. NaCl.

3.5. Przywołane instrukcje użytkowania przyrządów, instrukcje stanowiskowe

- Instrukcja stanowiskowa – Stanowisko do badania całkowitego przecieku wewnętrznego – I/II/57
- Instrukcja obsługi – SERIES 1250 PHOTOMETER – I/II/5
- Instrukcja obsługi aparatu do badania całkowitego przecieku wewnętrznego – I/II/39

3.6. Sposób wykonania badań. Dokumentowanie poszczególnych etapów ćwiczenia.

3.6.1. Stanowisko badawcze



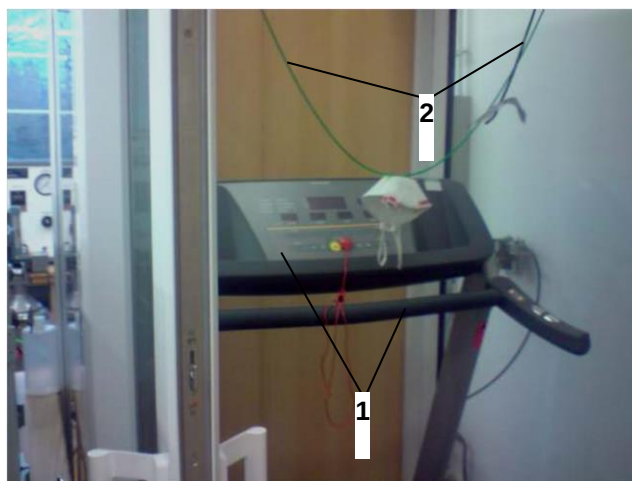
Legenda

- | | |
|-------------------------------|--|
| 1 Rozdzielacz | 10 Pompka |
| 2 Kanał | 11 Zawór dwukierunkowy |
| 3 Próbka z komory | 12 Filtr |
| 4 Próbka ze strefy oddychania | 13 Świeże powietrze |
| 5 Powietrze do oddychania | 14 Manometr |
| 6 Komora | 15 Zawory elektromagnetyczne |
| 7 Bieżnia | 16 Powietrze dodatkowe (jeśli jest wymagane) |
| 8 Wentylator | 17 Fotometr |
| 9 Atomizer | |

Rys.1. Schemat układu badawczego do pomiaru przecieku wewnętrznego metodą chlorku sodu wg. PN-EN 13274-1:2004



Fot.1. Aparatura do badania całkowitego przecieku wewnętrznego z użyciem NaCl
1-komora badawcza z bieżnią i układem rozprowadzania NaCl; 2-fotometr z układem pomiarowym i sterowania



Fot.2. Wnętrze komory badawczej: 1-bieżnia z regulacją obciążenia; 2-układ do pobierania próbek NaCl z pod maski

3.6.2. Sprawdzenie warunków wykonania pomiaru

Zmierzyć temperaturę sprawdzając, czy jest zgodna z wymaganiami: $(23 \pm 5)^{\circ}\text{C}$,

3.6.3. Przygotowanie badanego obiektu do badań

W badanej masce/półmasce zamontować szczelnie odpowiednią końcówkę (sondę) do pobierania próbki aerozolu spod maski/półmaski.

W badanej masce/półmasce zamontować szczelnie króciec do sterowania cyklu pomiarowego oddechem.

3.6.4. Przygotowanie stanowiska pomiarowego

3.6.3.1. Uruchomienie generatora

1. Uruchomić dopływ sprężonego powietrza do pustego generatora – przy ciśnieniu 100 psi (7 bar) powinien być przepływ 95 -100 l/min; jeżeli przepływ jest mniejszy, należy wyczyścić dysze generatora.
2. Napełnić generator (2 - 2,5) l roztworu 2 % NaCl w wodzie destylowanej (20 g NaCl na 1 dm³ wody)

3.6.3.2. Uruchomienie fotometru

1. Włączyć zasilanie;
 - wtyczka,
 - przycisk „ON/OFF” na bocznej ścianie fotometru – doprowadzone zasilanie do komputera,
 - przycisk „POWER” na płycie czołowej.
2. Otworzyć kominek fotometru, sprawdzić, czy szklana rura osłonowa jest czysta. Jeśli nie jest, umyć i wysuszyć.
3. Uruchomić dopływ sprężonego powietrza do stanowiska.
4. Zawór „MASK/AIR/CHAMBER” na płycie czołowej ustawić na „AIR”
5. Uruchomić dopływ wodoru do stanowiska:
 - otworzyć zawór na butli z wodorem – zegar na tablicy powinien pokazywać 2 bary (0,2 MPa),
 - otworzyć zawór poniżej zegara, uregulować zegar na odgałęzieniu odchodzącym do stanowiska na 2 bary
6. Zaworem „HYDROGEN CONTROL” ustalić przepływ wodoru na 150 m/l (odczyt cyfrowy)
7. Zapalić wodór zapalarką
8. Zamknąć kominek, założyć osłonkę
9. Ustalić przepływ wodoru na 458 m/n, otworzyć bramkę światła, sprawdzić, czy wodór się pali
10. Odczekać 15 – 20 min na stabilizację płomienia
11. Zamknąć bramkę światła, pokrętle „SET ZERO” ustawić na mierniku odczyt 0 μ A
12. Otworzyć bramkę światła, regulując przepływem wodoru ustawić na mierniku odczyt 50 μ A
13. Włączyć wyciąg

14. Włączyć wentylator na zewnętrznej ścianie komory badawczej, odprowadzający aerozol z komory
15. Włączyć komputer, uruchomić program „TIL”,

STANOWISKO JEST PRZYGOTOWANE DO PRACY

3.6.3.3. Wykonanie pomiaru

1. Założyć przygotowaną do badania maskę/półmaskę na twarz użytkownika. Dopasować maskę przyrządem PortaCount. Za dopasowaną uważa się maskę, której współczynnik dopasowania jest większy od 10 000.
2. Użytkownik maski wchodzi na bieżnię znajdującą się w komorze badawczej.
3. Podłączyć króćce sondy zamontowanej w masce do odpowiednich wężyków do pobierania próbki aerozolu do fotometru.
4. Do zamontowanego w masce króćca do sterowania cyklu pomiarowego oddechem, podłączyć wężyk do sterowania oddechem czasu pobierania próbki przez fotometr.
5. Uruchomić program TIL.
6. Wprowadzić do komputera niezbędne dane dotyczące maski i osoby uczestniczącej w badaniach.
7. Wykonać badanie postępując zgodnie z kolejnymi wskazówkami na monitorze.
8. Po zakończeniu cyklu pomiarowego zatrzymać bieżnię, wyłączyć dopływ aerozolu do komory badawczej, odczekać kilka minut na usunięcie aerozolu z komory.
9. Gdy powietrze w komorze oczyści się, otworzyć komorę, odłączyć od badanej maski wężyki do pobierania próbki aerozolu do fotometru oraz wężyk do sterowania oddechem. Osoba w badanej masce może opuścić komorę i zdjąć maskę.

3.7. Opracowanie wyników

Wyniki badania zachowywane są w postaci plików tekstowych zawierających chwilowe wartości przecieku rejestrowane co 1 sekundę tj. po 110 odczytów dla każdego ćwiczenia wykonywanego w trakcie 1 cyklu badania.

Wyniki można obejrzeć w programie „Notepad” lub skopiować do pamięci przenośnej USB; kopiowanie:

- kliknąć na pulpicie „Shortcut to log”,
- otwiera się „Log”, w którym widoczne są zapisane pliki tekstowe z wynikami,
- widoczne pliki można skopiować i przenieść do Excel’a w celu opracowania wyników.

3.8. Sposób określania wyrażenia i niepewności pomiarów

Jako wynik badania podaje się wartość przecieku całkowitego i odchylenia standardowego dla poszczególnych etapów badania oraz wynik uśredniony dla całego cyklu badawczego.

3.9. Protokół z badań - przykład

Data ćwiczenia:

Grupa:

PROTOKÓŁ BADAŃ

Sprawdzenie możliwości dopasowania maski przy zachowaniu całkowitego przecieku wewnętrznego

1. Obiekt badań

Maski MP-6 z partii prototypowej

2. Cel badań

Sprawdzenie czy możliwe jest dopasowanie maski przy zachowaniu całkowitego przecieku wewnętrznego nie większego niż 0,01%.

3. Oceniane wskaźniki i zależności liczbowe

Całkowity przeciek wewnętrzny

4. Warunki badań

Badanie wykonano zgodnie z metodyką zamieszczoną niniejszej instrukcji i na podstawie metodyk zawartych w normach PN-EN 13274-1:2004 oraz NO-42-A214:2017.

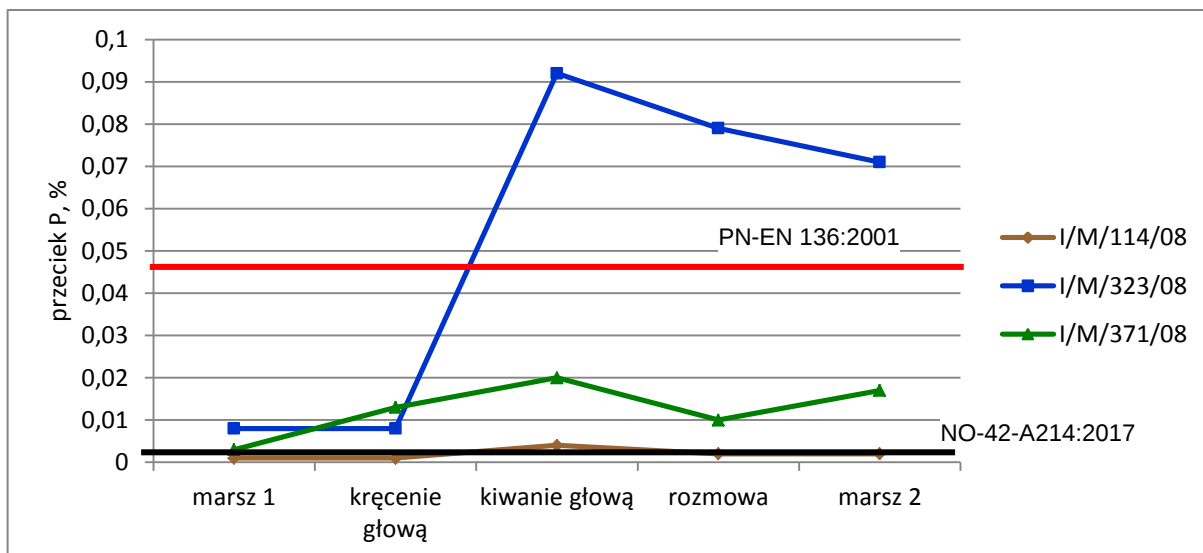
5. Wyniki badań

Tabela 1: Współczynnik dopasowania (Fit Factor)

Kod próbki	Rozmiar maski	Współczynnik dopasowania
I/M/114/08	1	125 000
I/M/323/08	2	5 500
I/M/371/08	3	224 000

Tabela 2: Wyniki badań wewnętrznego przecieku całkowitego

Kod próbki	Rozmiar maski	Przeciek podczas ćwiczenia [%]				
		marsz 1	kręcenie głową	kiwanie głową	rozmowa	marsz 2
I/M/114/08	1	0,001	0,001	0,004	0,002	0,002
I/M/323/08	2	0,008	0,008	0,092	0,079	0,071
I/M/371/08	3	0,003	0,013	0,02	0,01	0,017



Ryc. Wyniki badań całkowitego przecieku wewnętrznego

6. Wnioski

- 1) Maska I/M/114/08 spełnia wymagania normy NO-42-A214:2017 odnośnie dopasowania Fit Factor > 10 000 (125 000) oraz całkowitego przecieku wewnętrznego $P < 0,01 \%$
- 2) Maska I/M/323/08 nie spełnia wymagania normy NO-42-A214:2017 odnośnie dopasowania Fit Factor < 10 000 (5500) oraz całkowitego przecieku wewnętrznego $P > 0,01 \%$ oraz normy PN-EN 136:2001 $P > 0,05\%$
- 3) Maska I/M/371/08 spełnia wymagania normy NO-42-A214:2017 odnośnie dopasowania Fit Factor > 10 000 (224 000), nie spełnia wymagań odnośnie całkowitego przecieku wewnętrznego $P > 0,01 \%$, a spełnia wymagania normy PN-EN 136:2001 $P < 0,05\%$

Ćwiczenie realizował zespół w składzie:

Badania przeprowadzono pod nadzorem:

Pytania kontrolne:

1. Podaj ogólną budowę filtracyjnych środków ochrony dróg oddechowych
2. Podaj możliwe miejsca nieszczelności maski przeciwgazowej
3. Co to jest przeciek wewnętrzny maski

4. LITERATURA

1. W. Harmata, Ochrona przed skażeniami. Cz. I. Współczesne zagrożenia. Podstawy teoretyczne indywidualnej ochrony przed skażeniami, WAT, Warszawa 2013 r.
2. W. Harmata, Ochrona przed skażeniami. Cz. II. Rozwiązania praktyczne indywidualnych środków ochrony przed skażeniami, WAT, Warszawa 2014 r.
3. Polska norma PN-EN 136:2001 Sprzęt ochrony układu oddechowego – Maski – Wymagania, badania, znakowanie
4. Polska norma PN-EN 13274-1:2004 Sprzęt ochrony układu oddechowego –Metody badań. Część 1: Wyznaczanie przecieku wewnętrznego i całkowitego przecieku wewnętrznego
5. Norma obronna NO-42-A214:2017 Sprzęt ochrony układu oddechowego – Maski przeciwgazowe - Wymagania i badania

Na podstawie procedury D-28 Zakładu Ochrony Dróg Oddechowych Wojskowego Instytutu Chemii i Radiometrii

Opracował:

dr hab. inż. Władysław Harmata prof. WAT