

**Materiały dla słuchaczy CHM.05 – 22.01.2021r.**

Z przedmiotu: Monitoring środowiska.

## **TEMAT: Zintegrowany Monitoring Środowiska Przyrodniczego - cele i założenia ogólne.**

Proszę zapoznać się z poniżej zamieszczonymi materiałami oraz wykonać polecenia.

**Zintegrowany Monitoring Środowiska Przyrodniczego (ZMŚP)** funkcjonuje w ramach Państwowego Monitoringu Środowiska, a jego zadaniem w odróżnieniu od monitoringów specjalistycznych jest prowadzenie obserwacji możliwie jak największej liczby elementów środowiska przyrodniczego, w oparciu o planowe, zorganizowane badania stacjonarne.

Celem ZMŚP jest dostarczenie danych do określania aktualnego stanu środowiska oraz w oparciu o wieloletnie cykle obserwacyjne, przedstawienie krótko i długookresowych przemian środowiska w warunkach zmian klimatu i narastającej antropopresji. Uzyskane wyniki z prowadzonych obserwacji stanowią podstawę do sporządzenia prognoz krótko i długoterminowych rozwoju środowiska przyrodniczego oraz przedstawienia kierunków zagrożeń i sposobów ich przeciwdziałania. Zintegrowany Monitoring Środowiska Przyrodniczego w odróżnieniu od monitoringów branżowych dostarcza kompleksowych informacji, nie tylko w ramach wybranych programów pomiarowych, lecz przede wszystkim o związkach przyczynowo-skutkowych i rezultatach ich oddziaływania na środowisko geograficzne.

Program ZMŚP jest programem naukowo-badawczym funkcjonowania geoekosystemów (krajobrazów), służy zachowaniu struktury krajobrazowej Polski. Pod względem metodologicznym program ZMŚP opiera się na koncepcji funkcjonowania systemu, realizuje założenia zachowania georóżnorodności i bioróżnorodności całego kraju. Podstawowym obiektem badań w ZMŚP jest zlewnia rzeczna (jeziorna), w zasięgu której zlokalizowane są testowe powierzchnie badawcze, ujmujące możliwie wszystkie typy ekosystemów badanego krajobrazu.

Program ZMŚP w zakresie organizacji systemu pomiarowego i metod badań nawiązuje do programu europejskiego Integrated Monitoring (International Co-operative Programme on Integrated Monitoring on Air Pollution Effects = ICP/IM).

Podstawowym obiektem badań w Zintegrowanym Monitoringu Środowiska Przyrodniczego jest zlewnia rzeczna lub jeziorna, w której zlokalizowane są testowe powierzchnie badawcze i stanowiska pomiarowe. Szeroki zakres komplementarnych badań stacjonarnych prowadzony jest wg standaryzowanych metod w obrębie 11 Stacji Bazowych w reprezentatywnych zlewniach rzecznych lub jeziornych. W funkcjonującym obecnie systemie pomiarowym Stacji Bazowych można wyróżnić transekt południkowy, który nawiązuje do równoleżnikowego układu głównych stref krajobrazowych Polski: strefa młodoglacjalna Niżu Polskiego – Wolin, Parsęta, Pojezierze Chełmińskie, Puszcza Borecka, Wigry, Poznań-Morasko strefa staroglacjalna Niżu Polskiego – Kampinos, strefa wyżynna – Roztocze, góry: Łysogóry, Beskid Niski i Karkonosze. W strefie młodoglacjalnej Niżu Polskiego można wyznaczyć transekt równoleżnikowy, przebiegający przez Stacje: Wolin, Parsęta, Pojezierze Chełmińskie, Puszcza Borecka, Wigry.

#### Mapa Stacji Bazowych ZMŚP



- 01ZM Puszcza Borecka
- 05ZM Wigry
- 06ZM Parsęta (dawna nazwa – Storkowo)
- 07ZM Pojezierze Chełmińskie (dawna nazwa – Koniczynka)
- 08ZM Kampinos
- 09ZM Łysogóry (dawna nazwa – Święty Krzyż)
- 10ZM Beskid Niski (dawna nazwa – Szymbark)
- 11ZM Wolin
- 12ZM Roztocze
- 13ZM Poznań-Morasko (dawna nazwa – Różany Strumień)
- 14ZM Karkonosze

**Polecenia:**

1. Wymień cele Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego.
2. Co jest podstawowym obiektem badań Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego?
3. Wymień stacje bazowe transektów : południkowego i równoleżnikowego.

## **TEMAT: Monitoring powietrza atmosferycznego.**

Monitoring to system przedsięwzięć umożliwiający ocenę stanu wybranego elementu środowiska na określonym terytorium (przestrzeni). Najczęściej przez monitoring rozumie się pobieranie prób i analizę wykonywaną przez automatyczne analizatory pracujące w sposób ciągły, tymczasem do podstawowych celów monitoringu powietrza atmosferycznego zalicza się:

- kontrolę jakości powietrza i jej zgodności z wymogami normatywnymi; w tym przypadku wymagane jest stosowanie metody analitycznej ściśle sprecyzowanej przez normy,
- wykrywanie i określenie udziału poszczególnych emiterów, przy czym zaprojektowany system musi zapewniać uzyskanie wyników dokładnie przypisanych do czasu i przestrzeni oraz warunków meteorologicznych,
- badanie efektów oddziaływania zanieczyszczeń na środowisko, z uwzględnieniem rodzaju efektów, z którymi wyniki pomiarów mają być korelowane (np. z wynikami badań epidemiologicznych),
- badanie tła i jego trendów, z uwzględnieniem wpływu warunków geograficznych i sezonowych oraz zastosowaniem metody o niskiej granicy wykrywalności,
- badanie procesów zachodzących w atmosferze.

Powyższe cele warunkują organizację systemu monitorowania, przy czym stosowane w monitoringu metody pomiarów muszą charakteryzować się wysoką selektywnością, a nawet specyficznością oraz muszą spełniać wymagania dotyczące częstości poboru próbek i ich analizy oraz granicy oznaczalności.

Emisją nazywa się wprowadzanie do atmosfery zanieczyszczeń w postaci substancji stałych, ciekłych lub gazowych. Emisja zanieczyszczeń do powietrza następuje z miejsca, w którym wytwarza się substancje zanieczyszczające. Miejsce to nazywa się źródłem emisji lub emiterem. Każdy emiter charakteryzują następujące techniczne parametry, które decydują o rozprzestrzenianiu się zanieczyszczeń:

- położenie,
- wielkość powierzchni,
- wysokość punktu emisji,

- wielkość emisji (ilość substancji wyemitowanej w jednostce czasu),
- rodzaj emitowanych zanieczyszczeń.

W przypadku emiterów przemysłowych często używa się terminu "zrzut zanieczyszczeń". Poza technicznymi parametrami emiterów, na rozprzestrzenianie się zanieczyszczeń mają wpływ warunki meteorologiczne: temperatura powietrza, kierunek i prędkość wiatru oraz opady atmosferyczne. Warunki klimatyczne wpływają szczególnie na przenoszenie zanieczyszczeń na znaczne odległości

(zanieczyszczenia transgraniczne) z dużych punktowych emiterów (emisja wysoka), natomiast w przypadku emisji niskiej mogą zwiększać zanieczyszczenie w najbliższym otoczeniu. Najbardziej uciążliwymi dla czystości powietrza są emitery należące głównie do sektora energetyczno-przemysłowego, z którego pochodzi 60-70% emisji. Naturalne procesy usuwania zanieczyszczeń powietrza atmosferycznego (samooczyszczanie) następują poprzez reakcje chemiczne oraz depozycję moką i suchą.

Depozycją nazywa się procesy usuwania różnych składników powietrza atmosferycznego na powierzchnię ziemi. Usuwanie zanieczyszczeń z atmosfery i osadzanie ich na powierzchni ziemi w trakcie różnych opadów atmosferycznych, takich jak mgła, mżawka, deszcz czy śnieg, nazywane jest depozycją moką. Mokra depozycja bywa depozycją kwaśną, jeśli z powietrza usuwane są kwasy lub związki dające kwasy w reakcji z wodą, rodnikami hydroksylowymi czy atomami tlenu. Depozycja suchą nazywa się osadzanie na powierzchni ziemi gazów, aerozoli i cząstek stałych. Depozycja sucha może być depozycją kwaśną, jeśli na powierzchni ziemi osadzą się substancje dające z wodą gleby czy roślin związki o charakterze kwaśnym. Po suchej depozycji kwaśnej, w trakcie deszczu może dojść do podwójnego zakwaszenia, w wyniku kwaśnego deszczu oraz spłukania kwaśnych substancji z różnych powierzchni. Sucha depozycja zachodzi w pobliżu źródeł emisji, mokra może zachodzić nawet w odległości 1000 km od emitera.

Oceny zanieczyszczeń powietrza atmosferycznego dokonuje się zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 6 czerwca 2002 r. w sprawie oceny poziomów substancji w powietrzu (Dz. U. Nr 87 poz. 798 z 2002 r.), które określa sposoby, metody i zakres dokonywania oceny poziomów substancji w powietrzu. W rozporządzeniu zawarte są również: wartości progowe, czyli tzw. górne i dolne progi oszacowania dla substancji o ustalonych poziomach dopuszczalnych, dopuszczalne częstotliwości przekraczania progów, minimalną liczbę tzw. stałych punktów pomiarowych, kryteria ich lokalizacji oraz metodyki referencyjne prowadzonych pomiarów. W tabeli 1 przedstawiono przykładowe wartości progowe, tzn. górne i dolne progi oszacowania, dla głównych zanieczyszczeń powietrza oraz dopuszczalne częstotliwości ich przekraczania.

Zgodnie z obowiązującymi przepisami (Ustawa Prawo Ochrony Środowiska z dnia 27 kwietnia 2001 r., Dz. U. Nr 62, poz. 627 wraz z późniejszymi zmianami) wojewoda, poprzez Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska, dokonuje raz w roku oceny poziomu substancji w powietrzu w danej strefie (strefa - obszar aglomeracji lub powiatu o liczbie mieszkańców > 250 tys.) oraz, przynajmniej raz na pięć lat, dokonuje

klasyfikacji stref, odrębnie pod kątem poziomu każdej substancji i wyodrębnia strefy, w których przekroczone są wartości dopuszczalne. Strefom przydziela się następujące klasy:

- klasa I (jeżeli poziom substancji przekracza górny próg oszacowania),
- klasa II (jeżeli poziom substancji nie przekracza górnego progu oszacowania),
- klasa III (jeżeli poziom substancji nie przekracza dolnego progu oszacowania).

**Polecenia:**

1. Wymień podstawowe cele monitoringu powietrza atmosferycznego .
2. Co to jest emisja zanieczyszczeń?
3. Definicja depozycji suchej i mokrej.
4. W jaki sposób można dokonać oceny zanieczyszczeń powietrza atmosferycznego ?

**Materiały dla słuchaczy CHM.05 – 23.01.2021r.**

Z przedmiotu: Monitoring środowiska.

## **TEMAT: Metody monitorowania zagrożeń powietrza atmosferycznego .**

Monitorowanie środowiska to szereg działań mających na celu ochronę środowiska poczynając od wykrycia zagrożenia, pomiaru stopnia zanieczyszczenia, oceny jego skutków oraz sposobu przeciwdziałania skutkom zanieczyszczenia. Wykonywanie pomiarów w określonych jednostkach czasu pozwala śledzić zmiany i ich tendencje oraz przewidywać skutki. W takich elementach środowiska jak gleba czy woda, gdzie szybkość rozprzestrzeniania się zagrożenia jest stosunkowo niska, monitorowanie środowiska odbywa się poprzez pobieranie próbek w miejscu skażenia. Bardzo często już na miejscu pobrania próbki, w warunkach polowych, można wykonać analizę, jednak zdecydowana większość oznaczeń wykonywana jest po przewiezieniu próbki do laboratorium. W przypadku monitorowania atmosfery taki system jest niewystarczający nawet, gdy oznaczenie można wykonać w miejscu pobrania próbki. Powietrze atmosferyczne jest główną i bardzo szybką drogą przenoszenia zanieczyszczeń między pozostałymi elementami środowiska, a niemożność odizolowania się od skażeń atmosfery powoduje powszechne narażenie całej

biosfery. W przypadku przedostania się do atmosfery szkodliwego czynnika chemicznego czy biologicznego, już kilkukilometrowy zasięg systemu wykrywania daje kilkuminutowy zapas czasu na ogłoszenie alarmu i zastosowanie środków ochrony (maska, kombinezon i in.), dlatego do monitorowania powietrza atmosferycznego stosowane są zdalne systemy monitorowania.

Są to systemy wyposażone w różnorodny, czuły sprzęt, umożliwiający wykrywanie zagrożeń na odległość kilku kilometrów, detekcję i pomiar stężenia oraz szybkie przekazywania danych. Monitorowanie zagrożeń środowiska odbywa się również poprzez obserwację skutków zanieczyszczeń, także w innym elemencie środowiska. Badanie opadów atmosferycznych daje obraz stanu zanieczyszczenia powietrza. Pierwszym skutkiem nadmiernej zawartości ditlenku azotu i siarki w atmosferze są kwaśne deszcze. Kwaśne deszcze powodują następnie zakwaszenie wód i gleb, stąd odczyn wód czy gleb jest też wskaźnikiem czystości atmosfery. Zanieczyszczenia powietrza negatywnie wpływają na biosferę, w szczególności na ekosystemy leśne. Obserwacja poszczególnych elementów ekosystemu, szczególnie wrażliwych na zanieczyszczenia daje obraz stanu czystości powietrza. Takim wskaźnikiem są porosty, które są wrażliwe szczególnie na obecność w powietrzu ditlenku siarki.

#### **Polecenia:**

**1. Na podstawie powyższego tekstu wymień możliwości monitorowania zagrożeń powietrza atmosferycznego.**

## **Materiały dla słuchaczy CHM.05 – 24.01.2021r.**

Z przedmiotu: Monitoring środowiska.

### **TEMAT: Metody monitorowania zagrożeń powietrza atmosferycznego - pomiary „in situ”.**

Do wykrywania i oznaczania stężenia niektórych gazów w miejscu emisji służą wykrywacze rurkowe, dające bezpośredni odczyt. Są to małe, najczęściej kieszonkowe aparaty, których główną częścią są rurki wypełnione odpowiednim dla oznaczania danego gazu odczynnikiem, umieszczonym na nośniku stałym. W czasie przepuszczania powietrza przez rurkę, zawarty w nim oznaczany gaz daje reakcję barwną z odczynnikiem o wyraźnie określonej strefie zmiany zabarwienia. Wykrywacze rurkowe zaopatrzone w pompkę ręczną służą do dokonywania odczytu po krótkim czasie pobierania próbek, w wykrywaczach bez pompek, pobierania próbki polega na dyfuzji cząsteczek gazu w otwartej z jednej strony rurce wykrywającej. Przykłady stosowanych odczynników (wskaźników) w wykrywaczach rurkowych podano w tabeli 1. Do oznaczania ozonu, ditlenku azotu i tlenku azotu stosowane są wykrywacze rurkowe kapilarne z elektronicznym odczytem wyniku.

**Do wykrywania gazów, jak: CO, NO i NO<sub>2</sub>,** w wykrywaczach stosowany jest analizator elektrochemiczny z elektronicznym odczytem stężenia. Stosowane są też wieloczujnikowe, przenośne wykrywacze gazów, którymi można jednocześnie wykrywać np. tlen, tlenek węgla, siarkowodór oraz gazy i pary wybuchowe. Wykrywacze te mogą pracować z zasysaniem próbki lub bez zasysania - poprzez dyfuzję. Aparaty mogą być wyposażone w tzw. „czarną skrzynkę”, w której przechowywane są istotne informacje, jak: stężenia, czas poboru, przerwy w pracy, daty kalibracji i terminy gwarancji czujników.

W pomiarach „in situ”, np. przy oznaczaniu składu spalin, stosowane są mierniki działające na zasadzie absorpcji promieniowania elektromagnetycznego o charakterystycznych dla badanych gazów długościach fal. Analizatorem mierzącym absorpcję promieniowania podczerwonego można wykrywać i oznaczać stężenie: SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> (NO, NO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, N<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), CO, CO<sub>2</sub>, HCl i parę wodną.

Rysunek 3. Schemat rurki wskaźnikowej do wykrywania analitu gazowego

Gaz oznaczany	Wskaźnik	Zmiana barwy
CO	Sole palladu	Żółta na szaroniebieską
CO	Pięciotlenek jodu	biała na zielonobłękitną
CO <sub>2</sub>	Wskaźnik alkaliczny	Niebieska na białą
NO <sub>2</sub>	o-Toluidyna	Biała na żółtopomarańczową
NO <sub>2</sub>	N,N'-difenyllobenzydyna	szarzielona na niebieskoszarą
NO <sub>x</sub>	N,N'-difenyllobenzydyna	Żółta na niebieskoszarą
O <sub>3</sub>	Indygo	Niebieska na białą

Tabela 1 Przykłady wskaźników stosowanych w wykrywaczach rurkowych

**Materiały dla słuchaczy CHM.05 – 24.01.2021r.**

Z przedmiotu: Monitoring środowiska.

## **TEMAT: Systemy zdalnego monitorowania powietrza atmosferycznego.**

Istnieją dwa systemy zdalnego monitorowania powietrza atmosferycznego:

- wykrywanie na odległość (system typu „stand-off”),
- wykrywanie w miejscu zagrożenia i wysyłanie danych na odległość (system typu „remote”).



Wykrywanie zanieczyszczeń na odległość odbywa się za pomocą urządzeń optycznych, takich jak lidary (ang. LIDAR - Light Detection And Ranging). Najprostszym lidarem do badania atmosfery jest lidar rozproszeniowy. Źródłem promieniowania elektromagnetycznego jest laser impulsowy, wysyłający krótkie i silne impulsy o takiej długości fali, która nie jest absorbowana przez naturalne składniki gazowe atmosfery. Układ optyczny kieruje wiązkę promieniowania z lasera w żądanym kierunku. Światło napotykając na swej drodze różne przeszkody, pyły czy aerozol, ulega rozproszeniu we wszystkich kierunkach, również do tyłu, więc część wraca w kierunku źródła. Powracająca część promieniowania rozproszonego (nazywana echem) jest zbierana przez teleskop i kierowana do detektora, mierzącego jej natężenie. Detektorem natężenia światła jest fotopowielacz lub fotodioda. Układ elektroniczny lidar synchronizuje pomiary a całością kieruje komputer. Położenie źródła rozproszenia wiązki laserowej odczytuje się przez pomiar czasu, jaki upłynął od momentu wysłania impulsu do powrotu światła rozproszonego. Natężenie powracającej wiązki zależy od stężenia czynnika powodującego rozproszenie.

Lidary są stosowane również do **selektywnego wykrywania gazowych zanieczyszczeń w powietrzu atmosferycznym**. Wykorzystuje się tu zjawisko absorpcji promieniowania o określonej długości fali przez substancje zanieczyszczające. Są to **lidary absorpcji różnicowej** (ang. Differential Absorption Lidar, DIAL). Stosuje się w nim dwie różne wiązki laserowe, jedną - o długości fali absorbowanej przez oznaczany gaz ( $\lambda_1$ ), drugą - niewiele różniącą się długością fali od pierwszej, ale nieabsorbowaną lub absorbowaną bardzo słabo przez oznaczany gaz ( $\lambda_2$ ), która służy za wiązkę odniesienia. Jeśli na drodze wiązek nie ma substancji absorbującej, natężenie rozproszonego promieniowania będzie w czasie zmieniało się tak samo, jeśli zaś w chmurze dymu rozpraszającego promieniowanie pojawi się substancja absorbująca, natężenie wiązki absorbowanej będzie mniejsze. Typowy zasięg lidar DIAL wynosi 10 km.

**Do oznaczania zawartości NO<sub>2</sub> i O<sub>3</sub> w wysokich warstwach atmosfery stosuje się lidary, w których wykorzystywane jest zjawisko fluorescencji.** Laser lidar fluorescencyjnego emituje w postaci impulsów promieniowanie elektromagnetyczne o długości fali absorbowanej przez oznaczaną substancję (z reguły z zakresu UV), pobudzając ją do fluorescencji.

Do selektywnego wykrywania gazów stosuje się **lidary ramanowskie**. Rozpraszanie promieniowania na cząsteczkach gazu wiąże się z przesunięciem długości fali (zjawisko Ramana), które jest charakterystyczne dla każdej substancji. Laser wysyła impulsy o określonej długości fali a detektor odbiera tylko promieniowanie o długości fali przesuniętej względem długości fali impulsów lasera. Lidary ramanowskie nie są czułe, służą do wykrywania gazów występujących w atmosferze w dużych stężeniach takich, jak: H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> i N<sub>2</sub>. Zasięg monitorowania lidar ramanowskiego wynosi kilkaset metrów.

W **systemie zdalnego monitorowania typu „remote”**, czyli wykrywania w miejscu zagrożenia i wysyłania danych na odległość, stosowane są monitory punktowe - urządzenia zapewniające pobieranie próbek, wykrywanie zanieczyszczenia, podstawową obróbkę oraz system wysyłania danych. Podstawową częścią jest czujnik (sensor) definiowany przez Międzynarodową Unię Chemii Czystej i Stosowanej (ang. International Union of Pure and

Applied Chemistry, IUPAC), jako „urządzenie przetwarzające informacje chemiczne w sygnał użyteczny analitycznie”. Czujnik, znajdujący się w kontakcie z zanieczyszczeniem (umieszczany w matrycy próbki), jest to urządzenie do przetwarzania sygnału fizyczno-chemicznego w sygnał analityczny, zwykle elektryczny.

Ze względu na mechanizm reakcji wykrywającej czujnika, można je podzielić na kilka grup:

- elektrochemiczne,
- elektryczne,
- grawimetryczne,
- termometryczne,
- magnetyczne,
- biologiczne,
- optyczne.

**Największą i najszerzej stosowaną grupą czujników są sensory elektrochemiczne, stosowane do detekcji: O<sub>3</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO, CO<sub>2</sub>, HCl, HF, C<sub>n</sub>H<sub>m</sub>, CH<sub>4</sub>.**

**Sensory elektryczne** to ciała stałe, które zmieniają swoje parametry elektryczne w kontakcie z niektórymi substancjami. Warunkiem oddziaływania jest adsorpcja substancji na powierzchni aktywnej czujnika. Sensory elektryczne mogą być wykorzystywane w badaniu cieczy i gazów. Zmiana parametrów sensora może dotyczyć przewodnictwa, potencjału czy ładunku. Stosuje się je do wykrywania NO<sub>2</sub>, NO, H<sub>2</sub>S, CO, NH<sub>3</sub>.

**Czujnikami stosowanymi do monitorowania stanu zapylenia są sensory grawimetryczne.** Zbudowane są z układu detekcyjnego, którego częścią podstawową są kryształy z materiału piezoelektrycznego. Kryształy te wraz ze zmianą masy zmieniają częstotliwość drgań własnych lub prędkość rozchodzenia się fal akustycznych na jego powierzchni. Zmiany te przetwarzane są na sygnał elektryczny.

**W sensorach kalorymetrycznych i przewodnictwa** wykorzystywane jest ciepło reakcji (wytwarzane lub pochłaniane) oznaczanej substancji z warstwą aktywną sensora. Ten typ czujników chemicznych nazywa się termometrycznymi. W chemicznych czujnikach wykorzystuje się również wpływ pola magnetycznego na wielkości paramagnetyczne oznaczanych gazów. Jedynym gazem, który ulega przyciąganiu przez silne pole magnetyczne jest tlen. Fakt ten wykorzystano w analizatorze paramagnetycznym, służącym do oznaczania stężenia tlenu w mieszaninie innych gazów.

**W czujnikach biologicznych (biosensorach)** wykorzystywane są substancje biologicznie i biochemicznie aktywne: białka, enzymy, przeciwciała, hormony, mikroorganizmy, pojedyncze komórki itp.

**W czujnikach optycznych** wykorzystuje się właściwości optyczne elementu detekcyjnego, które ulegają zmianie pod wpływem oddziaływania z substancją oznaczaną. Zmiany mogą dotyczyć absorpcji (sensory spektrofotometryczne), fluorescencji, fosforescencji (sensory luminescencyjne), rozpraszania światła, załamania światła oraz skręcania płaszczyzny polaryzacji. Oprócz pojedynczych, punktowych czujników stosowane są systemy ciągłego monitorowania powietrza, składające się z różnego rodzaju czujników, np. optycznych,

półprzewodnikowych i elektrochemicznych. Systemy wieloczujnikowe stosowane są w monitorowaniu emisji zanieczyszczeń zakładów przemysłowych.