

Współczesne systemy pomiarowe parametrów środowiska

Dążenie do coraz wyższego standardu życia, w tym rozwój przemysłu i transportu, powodują ciągłą degradację środowiska naturalnego w skali globalnej. Najwięcej zanieczyszczeń środowiska naturalnego odprowadzają energetyka, transport oraz przemysł chemiczny. Skutki ingerencji człowieka w środowisko naturalne mogą być nieodwracalne i w przyszłości zagrozić życiu biologicznemu. Obserwuje się w ciągu ostatnich lat coraz większe spektrum skutków globalnego ocieplenia, coraz większe zanieczyszczenie gleby wody i powietrza, dlatego dużego znaczenia nabierają działania związane z monitorowaniem środowiska. Dokładny pomiar, przetwarzanie i gromadzenie danych oraz raportowanie parametrów środowiskowych jest istotnym aspektem w zapewnieniu jakości wielu badań oraz działań zmierzających do poprawy środowiska naturalnego. Pojawia się coraz więcej projektów ukierunkowanych na rozwój inteligentnych miast oraz społeczeństw. Ponadto rozwój technologiczny umożliwia wdrażanie coraz tańszych systemów monitorowania środowiska, które instaluje się w miastach korzystając z istniejącej infrastruktury miejskiej, np. czujniki dołączone do latarni ulicznych lub zainstalowane w pojazdach transportu publicznego.

Monitoring parametrów środowiskowych może dotyczyć konkretnego obszaru np.: budynku mieszkalnego, zakładu przemysłowego (dotyczy to monitoringu lokalnego), kraju, kontynentu a nawet całej planety. Monitoruje się wybrane parametry poszczególnych elementów środowiska powietrza atmosferycznego, gleby czy wody. Monitorowanie środowiska obejmuje szereg działań mających na celu jego ochronę i jest w dużym stopniu oparte na ustawodawstwie krajowym. Organizacją nadzorującą pomiary emisji i imisji oraz przekazującą informacje o stanie środowiska w Polsce jest Państwowy Monitoring Środowiska (PMŚ) utworzony ustawą z dnia 20 lipca 1991 roku o Inspekcji Ochrony Środowiska [1]. Do głównych zadań PMŚ należą:

- monitoring jakości powietrza
- monitoring jakości śródlądowych wód powierzchniowych: rzek i jezior
- monitoring jakości śródlądowych wód podziemnych,
- monitoring jakości Morza Bałtyckiego,
- monitoring jakości gleby i ziemi,
- monitoring hałasu,
- monitoring pól elektromagnetycznych,
- monitoring promieniowania jonizującego,
- monitoring lasów,
- monitoring przyrody.

Dane dotyczące aktualnego stanu poszczególnych elementów środowiska pochodzą od stosunkowo niskiej liczby urządzeń i systemów pomiarowych zlokalizowanych w kilku punktach w każdym mieście. Kryteria wyboru lokalizacji, w których znajdują się urządzenia monitorujące oraz wybór monitorowanych parametrów środowiska są określone zgodnie z właściwą ustawą oraz umowami międzynarodowymi, np.: dyrektywą 2008/50/EU [2]. Dedykowane czujniki i systemy pomiarowe dostarczają informacji, które stanowią podstawę do oceny i prognozy stanu środowiska oraz analizy przyczynowo-skutkowej działalności społeczno-gospodarczej człowieka.

Jednostki administracyjne Państwowego Monitoringu Środowiska zgodnie z obowiązującymi wymogami unijnymi są zobowiązane do prowadzenia Rejestru Uwalniania i Transferu Zanieczyszczeń (PRTR) do powietrza, wód i gleby, rejestru danych dotyczących obciążenia hałasem, tzw. map akustycznych, a także badań obciążenia środowiska promieniowaniem elektromagnetycznym (PEM) z linii energetycznych czy stacji telefonii komórkowych.

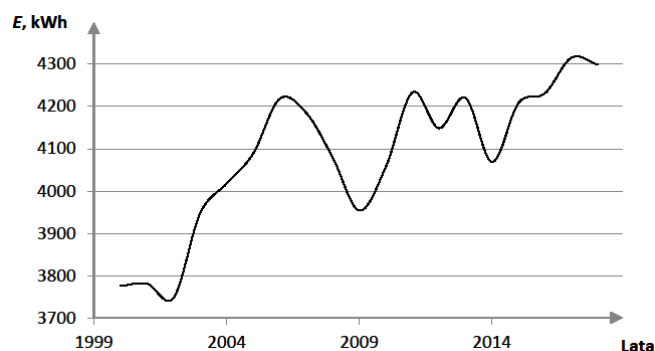
Monitoring powietrza

Z uwagi na niekorzystne oddziaływania zanieczyszczeń powietrza atmosferycznego na zdrowie ludzi i kondycję ekosystemów dokonuje się oceny jakości powietrza pod kątem jego zanieczyszczenia substancjami takimi jak: dwutlenek siarki (SO_2), dwutlenek azotu (NO_2), tlenek węgla (CO), benzen (C_6H_6), ozon (O_3), pyły zawieszone PM_{10} i $\text{PM}_{2,5}$ oraz oznaczanymi w pyłach PM_{10} metalami ciężkimi. Oceny tych zanieczyszczeń dokonuje się zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 13 września 2012 r. w sprawie dokonywania oceny poziomów substancji w powietrzu (Dz.U. 2012 poz. 1032) [3], które określa sposoby, metody i zakres dokonywania oceny poziomów substancji w powietrzu. Rozporządzenie zawiera również wartości progowe dla substancji zanieczyszczających oraz ich dopuszczalne poziomy.

Tab.1 Przykładowe dopuszczalne poziomy i progi oszacowania poziomu danej substancji w atmosferze w porównaniu z roczną emisją danej substancji za 2017 r.

Nazwa substancji	Okres uśredniania wyników	Dopuszczalny poziom substancji w powietrzu [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Górny próg oszacowania		Dolny próg oszacowania		Emisja za 2017 r. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
			% poziomu dopuszczalnego (wartość w mg/m^3)	dop. częst. przekroczeń w roku kalendarzowym	% poziomu dopuszczalnego (wartość w mg/m^3)	dop. częst. przekroczeń w roku kalendarzowym	
CO	8 godzin	10000	70/7000	-	50/5000	-	3219
NO_2	1 godzina	70/140	70/140	18 razy	50/100	18 razy	
	1 rok	40	80/32	-	65/26	-	
SO_2	24 godziny	125	60/75	3 razy	40/50	3 razy	
PM_{10}	24 godziny	50	60/30	7 razy	40/20	7 razy	30
	1 rok	40	30/14	-	25/10	-	
$\text{PM}_{2,5}$	1 rok	25		-	20		20-40,1
C_6H_6	1 rok	5	70/3,5	-	40/2	-	max. 0,2

Według krajowych raportów mozaikowych [4], które są wspólnym projektem Głównego Inspektoratu i Wojewódzkich Inspektoratów Ochrony Środowiska (GIOŚ i WIOŚ) szacuje się, że czystość powietrza jest najbardziej naruszana przez sektor energetyczno przemysłowy.



Rys. 1. Produkcja energii elektrycznej w Polsce w latach 2000-2018 w przeliczeniu na 1 mieszkańca

Przewidywany jest dalszy wzrost zapotrzebowania na energię elektryczną w związku z rozwojem przemysłu, handlu (duże supermarkety), sektora usług, oraz sektora informatycznego (serwerownie), dlatego konieczne jest podjęcie działań mających na celu redukcję zapotrzebowania na energię elektryczną i dywersyfikację jej źródeł głównie w oparciu o źródła odnawialne. Innymi czynnikami mającymi duży wpływ na jakość powietrza atmosferycznego są: transport, procesy grzewcze.

Corocznie dokonywana jest ocena poziomu danej substancji w powietrzu dla wyznaczonej strefy zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 2 sierpnia 2012 r. [5] o liczbie mieszkańców większej niż 250 tys. i przeprowadzana klasyfikacja stref przekroczeń jej wartości dopuszczalnych zgodnie z przepisami zawartymi w Ustawie Prawo Ochrony Środowiska z dnia 27 kwietnia 2001 r., Dz.U. Nr 62, poz. 627 [6].

W Polsce obowiązuje następujący podział na strefy, w których dokonuje się oceny jakości powietrza:

- aglomeracja o liczbie mieszkańców powyżej 250 tysięcy,
- miasto o liczbie mieszkańców powyżej 100 tysięcy (nie będące aglomeracją),
- pozostałe obszary województwa, nie wchodzące w skład aglomeracji i miast powyżej 100 tys. mieszkańców.

Wymienionym strefom przydziela się następujące klasy:

- klasa C (jeżeli poziom substancji przekracza górny próg oszacowania),
- klasa B (jeżeli poziom substancji nie przekracza górnego progu oszacowania),
- klasa A (jeżeli poziom substancji nie przekracza dolnego progu oszacowania).



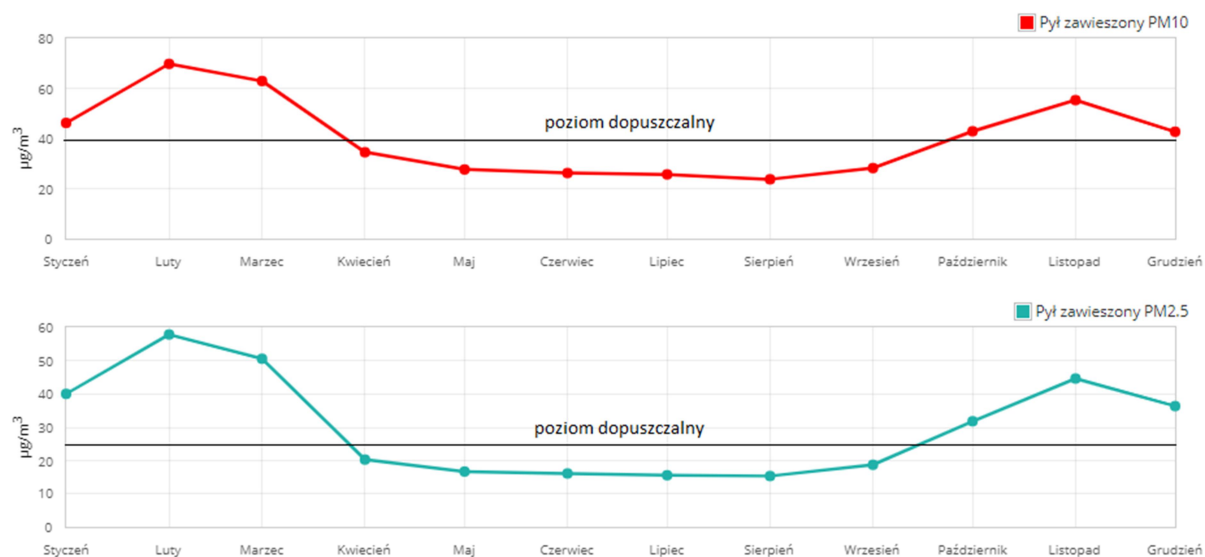
Rys. 2. Przykład klasyfikacji stref w 2017 roku w Polsce ze względu na dopuszczalny poziom PM_{2,5}.

Monitoring jakości powietrza na Górnym Śląsku realizowany jest przez:

- Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej,
- Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Katowicach i Sosnowcu,
- Poszczególne zakłady przemysłowe.

Najgroźniejszy dla zdrowia ludzi jest pył zawieszony PM_{2,5}, który wnika aż do pęcherzyków płucnych. Obecnie PM_{2,5} jest mierzony na 3 stanowiskach pomiarowych na terenie Śląska [7]. Tak jak w przypadku pyłu PM₁₀ tak i PM_{2,5} zwłaszcza w sezonie grzewczym zostały zaobserwowane przekroczenia stężeń wskazujące na źródła grzewcze jako przyczynę wzrostu poziomu zanieczyszczeń (rys. 3).

Zgodnie z deklaracją Światowej Organizacji Zdrowia (WHO) nie powinno być granicznych wartości dopuszczalnych dla pyłu, ponieważ każda wartość stężenia pyłu w atmosferze jest szkodliwa dla zdrowia. Średnioroczne stężenie pyłu zawieszonego PM_{2,5} według WHO nie powinno przekraczać 10 µg/m³ [8]. Jest to poziom ponad dwukrotnie niższy niż ustalony przez Unię Europejską w 2010 r. (25 µg/m³.) [9]. Zanotowane na terenie województwa śląskiego wyniki pomiarów stężeń pyłu PM_{2,5} wskazują, że we wszystkich stacjach pomiarowych zostały przekroczone poziomy dopuszczalne.



Rys. 3. Dane pomiarowe dla stacji Katowice, ul. Kossutha w roku 2018 r.



Rys. 4. Stacje pomiarowe na Śląsku realizujące pomiar stężenia $\text{PM}_{2.5}$ a) stacja pomiarowa w Bielsku-Białej, b) stacja pomiarowa w Katowicach c) stacja pomiarowa w Żółtym Potoku [7]

Główne problemy monitoringu jakości powietrza

Głównym problemem w monitorowaniu jakości powietrza jest brak dostatecznej ilości stanowisk pomiarowych, oraz brak stanowisk monitorujących wszystkie istotne zanieczyszczenia, zwłaszcza

w strefach klasy C. Przykładowo w województwie śląskim z 27 stacji monitorujących jedynie 3 podają ilość zawieszonego pyłu $PM_{2.5}$ uśrednioną w godzinie [7].

Kolejnym problemem jest problem z właściwą lokalizacją punktów pomiarowych. Zanieczyszczenia pochodzące z transportu mają wysokie stężenia, dlatego część stacji pomiarowych powinna być zlokalizowana przy głównych ciągach komunikacyjnych miast. Należy nadmienić, że nie wszystkie stacje manualne są zlokalizowane w miejscach najwyższych stężeń w strefie oceny.

Systemy monitoringu jakości powietrza

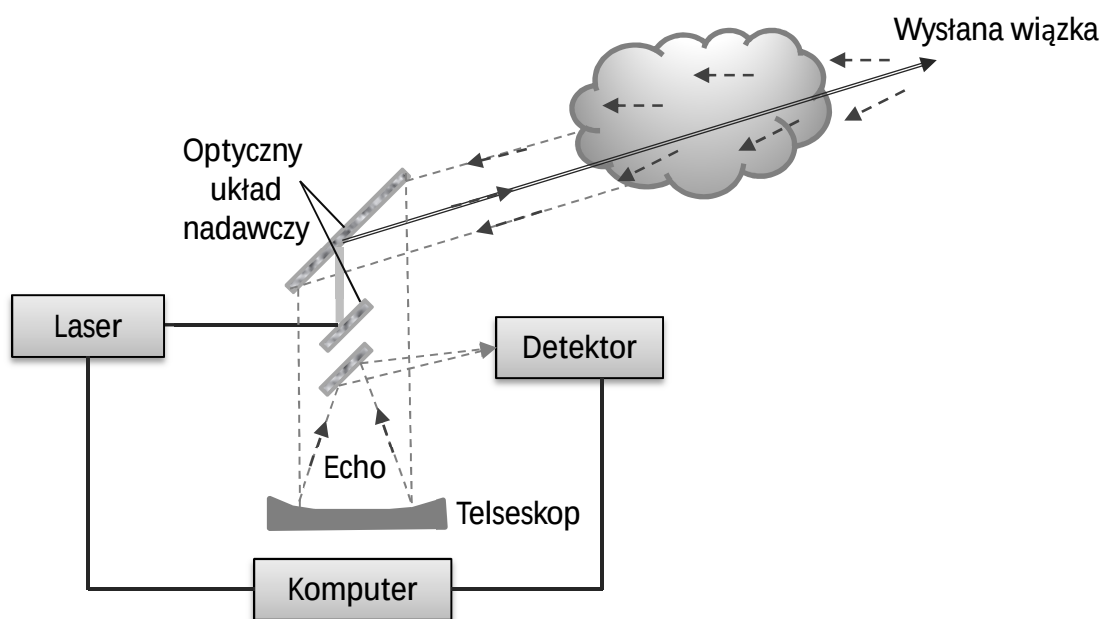
Monitorowanie zanieczyszczeń powietrza jest stosunkowo trudne, głównie ze względu rozprzestrzenianie się zanieczyszczeń pod wpływem zmiennych warunków atmosferycznych. Warunki klimatyczne wpływają szczególnie na przenoszenie zanieczyszczeń na znaczne odległości z dużych punktowych emiterów, natomiast w przypadku emisji niskiej mogą zwiększać zanieczyszczenie w bliskim otoczeniu, np. brak wiatru niekorzystnie wpływa na poziom pyłów PM_{10} i $PM_{2.5}$ w powietrzu.

System monitoringu powietrza musi sprzęgać wykrywanie lokalizacji i szacowanie udziału poszczególnych emiterów uwzględniając zmienne warunki meteorologiczne, które stanowią znaczne utrudnienie w dokładnej lokalizacji miejsca emisji. Detekcja i pomiar stopnia zanieczyszczenia oraz ocena jego skutków jest wykonywana zdalnie i w czasie rzeczywistym ponieważ rozprzestrzenianie się i przenoszenie zanieczyszczeń do innych elementów środowiska jest bardzo szybkie co może skutkować narażeniem całej biosfery. Dlatego pomiary wykonywane są cyklicznie, w określonych odstępach czasu przeważnie na odległości kilku kilometrów w kluczowych lokalizacjach co pozwala śledzić zmiany, ich tendencje oraz przewidywać potencjalne skutki.

Do wykrywania i oznaczania stężenia niektórych gazów w miejscu emisji mogą służyć wykrywacze rurkowe, które dają bezpośredni odczyt. Jednak współczesne systemy monitoringu bazują na zdalnych pomiarach za pośrednictwem fal świetlnych i akustycznych. Urządzeniem optycznym do badanie stężenia poszczególnych składników atmosfery jest Lidar (ang. Light Detection And Ranging), który bazuje na zjawisku rozpraszania światła. Lidar łączy działanie lasera i teleskopu. Laser wysyła wiązkę promieniowania o ściśle określonej charakterystyce spektralnej i w określonym kierunku, po czym wiązka światła ulega rozproszeniu przez zawartość cząstek w powietrzu, a sygnał powrotny jest poddawany detekcji i komputerowo analizowany.

Podstawowymi elementami budowy Lidara (rys. 5) są:

- laser, czyli generator wiązki promieniowania o określonej długości, która nie jest absorbowana przez naturalne składniki gazowe,
- optyczny układ nadawczy, który formuje wiązkę i kieruje ją w wybrany obszar badanej przestrzeni,
- teleskop, czyli optyczny układ odbiorczy, który zbiera i ogniskuje zebrany sygnał powrotny nazywany echem na detektorze,
- element detekcyjny przetwarzający sygnał optyczny na prąd np. fotopowielacz lub fotodioda,
- układ gromadzenia i przetwarzania danych.



Rys 5. Schemat ideowy LIDARA

Położenie źródła rozproszenia wiązki laserowej odczytuje się przez pomiar czasu od momentu jej wystania do powrotu światła rozproszonego. Natężenie powracającej wiązki zależy od stężenia czynnika powodującego jej rozproszenie i opisane jest równaniem lidarowym, które wiąże sygnał lidarowy z parametrami atmosfery [10]

$$P_k(r) = C_1 P_p \frac{c t_i}{2} \frac{A}{r^2} \beta(r) e^{-2 \int_0^r \gamma(x) dx}$$

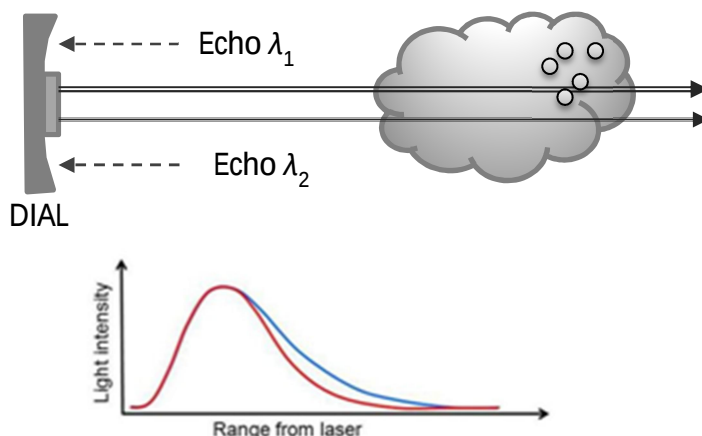
gdzie: $P_k(r)$ – moc padająca na detektor, C_1 – parametr systemu lidarowego, P_p – moc emitowanego impulsu, c – prędkość światła, t_i – czas trwania impulsu, A – powierzchnia apertury odbiorczej, $\beta(r)$ – współczynnik rozpraszania, $\gamma(r)$ – współczynnik osłabienia wiązki (ekstynkcji).

Na rynku dostępne są następujące typy lidarów:

- rozproseniowe (jedno i wieloczęstotliwościowe),
- absorpcji różnicowej DIAL (Differential Absorption Lidar), które są wykorzystywane do selektywnego wykrywania zanieczyszczeń atmosfery,
- fluorescencyjne zwane FLIDAR (Fluorescence Lidar) o bardzo szerokim spektrum zastosowań,
- koherentne zwane dopplerowskimi do mierzenia szybkości wiatru,
- Ramana do selektywnego wykrywania gazów o zasięgu do kilkuset metrów.

W badaniach zanieczyszczeń atmosfery, mających na celu selektywne wykrywanie obecności i określanie koncentracji substancji gazowych najbardziej rozpowszechniony jest lidar absorpcji różnicowej, którego schemat działania przedstawia rys. 6. Wykorzystuje on dwie wiązki laserowe (λ_1 , λ_2) o różnej długości fali: główną i odniesienia, dostrojonych w taki sposób, aby wiązka główna absorbowała w maksymalnym stopniu określoną substancję gazową, natomiast wiązka odniesienia w stopniu minimalnym. Sygnały echa obu fali mierzone są równocześnie w funkcji odległości. W przypadku braku cząsteczek gazu absorbującego natężenie promieniowania odbitego przez obie fale będzie podobne, natomiast w przypadku pojawienia się substancji absorbującej natężenie

promieniowania odbitego pochodzącego od wiązki głównej będzie znacznie mniejsze. Różnica natężeń obu fal zależy od stężenia gazu i pozwala na określenie jego koncentracji w funkcji odległości. Zasięg typowych lidarów DIAL wynosi do 10 km.



Rys 6. Lidar absorpcji różnicowej DIAL wykorzystujący laser DBR (zwierciadło Bragga) oraz schemat jego działania [11].

Współczesne urządzenia DIAL wykorzystują lasery wolnostojące, które generują dwie fale o porównywalnych długościach, z których jedna musi być precyzyjnie dostrojona do linii absorpcyjnej pary wodnej, natomiast druga przeważnie różni się długością o 0,1 nm. Ponieważ para wodna ma wiele linii absorpcji w obszarze 700–950 nm, linie wybrane do pracy muszą mieć wysoką absorpcyjność i być niewrażliwe na warunki atmosferyczne. Najczęściej dla systemów naziemnych wykorzystuje się linie widmowe o długości 828,1 nm, natomiast dla systemów lotniczych i satelitarnych DIAL wykorzystuje się linie o długościach 817 nm.

Monitoring parametrów atmosfery obejmuje również określenie fluktuacji powietrza, realizowane przez urządzenia akustyczne typu Sodar (ang. Sound detection and ranging), to rozwiązanie zostało zaadoptowane zwłaszcza przez sektor energetyki wiatrowej. Sodar zbudowany jest z anten emitujących i odbierających fale akustyczne. Urządzenie w odróżnieniu do Lidaru emituje impuls akustyczny, którego echo umożliwia wyznaczenie wektora wiatru. Obszary rozpraszające impuls dryfują z wiatrem dlatego częstotliwość fali wstecznej posiada przesunięcie dopplerowskie. Dokładność pomiaru sodarem ograniczona jest przez poziom hałasu w jego otoczeniu i stabilność atmosfery, dlatego lokalizacja urządzenia ma bardzo duże znaczenie w dokładności pomiaru.

Zanieczyszczenie atmosfery związane jest również z zawieszonymi w powietrzu cząstkami stałymi, które wpływają bardzo niekorzystnie na zdrowie człowieka. Ich skład, rozmiar oraz stężenie zależą od źródła zanieczyszczenia. Pyły zawieszone w zależności od warunków atmosferycznych mogą być przenoszone na duże odległości i długo utrzymywać się w atmosferze.

Rozróżnia się następujące frakcje cząstek emitowanych do powietrza:

- pył opadający – cząstki grube o średnicy większej od 10 μm ,
- pył zawieszony:
 - cząstki grube o średnicy mniejszej od 10 μm , ale większej od 2,5 μm (PM_{10}),
 - cząstki drobne o średnicy większej od 0,1 μm a mniejszej lub równej 2,5 μm ($\text{PM}_{2,5}$),
 - cząstki bardzo drobne o średnicy mniejszej lub równej 0,1 μm .

Cząstki drobne dłużej przebywają w stanie zawieszonym i mogą przedostawać się do układu oddechowego, dlatego są szczególnie niebezpieczne. Ilościową miarą zapylenia atmosfery jest stężenie wyrażające się stosunkiem masy lub objętości cząstek stałych do objętości powietrza, w którym występują te cząstki. Stężenie pyłu zawieszonego oraz określenie jego składu realizuje się metodą manualną wagową z separacją frakcji 10 μm i 2,5 μm oraz metodą automatyczną wykorzystującą absorpcję promieniowania β z separacją frakcji 10 μm i 2,5 μm .

Ze względu na okres uśredniania w pomiarach zapylenia bardzo często wykorzystywane są filtry miernicze wykonane z celulozy, włókna szklanego i kwarcu. Przez zastosowanie odpowiedniego filtra wydziela się z zassanego powietrza ziarna o grubości do 0,1 μm odpowiedniej grubości, a następnie wyznacza ich masę. Dodatkowo określa się ilościowy udział poszczególnych frakcji ziarnowych pyłu 2,5 oraz 10 μm . W metodach automatycznych wykorzystuje się wtórne zjawisko wywołane przez osadzony pył, czyli absorpcję promieniowania β .

Pył zawieszony składa się z wielu pierwiastków i związków chemicznych, w Polsce składa się on głównie z węgla w postaci związków organicznych, węgla elementarnego, siarczanów, azotanów, chlorków, związków amonowych związków krzemu, aluminium i żelaza. Jako składniki śladowe występują w nim również metale ciężkie (np. Cd, Pb, Hg, Zn, Cu, Ni, As). Skład pyłu zawieszonego zmienia się wraz z miejscem występowania, porą roku i warunkami pogodowymi.

Czujniki wykorzystywane w zdalnych systemach pomiarowych

W zdalnych systemach pomiarowych wykrywanie zanieczyszczeń w miejscu emisji realizują selektywne monitory punktowe, których głównym elementem pomiarowym jest czujnik, czyli urządzenie przetwarzające właściwości chemiczne sygnału fizycznego w sygnał użyteczny przeważnie elektryczny niosący dane umożliwiające dalszą analizę zanieczyszczenia. Najczęściej wykorzystywane są sensory elektrochemiczne, których mechanizm wykrywający substancję chemiczną (O_3 , SO_2 , NO_2 , CO , CO_2 , HCl , HF , C_nH_m , CH_4) oparty jest na reakcji elektrochemicznej dostosowanej do jej detekcji. Czujniki elektrochemiczne dzieli się na potencjometryczne, woltamperometryczne, kulometryczne i konduktometryczne.

Kolejną grupę czujników do wykrywania gazów oraz cieczy stanowią sensory elektryczne, które zmieniają swoje parametry elektryczne (przewodność, potencjał, ładunek) w kontakcie z takimi substancjami jak np.: NO_2 , NO , H_2S , CO , NH_3 .

W detekcji zanieczyszczeń wykorzystuje się również biosensory, czyli czujniki biologiczne wykorzystujące substancje aktywne takie jak: białka, enzymy, przeciwciała, hormony, mikroorganizmy, oraz pojedyncze komórki połączone z przetwornikiem efektu reakcji biochemicznej na sygnał elektryczny.

Sensory optyczne wykorzystują światłowody, a ich zasada działania polega na wysyłaniu wiązki promieni świetlnych przez nadajnik oraz na odbieraniu jej przez odbiornik. Reagują na obiekty przecinające wiązkę światła pomiędzy nadajnikiem a odbiornikiem lub na wiązkę odbitą od obiektu zmieniając swoje właściwości optyczne, które dotyczą absorpcji (sensory spektrofotometryczne), fluorescencji, fosforescencji (sensory luminescencyjne), rozpraszania światła, załamania światła oraz skręcania płaszczyzny polaryzacji.

W czujnikach chemicznych wykorzystuje się również wpływ pola magnetycznego na wielkości paramagnetyczne oznaczanych gazów. Gazem, który ulega przyciąganiu przez silne pole magnetyczne jest tlen co zostało wykorzystane w analizatorze paramagnetycznym, służącym do oznaczania stężenia tlenu w mieszaninie innych gazów.

Oprócz wymienionych czujników punktowych stosowane są systemy ciągłego monitorowania powietrza zawierające wiele czujników z różnych grup. Systemy wieloczujnikowe umieszczane są na terenie zakładów przemysłowych i szpitali do kontroli emisji zanieczyszczeń.

Zbieranie informacji o parametrach środowiskowych wód i gleb

Aby we właściwy sposób zarządzać środowiskiem naturalnym konieczne jest monitorowanie wszystkich elementów środowiska naturalnego, czyli powietrza atmosferycznego, wody i gleby. W takich elementach środowiska jak gleba czy woda szybkość rozprzestrzeniania się zagrożeń jest stosunkowo niska, dlatego monitorowanie tych elementów środowiska odbywa się poprzez pobieranie próbek w miejscach kontrolnych, bezpośredniego skażenia, bądź emisji. Analiza przeważnie wykonywana jest in situ w warunkach polowych bądź w laboratorium analitycznym. Dominują tutaj pomiary manualne oparte na reakcjach chemicznych zachodzących z odpowiednimi odczynnikami. W pomiarach terenowych parametrów wody wykonuje się pomiar temperatury, odczynu wody, zasolenia, przezroczystości, prędkości przepływu (w rzekach), ilości tlenu rozpuszczonego, zawartości wolnego chloru, cyjanów, amoniaku, azotynów i innych. Natomiast w pomiarach terenowych parametrów gleby bada się jej właściwości wodno-powietrzne, gęstość, porowatość, właściwości sorpcyjne i kwasowość wymienną czy hydrolityczną. Techniki stosowane w zdalnym monitoringu parametrów wody oraz gleby opierają się głównie o teledetekcję i wykorzystują telekamery, skanery wielospektralne, UV, IR, fluorescencyjne, georadary (GPR) oraz radary SAR (z syntetyczną aperturą) ponadto w przypadku gleb wykorzystuje się jeszcze magnetometrię polegającą na pomiarach podatności magnetycznej gleby, zawierającej metale ciężkie.



Rys. 7. Zdjęcie przykładowego radaru SAR produkcji IDS GeoRadar [12]

System informatyczny Inspekcji Ochrony Środowiska

W automatycznych pomiarach zdalnych realizowanych na stacjach pomiarowych wyniki pomiarów są co godzinę przesyłane siecią komórkową lub poprzez łącze stałe do bazy danych WIOŚ, a następnie automatycznie są pobierane do bazy krajowej JPOAT 2.0 znajdującej się w GIOŚ. Dane te są dostępne publicznie w czasie zbliżonym do rzeczywistego. Interfejs programistyczny API portalu "Jakość

Powietrza" GIOŚ umożliwia dostęp przez usługę typu REST do surowych danych przesyłanych protokołem HTTP w formacie JSON [7].

Przykład zapytania:

```
[{"id":88,"stationId":20, "param":{"paramName":"pył zawieszony PM10","paramFormula":"PM10","paramCode":"PM10","idParam":3}}]
```

Przykład odpowiedzi:

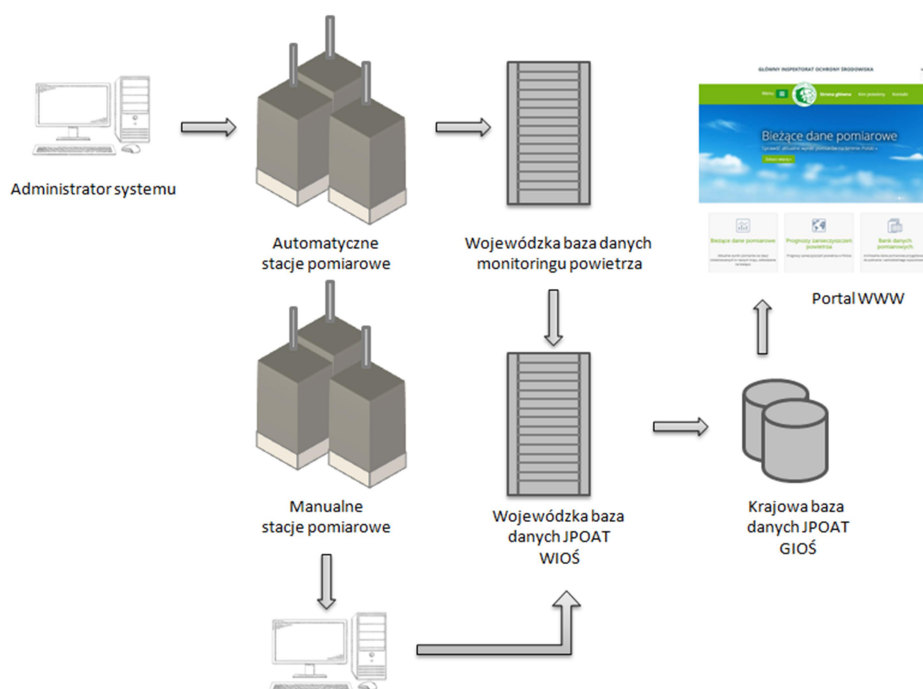
```
{
  "key": "PM10",
  "values": [
    {
      "date": "2019-04-13 11:00:00",
      "value": 37.4018
    },
    {
      "date": "2019-04-13 12:00:00",
      "value": 44.4946
    }
  ]
}
```

W podobny sposób można uzyskać pozostałe dane pomiarowe na podstawie podanego identyfikatora stanowiska pomiarowego, listę wszystkich stacji pomiarowych, listę stanowisk pomiarowych dostępnych na wybranej stacji pomiarowej oraz indeks jakości powietrza na podstawie podanego identyfikatora stacji pomiarowej.

W dniu 25 października 2015 r. weszło w życie Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 21 września 2015 r. w sprawie systemu informatycznego Inspekcji Ochrony Środowiska Ekoinfonet (Dz.U. 2015 poz. 1584) [13]. Rozporządzenie określa zakres, sposób i tryb zbierania danych w systemie informatycznym Ekoinfonet należącym do Inspekcji Ochrony Środowiska. Ekoinfonet umożliwia prezentację danych następujących baz danych:

- JWODA – baza danych Systemu Oceny Jakości Wody, która gromadzi wyniki monitoringu wód powierzchniowych,
- JPOAT – baza danych Systemu Inspekcji Ochrony Środowiska, która gromadzi wyniki pomiarów zanieczyszczeń powietrza ze stacji PMŚ w województwie,
- EHAŁAS – baza danych o hałasie komunikacyjnym i przemysłowym emitowanym do środowiska
- JELMAG – baza danych monitoringu pól elektromagnetycznych

Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska zbiera dane, których zakres obejmuje badanie i ocenę stanu środowiska w zakresie jakości powietrza, jakości wód powierzchniowych, poziomu pól elektromagnetycznych, oraz stanu akustycznego środowiska. Dane są przekazywane do bazy wojewódzkiej a następnie do krajowej oraz udostępniane publicznie zgodnie ze schematem przedstawionym na rys. 8.

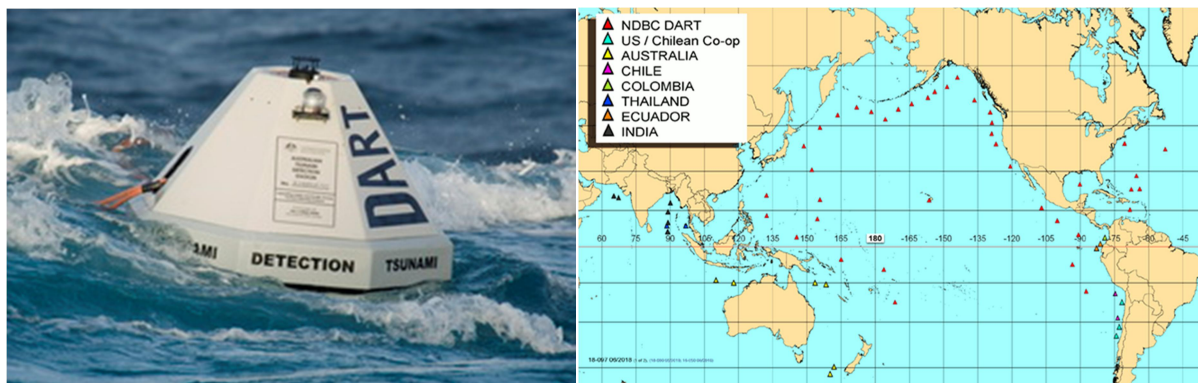


Rys. 8. Schemat przepływu danych monitoringu powietrza

Systemy ostrzegania przed zagrożeniami

Podsystemy monitoringu dostarczają danych dotyczących aktualnego stanu poszczególnych elementów środowiska, dane te mogą być wykorzystywane do ostrzegania ludzi przed przewidywanymi niebezpiecznymi zjawiskami pogodowymi. W Polsce zajmuje się tym Rządowe Centrum Bezpieczeństwa (RCB), którego zadaniem jest zapobieganie kryzysom, a w razie ich wystąpienia działania mające na celu minimalizowanie ich skutków. Jednym z narzędzi wykorzystywanym przez tą instytucję, jest alert wysyłany jako wiadomość sms w razie przewidywanych groźnych zjawisk pogodowych [14]. Alert taki wysyłany jest gdy RCB otrzyma informację (np. z Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej) o zagrożeniu w danym regionie. RCB przekazuje komunikat o niebezpieczeństwie do operatorów komórkowych, którzy zgodnie z obowiązującymi przepisami, są zobligowani do przesłania ich do użytkowników telefonów znajdujących się na zagrożonym terenie. Taki sms jest bezpłatny, a użytkownik telefonu nie musi nigdzie wcześniej zgłaszać chęci otrzymywania alertu. Operatorzy wysyłają informację do wszystkich telefonów przebywających w zasięgu regionalnych stacji bazowych (BTS), znajdujących się na terenie objętym potencjalnym zagrożeniem. Najmniejszym obszarem, który może zostać objęty alertem jest powiat. Dostępne są również aplikacje mobilne Regionalnego Systemu Ostrzegania (RSO) na smartfony z systemami operacyjnymi: Android, iOS, Windows Phone, które jednak wymagają zgody oraz instalacji przez użytkownika telefonu komórkowego.

Kolejnym przykładem wykorzystania danych pochodzących z systemów pomiaru parametrów środowiska na większą skalę jest amerykański system ostrzegania przed tsunami DART (Deep-ocean Assessment and Reporting of Tsunami). System tworzy sieć 40 stacji rozmieszczonych na Oceanie Spokojnym oraz Atlantyku, które dostarczają informacji o możliwości wystąpienia tsunami.



Rys. 9 Stacja pomiarowa systemu DART i ich rozmieszczenie.

Możliwość ostrzegania przed tsunami wynika z różnej prędkości poruszania się fali tsunami i fali sejsmicznej. Fala tsunami porusza się około 40 razy wolniej, co daje możliwość ostrzeżenia przed nadchodzącym zagrożeniem. Jeśli zostanie zlokalizowany wstrząs sejsmiczny wtedy określa się głębokość na jakiej wystąpił oraz jego siłę. Następnie na podstawie głębokości akwenu, na którym wystąpił prognozuje się czas dotarcia fali do określonych miejsc na wybrzeżu oraz jej wysokość. Jeżeli wysokość fali stwarza niebezpieczeństwo, automatycznie wysłane zostaje ostrzeżenie do ludzi znajdujących się w zagrożonym terenie.

Literatura:

- [1] Dz.U. 1991 nr 77 poz. 335 Ustawa z dnia 20 lipca 1991 r. o Państwowej Inspekcji Ochrony Środowiska.
- [2] Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/50/WE z dnia 21 maja 2008 r. w sprawie jakości powietrza i czystsze powietrze dla Europy
- [3] Dz.U. 2012 poz. 1032 Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 13 września 2012 r. w sprawie dokonywania oceny poziomów substancji w powietrzu
- [4] Krajowy raport mozaikowy dla woj. Śląskiego <http://www.gios.gov.pl/pl/stan-srodowiska/raporty-o-stanie-srodowiska>
- [5] Dz.U. 2016 poz. 1229 Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 2 sierpnia 2016 r. w sprawie kwalifikacji w zakresie górnictwa i ratownictwa górniczego
- [6] Dz.U. 2001 nr 62 poz. 627 Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska.
- [7] Portal Głównego Inspektoratu Ochrony Środowiska <http://powietrze.gios.gov.pl/pjp/current>
- [8] Air quality guidelines for Europe, Second Edition, WHO regional publications, European series, no. 91, 2000 www.euro.who.int/document/e71922.pdf
- [9] Air Quality Standards <http://ec.europa.eu/environment/air/quality/standards.htm>
- [10] V. A. Kovalev, W. E. Eichinger, Elastic Lidar, Theory, Practise and Analysis Methods, Wiley Interscience, New Jersey, 2004.
- [11] G. Overton, Differential absorption lidar demands high-power, narrowband DBR sources Laser Focus World 09/14/2016
- [12] <https://idsgeoradar.com/>
- [13] Dz.U. 2015 poz. 1584 Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 21 września 2015 r. w sprawie systemu informatycznego Inspekcji Ochrony Środowiska "Ekoinfonet"
- [14] <https://rcb.gov.pl/>