



Podręcznik dla nauczycieli i edukatorów

Zanieczyszczenie powietrza i jego wpływ na nasze życie

Materiał dla uczniów szkół ponadpodstawowych oraz klas VII-VIII szkół
podstawowych

przygotowany przez

Biuro Ochrony Powietrza i Polityki Klimatycznej
Urzędu Miasta Stołecznego Warszawa.
(2020 r.)

Konsultacja merytoryczna: dr. hab. inż. Artur Badyda

Konsultacja metodyczna:
Warszawskie Centrum Innowacji Edukacyjno-Społecznych i Szkoleń

SPIS TREŚCI:

<i>I. WPROWADZENIE</i>	Str. 3
<i>II. INFORMACJE TECHNICZNE I ORGANIZACYJNE</i>	Str. 4
<i>III. SCENARIUSZ LEKCJI</i>	Str. 6
<i>IV. MATERIAŁ MERYTORYCZNY</i>	Str. 12
<i>V. ŹRÓDŁA INFORMACJI I LINKI DO DODATKOWYCH MATERIAŁÓW</i>	Str. 23
<i>ZAŁĄCZNIK 1</i>	Str. 24
<i>ZAŁĄCZNIK 2</i>	Str. 25

I. WPROWADZENIE

Podręcznik dla nauczyciela i edukatora jest materiałem pomocniczym do prowadzenia lekcji w ramach edukacji klimatycznej i środowiskowej. Program ten nie jest powiązany z podstawą nauczania i nie jest dedykowany do prowadzenia w ramach lekcji z konkretnego przedmiotu.

Lekcję opisaną w scenariuszu należy traktować jako zajęcia dodatkowe, do zrealizowania poza planem lekcji (za zgodą uczniów i rodziców) lub w czasie wygospodarowanym w ramach istniejącego planu lekcji.

Scenariusz został przygotowany i opisany w taki sposób, żeby była możliwość realizowania go zarówno przez chętnych nauczycieli (niezależnie od specjalizacji przedmiotowej), jak też edukatorów-wolontariuszy.

Celem programu jest:

- uzupełnienie luk w podstawie programowej dotyczących podstawowej wiedzy na temat klimatu i środowiska w oparciu o współczesne wyzwania cywilizacyjne,
- zwiększenie wiedzy i świadomości dzieci i młodzieży na temat tych wyzwań, ich przyczyn, znaczenia, konsekwencji oraz koniecznych do podjęcia działań,
- zmotywowanie uczniów do aktywności na rzecz ochrony klimatu, powietrza, zasobów, adekwatnej do ich możliwości.

Podręcznik zawiera informacje pozwalające przygotować i poprowadzić lekcję trwającą **2 x 45** minut, w aktywnej formie. Obydwie części lekcji mogą być zrealizowane pod rząd lub z przerwą pomiędzy nimi, nie dłuższą jednak niż 1 tydzień.

Materiał zawiera opis poszczególnych aktywności, krok po kroku, wraz z przykładami sformułowań, które można wykorzystać bezpośrednio lub jedynie się nimi zainspirować. Zawiera również najważniejszą wiedzę merytoryczną potrzebną do przeprowadzenia lekcji wraz z odnośnikami do źródeł, w których można tę wiedzę pogłębić.

Uwagi do lekcji on-line

Podręcznik został napisany pod kątem przeprowadzenia lekcji w formie stacjonarnej.

Wprowadzenie drobnych modyfikacji pozwala jednak na przeprowadzenie lekcji także w wersji on-line:

- **Weryfikacja czasu trwania lekcji** – czas 2 x 45 minut dotyczy prowadzenia lekcji w formie stacjonarnej. Podczas lekcji on-line niektóre aktywności mogą zająć więcej czasu niż jest to przewidziane w scenariuszu. Warto rozważyć rozłożenie lekcji na większą ilość czasu (np. 3x45 min) lub rezygnację z wybranej aktywności (np. z jednego z ćwiczeń).
- **Praca w grupach** – alternatywą dla pracy w grupach w tradycyjnej formie jest, w przypadku lekcji on-line, wykorzystanie opcji pokoi na platformach komunikacyjnych, które dają możliwość podziału klasy na grupy. W tym wypadku wykorzystywane podczas lekcji stacjonarnych kartki flipcharta można zastąpić plikiem edytora tekstów, korzystając z opcji udostępniania.

II. INFORMACJE TECHNICZNE I ORGANIZACYJNE

Podręcznik składa się z 7 części:

1. **Informacje techniczne i organizacyjne** – pozwalające przygotować się do zajęć od strony materiałowej i technicznej.
2. **Scenariusz lekcji** – opisujący, krok po kroku, jak prowadzić poszczególne fragmenty lekcji, wraz z przykładowymi instrukcjami.
3. **Polecane źródła informacji** oraz **linki** do dodatkowych materiałów.
4. **Materiał merytoryczny** – zawierający wiedzę wykraczającą poza zakres lekcji, pozwalającą przygotować się do lekcji oraz prowadzić ją w sposób elastyczny- dostosowany do poziomu uczniów.
5. **Załącznik 1** – zawierający opis zadania domowego i wskazówki.
6. **Załącznik 2** – zawierający arkusz planu działań.
7. **Załącznik 3** – zawierający prezentację multimedialną.

Cele lekcji – 3 poziomy

Uczniowie dowiedzą się:

Wiedza

- co zanieczyszcza powietrze, którym oddychamy,
- jakie są źródła zanieczyszczenia powietrza,
- jaki wpływ na nasze zdrowie mają zanieczyszczenia powietrza,
- jakie działania na rzecz czystego powietrza należy podejmować.

Umiejętności

Uczniowie posiadą umiejętność:

- poszukiwania i selekcji wiarygodnych informacji na temat zanieczyszczenia powietrza,
- formułowania i uzasadniania swoich opinii,
- generowania pomysłów związanych z rozwiązywaniem problemu.

Postawa

Uczniowie wykażą postawę:

- większej aktywności w poszukiwaniu i weryfikowaniu wiedzy,
- większego zaangażowania w działania na rzecz czystego powietrza.

Wyposażenie oraz materiały

Nazwa	Ilość sztuk	Przeznaczenie
Kartki flipchart	Po 2 na grupę 4-5 uczniów	Ćwiczenie w grupach
Flamastry	Po 2 w różnych kolorach na grupę 4-5 uczniów	Jak wyżej
Kartki A4	Po 2 na grupę 4-5 uczniów	Ćwiczenie w grupach
Rzutnik lub tablica interaktywna	1	Projekcja prezentacji i filmu
Nagłośnienie do rzutnika lub tablicy	1	Projekcja filmu
Komputer z dostępem do Internetu	1	Projekcja filmu i prezentacji.
Komputery lub smartfony	1 na grupę	Ćwiczenia w grupach
Załączniki z podręcznika	Zgodnie ze scenariuszem	Zgodnie ze scenariuszem

Wyjaśnienie symboli użytych w **scenariuszu lekcji**:



Wykładowy
fragment lekcji



Projekcja
filmu



Prezentacja
multimedialna




Dyskusja





Ćwiczenie
indywidualne
lub grupowe

III. SCENARIUSZ LEKCJI

Część 1 45 minut




Temat:	Zanieczyszczenie powietrza i jego wpływ na nasze życie- cz. 1
Potrzebne materiały:	Komputer i rzutnik multimedialny lub tablica interaktywna do wyświetlenia prezentacji multimedialnej, czyste kartki A4, wydrukowany Załącznik 1 dla każdej grupy, wydrukowany Załącznik 2 dla każdego ucznia.
Aktywności	Przykładowe sformułowania
<p>1. Wprowadzenie do lekcji.</p> <p> 5 min.</p> <ul style="list-style-type: none">– Nazwij temat lekcji.– Uzasadnij, dlaczego chcesz poprowadzić lekcję na ten temat.– Powiedz jakimi zagadnieniami będziecie się zajmować.– Nazwij cele lekcji.– Poinformuj o formie i sposobie organizacji lekcji.	<p><i>Dzisiaj zapraszam was do udziału w lekcji Zanieczyszczenie powietrza i jego wpływ na nasze życie.</i></p> <p><i>Postanowiłam (-em) zorganizować tę lekcję, ponieważ potrzebujemy większej świadomości w społeczeństwie na temat tego, czym na co dzień oddychamy znajdując się na zewnątrz budynków i jakie są tego skutki.</i></p> <p><i>Zanieczyszczenie powietrza atmosferycznego bardzo mocno wpływa na nasze zdrowie, mając również istotny wpływ na naszą długość życia. Bez rozpowszechnienia wiedzy na ten temat trudno będzie z nim walczyć.</i></p> <p><i>A temat jest tym ważniejszy, że ponad 30 na 50 najbardziej zanieczyszczonych miast w UE znajduje się w Polsce. Warto też pamiętać, że nie we wszystkich miastach prowadzi się monitoring jakości powietrza.</i></p> <p><i>Na tej lekcji chcę z wami poruszyć takie zagadnienia jak samo zjawisko zanieczyszczenia powietrza, jego źródła i skutki oraz działania konieczne do podjęcia w celu ograniczenia tego problemu.</i></p> <p><i>Celem tej lekcji jest wyposażenie was w najważniejszą wiedzę na ten temat, nauczenie szukania wiarygodnych informacji oraz zachęcenie was do podejmowania działań na rzecz czystości powietrza.</i></p> <p><i>Lekcję zamierzam poprowadzić w aktywnej formie. Będę was angażował (-a) a do ćwiczeń i indywidualnych wypowiedzi. Wykorzystam też film edukacyjny i prezentację. Lekcja będzie podzielona na 2 części. Druga część odbędzie się ...</i></p>
<p>2. Quiz testujący wiedzę.</p> <p> 5 min.</p>	<p><i>Zapraszam was do krótkiego testu wiedzy. Będę wyświetlał (-a) wam pytania, a was proszę jedynie o odpowiedzi „tak” lub „nie”.</i></p> <p><i>Celem jest to, żebyście sami zorientowali się jaką macie wiedzę na temat zanieczyszczeń powietrza. Nie</i></p>


<p>Wykorzystaj prezentację – Załącznik 3</p> <p>Nazwij cel prezentacji oraz intencje aktywności.</p> <p>Wyświetlaj pojedyncze slajdy zadając pytania na nich wyświetlone, z prośbą o odpowiedź tak lub nie. Potwierdzaj prawidłowe odpowiedzi, dementuj nieprawidłowe, ale bez wyjaśnień. Odpowiedzi znajdziesz na końcu scenariusza.</p>	<p><i>obawiajcie się błędnych odpowiedzi. Nie robimy tego na ocenę.</i></p> <p><i>Ja będę tylko weryfikował (-a) wasze odpowiedzi. Nie będę wyjaśniał (-a) szczegółów. Tym zajmiemy się podczas naszej lekcji.</i></p>
<p>3. Prezentacja/ wykład nt. zanieczyszczeń powietrza.</p> <div style="text-align: center;">  <p>10 in.</p> </div> <ul style="list-style-type: none"> – Wyjaśnij uczniom najważniejsze pojęcia dotyczące zanieczyszczeń powietrza. – Wykorzystaj materiał merytoryczny z niniejszego podręcznika. – Wykorzystaj prezentację multimedialną z niniejszego podręcznika lub własną. 	<p><i>Chcę wam teraz wyjaśnić najważniejsze pojęcia dotyczące zanieczyszczeń powietrza. Pozostałą część wiedzy znajdziecie sami, podczas ćwiczenia.</i></p> <p>1. Pojęcia dotyczące zanieczyszczenia powietrza.</p> <p><i>Czyste powietrze składa się ...</i></p> <p><i>Zanieczyszczenie powietrza to ...</i></p> <p><i>Smog to ...</i></p> <p><i>Emisją nazywamy ...</i></p> <p><i>Stężenie definiujemy jako ...</i></p> <p><i>Niska emisja to...</i></p> <p><i>Wysoka emisja to ...</i></p> <p><i>Przez dopuszczalny poziom zanieczyszczeń rozumiemy ...</i></p>
<p>4. Ćwiczenie nt. różnych aspektów zanieczyszczenia powietrza.</p> <div style="text-align: center;">  <p>20 min</p> </div> <p><i>(10 min. praca w grupach, 2x5 min. prezentacje dwóch pierwszych grup)</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – Podziel uczniów na cztero- lub pięcioosobowe grupy i rozdaj grupom kartki A4. – Rozdaj grupom Załącznik 1 z dokładnym opisem zadania oraz źródłami. – Daj precyzyjną instrukcję (możesz też ją wyświetlić na slajdzie lub zapisać na tablicy). 	<p><i>Teraz zajmiemy się najważniejszymi aspektami zanieczyszczenia powietrza.</i></p> <p><i>Podzielę was na grupy. Każda grupa otrzyma konkretne zadanie do wykonania. Opis zadania wraz z linkami do źródeł informacji znajduje się na tych kartkach. Podczas zadania korzystacie z komputera/smartfonu. Na czystej kartce A4 zapisujcie informacje, które zdobędziecie. Macie na to 10 minut. Później każda grupa wybierze przedstawiciela, który zaprezentuje znalezione przez was informacje.</i></p> <p><i>Po zakończeniu ćwiczenia:</i></p> <p><i>Teraz zaprezentujecie to, czego udało wam się dowiedzieć. Jako pierwszą poproszę grupę, której zadaniem było ... Zaczynjcie.</i></p> <p><i>Dziękuję. Teraz wyświetlę wam właściwy slajd, żeby zilustrować/uzupełnić/zweryfikować podane przez was informacje.</i></p> <p><i>Kolejność tematów:</i></p>

<ul style="list-style-type: none"> – Poproś grupy o zaprezentowanie swojego dorobku. – Po prezentacji dorobku przez każdą z grup, wyświetlaj adekwatny tematycznie do zadania slajd. Uzupełniaj lub weryfikuj informacje. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Jakie substancje zanieczyszczają powietrze w największym stopniu? 2. Co wpływa na poziom zanieczyszczenia powietrza? 3. Jakie są główne źródła zanieczyszczeń powietrza? 4. Jak zanieczyszczenia wpływają na nasze zdrowie? 5. Jakie są dopuszczalne stężenia substancji zanieczyszczających powietrze i jaki jest poziom zanieczyszczeń w Warszawie w tym momencie? <p><i>Dwie grupy zdążyły zaprezentować zdobyte informacje. Pozostałe zrobią to na drugiej części lekcji. Zostawcie mi swoje kartki z notatkami- oddam je na drugiej części lekcji.</i></p>
<p>5. Podsumowanie 1 części lekcji i zadanie domowe dla chętnych.</p> <div data-bbox="368 797 481 900" data-label="Image"> </div> <p>5 min.</p> <ul style="list-style-type: none"> – Podziękuj uczniom za zaangażowanie i podsumuj pierwszą część lekcji. – Poinformuj o terminie kolejnej lekcji oraz o jej zakresie. – Poinformuj o zadaniu domowym dla chętnych, rozdaj Załącznik 2 i powiedz, do czego zadanie będzie wykorzystane. <p>W przypadku, gdy obydwie części lekcji odbywają się jedna po drugiej, zadaj zadanie na końcu drugiej części.</p>	<p><i>Bardzo wam dziękuję za zaangażowanie.</i></p> <p><i>Dzisiaj poznaliście ... W drugiej części lekcji zajmiemy się ...</i></p> <p><i>Dla osób chętnych mam zadanie domowe, którego celem będzie pogłębienie wiedzy na temat zanieczyszczenia powietrza.</i></p> <p><i>Rozdam wam teraz instrukcje do zadania.</i></p> <p><i>Wiedzę i informacje zdobyte podczas wykonywania zadania domowego wykorzystacie podczas drugiej części lekcji.</i></p> <p><i>Jeżeli znajdziemy czas, omówimy wasze prace na lekcji. Jeśli nie, pozbieram je od was i z najlepszych zrobię jeden dokument, który udostępnię wszystkim.</i></p>

Część 2 45 minut

Temat:	Zanieczyszczenie powietrza i jego wpływ na nasze życie- cz. 2
Potrzebne materiały:	Komputer i rzutnik multimedialny lub tablica interaktywna do wyświetlenia prezentacji multimedialnej, kartki flipcharta- po jednej na grupę, wydrukowany Załącznik 3 dla każdego ucznia.

Aktywności	Przykładowe sformułowania
<p>1. Wprowadzenie do lekcji.</p>  <p>5 min.</p> <ul style="list-style-type: none"> – Przypomnij temat lekcji. – Przypomnij, czym zajmowaliście się w pierwszej części. – Powiedz jakimi zagadnieniami będziecie się zajmować. – Przypomnij cele lekcji. – Poinformuj o formie i sposobie organizacji lekcji. 	<p><i>Dzisiaj zapraszam was do udziału w drugiej części lekcji Zanieczyszczenie powietrza i jego wpływ na nasze zdrowie i życie.</i></p> <p><i>Na części pierwszej lekcji zajmowaliśmy się najważniejszymi pojęciami dot. zanieczyszczenia powietrza. Wykonaliście ćwiczenie polegające na znalezieniu, pracując w tematycznych grupach, informacji na temat różnych aspektów zanieczyszczeń powietrza. Zdążyliśmy omówić ...</i></p> <p><i>W tej części lekcji chcę z wami dokończyć omawianie ćwiczenia i omówić działania, konieczne do podjęcia w celu zadbania o lepszą jakość powietrza.</i></p> <p><i>Przypominam, że celem tej lekcji jest wyposażenia was w najważniejszą wiedzę na ten temat, nauczenie szukania wiarygodnych informacji oraz inicjowania działań na rzecz czystego powietrza. Mam też nadzieję, że ta lekcja zachęci was do podejmowania takich działań.</i></p>
<p>2. Dokończenie ćwiczenia nt. różnych aspektów zanieczyszczenia powietrza.</p>  <p>15 min</p> <ul style="list-style-type: none"> – Rozdaj wypełnione kartki A4 z ćwiczenia. – Poproś grupy, które nie zaprezentowały swojego dorobku na 1 cz. lekcji o jego przedstawienie. – Po prezentacji dorobku przez każdą z grup, wyświetlaj adekwatny tematycznie do zadania slajd. Uzupełniaj lub weryfikuj informacje. 	<p><i>Zapraszam do kontynuacji ćwiczenia z 1 części lekcji. Jako pierwszą poproszę grupę, której zadaniem było ... Zaczynjcie.</i></p> <p><i>Dziękuję. Teraz wyświetlę wam właściwy slajd, żeby zilustrować/uzupełnić/zweryfikować podane przez was informacje.</i></p>
<p>2. Prezentacja/ wykład nt. działań na rzecz czystego powietrza koniecznych do podjęcia.</p>  <p>10 min.</p>	<p><i>Teraz chcę się zająć działaniami, które są konieczne do podjęcia w celu zadbania o czystość powietrza, którym oddychamy.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Działania systemowe konieczne do podjęcia. <p><i>Żeby zlikwidować albo znacznie ograniczyć problem zanieczyszczeń powietrza, trzeba, na poziomie ogólnopolskim i lokalnym, podejmować szereg działań.</i></p>

<ul style="list-style-type: none"> – Przekaż uczniom najważniejsze informacje nt. koniecznych działań systemowych na rzecz czystego powietrza. – Przekaż uczniom najważniejsze informacje nt. możliwych działań indywidualnych na rzecz czystego powietrza. – Wykorzystaj materiał merytoryczny oraz prezentację multimedialną z niniejszego podręcznika lub własną. 	<ul style="list-style-type: none"> • Działania indywidualne. <p><i>Niezależnie od koniecznych, systemowych działań, każdy z nas może podjąć różne kroki w celu zadbania o czystość powietrza.</i></p> <p><i>Jest to o tyle ważne, że wiele działań systemowych trudno jest wdrożyć w życie bez społecznego poparcia i bez współdziałania mieszkańców. Trudno jest dokonywać zmian samymi tylko nakazami, zakazami i karami.</i></p>
<p>3. Ćwiczenie nt. działań na rzecz budowania społecznej świadomości i aktywizacji do działania.</p> <div style="text-align: center;">  <p>10 min.</p> <p><i>(5 min. praca w grupach, 5 min. prezentacja pomysłów)</i></p> </div> <ul style="list-style-type: none"> – Podziel uczniów na cztero- lub pięcioosobowe grupy i rozdaj grupom kartki do flipcharta oraz flamastry. – Daj precyzyjną instrukcję (możesz też ją wyświetlić na slajdzie lub zapisać na tablicy). – Po zakończeniu pracy w grupach rozwieś kartki w widocznych miejscach (lub poproś o to uczniów) i poproś grupy o zgromadzenie się przy swoich kartkach. – Poproś jedną z grup o zaprezentowanie swojego dorobku, a pozostałe o uzupełnianie listy pomysłów. – Możesz wybrać, wspólnie z uczniami, jeden z pomysłów do zrealizowania jako projekt w szkole. 	<p><i>Wiecie już co zanieczyszcza nasze powietrze, jakie są źródła zanieczyszczeń oraz jakie są ich konsekwencje dla naszego zdrowia. Wiecie też, jakie działania trzeba podjąć w celu poprawy jakości powietrza.</i></p> <p><i>Waszym zadaniem będzie stworzenie w grupach listy pomysłów nt.:</i></p> <p><i>Jak przekonać ludzi do działań na rzecz czystego powietrza, takich jak:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Niepalenie śmieci, gałęzi, liści, traw.</i> 2. <i>Zamiana pieców/kotłów zasilanych węglem lub drewnem na ogrzewanie nieemitujące zanieczyszczeń.</i> 3. <i>Ograniczenie korzystania z samochodów.</i> <p><i>Po zakończeniu ćwiczenia:</i></p> <p><i>Stańcie przy swoich kartkach.</i></p> <p><i>Która grupa chce zaprezentować wynik swojej pracy?</i></p> <p><i>Zapraszam. Zaprezentujcie swoje pomysły.</i></p> <p><i>Dziękuję wam bardzo. Z braku czasu pozostałe grupy poproszę jedynie o uzupełnienie tej listy. Czy macie na swoich kartkach takie pomysły, które się wcześniej nie pojawiły?</i></p> <p><i>Który z tych pomysłów moglibyśmy zrealizować jako projekt w naszej szkole?</i></p>
<p>4. Podsumowanie 2 części lekcji.</p>	<p><i>Bardzo wam dziękuję za zaangażowanie. Zachęcam was do pogłębiania wiedzy na ten temat na własną rękę. Pamiętajcie, żeby zawsze korzystać ze sprawdzonych, wiarygodnych źródeł informacji, takich jak materiały,</i></p>



5 min.

- Podziękuj uczniom i podsumuj lekcję.
- Zachęć do pogłębiania wiedzy oraz do podejmowania działań.
- Zbierz zadania domowe.

portale, czy strony www tworzone przez instytuty naukowe, wyższe uczelnie, instytucje rządowe lub samorządowe odpowiedzialne za monitoring powietrza i jakość powietrza.

Angażujcie się we wszelkie działania i akcje na rzecz czystego powietrza, bo od tego zależy wasze zdrowie i jakość waszego życia.

Kto ma do oddania zadanie domowe?

Uwaga:

Jeżeli nie znajdzie się dodatkowy czas na zaprezentowanie i omówienie zadań domowych, można najlepsze z nich (pod kątem merytorycznym oraz formy) sfotografować i zesłać klasie za zgodą autorów. Można też uzgodnić z uczniami wykonanie pracy w formie prezentacji multimedialnej i na koniec zrobić z najlepszych prac jeden dokument do wglądu dla wszystkich uczniów.

Odpowiedzi do quizu testującego wiedzę:

1. Czy smog to to samo, co zanieczyszczenie powietrza? NIE - patrz materiał merytoryczny.
2. Czy brak smogu oznacza, że powietrze jest czyste? NIE - patrz materiał merytoryczny.
3. Czy zanieczyszczenie powietrza to problem jedynie dużych miast? NIE – w małych miasteczkach i na wsiach używa się kotłów i pieców węglowych na dużą skalę.
4. Czy zanieczyszczenia powietrza są powodowane głównie przez przemysł? NIE - patrz materiał merytoryczny.
5. Czy spalanie suchego drewna (w kominkach) i wysokiej jakości węgla powoduje zanieczyszczenia powietrza? TAK – różnica jest tylko w ilości zanieczyszczeń oraz ich charakterze).
6. Czy jadąc samochodem lub siedząc w domu jesteśmy zabezpieczeni przed wpływem zanieczyszczonego powietrza? NIE –zanieczyszczenia przedostają się do pomieszczeń przez systemy wentylacyjne oraz, w mniejszym stopniu, przez nieszczelne drzwi i okna. Zwykłe filtry powietrza w samochodach nie zatrzymują większości zanieczyszczeń, chyba że są to specjalne filtry HEPA. Choć również filtry HEPA nie wychwytyją wszystkiego.
7. Czy wystarczy wymienić samochody o napędzie spalinowym na pojazdy z napędem elektrycznym i problem transportowego zanieczyszczenia powietrza zniknie? NIE – znaczna część pyłów zawieszonych zanieczyszczających powietrze jest efektem ścierania się klocków hamulcowych, okładzin sprzęgła oraz opon samochodowych.

IV. MATERIAŁ MERYTORYCZNY

Niniejszy materiał merytoryczny zawiera najważniejszą wiedzę nt. zanieczyszczenia powietrza wraz z odniesieniem do źródeł. Jest on zbyt obszerny na zaprezentowanie go uczniom w całości w ciągu dwóch jednostek lekcyjnych, podczas realizacji scenariusza zajęć. Jego zakres ma zapewnić nauczycielowi lub edukatorowi zaplecze merytoryczne, które pozwoli na elastyczny dobór treści, dostosowany do wieku uczniów, ich wyjściowego stanu wiedzy oraz na odpowiadanie na najczęściej pojawiające się pytania i wątpliwości. Pamiętaj, żeby nie przeciążać uczniów zbyt dużą ilością wiedzy- czasami mniej znaczy więcej. Warto dokonywać selekcji materiału skupiając się na uzupełnianiu i weryfikowaniu informacji, które zostaną zebrane przez uczniów podczas ćwiczeń. Uczniowie lepiej zapamiętają i bardziej utożsamiają się z wiedzą, której sami będą autorami.

Dla osób, które będą chętne do pogłębiania wiedzy na temat zanieczyszczeń powietrza, zarówno nauczycieli jak i uczniów, zamieszczamy na końcu materiału listę źródeł dodatkowej wiedzy.

Część 1 lekcji

1. Najważniejsze pojęcia.

Do rzeczowej rozmowy na temat jakości powietrza oraz rozumienia zagadnień związanych z jego zanieczyszczeniem niezbędna jest znajomość podstawowych pojęć.

Czyste powietrze

Warto wiedzieć, że czyste powietrze, a więc takie którego skład nie szkodzi ludzkim organizmom, składa się z takich pierwiastków, jak: azot (ok.78%), tlen (ok. 21%) i śladowych ilości (w sumie ok.1%) innych substancji, takich jak: argon, dwutlenek węgla, wodór, neon, hel, krypton, ksenon. Oczywiście bardzo ważne są ich proporcje.

Zanieczyszczenie powietrza

Są różne definicje zanieczyszczonego powietrza. Według Światowej Organizacji Zdrowia (WHO), zanieczyszczone powietrze to takie, którego skład chemiczny może ujemnie wpłynąć na zdrowie człowieka, roślin i zwierząt, a także na inne elementy środowiska (wodę, glebę).

Smog

Bardzo często, w języku potocznym, smogiem nazywamy zanieczyszczone powietrze. Tymczasem, w swoim pierwotnym znaczeniu, termin „smog”, stanowiący połączenie angielskich słów: *smoke*- dym i *fog*- mgła, oznacza połączenie zanieczyszczeń powietrza ze specyficznymi warunkami atmosferycznymi. Te warunki to zwiększona wilgotność, brak wiatru oraz tzw. inwersja termiczna, czyli zjawisko atmosferyczne polegające na wzroście temperatury powietrza wraz ze wzrostem wysokości nad poziomem gruntu (zwykle jest odwrotnie- im wyżej, tym jest chłodniej). Inwersja powoduje, że powietrze nie przemieszcza się w pionie. Brak wiatru powoduje, że powietrze nie przemieszcza się również w poziomie. Ten bezruch w połączeniu z emisjami szkodliwych gazów i pyłów powoduje, że nad miastami zawisa mgiełka o szarym lub rudawym kolorze, a powietrze miewa zapach spalenizny. Warto pamiętać, że brak smogu nie oznacza braku zanieczyszczeń w powietrzu.

Emisja

Emisją nazywamy wprowadzanie do powietrza zanieczyszczeń a emitarami nazywamy miejsca, z których te zanieczyszczenia wylatują (np. kominy, rury wydechowe samochodów). Emisję mierzymy masą danej substancji przypadającą na jednostkę czasu.

Stężenie

Stężenie danej substancji w powietrzu oznacza jej zawartość w danej jednostce objętości. W przypadku substancji zanieczyszczających powietrze najczęściej podajemy je w $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (mikrogram, czyli jedna milionowa część grama na metr sześcienny) lub ng/m^3 (nanogram, czyli jedna miliardowa część grama na metr sześcienny). W przypadku niektórych rodzajów zanieczyszczeń stosuje się mg/m^3 , czy pg/m^3 (pikogram, czyli 10^{-12} grama).

Niska i wysoka emisja

Niska emisja to emisja szkodliwych pyłów i gazów na małej wysokości. Pochodzi ona z emitatorów (np. kominów czy rur wydechowych samochodów) znajdujących się na wysokości nie większej niż 40 m od poziomu terenu. Zanieczyszczenia, które są wprowadzane do powietrza na tej wysokości zwykle zbierają się wokół miejsca powstania, najczęściej w okolicach dróg i zabudowań mieszkalnych. Dlatego właśnie niska emisja jest bardzo dużym problemem.

Emisja wysoka dotyczy emitatorów znajdujących się na większych wysokościach: najczęściej dużych kominów w elektrowniach i elektrociepłowniach, czy zakładach przemysłowych. Jest ona obecnie dużo mniejszym problemem, ponieważ proces spalania i inne procesy technologiczne w obiektach przemysłowych czy elektrowniach są uregulowane przez odpowiednie normy środowiskowe oraz kontrolowane przez właściwe organy zajmujące się ochroną środowiska. Emitowane zanieczyszczenia są oczyszczane ze szkodliwych substancji za pomocą np. elektrofiltrów i odpylaczy, a poziom emisji stale monitorowany. Poza tym obiekty przemysłowe posiadają często kominy na dużych wysokościach (nawet 120 m lub więcej), co powoduje, że zanieczyszczenia, a w szczególności pyły, zwykle rozprawdane są na bardzo dużych przestrzeniach, nie powodując wysokich stężeń.

Dopuszczalny i docelowy poziom zanieczyszczeń

Dopuszczalne poziomy zanieczyszczeń dla danej substancji określają jakich jej stężeń nie należy przekraczać w odniesieniu do czasu, w którym uśredniane są wyniki pomiaru. Poziom dopuszczalny dla danej substancji stanowi **standard jakości powietrza**.

Dla niektórych substancji ustala się tzw. **poziom docelowy** - jest to poziom, który ma być osiągnięty w określonym czasie za pomocą ekonomicznie uzasadnionych działań technicznych i technologicznych.

Substancje zanieczyszczające powietrze.

Substancje zanieczyszczające powietrze, szkodliwych dla zdrowia, jest wiele. Należą do nich gazy, w tym niemetanowe lotne związki organiczne oraz cząstki stałe w postaci pyłów zawieszonych, w tym metale ciężkie (m. in. ołów, rtęć, kadm, arsen, nikiel).

Niektóre substancje dostają się do atmosfery wprost z emitatorów (**zanieczyszczenia pierwotne**), inne tworzą się już w powietrzu, w wyniku reakcji chemicznych i oddziaływań fizycznych (**zanieczyszczenia wtórne**).

Największy problem, pod kątem wielkości emisji oraz szkodliwości dla zdrowia, stanowią **pyły zawieszone** (oznaczane jako PM), zawierające wiele szkodliwych substancji (m.in. benzo(a)piren) oraz **gazy** takie jak: dwutlenek azotu (NO_2), dwutlenek siarki (SO_2), ozon troposferyczny (O_3), amoniak. Dlatego też głównie poziom zawartości tych substancji w powietrzu jest monitorowany.

Pyły zawieszane

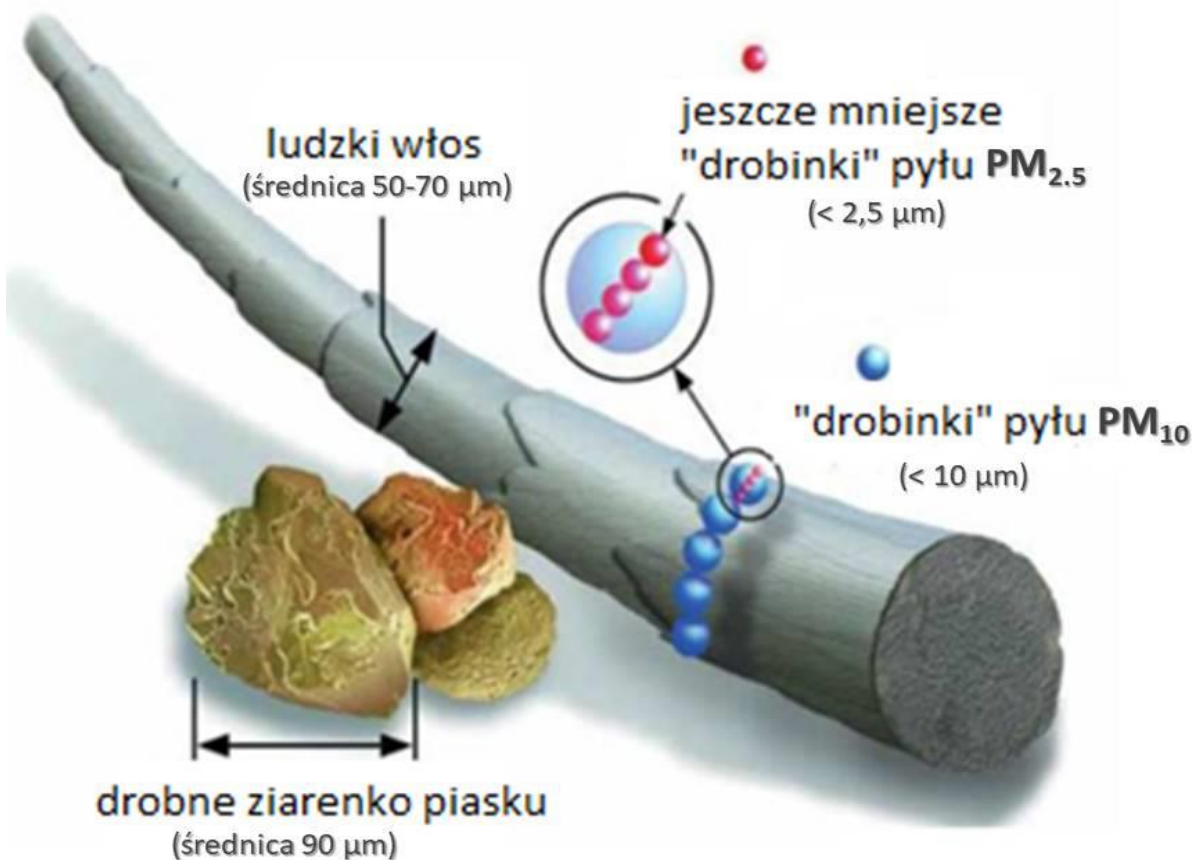
Pyły zawieszane (z ang. PM – Particulate Matter) są to bardzo małe cząstki stałe i ciekłe o nieregularnych kształtach, dużo mniejsze niż cząstki kurzu, przez co nie opadają łatwo na ziemię i długo unoszą się w powietrzu. Liczba przy nazwie pyłu oznacza jego wielkość:

PM₁₀ to cząstki o średnicy mniejszej lub równej 10 μm (mikrometrów).

PM_{2,5} to cząstki o średnicy mniejszej lub równej 2,5 μm .

Żeby uzmysłować sobie wielkość tych cząstek, warto porównać je z czymś, co jest widoczne. Jeżeli porównamy wielkość pyłu z ludzkim włosem, który ma średnicę 50-70 μm , to widzimy, że największa możliwa cząstka PM₁₀ jest od niego średnio 6 razy mniejsza, a największa możliwa cząstka PM_{2,5} aż 24 razy.

Rozmiary PM powodują, że z łatwością przedostają się one do naszego układu oddechowego, a nawet do układu krwionośnego (cząstki PM_{2,5}), wraz z zanieczyszczeniami, które zawierają.



Rysunek 1. Na podstawie opracowania Agencji Ochrony Środowiska Stanów Zjednoczonych (źródło: <https://www.epa.gov/pm-pollution/particulate-matter-pm-basics>)

Skład pyłów może być zróżnicowany, w zależności od rodzaju stosowanego paliwa oraz rodzaju źródła, z którego jest emitowany. Zawierają one wiele różnych substancji, zależnych od źródeł emisji w danym miejscu, źródeł pylenia oraz warunków atmosferycznych. Najczęściej występujące, szkodliwe składniki pyłu to metale ciężkie oraz węglowodory aromatyczne. Poza tym pyły mogą zawierać, w zależności od źródła emisji, wiele substancji organicznych, takich jak pyłki czy cząsteczki pleśni. Pyły zawieszane powstają w wyniku spalania paliw stałych (węgla, drewna), paliw samochodowych, ścierania się opon i klocków samochodowych, unoszenia się, pod wpływem

warunków atmosferycznych lub ruchu pojazdów, zanieczyszczeń zalegających na powierzchni ziemi (tzw. unos wtórny).

Benzo(a)piren

Benzo(a)piren należy do tzw. wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (WWA) – jest to grupa ponad 200 związków, z których większość jest rakotwórcza. Benzo(a)piren emitowany jest w wyniku spalania substancji pochodzenia organicznego: drewna, węgla, oleju opałowego, benzyny, ropy, liści i traw. Jest też obecny w dymie papierosowym.

Gazy

Dwutlenek azotu (NO₂) to połączenie azotu- bardzo powszechnie występującego pierwiastka, z tlenem. Powstaje on w wyniku spalania każdego rodzaju paliwa.

Dwutlenek siarki (SO₂) to połączenie łatwopalnej siarki z tlenem. Powstaje najczęściej w wyniku spalania węgla, który zawsze zawiera pewną domieszkę siarki. Im jego jakość jest gorsza, tym zawartość siarki jest większa. Dlatego też najbardziej szkodliwe jest spalanie najtańszych gatunków węgla i tzw. odpadów węglowych: mułu i miału węglowego.

Ozon troposferyczny (O₃). Ozon jest gazem bardzo potrzebnym. Jego obecność, w formie tzw. warstwy ozonowej w wyższych partiach atmosfery (stratosferze) chroni nas przed niezwykle szkodliwym dla organizmów żywych promieniowaniem nadfioletowym. Jednak w najniższej warstwie atmosfery (troposferze) jest zanieczyszczeniem powietrza, ponieważ ma negatywny wpływ na zdrowie. Jego zbyt wysokie stężenie negatywnie wpływa na reakcje zapalne oczu oraz na drogi oddechowe i układ krążenia. Wpływa też negatywnie na roślinność oraz przyspiesza korozję materiałów. Ozon nie trafia do atmosfery w wyniku emisji bezpośredniej. Jest on typowym zanieczyszczeniem wtórnym. Powstaje w wyniku oddziaływania promieni słonecznych (tzw. reakcja fotochemiczna) na takie zanieczyszczenia pierwotne, jak: tlenki azotu, lotne związki organiczne, metan, tlenek węgla. Problem zanieczyszczenia ozonem dotyczy w szczególności miesięcy letnich oraz jest najpoważniejszy w krajach o dużym nasłonecznieniu, które jednocześnie cechują się wysokimi stężeniami zanieczyszczeń pierwotnych. Z tego też względu wysokie stężenia ozonu w troposferze występują w krajach basenu Morza Śródziemnego, czy w południowych stanach USA.

Zanieczyszczenia naturalne i antropogeniczne

W zależności od tego w wyniku jakich procesów powstają zanieczyszczenia powietrza, dzielimy je na naturalne i antropogeniczne.

Zanieczyszczenia naturalne powstają bez bezpośredniej ingerencji człowieka, w wyniku naturalnych procesów, m.in. erupcji wulkanów, pożarów lasów, burz piaskowych, wyziewów bagien, pylenia roślin.

Zanieczyszczenia antropogeniczne (od gr. *ánthrōpos* – człowiek i łac. *genesis* – pochodzenie) powstają w wyniku działalności człowieka m.in. wydobywania i spalania paliw, działalności przemysłowej, transportu, gromadzenia i utylizacji odpadów.

2. Warunki wpływające na poziom zanieczyszczenia powietrza.

Na wielkość emisji zanieczyszczeń wpływa głównie ilość oraz rodzaj źródeł emisji. Natomiast na poziom zanieczyszczeń w powietrzu, czyli utrzymywanie się stężeń zanieczyszczeń przez dłuższy czas w danym miejscu ma również wpływ wiele innych czynników, takich jak:

- **Położenie geograficzne i ukształtowanie terenu.** W terenach obniżonych, takich jak kotliny, doliny rzek krążenie (cyrkulacja) i wymiana powietrza jest utrudniona, co może powodować

gromadzenie się zanieczyszczeń przez dłuższy czas w sytuacji, gdy znajdują się tam źródła emisji. Dlatego tak bardzo złą jakość powietrza odnotowuje się w górskich miejscowościach, położonych w otoczonych górami kotlinach.

- **Gęsta i wysoka zabudowa.** Wysokie i gęsto rozmieszczone budynki również utrudniają cyrkulację powietrza i jego wymianę, ograniczając tzw. kliny napowietrzające. Poza tym gęsta zabudowa odbywa się czasem kosztem zmniejszania terenów zieleni (parków, skwerów, nieużytków), które mają wpływ na regenerację powietrza w wyniku wychwytywania części szkodliwych substancji przez roślinność.
- **Pogoda.** Bezwietrzne dni, inwersja termiczna oraz duża wilgotność powietrza powodują, że zanieczyszczenia powietrza zalegają nisko nad ziemią przez dłuższy czas, nie mogąc się rozproszyć. Niska temperatura w chłodniejszych miesiącach powoduje większe zapotrzebowanie na ciepło, więc zwiększa się emisja w wyniku intensywniejszego palenia w piecach i kotłach. Dotyczy to tych rejonów, gdzie do zaspokojenia potrzeb grzewczych wykorzystywane są paliwa stałe. Wysokie nasłonecznienie zwiększa natomiast ryzyko powstania ozonu. Niedostatek opadów powoduje brak możliwości wymywania zanieczyszczeń z powietrza oraz nawierzchni (co zwiększa zjawisko unosu wtórnego). Wiele zanieczyszczeń to tzw. zanieczyszczenia napływowe (wyemitowane w innym obszarze), więc ich napływ zależy od siły i kierunku wiatru.

3. Główne źródła zanieczyszczeń powietrza w Warszawie¹.

Największym problemem dla Warszawy jest tzw. niska emisja, czyli emisja szkodliwych gazów i pyłów na wysokości do 40 m, powodowana przez liczne źródła wprowadzające do powietrza niewielkie ilości pyłów i gazów z niską prędkością wylotową. Około połowy wszystkich zanieczyszczeń w Warszawie to **zanieczyszczenia napływowe**, pochodzące głównie z otaczających stolicę miejscowości. Zanieczyszczenia ze **źródeł powierzchniowych** (ogrzewanie budynków) oraz **liniowych** (transport samochodowy) kumulują się przy powierzchni ziemi oraz wzdłuż ruchliwych dróg, co w głównej mierze wpływa na wysokość stężeń zanieczyszczeń. Natomiast zanieczyszczenia ze **źródeł punktowych** (obiektów przemysłowo-technicznych) z wysokich emitorów transportowane są na dalekie odległości i rozprzestrzeniają się powyżej miejskiej zabudowy, dlatego mają mniejszy udział w zanieczyszczeniu powietrza w Warszawie. Poza tym obiekty przemysłowe i energetyczne posiadają wysokosprawne systemy oczyszczania spalin powodujące, że do powietrza atmosferycznego trafia z nich relatywnie niewiele zanieczyszczeń.

W perspektywie rocznej na terenie Warszawy największy wpływ na wielkości stężeń pyłu zawieszonego **PM10** i **PM2,5** w obszarach przekroczeń ma²:

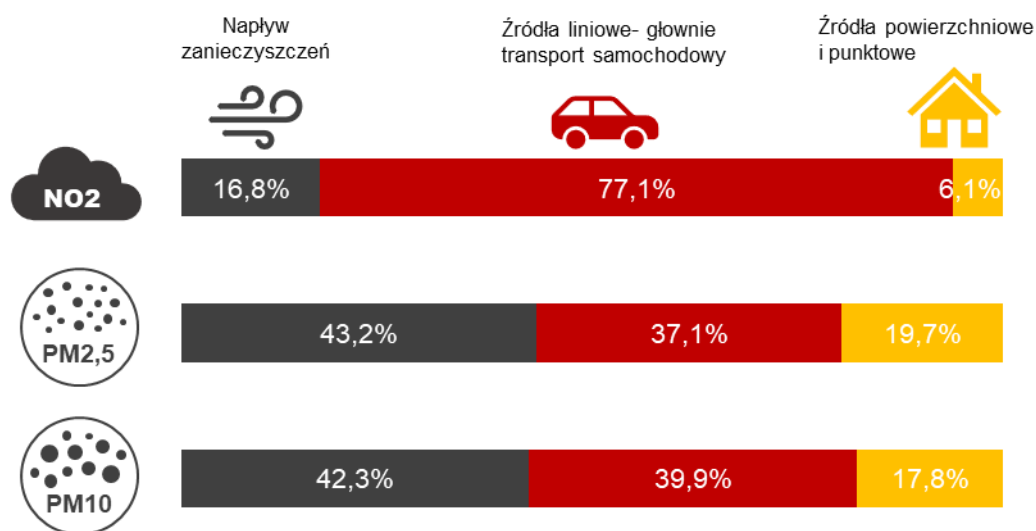
- **napływ z sąsiednich miejscowości** - ponad 42%.
- **źródła liniowe** (transport drogowy) - blisko 40%.
- **źródła powierzchniowe i punktowe** (ogrzewanie gospodarstw domowych węglem i drewnem) - 18% dla pyłu PM10 i ponad 19% dla pyłu PM2,5.

Za wielkość stężeń **NO2** w Warszawie odpowiadają:

¹ Źródło: Klimat Warszawy; http://www.architektura.um.warszawa.pl/sites/default/files/files/klimat_broszura.pdf

² Oprócz wymienionych, wyróżniamy jeszcze **nieorganizowane źródła emisji**. Są to obiekty takie, jak: kopalnie odkrywkowe, kopalnie kruszyw, żwirownie i piaskownie, duże otwarte składowiska materiałów sypkich, tereny na których została usunięta pokrywa roślinna. Nie są one ujęte na rysunku 2 ze względu na ich minimalny udział w emisji zanieczyszczeń powietrza w Warszawie.

- źródła liniowe – ok. 77%,
- napływ – ok. 17%.
- źródła powierzchniowe i punktowe – ok. 6 %.



Rysunek 2 Główne źródła zanieczyszczeń powietrza w Warszawie (opracowanie własne).

Trzy największe źródła zanieczyszczeń powietrza w Warszawie:

1. **Powierzchniowe źródła emisji.** Są to indywidualne systemy grzewcze (głównie ogrzewanie budynków za pomocą pieców i kotłów na węgiel oraz drewno). Występują one przede wszystkim w dzielnicach, gdzie jest ograniczony dostęp do miejskiej sieci ciepłowniczej i gazowej. Wiele z tych źródeł ciepła to kotły pozaklasowe, niespełniające żadnych norm dotyczących emisji zanieczyszczeń. Część mieszkańców pali w nich najniższej jakości węglem (zasiarczonym i emitującym bardzo wiele zanieczyszczeń ze względu na niską efektywność spalania), drewnem lub odpadami (sklejkami, kawałkami mebli, tworzywami sztucznymi itp.). Palenie odpadów jest prawnie zakazane, ponieważ powoduje emisję wielu bardzo toksycznych substancji. **Każdy taki przypadek powinno się zgłaszać do Straży Miejskiej pod numer 986.**
2. **Liniowe źródła emisji.** Są to głównie jeżdżące po drogach samochody. Wielkość emisji zanieczyszczeń zależy, w tym wypadku, głównie od natężenia oraz średniej prędkości ruchu. Bardzo ważny jest też rodzaj pojazdów dominujących na drogach, ich obciążenie oraz stan techniczny. Na wielkość emisji zanieczyszczeń liniowych ma wpływ również rodzaj stosowanego paliwa oraz to, czy pojazdy spełniają normy emisji spalin. Właściciele starszych pojazdów często pozbywają się tzw. filtrów cząstek stałych, co jest niezgodne z prawem. Ich wymiana na nowe jest kosztowna, natomiast ich usunięcie powoduje, że poziom emisji spalin z silnika drastycznie rośnie. Olbrzymie znaczenie ma również emisja niezwiązana z pracą silników. Pył zawieszony powstaje również w wyniku zużywania się (ścierania) opon i okładzin samochodowych (np. klocków hamulcowych). W przypadku pyłów PM₁₀ i PM_{2,5} za 75% całkowitej emisji ze źródeł liniowych odpowiada unos wtórny. Jego poziom jest zależny od rodzaju i stanu nawierzchni, rodzaju utwardzenia, stanu pobocza, częstotliwości mycia nawierzchni dróg.

- 3. Punktowe źródła emisji.** Są to obiekty przemysłowe, duże instalacje spalania paliw oraz obiekty technologiczne. Wielkość emisji wynikającej z tego typu źródeł uzależniona jest m.in. od stosowanego procesu technologicznego, ilości, rodzaju i stanu technicznego stosowanych urządzeń (w tym redukujących emisję), ilości, jakości i rodzaju zużywanych paliw.

4. Wpływ zanieczyszczeń powietrza na nasze zdrowie³.

Światowa Organizacja Zdrowia (WHO) uznaje zanieczyszczenie powietrza za najpoważniejsze zagrożenie środowiskowe dla zdrowia publicznego we współczesnym świecie. Substancje, które są zawarte w powietrzu przedostają się do naszych organizmów wraz z wdychanym powietrzem. Związki szkodliwe w nim zawarte mogą uszkodzić nasz układ oddechowy, przeniknąć do krwi, a wraz z krwią do innych organów, osłabić nasz układ immunologiczny, czy doprowadzić do mutacji genów.

Poziom szkodliwości tych substancji dla ludzkiego zdrowia zależy od dwóch czynników: ich stężenia w powietrzu oraz okresu, w którym jesteśmy narażeni na ich działanie oraz ich tzw. potencjału toksyczności. W przypadku niektórych substancji nawet krótkotrwały kontakt ze stężeniem przekraczającym normę może być szkodliwy, w przypadku innych bardziej istotne jest to, jak długo dana substancja na nas oddziałuje.

Zanieczyszczone powietrze oddziałuje na ludzki organizm w dwóch formach:

1. Pierwszą formą jest wpływ na pogorszenie stanu zdrowia i samopoczucia w okresach nagłego wzrostu zawartości zanieczyszczeń w powietrzu- tzw. incydentów smogowych. W takich sytuacjach obserwuje się znaczące pogorszenie stanu zdrowia ludności: wzrost zachorowań, zaostrzenie się objawów w chorobach przewlekłych, wzrost liczby zgonów.
2. Drugą formą szkodliwego wpływu zanieczyszczeń polega na powolnym pogarszaniu się stanu zdrowia ludzi pozostających pod stałym wpływem zanieczyszczonego powietrza.

Pyły PM10 i PM2,5 i zawarte w nich szkodliwe substancje (m.in. metale ciężkie, wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne) wpływają na rozwój oraz zaostrzenia:

- chorób dróg oddechowych (stany zapalne płuc i oskrzeli, astma);
- chorób układu krążenia (nadciśnienie tętnicze, choroby serca, udary mózgu, choroba wieńcowa);
- chorób nowotworowych;

Ponadto benzo(a)piren oraz niektóre substancje wchodzące w skład pyłów mają wpływ na uszkodzenia centralnego układu nerwowego i bezpłodność.

Gazy zanieczyszczające powietrze wpływają głównie na stan dróg oddechowych (choć niektóre lotne związki organiczne mogą wpływać na powstawanie i rozwój nowotworów):

- Dwutlenek azotu (NO₂) wpływa na rozwój i zaostrzenie chorób dróg oddechowych (zapalenie płuc, nasilenie objawów astmy i reakcji alergicznych w drogach oddechowych)
- Ozon troposferyczny (O₃) wpływa na nasilenie objawów astmy i POChP (Przewlekła Obturacyjna Choroba Płuc), spadek sprawności oddechowej, wpływ na układ krążenia, reakcje zapalne oczu,
- Dwutlenek siarki (SO₂) działa szkodliwie na układ oddechowy człowieka i upośledza funkcje oddechowe.

³ Źródło: Z. Karaczun, W. Michalak; *Wpływ zmiany klimatu i zanieczyszczenia powietrza na zdrowie mieszkańców Warszawy* Warszawa, 2019; <http://healpolska.pl/wp-content/uploads/2020/01/Wp%C5%82yw-zmiany-klimatu-i-zanieczyszczenia-powietrza-na-zdrowie-mieszka%C5%84c%C3%B3w-Warszawy.pdf>

5. Dopuszczalne i docelowe stężenia substancji zanieczyszczających powietrze i sprawdzanie ich poziomu.

W Polsce obowiązują takie same normy jakości powietrza (dopuszczalne poziomy zanieczyszczeń), jak w całej Unii Europejskiej. Określają one średnią dopuszczalną ilość szkodliwej substancji w powietrzu, uśrednioną dla określonego przedziału czasu oraz liczbę dni w roku, kiedy dopuszczalny poziom danej substancji może być przekroczony. Te parametry są różne dla poszczególnych substancji, ponieważ każda z nich oddziałuje na ludzki organizm w inny sposób.

W zależności od stopnia przekroczenia tych parametrów, dla niektórych substancji określono tzw. **poziom informowania** oraz **poziom alarmowy**. Pierwszy przypadek oznacza takie stężenie substancji w powietrzu, powyżej którego istnieje zagrożenie zdrowia ludzkiego wynikające z krótkotrwałego narażenia na działanie zanieczyszczeń wrażliwych grup ludności (dzieci, osób starszych i chorych). W drugim przypadku informuje się o takim stężeniu substancji, którego nawet krótkotrwałe przekroczenie może spowodować zagrożenie dla zdrowia ludzi.

Obowiązujące w Polsce dopuszczalne i docelowe poziomy stężenie wybranych substancji⁴

Dopuszczalne poziomy stężenie dla wybranych substancji.

Nazwa substancji	Okres uśredniania wyników pomiarów	Poziom dopuszczalny $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Dopuszczalna częstość przekraczania poziomu dopuszczalnego w roku kalendarzowym
Dwutlenek azotu (NO_2)	1 godzina	200	18 razy
	rok kalendarzowy	40	-
Dwutlenek siarki (SO_2)	1 godzina	350	24 razy
	24 godziny	125	3 razy
Benzen (C_6H_6)	rok kalendarzowy	5	-
Pył PM_{10}	24 godziny	50	35 razy
	rok kalendarzowy	40	-
Pył $\text{PM}_{2,5}$	rok kalendarzowy	20	-

Docelowe poziomy stężenie dla niektórych substancji.

Nazwa substancji	Okres uśredniania wyników pomiarów	Poziom docelowy	Dopuszczalna częstość przekraczania poziomu docelowego w roku kalendarzowym	Termin osiągnięcia poziomu docelowego
Ozon (O_3)	8 godzin	$120 \mu\text{g}/\text{m}^3$	25 dni	2010
Benzo(a)piren	rok kalendarzowy	$1 \text{ ng}/\text{m}^3$	-	2013

⁴ Źródło: http://powietrze.gios.gov.pl/pjp/content/annual_assessment_air_acceptable_level

7. Działania na rzecz czystego powietrza

Problem zanieczyszczeń powietrza jest wypadkową charakteru naszej gospodarki, opartej na pozyskiwaniu energii z paliw kopalnych – głównie węgla i ropy naftowej, naszego stylu życia związanego z masowym wykorzystaniem transportu samochodowego oraz braku świadomości na temat zanieczyszczeń powietrza i ich wpływu na nasze zdrowie. Dlatego do jego rozwiązania niezbędne są zarówno działania systemowe- przepisy i normy, inwestycje na poziomie krajowym i lokalnym, edukacja, jak też działania indywidualne, takie jak: zmiana nawyków czy inwestycje indywidualne.

Konieczne działania systemowe

Najważniejsze działania systemowe, które przyczynią się do poprawy jakości powietrza w Polsce to:

- Wprowadzanie przepisów ograniczających oraz zakazujących wykorzystywania w celach grzewczych kotłów i pieców na paliwa stałe i ciekłe (węgiel, drewno, olej opałowy).
- Wprowadzanie coraz bardziej restrykcyjnych norm emisji spalin w pojazdach.
- Tworzenie infrastruktury dla pojazdów z napędem elektrycznym czy wodorowym– szerokiej sieci stacji ładowania pojazdów.
- Rozbudowa sieci niskoemisyjnego transportu publicznego jako alternatywy dla indywidualnego transportu samochodowego oraz sieci parkingów „Parkuj i jedź”.
- Ograniczanie ruchu samochodowego w gęsto zabudowanych centrach miast.
- Zwiększanie i ochrona powierzchni zielonych (lasów, parków, ogrodów, skwerów), ze względu na zdolność roślin do wychwytywania części zanieczyszczeń z powietrza.
- Rozbudowa sieci dróg rowerowych w miastach oraz systemów alternatywnych środków transportu (np. sieci rowerów miejskich).
- Powszechna edukacja w zakresie ochrony środowiska, w tym powietrza, na wszystkich etapach nauczania szkolnego oraz w przedszkolach.
- Systemy dofinansowania wymiany pieców lub kotłów na paliwa stałe na niskoemisyjne źródła ogrzewania (OZE, podłączenie do miejskiej sieci ciepłowniczej lub gazowej).
- Systematyczne mycie ulic w celu zapobiegania unosowi wtórnemu pyłów z nawierzchni ulic.
- Transformacja energetyczna - rezygnacja z energii pochodzącej ze spalania paliw kopalnych (węgla, ropy naftowej) na rzecz czystej energii pochodzącej z niskoemisyjnych, odnawialnych źródeł energii (OZE).⁵

⁵ Źródło: Greenpeace; *W trosce o przyszłość, czyli energia ze źródeł odnawialnych*; https://storage.googleapis.com/planet4-poland-stateless/2019/09/d6cc7cda-w_trosce_o_przyszlosc_przewodnikoze_final.pdf

ODNAWIALNE ŹRÓDŁA ENERGII

Energia ze słońca - promienie słoneczne na Ziemi w sposób naturalny ulegają przemianom w inne formy energii: w ciepło, energię elektryczną. Do wytwarzania ciepła z energii słońca służą **kolektory słoneczne**. Do produkcji energii elektrycznej- **ogniwa fotowoltaiczne**.

Energia z wiatru - wiatr jest wykorzystywany do produkcji energii elektrycznej za pomocą **turbin wiatrowych**.

Energia ziemi - energia geotermalna znajdująca się w skałach oraz w gorących wodach podziemnych jest wykorzystywana jako źródło ciepła do ogrzewania domów za pomocą **pomp ciepła**.

Energia odpadów - rośliny, odpady roślinne lub zwierzęce zwane biomasą można spalać w **instalacjach energetycznych**, uzyskując energię cieplną. W tym przypadku chodzi o spalanie odpadów w specjalnych **biogazowniach**. Spalanie odpadów poza przeznaczonymi do tego instalacjami jest **nielegalne**.

Energia wody – jest wykorzystywana do produkcji energii elektrycznej dzięki zbiornikom wodnym utworzonym przez zaporę. Woda ze zbiorników jest kierowana na **turbiny wodne** wytwarzające prąd elektryczny.

Transformacja energetyczna jest bardzo ważnym elementem walki z zanieczyszczeniami powietrza, ponieważ transport elektryczny, czy też ogrzewanie budynków z miejskich sieci ciepłowniczych tylko częściowo rozwiązuje problem zanieczyszczeń powietrza w kraju, w którym większość energii elektrycznej pochodzi ze spalania paliw kopalnych.

Zmiany indywidualne

Niezależnie od konieczności zmian systemowych, wszyscy mamy wpływ na jakość powietrza poprzez świadome działania i decyzje oraz zmianę nawyków. Dzieci i niepełnoletnia młodzież może zachęcać do tego rodziców.

Możemy zainwestować w swoje otoczenie (jeżeli nie mieszkamy w domku jednorodzinny, tylko w budynku wielorodzinnym, możemy do inwestycji namawiać administratora):

- Wymienić piec lub kocioł na paliwo stałe („kopciucha”) i podłączyć budynek do miejskiej sieci ciepłej lub gazowej lub zainstalować odnawialne źródła energii (OZE): pompy ciepła, kolektory słoneczne, panele fotowoltaiczne, turbiny wiatrowe. Nie emitują one żadnych zanieczyszczeń.
- Inwestować w ocieplenie budynku oraz w energooszczędne sprzęty: źródła światła, sprzęt RTV/AGD, termostaty. Mniejsze zapotrzebowanie na energię to mniej emisji zanieczyszczeń.
- Inwestować w zielen: chronić zielen i sadzić nowe drzewa i krzewy, założyć zielony dach lub pokryć zielenią ściany budynku, posadzić łąkę kwietną wokół domu lub na działce. Rośliny wychwytyją zanieczyszczenia z powietrza.
- Wymienić samochód na taki, który spełnia wysokie normy emisji spalin lub na hybrydowy albo elektryczny, czy też na mniejszy, o niższym zużyciu paliwa.

Możemy świadomie wybierać, zmieniać codzienne nawyki i zachęcać do tego rodzinę i znajomych:

- Zamiast używać samochodu można przesiąść się na rower, transport miejski lub przemieszczać się na piechotę.
- A gdy nie da się funkcjonować bez samochodu to:
 - jeździć ekonomicznie (z umiarkowaną prędkością, bez gwałtownych przyśpieszeń),
 - wyłączać silnik na postoju,
 - dzielić się pojazdem z innymi- umawiać się z sąsiadami, znajomymi na wspólne dojazdy do szkoły lub pracy.
 - nie jechać dalej niż to konieczne – korzystać z parkingów „Parkuj i Jedź” i przesiadać się na komunikację publiczną.
 - dbać o dobry stan techniczny pojazdu, systematycznie sprawdzając poziom emisji spalin z samochodu, nie demontować filtra cząstek stałych w pojeździe z silnikiem Diesla.
- Oszczędzać energię elektryczną - np. gasić światło w pomieszczeniach i wyłączać nieużywane urządzenia z kontaktu, oszczędnie gotować.
- Dbać o stan przewodów kominowych i wentylacyjnych – korzystać z przeglądów kominarskich.
- Ograniczać palenie w kominku.
- Nie spalać śmieci (przedmiotów z plastiku, gumy, elektroniki, sklejek, malowanego lub lakierowanego drewna, płyt wiórowych), liści w ogrodzie, nie wypalać traw. Są to działania **nielegalne**, podlegające karze.
- Sprawdzać jakość powietrza (np. na stronie <https://wip.um.warszawa.pl/>) i odpowiednio reagować, zgodnie z zamieszczonymi wskazówkami.

Możemy angażować się w działania na rzecz czystego powietrza:

- Zdobywać zweryfikowaną wiedzę w wiarygodnych źródłach na temat zanieczyszczeń powietrza oraz działań koniecznych do podjęcia.
- Dzielić się nabytą wiedzą z rodziną, znajomymi, sąsiadami.
- Zadawać politykom i urzędnikom trudne pytania na temat ich działań lub pomysłów działań na rzecz czystego powietrza.
- Namawiać dorosłych (rodzinę, znajomych) do działań na rzecz czystego powietrza: wyborów, inwestycji, zmiany nawyków.
- Popierać działania systemowe na rzecz czystego powietrza: działania kontrolne Straży Miejskiej, ograniczenia ruchu pojazdów w mieście, wprowadzanie przepisów wpływających na rzecz czystego powietrza.
- Reagować na szkodliwe zachowania innych osób, takie, jak: spalanie liści, wycinka drzew i krzewów, poprzez grzeczne zwrócenie uwagi i poinformowanie o konsekwencjach dla stanu powietrza i naszego zdrowia lub zawiadomienie **Straży Miejskiej** (numer **986**) w przypadku spalania odpadów (śmieci) w paleniskach domowych i obejściach lub wypalania traw.

V. ŹRÓDŁA INFORMACJI I LINKI DO DODATKOWYCH MATERIAŁÓW

Polecając lub wykorzystując materiały dodatkowe, pamiętaj, że powstały one w różnych latach, w związku z tym wszelkie podawane w nich dane liczbowe dotyczące zanieczyszczeń mogły ulec zmianie.

Strony internetowe

Warszawski Indeks Powietrza: <https://wip.um.warszawa.pl/>

Główny Inspektorat Ochrony Środowiska: <http://powietrze.gios.gov.pl/>

Geoportale Nasze Powietrze: <https://powietrze.uni.wroc.pl/base/>

Materiały merytoryczne ogólnodostępne oraz na otwartych licencjach do niekomercyjnego wykorzystania

Biuro Infrastruktury Urzędu m.st. Warszawy; broszura *Oddychaj Warszawo*:

<http://zielona.um.warszawa.pl/sites/zielona2.um.warszawa.pl/files/BROSZURAwszystko.pdf>

Biuro Architektury i Planowania Przestrzennego Urzędu m.st. Warszawy; broszura *Klimat Warszawy*:

http://www.architektura.um.warszawa.pl/sites/default/files/files/klimat_broszura.pdf

Koalicja Klimatyczna; raport *Wpływ Zmiany Klimatu i Zanieczyszczenia Powietrza Na Zdrowie Mieszkańców Warszawy*:

<http://healpolska.pl/wp-content/uploads/2020/01/Wp%C5%82yw-zmiany-klimatu-i-zanieczyszczenia-powietrza-na-zdrowie-mieszka%C5%84c%C3%B3w-Warszawy.pdf>

Instytut Ochrony Środowiska Państwowy Instytut Badawczy; broszura *Stop Smog*:

<https://ios.edu.pl/wp-content/uploads/2018/02/stop-smog.pdf>

Centrum Edukacji Obywatelskiej; Przewodnik- *Niska emisja*:

https://wezoddech.ceo.org.pl/sites/wezoddech.ceo.org.pl/files/niska_emisja_material_merytoryczny_upd_0.pdf

Fundacja Heal Polska; poradnik: *Jak szacować koszty i wpływ węgla na zdrowie?*

http://healpolska.pl/wp-content/uploads/2018/08/krotki_przewodnik_KE.pdf

Materiały dydaktyczne na otwartych licencjach do niekomercyjnego wykorzystania (scenariusze lekcji, wskazówki dla nauczycieli, pomoce dydaktyczne itp.)

Centrum Edukacji Obywatelskiej; kampania *Weź Oddech*, materiały dydaktyczne:

<https://wezoddech.ceo.org.pl/materiały-edukacyjne>

Fundacja Otwarty Plan; materiał merytoryczny i scenariusze lekcji *SMOG w szkole, czyli o zanieczyszczeniu i poprawie jakości powietrza*:

http://otwartyplan.org/wp-content/uploads/2015/10/SCENARIUSZE_zajec_2_3_4_etap_v3.pdf

Filmy

Smog Wars: <https://www.youtube.com/watch?v=Xs70ewSdEjE>

Co z tym SMOGIEM? <https://www.youtube.com/watch?v=TImT54keGPI>

PUNKT KRYTYCZNY Trujące powietrze: <https://www.youtube.com/watch?v=sMciX7wREh0>

PUNKT KRYTYCZNY Trujesz – płać: <https://www.youtube.com/watch?v=XE3OhSlqMJw>

Czyste powietrze: co nas truje i jak z tym walczyć? <https://www.youtube.com/watch?v=mFLqKDPHx30>

Smog nas zabija: <https://www.youtube.com/watch?v=ygsk2c5-4IE>

Czy smog szkodzi? - Mity smogowe #1: <https://www.youtube.com/watch?v=IBCclOicHCo>

Czy smog szkodzi? - Mity smogowe #2: <https://www.youtube.com/watch?v=W8Ad25Byalw>

Prawdy i mity o smogu: <https://www.youtube.com/watch?v=wY3Pwb-HztY>

Zobacz czym oddychasz - Nauka. To lubię: <https://www.youtube.com/watch?v=81Gh8XiVfZ0>

Załącznik 1

ĆWICZENIE W GRUPACH

Znajdź w Internecie informacje dotyczące zagadnienia przypisanego do Twojej grupy, korzystając ze wskazanych źródeł i zapoznaj się z nimi. Najważniejsze z nich wypiszcie w punktach na kartce od flipcharta. Wybierzcie osobę, która je zaprezentuje.

Grupa 1: *Jakie substancje zanieczyszczają powietrze?*

Korzystając z zamieszczonego na stronie: <https://wezoddech.ceo.org.pl/co-jest-niska-emisja> materiału: „Niska emisja materiał merytoryczny”, wypisz substancje zanieczyszczające powietrze.

Grupa 2: *Co, oprócz samych emisji, wpływa na poziom zanieczyszczenia powietrza?*

Korzystając z zamieszczonego na stronie: <https://wezoddech.ceo.org.pl/co-jest-niska-emisja> materiału: „Niska emisja materiał merytoryczny”, wypisz czynniki wpływające na poziom zanieczyszczenia powietrza.

Grupa 3: *Jakie są źródła (emitory) zanieczyszczeń powietrza?*

Korzystając z zamieszczonego na stronie: <http://www.architektura.um.warszawa.pl/klimat> materiału: „Klimat Warszawy” (strona 38-40), wypisz źródła emisji zanieczyszczeń.

Grupa 4: *Jak zanieczyszczenia wpływają na nasze zdrowie?*

Korzystając z zamieszczonego na stronie: <http://zielona.um.warszawa.pl/kampania-oddychajwarszawo> materiału: „Broszura #Oddychaj Warszawo” (strona 3-4), wypisz najważniejsze skutki zdrowotne zanieczyszczeń powietrza.

Grupa 5: *Jakie są obowiązujące dopuszczalne stężenia substancji zanieczyszczających powietrze i jaki jest poziom zanieczyszczeń w Warszawie w tym momencie?*

Korzystając ze strony: <https://wip.um.warszawa.pl/index.html> sprawdź jaki jest stan powietrza w Warszawie.

Korzystając ze strony: <http://powietrze.gios.gov.pl/pjp/current> znajdź zakładki: Normy jakości powietrza > Roczna ocena jakości powietrza > Poziom dopuszczalny i wypisz jakie są dopuszczalne normy okresy, dla których uśrednia się wyniki pomiarów dla dwutlenku azotu, pyłu PM₁₀ oraz pyłu PM_{2,5}.

Załącznik 2

ZADANIE DOMOWE

Obejrzyj film „Smog Wars” na temat zanieczyszczenia powietrza w Polsce.

Film znajdziesz na serwisie YouTube: <https://www.youtube.com/watch?v=Xs70ewSdEjE>

Pamiętaj o włączeniu polskich napisów.

Po obejrzeniu filmu napisz w punktach odpowiedzi na następujące pytania:

- *Dlaczego ludzie zanieczyszczają powietrze?*
- *Co sprawia, że tak wiele osób, nawet wiedząc o szkodliwości zanieczyszczeń powietrza, nie chce zmienić swoich nawyków?*