



MINISTERSTWO EDUKACJI  
NARODOWEJ



**Aleksandra Tomczak**

**Ochrona atmosfery 311[31].O2.02**

**Poradnik dla ucznia**

**Wydawca**  
**Instytut Technologii Eksploatacji – Państwowy Instytut Badawczy**  
**Radom 2006**

Recenzenci:

mgr Daniela Adamska

mgr inż. Grażyna Gonera

Opracowanie redakcyjne:

mgr inż. Małgorzata Urbanowicz

Konsultacja:

dr inż. Bożena Zając

Korekta:

Poradnik stanowi obudowę dydaktyczną programu jednostki modułowej 311[31].O2.02 „Ochrona atmosfery” zawartego w modułowym programie nauczania dla zawodu technik technologii chemicznej.

Wydawca

Instytut Technologii Eksploatacji – Państwowy Instytut Badawczy, Radom 2006

# SPIS TREŚCI

<b>1. Wprowadzenie</b>	3
<b>2. Wymagania wstępne</b>	5
<b>3. Cele kształcenia</b>	6
<b>4. Materiał nauczania</b>	7
<b>4.1. Atmosfera i jej zanieczyszczenia</b>	7
4.1.1. Materiał nauczania	7
4.1.2. Pytania sprawdzające	11
4.1.3. Ćwiczenia	12
4.1.4. Sprawdzian postępów	14
<b>4.2. Wpływ zanieczyszczeń atmosfery na środowisko i zdrowie ludzi</b>	15
4.2.1. Materiał nauczania	15
4.2.2. Pytania sprawdzające	22
4.2.3. Ćwiczenia	22
4.2.4. Sprawdzian postępów	27
<b>4.3. Sposoby ograniczania zanieczyszczeń atmosfery</b>	28
4.3.1. Materiał nauczania	28
4.3.2. Pytania sprawdzające	34
4.3.3. Ćwiczenia	35
4.3.4. Sprawdzian postępów	36
<b>4.4. Przepisy prawne z zakresu ochrony atmosfery</b>	37
4.4.1. Materiał nauczania	37
4.4.2. Pytania sprawdzające	39
4.4.3. Ćwiczenia	39
4.4.4. Sprawdzian postępów	41
<b>5. Sprawdzian osiągnięć</b>	42
<b>6. Literatura</b>	47

# 1. WPROWADZENIE

Poradnik będzie Ci pomocny w przyswajaniu wiedzy o składnikach atmosfery, źródłach i rodzajach jej zanieczyszczeń a także o sposobach ograniczania tych zanieczyszczeń.

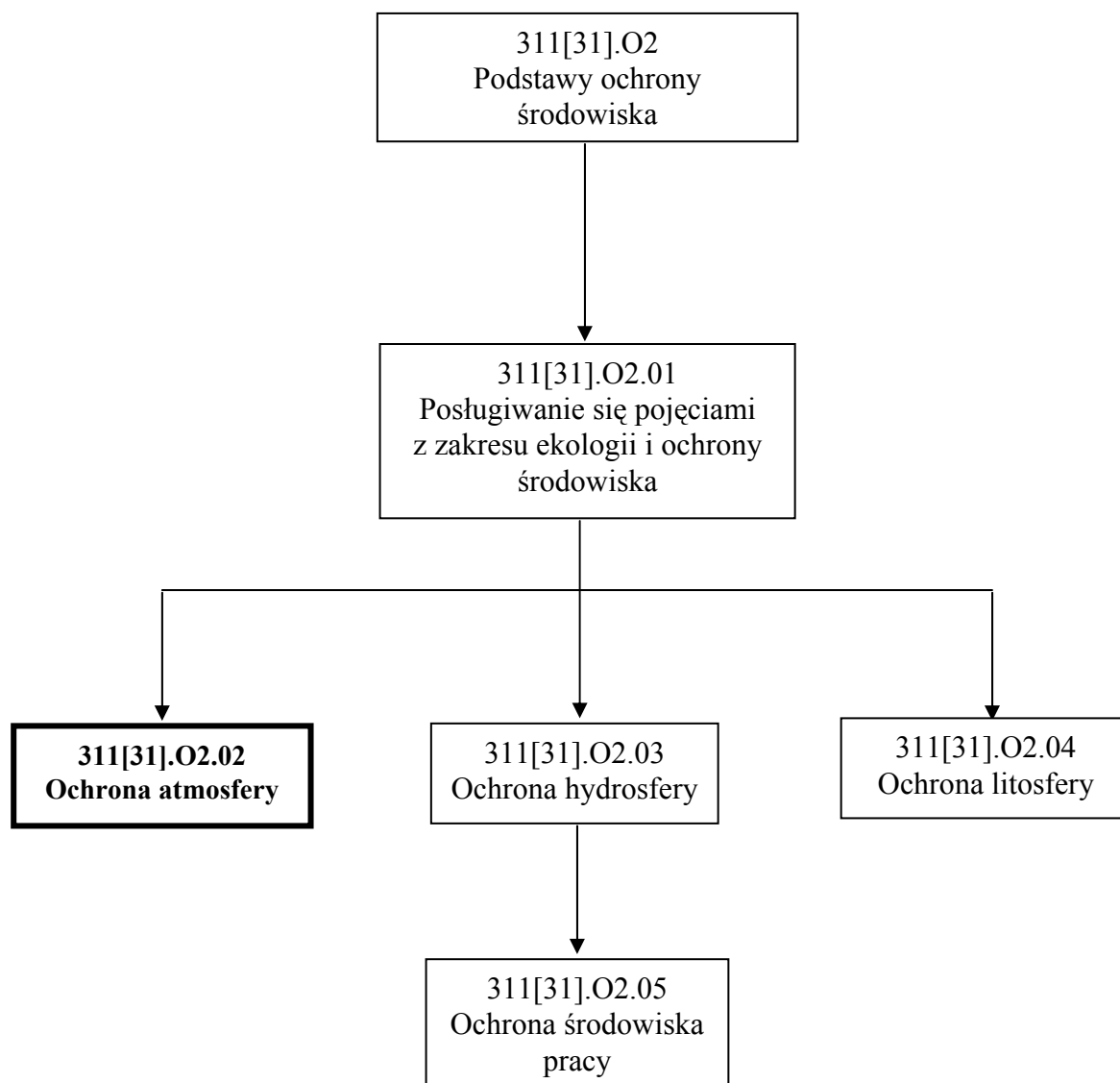
W poradniku zamieszczono:

- wymagania wstępne, czyli wykaz niezbędnych umiejętności i wiedzy, które powinieneś mieć opanowane, aby przystąpić do realizacji tej jednostki modułowej,
- cele kształcenia tej jednostki modułowej, czyli wykaz umiejętności i wiedzy, które powinieneś opanować po zapoznaniu się z zamieszczonym w tym poradniku materiałem,
- materiał nauczania (rozdział 4), który umożliwi Ci samodzielne przygotowanie się do wykonania ćwiczeń i zaliczenia sprawdzianów. W rozdziale tym, oprócz materiału nauczania zamieszczono:
  - pytania sprawdzające, które pomogą Ci ustalić, czy jesteś odpowiednio przygotowany do wykonania ćwiczeń,
  - opis ćwiczeń do wykonania wraz z wykazem materiałów potrzebnych do ich realizacji. Wykonanie zaproponowanych ćwiczeń pomoże Ci odpowiednio ukształtować umiejętności praktyczne,
  - sprawdzian postępów, czyli zestaw pytań sprawdzających, który pomoże Ci ustalić, które z zamieszczonych w materiale nauczania treści musisz jeszcze raz powtórzyć,
- sprawdzian osiągnięć, który pomoże sprawdzić osiągnięcie przez Ciebie celów kształcenia,
- literaturę dzięki, której możesz poszerzyć swoją wiedzę.

Jeżeli będziesz mieć trudności ze zrozumieniem tematu lub ćwiczenia, to poproś nauczyciela o wyjaśnienie i ewentualne sprawdzenie, czy dobrze wykonujesz daną czynność.

## Bezpieczeństwo i higiena pracy

W pracy musisz przestrzegać regulaminu pracowni, przepisów bhp i higieny pracy oraz instrukcji przeciwpożarowych. Szczególną uwagę musisz zwrócić na zasady bhp w czasie wykonywania ćwiczeń laboratoryjnych. W czasie przygotowywania stanowiska pracy zwróć uwagę na zasady ergonomii.



Schemat układu jednostek modułowych

## 2. WYMAGANIA WSTĘPNE

Przystępując do realizacji programu jednostki „Ochrona atmosfery”, powinieneś umieć:

- korzystać z różnych źródeł informacji,
- stosować przepisy bhp obowiązujące w laboratorium chemicznym,
- zorganizować stanowisko pracy zgodnie z wymogami ergonomii,
- nazywać związki chemiczne na podstawie ich wzoru sumarycznego,
- pisać równania reakcji chemicznych,
- posługiwać się terminologią z zakresu ochrony środowiska,
- posługiwać się podstawowym sprzętem laboratoryjnym,
- stosować typowe metody analityczne w procesach badawczych.

### 3. CELE KSZTAŁCENIA

W wyniku realizacji programu jednostki modułowej, powinieneś umieć:

- określić składniki atmosfery i ich znaczenie dla życia na Ziemi,
- scharakteryzować główne zanieczyszczenia powietrza i ich źródła,
- określić wpływ zanieczyszczeń powietrza na zdrowie człowieka,
- określić wpływ poszczególnych zanieczyszczeń atmosfery na powstawanie efektu cieplarnianego, dziury ozonowej i kwaśnych opadów atmosferycznych,
- ocenić stan zanieczyszczenia powietrza za pomocą metod laboratoryjnych,
- określić wpływ efektu cieplarnianego, dziury ozonowej i kwaśnych opadów atmosferycznych na środowisko przyrodnicze,
- określić wpływ przemysłu chemicznego na zanieczyszczenie atmosfery,
- wskazać działania wpływające na zmniejszenie zanieczyszczeń powietrza,
- scharakteryzować sposoby ochrony atmosfery,
- określić wpływ różnych czynników na rozprzestrzenianie się zanieczyszczeń atmosfery,
- zastosować przepisy prawne z zakresu ochrony atmosfery.

## 4. MATERIAŁ NAUCZANIA

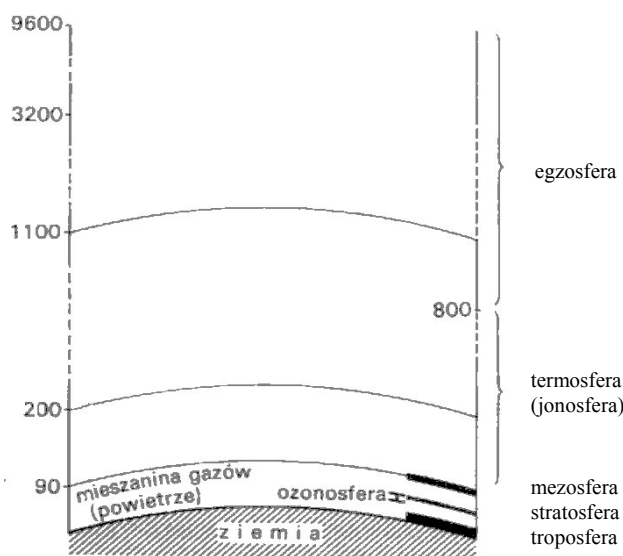
### 4.1. Atmosfera i jej zanieczyszczenia

#### 4.1.1. Materiał nauczania

##### Pojęcie i skład atmosfery

Atmosferą nazywamy cienką powłokę gazową otaczającą Ziemię i utrzymywaną przy jej powierzchni dzięki sile grawitacji. Atmosfera nie ma jednoznacznego końca, przerzedza się ona wraz z wysokością nad powierzchnią Ziemi. Trzy czwarte masy atmosfery zawarte jest w pierwszych dolnych 11 km. W atmosferze ziemskiej można wyróżnić kilka warstw, takich jak:

- troposfera, położona bezpośrednio nad powierzchnią Ziemi, wznosząca się w zależności od szerokości geograficznej od 8 km (okolice biegunów) do 18 km (okolice równika),
- stratosfera, rozciągająca się do wysokości 45-55 km nad powierzchnią Ziemi i zawierająca w sobie warstwę ozonu zwaną ozonosferą,
- mezosfera, wznosząca się do wysokości 55-80 km,
- termosfera (jonosfera), rozciągająca się na wysokość 800 km,
- egzosfera, znajdująca się powyżej 800 km nad powierzchnią Ziemi i posiadająca bardzo małą gęstość.



Rys. 1. Struktura atmosfery ziemskiej [3]

Podstawowymi składnikami powietrza są azot (78,09%-procent objętościowy) i tlen (20,94%-procent objętościowy). Należą one do tzw. stałych składników powietrza mających stały udział procentowy w atmosferze. Wśród pozostałych składników najważniejszy jest argon (0,93%-procent objętościowy) i tlenek węgla(IV) mający zmienny udział procentowy w powietrzu, zarówno w czasie jak i w przestrzeni. W warunkach normalnych powietrze zawiera również parę wodną, której ilość zależy od: strefy klimatycznej, odległości od zbiorników wodnych, temperatury a nawet działania wiatru. Inne zawarte w powietrzu gazy mają zdecydowanie mniejsze znaczenie. Średni skład czystego powietrza przedstawia tabela 1.



**Tabela 1.** Skład powietrza naturalnego [11]

składnik	masa - % w suchym powietrzu	objętość - % w suchym powietrzu
tlen	23,14	20,9476
azot	75,52	78,084
argon	1,288	0,934
tlenek węgla(IV)	0,048	0,0314
wodór	0,000003	0,00005
neon	0,00127	0,001818
hel	0,000073	0,000524
krypton	0,000330	0,000144
ksenon	0,000039	0,0000087

### Znaczenie atmosfery dla życia na Ziemi

Bez atmosfery życie na Ziemi byłoby niemożliwe. Jest ona rezerwuarem tlenu, którym oddycha większość ziemskich organizmów i tlenku węgla(IV), który jest niezbędny dla roślin. Przepuszcza promieniowanie widzialne zapewniając odpowiednią do życia, stabilną temperaturę na planecie i umożliwiając proces fotosyntezy. Chroni przed szkodliwym dla organizmów żywych promieniowaniem ultrafioletowym i korpuskularnym (strumieniem cząsteczek). Umożliwia obieg wody w przyrodzie. Ponadto atmosfera stanowi także barierą dla meteorytów, które w większości spalają się w jej górnych warstwach nie docierając do powierzchni Ziemi.

### Rodzaje zanieczyszczeń powietrza atmosferycznego

Zanieczyszczenia atmosfery to wszelkie substancje (gazy, ciecze, ciała stałe), które znalazły się w powietrzu atmosferycznym, ale nie są jego naturalnymi składnikami. Również substancje będące naturalnymi składnikami powietrza, ale występujące w znacznie zwiększonych ilościach uznawane są za zanieczyszczenia.

W zależności od przyjętego kryterium, zanieczyszczenia atmosfery można podzielić na wiele różnych sposobów. Zgodnie z podstawowym podziałem rozróżniamy:

- zanieczyszczenia gazowe, w których skład wchodzi gazy i pary substancji chemicznych (np. tlenki węgla (CO i CO<sub>2</sub>), tlenki siarki (SO<sub>2</sub> i SO<sub>3</sub>), tlenki azotu (N<sub>2</sub>O, NO, NO<sub>2</sub>), amoniak, siarkowodór, węglowodory i ich pochodne),
- zanieczyszczenia pyłowe będące cząstkami ciał stałych o bardzo różnym składzie i właściwościach chemicznych (np. popiół, sadza, pyły z produkcji cementu, pyły metalurgiczne, pyły azbestowe, związki ołowiu, kadmu i innych metali ciężkich),
- zanieczyszczenia ciekłe czyli kropelki cieczy rozpylone w powietrzu (np. kwasów, zasad, rozpuszczalników organicznych),
- zanieczyszczenia biologiczne, na które składają się mikroorganizmy i produkty ich metabolizmu.

Ze względu na zasięg oddziaływania zanieczyszczenia powietrza można podzielić na:

- zanieczyszczenia o niewielkim obszarze oddziaływania, pochodzące ze źródeł lokalnych, np. palenisk domowych,
- zanieczyszczenia o zasięgu globalnym, których oddziaływanie odczuwalne jest na całej Ziemi.

Ze względu na sposób tworzenia się zanieczyszczeń, zanieczyszczenia atmosfery można podzielić na:

- zanieczyszczenia pierwotne wydostające się bezpośrednio ze źródeł zanieczyszczeń,
- zanieczyszczenia wtórne, które powstają z zanieczyszczeń pierwotnych na skutek ich przemian zachodzących w atmosferze.

### **Źródła zanieczyszczeń powietrza**

Źródła zanieczyszczeń atmosfery można podzielić, w zależności od pochodzenia, na dwa rodzaje: naturalne i antropogeniczne (związane z działalnością człowieka). Do naturalnych źródeł zanieczyszczenia powietrza zaliczamy:

- wybuchy wulkanów, z których do atmosfery wydostają się duże ilości pyłów, w postaci popiołów wulkanicznych i gazów takich jak: tlenek węgla(IV), wodór, chlorowódor, fluorowódor, siarkowódor, tlenek siarki(IV), metan, amoniak,
- procesy erozji powodujące wydostawanie się do powietrza zanieczyszczeń pyłowych takich jak cząsteczki gleby, piasek, drobinki materiału skalnego,
- naturalne pożary wprowadzające do atmosfery duże ilości gazów, głównie tlenki węgla (ale także tlenki azotu czy siarki) i pyłów głównie w postaci sadzy i popiołów lotnych,
- bagna, z których do powietrza przedostają się produkty rozkładu (głównie beztlenowego) związków organicznych takie jak metan, siarkowódor, amoniak, tlenek węgla(IV),
- procesy życiowe organizmów żywych i ich rozkład, które są źródłem tlenku węgla(IV), metanu, siarkowodoru, amoniaku a także pyłów np. pyłków roślin, zarodników grzybów,
- silne wiatry unoszące w powietrze cząsteczki piasku, gleby, materiał skalny i roślinny, sól z wody morskiej, wirusy i mikroorganizmy.

Do źródeł antropogenicznych zaliczamy:

- energetykę i ciepłownictwo, które emitują do powietrza ogromne ilości pyłów i gazów takich jak: tlenki węgla, tlenki siarki, tlenki azotu,
- przemysł chemiczny, wydobywczy, hutniczy, metalurgiczny, spożywczy, materiałów budowlanych, jądrowy i inne. Skład zanieczyszczeń emitowanych do atmosfery przez zakłady przemysłowe zależy od stosowanej technologii produkcji,
- komunikację, będącą źródłem szkodliwych gazów takich jak: tlenki azotu, tlenki węgla, tlenki siarki, węglowodory, ozon a także pyłów np. cząsteczek gumy,
- rolnictwo produkujące duże ilości metanu, tlenku węgla(IV) (z metabolizmu zwierząt hodowlanych i rozkładu substancji organicznej), mikroorganizmy i wirusy (związane z hodowlą) a także pyły nawozowe, cząsteczki wzruszonej w wyniku prac polowych gleby, aerozole środków ochrony roślin itp.,
- gospodarkę komunalną a w szczególności składowiska odpadów, z których do atmosfery przedostają się pyły, zanieczyszczenia biologiczne (bakterie, wirusy, pleśnie) i różnorodne związki chemiczne takie jak metan, tlenek węgla(IV), siarkowódor itp.

### **Rozprzestrzenianie się zanieczyszczeń w atmosferze**

Zanieczyszczenia nigdy nie pozostają w miejscu ich wytworzenia, ale przemieszczają się w środowisku, nawet o tysiące kilometrów. Ze względu na szybkość i odległości na jakie, dzięki ruchom mas powietrza, przenoszą się zanieczyszczenia atmosfery, mają one znaczący wpływ na degradację pozostałych elementów środowiska.

Na rozprzestrzenianie się zanieczyszczeń w powietrzu istotny wpływ mają warunki meteorologiczne. Szczególne znaczenie ma działanie wiatrów, które porywają ze sobą cząsteczki pyłów i gazów i przenoszą je na duże odległości, zależne od kierunku i siły podmuchów. Również opady atmosferyczne mają swój udział w rozprzestrzenianiu się zanieczyszczeń. Wypłukują one z powietrza drobne pyły i gazy i razem z nimi opadają na powierzchnię gruntu, zbiorników

wodnych, roślin, skał i budowli. Zjawisko to nosi nazwę depozycji mokrej. Nawet nasłonecznienie i temperatura powietrza nie pozostają bez wpływu na przemieszczanie się zanieczyszczeń. Przy typowym rozkładzie temperatury, cząsteczki pyłu i gazy unoszone są wraz z masami ciepłego powietrza (nagrzanego od powierzchni Ziemi) w górne warstwy atmosfery gdzie ulegają rozproszeniu. Inaczej wygląda sytuacja w przypadku wystąpienia zjawiska inwersji temperatury (odwrócenie rozkładu temperatur, wzrost temperatury wraz ze wzrostem wysokości). Wtedy wytworzone zanieczyszczenia nie mogą unieść się wyższe warstwy atmosfery i pozostają przy powierzchni ziemi. Może to doprowadzić do zjawiska tzw. smogów.

Do pozostałych czynników mających wpływ na migrację zanieczyszczeń można zaliczyć:

- warunki topograficzne (wysokie pasma górskie ograniczają a szerokie równiny ułatwiają przemieszczanie się pyłów i gazów wraz z wiatrem),
- zalesienie terenu (część zanieczyszczeń wprowadzonych do powietrza jest wyłapywanych przez rośliny np. CO<sub>2</sub> czy pyły osiadające na liściach i łodygach),
- wysokość emitera (im wyższy komin tym dalej od niego następuje opad zanieczyszczeń).

### Stan zanieczyszczenia atmosfery w Polsce

Od czasu transformacji ustrojowej ogólna ilość zanieczyszczeń wprowadzanych w Polsce do atmosfery systematycznie spada. Ma to związek, z jednej strony ze zmniejszeniem się ilości dużych zakładów przemysłowych na terenie kraju, z drugiej strony z zastosowaniem w istniejących zakładach nowoczesnych, znacznie skuteczniejszych urządzeń ograniczających emisję. Nie bez znaczenia jest również wzrost świadomości ekologicznej mieszkańców, wzrost cen energii i bardziej rygorystyczne przepisy prawne dotyczące emisji. Dane obrazujące zmniejszanie się skażenia atmosfery w latach 1990-2003 przedstawia tabela 2.

**Tabela 2.** Całkowita emisja<sup>a</sup> głównych zanieczyszczeń powietrza [13]

wyszczególnienie	1990	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
	w gigagramach (1Gg=10 <sup>6</sup> kg)									
Dwutlenek siarki .....	3210	2376	2368	2181	1897	1719	1511	1564	1456	1375
Tlenki azotu <sup>b</sup> .....	1280	1120	1154	1114	991	951	838	805	796	808
Dwutlenek węgla.....	381482	348926	373202	362300	338095	329739	314812	317844	308277	319082
Tlenek węgla.....	.	4547	4837	4700	4301	4364	3463	3528	3410	3318
Niemetanowe lotne związki organiczne.....	1121	1076	1089	1079	1032	1038	904	873	898	892
źródła antropogeniczne .....	831	769	766	774	730	731	599	576	600	585
przyroda .....	290	307	323	305	302	307	306	297	298	307
Amoniak.....	550	380	364	350	371	341	322	328	325	323
Pyły <sup>c</sup> .....	1950	1308	1250	1130	871	815	464 <sup>d</sup>	491 <sup>d</sup>	473 <sup>d</sup>	476 <sup>d</sup>

<sup>a</sup> Dane szacunkowe. <sup>b</sup> Wyrażone w NO<sub>2</sub>. <sup>c</sup> Dla lat 1990-1999 emisja ze źródeł stacjonarnych, dla lat 2000-2003 emisja ze źródeł stacjonarnych i mobilnych. <sup>d</sup> Dane nieporównywalne z latami poprzednimi

Za wprowadzanie do atmosfery największej ilości zanieczyszczeń odpowiada w Polsce energetyka przemysłowa. Również ciepłownictwo (w tym piece zainstalowane w domach prywatnych) i transport drogowy są poważnymi źródłami pyłów, tlenków siarki, tlenków azotu, gazów cieplarnianych i węglowodorów. Procesy przemysłowe emitują co prawda mniejszą ilość zanieczyszczeń, ale są to związki szczególnie szkodliwe dla środowiska, np. metale ciężkie. Co ciekawe drugim co do wielkości „producentem” metali ciężkich wprowadzanych do powietrza są w Polsce ciepłownie komunalne i paleniska domowe. Wynika to ze stosowania w niewielkich kotłowniach paliw znacznie gorszej jakości niż w dużych zakładach energetycznych (zanieczyszczonych między innymi metalami ciężkimi), a także z braku odpowiednich urządzeń

do oczyszczania spalin. Piece w domach prywatnych często zasilane są nie tylko węglem czy drewnem, ale także różnymi palnymi odpadami, w tym również tworzywami sztucznymi, które w czasie spalania wydzielają substancje toksyczne (np. cyjanowodór, fluorowodór, chlorowcopochodne węglowodorów). Spalanie tych odpadów stwarza więc poważne zagrożenie dla środowiska.

Największe ilości zanieczyszczeń emitowane są do powietrza na terenach województw: Śląskiego, Dolnośląskiego, Mazowieckiego, Małopolskiego i Wielkopolskiego. To tam właśnie zlokalizowanych jest najwięcej zakładów szczególnie uciążliwych dla środowiska. Tam również wysoka jest ogólna emisja zanieczyszczeń do atmosfery, w tym również związków wysoce toksycznych (np. związki metali ciężkich).

**Tabela 3.** Emisja wybranych zanieczyszczeń dla wybranych województw w 2003 r.  
[praca własna na podstawie danych GUS]

zanieczyszczenie	województwo				
	Śląskie	Dolnośląskie	Mazowieckie	Małopolskie	Wielkopolskie
Dwutlenek siarki [Gg]	211,9	84,8	227,4	72,9	169,7
Tlenki azotu [Gg]	117,3	54,6	130,4	48,1	73,3
Tlenki węgla [Gg]	345,8	238,2	454,7	248,8	326,6
Niemetanowe lotne związki organiczne [Gg]	87,9	56,0	119,0	59,5	76,1
Amoniak [Gg]	9,6	12,4	42,8	13,6	53,3
Pyły [Gg]	92,2	34,9	59,9	34,7	43,0
Dioksyny i furany (PCDD/F) [kg]	71,1	34,1	60,6	41,8	38,6
Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA) [kg]	23704	11131	19499	13288	17656
Arsen [kg]	6962	19418	4041	2259	2321
Kadm [kg]	8458	6295	5554	3724	3154
Ołów [kg]	158918	185686	35718	56389	21403
Rtęć [kg]	3469	1523	1536	1406	1111

#### 4.1.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Jakie gazy wchodzi w skład czystego powietrza?
2. Co rozumiemy pod pojęciem zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego?
3. Na jakie rodzaje, ze względu na stan skupienia, podzielić można zanieczyszczenia powietrza?
4. Na jakie rodzaje, ze względu na sposób powstawania, podzielić można zanieczyszczenia powietrza?
5. Jakie są źródła zanieczyszczeń powietrza?
6. Jakie gałęzie polskiej gospodarki emitują do powietrza najwięcej zanieczyszczeń?
7. Jakie zanieczyszczenia przedostają się do atmosfery z zakładów energetycznych?
8. W których rejonach Polski emitowanych jest do powietrza najwięcej zanieczyszczeń?
9. Jakie czynniki wpływają na rozprzestrzenianie się zanieczyszczeń?

### 4.1.3. Ćwiczenia

#### Ćwiczenie 1

Wyszukaj informacje o głównych źródłach zanieczyszczeń powietrza atmosferycznego na terenie województwa, w którym mieszkasz i o ilościach zanieczyszczeń jakie wprowadzają do atmosfery.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) odszukać w internecie stronę www wojewódzkiego inspektoratu ochrony środowiska,
- 2) odszukać na stronie WWW raport dotyczący stanu środowiska w województwie,
- 3) odszukać w raporcie informacje na temat zanieczyszczeń powietrza w województwie,
- 4) odszukać w raporcie informacje na temat głównych źródeł zanieczyszczenia powietrza w województwie,
- 5) odszukać informację o rodzaju i ilościach zanieczyszczeń wprowadzanych do atmosfery przez główne źródła zanieczyszczeń zlokalizowane na terenie województwa,
- 6) zebrane informacje przedstawić w formie tabelarycznej,
- 7) zaprezentować wyniki pracy na forum klasy.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- komputer z dostępem do internetu,
- kartka formatu A4,
- przybory do pisania.

#### Ćwiczenie 2

Zbadaj wielkość opadu pyłu w wybranym przez siebie miejscu.

Sposób wykonania ćwiczenia:

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) przypomnieć sobie regulamin pracowni chemicznej, zasady bhp obowiązujące przy posługiwaniu się sprzętem laboratoryjnym,
- 2) zapoznać z instrukcją wykonania oznaczenia zamieszczoną poniżej,
- 3) przygotować stanowisko pracy zgodnie z zasadami bhp i ergonomii,
- 4) dobrać odpowiedni sprzęt do wykonania ćwiczenia,
- 5) przeprowadzić pomiar ściśle według instrukcji,
- 6) przeprowadzić obliczenia opadu pyłu, według wzorów zamieszczonych w instrukcji,
- 7) sprzątnąć swoje stanowisko pracy,
- 8) sporządzić sprawozdanie z wykonanego ćwiczenia, nie zapominając o podaniu wniosków (o zasady sporządzenia sprawozdania zapytaj nauczyciela).

Wyposażenie stanowiska pracy:

- instrukcja wykonania oznaczenia,
- miernik Bergerhoffa lub jego części składowe,
- waga analityczna,
- suszarka laboratoryjna,
- zlewka 250 cm<sup>3</sup>,

- sączi,
- kartka formatu A4,
- przybory do pisania.

### Instrukcja wykonania ćwiczenia

Wybrać miejsce pomiarowe do oznaczenia zawartości opadu pyłu, uwzględniając położenie potencjalnych źródeł zanieczyszczeń. Zainstalować miernik Bergerhoffa w punkcie pomiarowym według schematu zamieszczonego na rysunku 2.

Pozostawić miernik na miesiąc, w celu zebrania odpowiedniej wielkości próbki. Po miesięcznej ekspozycji miernika, zebrany w słoju pył wraz z opadem deszczowym przesączyć przez uprzednio zważony sącze do zważonej zlewki. Wsuszyć sącze z pyłem w suszarce laboratoryjnej i zważyć z dokładnością do 0,0001 g. Odparować przesącz i zważyć zlewkę.

Masa pyłu nierozpuszczalnego w wodzie:

$$m_{pn} = m_{ps} - m_s$$

gdzie:

$m_{pn}$ – masa pyłu nierozpuszczalnego w wodzie [g],

$m_{ps}$ – masa sącza z pyłem po wysuszeniu [g],

$m_s$ – masa sącza [g].

Obliczanie masy substancji rozpuszczalnych w wodzie:

$$m_{sr} = m_{sz} - m_z$$

gdzie:

$m_{sr}$ – masa substancji rozpuszczalnych w wodzie, zawartych w badanej próbce [g],

$m_{sz}$ – masa zlewki z pyłem po odparowaniu [g],

$m_z$ – masa zlewki [g].

Całkowita masa pyłu:

$$m_p = m_{pn} + m_{sr}$$

Wielkość opadu pyłu:

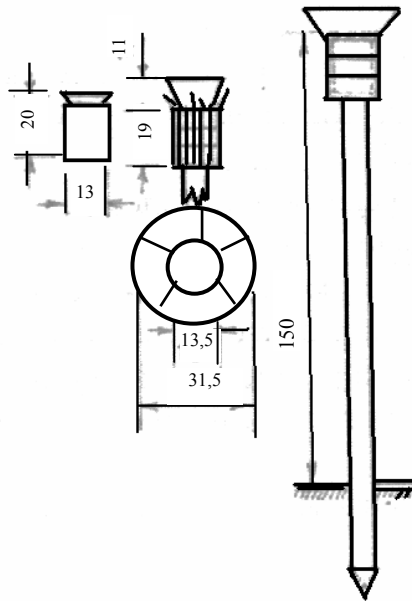
$$o = \frac{m_p}{F \cdot t}$$

gdzie:

$o$ – opad pyłu [ $\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{miesiąc}$ ]

$F$ – pole otworu słoja w mierniku Bergerhoffa [ $\text{m}^2$ ],

$t$ – czas [miesiąc].



Rys. 2. Schemat miernika Bergerhoffa [5]

#### 4.1.4. Sprawdzian postępów

**Czy potrafisz:**

- 1) podać, jakie gazy wchodzą w skład powietrza atmosferycznego?
- 2) podać zawartość procentową głównych składników powietrza?
- 3) określić znaczenie atmosfery dla życia na Ziemi?
- 4) wymienić główne źródła zanieczyszczeń powietrza?
- 5) określić, jakie zanieczyszczenia powietrza emitowane są z głównych źródeł zanieczyszczeń?

<b>Tak</b>	<b>Nie</b>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

## 4.2. Wpływ zanieczyszczeń atmosfery na środowisko i zdrowie ludzi

### 4.2.1. Materiał nauczania

#### Charakterystyka najważniejszych zanieczyszczeń powietrza

Lista substancji zanieczyszczających powietrze atmosferyczne jest bardzo długa. Część z nich to substancje, które w stanie naturalnym w ogóle nie występują (np. freony, pestycydy). Wiele z nich nie ulega rozkładowi biologicznemu lub rozkłada się bardzo wolno, przed długi czas pozostając w środowisku. Znaczna ich część to silne trucizny. Charakterystyka niektórych zanieczyszczeń atmosfery uwzględniająca ich właściwości, źródła pochodzenia oraz ich wpływ na ludzi i środowisko podana jest w tabeli 4.

**Tabela 4.** Charakterystyka najważniejszych zanieczyszczeń powietrza [praca własna]

Nazwa	Najważniejsze właściwości fizyczne	Najważniejsze właściwości chemiczne	Źródła	Wpływ na środowisko	Wpływ na zdrowie ludzi
tlenek węgla (IV)	bezbarwny, bezwonny, niepalny gaz, cięższy od powietrza	mało aktywny pod względem chemicznym, wchodzi w reakcje z wodą tworząc słaby kwas	ogólnie spalanie paliw, energetyka, komunikacja, różne gałęzie przemysłu, oddychanie organizmów żywych, rozkład substancji organicznej	wpływa na zwiększenie efektu cieplarnianego	nie jest trucizną, ale w większych stężeniach utrudnia oddychanie, wywołuje bóle głowy lub omdlenia
tlenek siarki(IV)	bezbarwny gaz o ostrym zapachu, znacznie cięższy od powietrza	łatwo wchodzi w reakcje z wodą tworząc kwas	spalanie zsiarczonych paliw (energetyka), przemysł chemiczny (produkcja H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ), przetwórstwo ropy naftowej, hutnictwo, produkcja papieru, erupcja wulkanów	prowadzi do powstawania kwaśnych opadów i smogu kwaśnego (mgły przemysłowej), niszczy liście roślin, jest szkodliwy dla zwierząt i niektórych bakterii	wywołuje: podrażnienie dróg oddechowych, niszczy ochronę przeciw bakteryjną dróg oddechowych, działa drażniąco na oczy i wywołuje obrzęk płuc
tlenki azotu	NO- bezbarwny, bezwonny gaz NO <sub>2</sub> - brunatny gaz o silnie drażniącym zapachu	NO <sub>2</sub> wchodzi w reakcje z wodą tworząc kwasy, NO- jest nietrwały, łatwo ulega utlenianiu do NO <sub>2</sub>	spalanie paliw (energetyka, komunikacja), produkcja nawozów azotowych, przeróbka ropy i gazu, hutnictwo, wybuchy wulkanów, reakcje fotochemiczne w atmosferze, rozkład związków organicznych	wywołują zjawisko kwaśnych opadów i smog fotochemiczny, NO <sub>2</sub> - powoduje obumieranie roślin, działa drażniąco na drogi oddechowe zwierząt	działają drażniąco na drogi oddechowe, wywołują zaburzenia w transporcie gazów we krwi



Nazwa	Najważniejsze właściwości fizyczne	Najważniejsze właściwości chemiczne	Źródła	Wpływ na środowisko	Wpływ na zdrowie ludzi
tlenek węgla (II) (czad)	bezbarwny, bezwonny gaz	mało reaktywny, powoli utlenia się do tlenku węgla(IV)	procesy spalania zachodzące przy ograniczonym dostępie powietrza, głównym źródłem jest komunikacja samochodowa i dym papierosowy	przemieszcza się na duże odległości, szkodliwy dla zwierząt	blokuje przesyłanie tlenu przez krew na skutek przemiany hemoglobiny w karbhemoglobinę powodując przewlekłe zatrucia, nudności, wymioty, wysokie stężenia lub długotrwałe narażenie na czad może być przyczyną śmierci
Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA)	właściwości fizyczne WWA są zróżnicowane i zmieniają się wraz z ilością atomów węgla w pierścieniu, w powietrzu występują głównie w postaci aerozolu	właściwości chemiczne WWA zmieniają się wraz z ilością atomów węgla w cząsteczce, ulegają powolnemu rozkładowi pod wpływem tlenu, światła, temperatury, część rozpuszcza się w wodzie	procesy spalania zachodzące przy ograniczonym dostępie tlenu, energetyka, hutnictwo, komunikacja, spalarnie odpadów, przeróbka ropy naftowej, występują w dymie papierosowym	wywołują smog fotochemiczny, są toksyczne dla zwierząt	mają działanie mutagenne i rakotwórcze, wywołują ostre i przewlekłe zatrucia, uszkadzają nadnercza, układ chłonny, oddechowy i krwionośny
Chlorofluorowęglowodory (freony)	łatwo lotne ciecze,	w warunkach normalnych są nieaktywne chemicznie, ulegają przemianie dopiero w górnych warstwach atmosfery, pod wpływem promieniowania UV	chłodnictwo, przemysł kosmetyczny, chemiczny, środki gaśnicze	wywołują zjawisko dziury ozonowej	nie są toksyczne
siarkowodór	bezbarwny gaz o zapachu zgniłych jaj,	dobrze rozpuszczalny w wodzie i rozpuszczalnikach organicznych, jest silnym reduktorem	procesy gnilne, przemysł chemiczny	w powietrzu przekształca się w kwas siarkowy i wywołuje kwaśne opady,	jest trucizną, w niewielkich stężeniach działa drażniąco na drogi oddechowe, wywołuje zapalenie spojówek i obrzęk płuc
metan	bezbarwny, bezwonny gaz	jest palny, z powietrzem i tlenem tworzy mieszaniny wybuchowe	procesy rozkładu związków organicznych (bagna), przemysł chemiczny, hodowla	zwiększa efekt cieplarniany	nie jest toksyczny

Nazwa	Najważniejsze właściwości fizyczne	Najważniejsze właściwości chemiczne	Źródła	Wpływ na środowisko	Wpływ na zdrowie ludzi
ozon	niebieskawy gaz o charakterystycznym zapachu	jest nietrwały, łatwo wchodzi w reakcje z NO i przekształca się w tlen, doskonale rozpuszcza się w wodzie, ma właściwości silnie utleniające	zanieczyszczenia komunikacyjne, wyładowania atmosferyczne	niszczy rośliny i mikroorganizmy, jest składnikiem smogu fotochemicznego	działa silnie drażniąco na błony śluzowe i układ oddechowy
pyły szkodliwe	ciało stałe średnicy ok. 5 $\mu\text{m}$	zawierają w swym składzie krzemionkę, cząsteczki drewna, bawełny itp.	różne gałęzie przemysłu, energetyka, budownictwo	osadzają się na roślinach utrudniając fotosyntezę	działają drażniąco na układ oddechowy, zmniejszają odporność na choroby, wywołują alergię i astmę
pyły toksyczne	ciało stałe	zawierają w swym składzie związki kancerogenne (np. Pb, Zn, As, Cd, Hg, azbest) i radioaktywne	przemysł chemiczny, hutnictwo metali nieżelaznych, przemysł zbrojeniowy, budownictwo (azbest), składowanie odpadów, środki ochrony roślin	osadzają się na roślinach utrudniając fotosyntezę, metale ciężkie z tych pyłów kumulują się w organizmach roślinnych i zwierzęcych	mają działanie rakotwórcze, ponadto wywołują podrażnienie dróg oddechowych, nieżyty oskrzeli, rozedmę płuc, pylicę

### Udział przemysłu chemicznego w zanieczyszczeniu atmosfery

Ze względu na różnorodność procesów produkcyjnych i duże ilości wytwarzanych produktów, przemysł chemiczny jest jednym z głównych źródeł szczególnie niebezpiecznych zanieczyszczeń przedostających się do środowiska. Podstawowymi zanieczyszczeniami emitowanymi do powietrza z przemysłu chemicznego są:

- tlenek węgla(IV),
- tlenki i inne związki siarki,
- tlenki i inne związki azotu,
- halogenki,
- produkty spalania niepełnego, takie jak tlenek węgla(II) i węglowodory,
- lotne związki organiczne (LZO), takie jak: węglowodory, organiczne rozpuszczalniki (aceton, chlorek metylenu, trichloroetylen, czterochlorek węgla, benzen), benzyna,
- związki krzemooorganiczne (potencjalnie kancerogenne),
- cząstki zawieszone, takie jak pyły, sadze, metale ciężkie (potencjalnie kancerogenne)

Emisję gazów z przemysłu chemicznego można podzielić na:

- zorganizowaną pochodzącą bezpośrednio z procesów technologicznych i spalania paliw,
- rozproszoną pochodzącą z aparatury procesowej w trakcie jej opróżniania, napełniania lub konserwacji, powstającą w trakcie przeladunku surowców i produktów, w trakcie rozruchu instalacji, a także w czasie unieszkodliwiania lub składowania odpadów,
- niezorganizowaną związaną z wyciekami z nieszczelności układów przesyłu surowców i produktów, z nieszczelności aparatury procesowej.

### Przemiany zanieczyszczeń w atmosferze

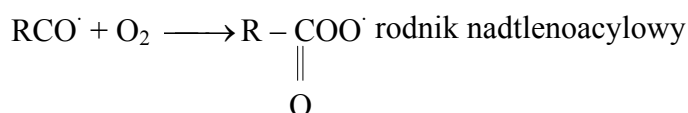
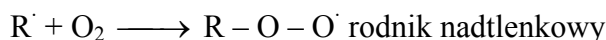
Wiele zanieczyszczeń przechodzi w atmosferze przemiany pod wpływem promieniowania UV (np. tlenki azotu, freony), wody zawartej w atmosferze (np. tlenki siarki, tlenek węgla(IV), tlenki azotu), tlenu z powietrza (np. tlenek azotu(II)) czy w końcu oddziaływania innych zanieczyszczeń (np. ozon). Przemiany te prowadzą do powstawania niekorzystnych zjawisk o charakterze lokalnym (smogi, kwaśne deszcze) lub globalnym (efekt cieplarniany, dziura ozonowa).

### Przyczyny powstawania i skutki smogów

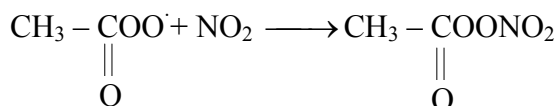
W zależności od warunków klimatycznych, pogodowych i rodzaju zawieszonych w atmosferze zanieczyszczeń rozróżniamy dwa rodzaje smogów:

- smog fotochemiczny (smog typu Los Angeles),
- smog kwaśny (mgła przemysłowa, smog typu Londyn).

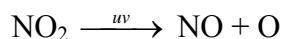
Smog fotochemiczny powstaje zazwyczaj w czasie dużego nasłonecznienia, przy wysokiej temperaturze i bezwietrznej pogodzie, w wyniku fotochemicznych przemian występujących w dużym stężeniu tlenków azotu, węglowodorów (zwłaszcza alkenów) i innych zanieczyszczeń pochodzących głównie ze spalin samochodowych. Powstaje w miejscach o dużym natężeniu ruchu samochodowego, przeważnie w dużych miastach. Jego powstawaniu sprzyja inwersja temperatury, która uniemożliwia przemieszczenie się zanieczyszczeń w górne warstwy atmosfery. Składnikami tego typu smogu są także: ozon, tlenek węgla(II), tlenki azotu, aldehydy i węglowodory aromatyczne. Ze związków tych, pod wpływem promieniowania UV, powstają bardzo aktywne chemicznie rodniki, które z kolei ulegają przemianom chemicznym tworząc silnie toksyczne związki (np. azotan(III) nadtlenku acetylu (PAN)). Schemat tych przemian wygląda następująco: [3]



W przypadku wytworzenia się rodnika nadtlenoacylowego, w powietrzu powstaje bardzo silnie trujący i rakotwórczy azotan(III) nadtlenku acetylu.



Pod wpływem promieniowania UV rozkładowi ulegają także zawarte w smogu tlenki azotu, co prowadzi, między innymi, do powstawania, w dolnych warstwach atmosfery, ozonu, który posiada silne właściwości utleniające. Reakcje te opisać można następującymi równaniami:



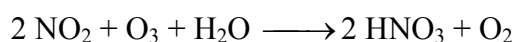
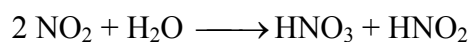
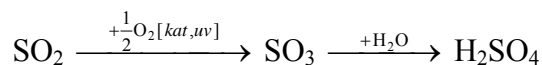
Smog fotochemiczny uszkadza rośliny, przyspiesza starzenie się gumy i tworzyw sztucznych. U ludzi wywołuje podrażnienia dróg oddechowych, łzawienie oczu. Na jego niekorzystne działanie szczególnie narażeni są ludzie starsi, dzieci i osoby chore.

Smog kwaśny powstaje najczęściej w mgliste, bezwietrzne poranki, kiedy temperatura powietrza wynosi od 3-5 °C i występuje zjawisko inwersji temperatury. W jego skład wchodzi tlenek siarki(IV), tlenek węgla(IV) i pył węglowy. Warunkiem niezbędnym do powstania smogu typu Londyn jest obecność pary wodnej w powietrzu. W jej obecności bowiem dochodzi to rozpuszczenia tlenków siarki i węgla z wytworzeniem drobinek kwasów, które tworzą z powietrzem aerozol.

Mgła przemysłowa powstaje w miejscach gdzie emitowane są duże ilości spalin z palenisk domowych, kotłowni komunalnych i przemysłowych, najczęściej w kotlinach. Smog tego typu zmniejsza przejrzystość powietrza, uszkadza aparaty szparkowe roślin i ogranicza proces fotosyntezy. U ludzi podrażnia drogi oddechowe i wpływa negatywnie na układ krążenia. W skrajnych przypadkach powoduje śmierć niemowląt i ludzi starszych.

### Przyczyny powstawania i skutki kwaśnych opadów

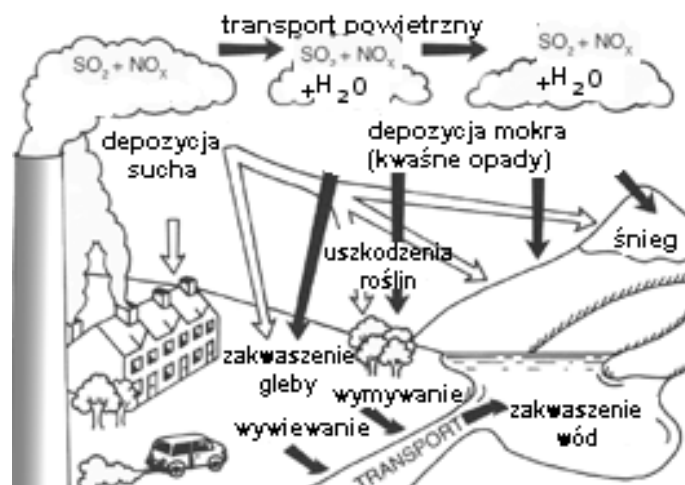
Drugim lokalnym skutkiem zanieczyszczenia atmosfery (oprócz smogów) są tzw. kwaśne deszcze. Czasami, głównie z powodu działania wiatrów, trafiają na obszary bardzo odległe od źródeł zanieczyszczeń. Z kwaśnymi opadami mamy do czynienia wtedy, gdy ich pH spada poniżej 5,6. W chwili obecnej w Europie takie zjawisko występuje bardzo często. Wywoływane jest ono przede wszystkim przez tlenki siarki i tlenek azotu(IV), które ulegają następującym przemianom w atmosferze:[3]



Wytworzone w wyniku tych reakcji kwasy: siarkowy(VI) i azotowy(V) obniżają pH opadów. W zimie, szczególnie duży (ponad 70%) jest w tym udział  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , w lecie wzrasta znaczenie  $\text{HNO}_3$  (niewiele mniej niż 70%).

Kwaśne deszcze powodują zakwaszenie gleby i wód powierzchniowych. Prowadzą do erozji skał wapiennych i budowli. Uszkadzają aparaty szparkowe liści prowadząc do martwicy i zaburzenia fotosyntezy. Szczególnie wrażliwe na działanie kwasów są drzewa iglaste. Również zakwaszenie gleb wpływa pośrednio na niszczenie roślin, grzybów i mikroorganizmów. U ludzi kwaśne opady mogą wywoływać podrażnienia dróg oddechowych i oczu.

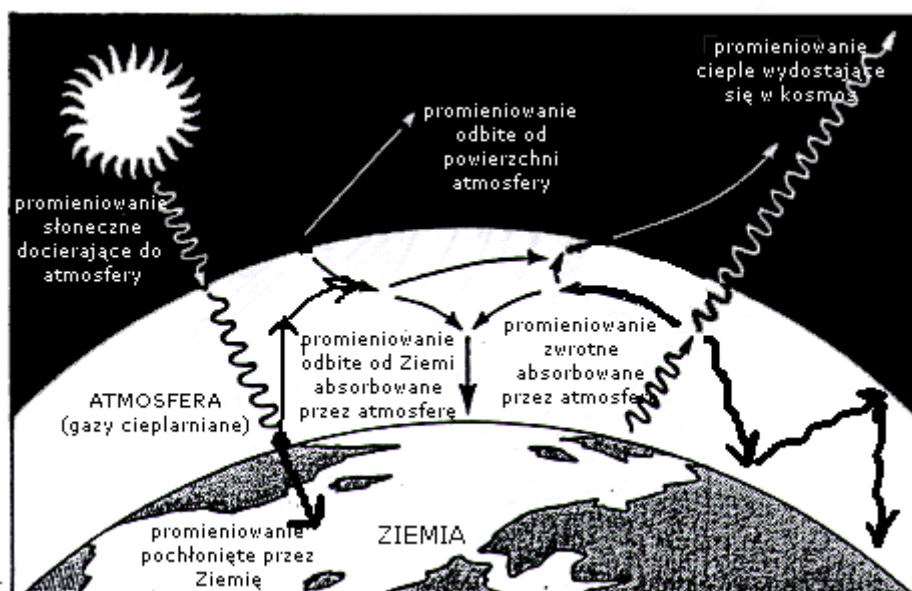
Powstawanie zjawiska kwaśnych opadów i ich oddziaływanie na środowisko przedstawia rys. 3.



Rys. 3. Powstawanie kwaśnych opadów i ich oddziaływanie na środowisko [12]

### Przyczyny powstawania i skutki efektu cieplarnianego

Ziemia pochłania znaczną większość promieniowania słonecznego, które do niej dociera (tylko niewielka część zostaje odbita). Nagrzana, przez słońce, powierzchnia planety emituje do atmosfery ciepło (podczerwień), które jest przez nią pochłaniane. Za pochłanianie ciepła przez atmosferę odpowiedzialne są, zawarte w niej, gazy cieplarniane (szklarniowe). Energia przekazana w ten sposób atmosferze jest przez nią wypromieniowywana głównie z powrotem w stronę Ziemi (tzw. promieniowanie zwrotne), a częściowo w przestrzeń kosmiczną. To właśnie promieniowanie zwrotne jest podstawową przyczyną występowania efektu cieplarnianego (rys. 4). Niestety, jak wskazują badania, efekt cieplarniany (niezbędny do życia na Ziemi) w ostatnich dekadach stale się pogłębia.



Rys. 4. Schemat powstawania efektu cieplarnianego [12]

Udział poszczególnych gazów w powstawaniu efektu szklarniowego pokazuje tabela 5.

**Tabela 5.** Udział gazów szklarniowych w efekcie cieplarnianym [9]

Nazwa gazu	Ze źródeł naturalnych i antropogenicznych	Ze źródeł antropogenicznych
para wodna	95%	0,001%
tlenek węgla(IV)	3,62%	0,117%
tlenek azotu(I)	0,95%	0,05%
metan	0,36%	0,07%
freony i inne	0,07%	0,05%
razem	100%	0,29%

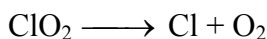
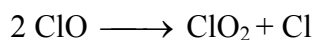
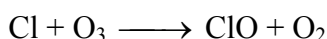
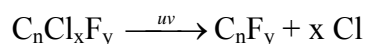
Pomimo, że to para wodna krążąca w atmosferze jest główną przyczyną występowania zjawiska efektu szklarniowego to za jego narastanie odpowiedzialne są prawdopodobnie gazy cieplarniane wydostające się do atmosfery ze źródeł antropogenicznych (szczególnie wzrastająca szybko ilość tlenu węgla(IV)). W ciągu ostatnich 100 lat średnia temperatura przy powierzchni Ziemi wzrosła o około 0,5°C, a zawartość CO<sub>2</sub> w atmosferze o ponad 20%. Wzrost ten wynika z przemysłowej (zwłaszcza ze spalania paliw kopalnych), rolniczej (karczowanie, wypalanie lasów) i komunalnej (energetyka, karczowanie lasów pod budownictwo mieszkaniowe) działalności człowieka. Trudno jednak jednoznacznie określić przyczyny notowanego ocieplenia, ponieważ w historii Ziemi klimat zmieniał się wielokrotnie tak samo jak stężenie tlenu węgla(IV) w atmosferze.

Skutki wzrostu efektu cieplarnianego mogą być katastrofalne dla klimatu całej planety. Trudno jednak przewidzieć dokładne zmiany, ponieważ klimat Ziemi jest wypadkową bardzo wielu zmiennych, często trudnych do przewidzenia, które wpływają na istniejący stan równowagi niezależnie od siebie lub nawzajem się potęgując. Analiza skutków efektu cieplarnianego prowadzi często do sprzecznych wniosków. W chwili obecnej za najbardziej prawdopodobne skutki wzrostu efektu szklarniowego przyjmuje się:

- dalszy wzrost poziomu i temperatury wody w oceanach,
- dalsze topnienie lodowców i wiecznej zmarzliny co doprowadzić może do uwolnienia dużych ilości metanu do atmosfery,
- anomalie pogodowe związane z zaburzeniem cyrkulacji powietrza w dolnych warstwach atmosfery (huragany, susze, powodzie),
- zwiększenie parowania wody z oceanów, a co za tym idzie zwiększenie zachmurzenia i wielkości opadów,
- zmiana długości i czasu następowania pór roku,
- zmiana kierunku i trasy przepływu wielkich prądów morskich odpowiedzialnych za kształtowanie klimatu na Ziemi,
- przesuwanie się stref klimatycznych i zmiany zasięgu ekosystemów.

### **Przyczyny powstawania i skutki dziury ozonowej**

Dziura ozonowa to niższe niż przeciętne stężenie ozonu w stratosferze. Od końca lat 70-tych XX wieku obserwuje się znaczny spadek zawartości ozonu w ozonosferze, zwłaszcza nad biegunem południowym. Zjawisko to powstaje na skutek rozpadu cząsteczki ozonu na tlen cząsteczkowy i atomowy. Wywoływane jest prawdopodobnie przez freony, halony i tlenki azotu przedostające się do górnych warstw atmosfery. W niższych warstwach atmosfery freony są całkowicie niegroźne, nie wchodzi w reakcje z innymi związkami, nie rozpuszczają się w wodzie, są nietoksyczne. Dopiero po dotarciu do górnych warstw atmosfery ulegają przemianom na skutek silnego promieniowania UV, zgodnie z równaniami:



Powyższe reakcje przebiegają do wyczerpania się cząsteczek ozonu lub do momentu związania chloru w wyniku innych reakcji chemicznych. Jeden atom chloru jest w stanie zniszczyć w ten sposób 100000 cząsteczek ozonu.

Ozonosfera pochłania całkowicie promieniowanie nadfioletowe o długości fali poniżej 295 nm. Równocześnie silne pochłanianie przez ozon promieniowania słonecznego powoduje wzrost temperatury i podtrzymywanie cyrkulacji powietrza w górnej stratosferze i mezosferze. Dalsze ubytki warstwy ozonowej mogą być katastrofalne w skutkach dla życia na Ziemi. Zwiększenie się ilości promieniowania UV docierającego do powierzchni Ziemi powoduje:

- niszczenie chlorofilu w roślinach,
- wzrost temperatury (efekt cieplarniany),
- wzrost zachorowań na raka skóry i choroby oczu,
- zakłócenie pracy układu immunologicznego,
- niszczenie mikroorganizmów i planktonu zakłócające przebieg łańcuchów troficznych.

#### 4.2.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Co zaliczamy do najważniejszych zanieczyszczeń powietrza atmosferycznego?
2. Jakie właściwości fizyczne i chemiczne mają główne zanieczyszczenia atmosfery?
3. Jak główne zanieczyszczenia powietrza wpływają na zdrowie ludzi?
4. W jaki sposób główne zanieczyszczenia powietrza wpływają na środowisko?
5. Co nazywamy smogami?
6. Jakie są przyczyny powstawania smogów?
7. Co wchodzi w skład smogu fotochemicznego?
8. Co wchodzi w skład smogu kwaśnego?
9. Jakie są przyczyny powstawania kwaśnych opadów?
10. W jaki sposób kwaśne deszcze wpływają na środowisko naturalne?

#### 4.2.3. Ćwiczenia

##### Ćwiczenie 1

Za pomocą aspiratora wodnego sprawdź, czy w badanym przez Ciebie powietrzu znajduje się któryś z wymienionych poniżej gazów:

- tlenek węgla(IV),
- siarkowodór,
- chlor,
- tlenek siarki(IV),
- formaldehyd.

## Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinienes:

- 1) przypomnieć sobie regulamin pracowni chemicznej, zasady bhp obowiązujące przy wykonywaniu oznaczeń chemicznych,
- 2) ustalić z nauczycielem, które z wymienionych gazów i w jakiej kolejności należy wykryć w badanym powietrzu,
- 3) zapoznać się z instrukcją wykonania ćwiczenia zamieszczoną poniżej,
- 4) dobrać odpowiednie odczynniki do wykonania oznaczenia wybranych gazów,
- 5) sprawdzić stan aspiratora wodnego i szczelność wszystkich połączeń urządzenia,
- 6) przeprowadzić wykrywanie gazu zgodnie z załączoną instrukcją,
- 7) zapisać obserwacje,
- 8) sprzątnąć swoje stanowisko pracy, umyć używany sprzęt i zabezpieczyć odczynniki,
- 9) sporządzić sprawozdanie z wykonanego ćwiczenia, nie zapominając o podaniu wniosków (o zasady sporządzenia sprawozdania zapytaj nauczyciela).

Wyposażenie stanowiska pracy:

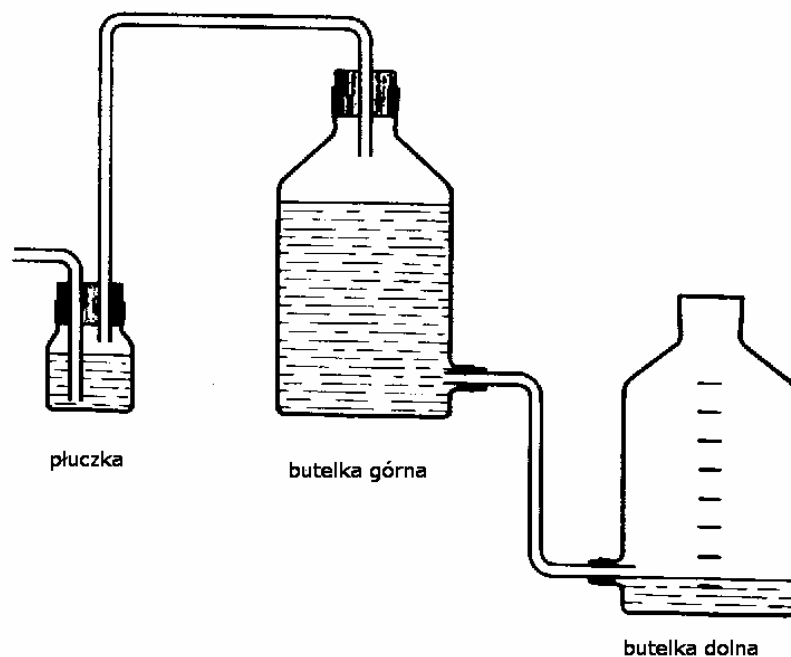
- instrukcja wykonania oznaczenia,
- odczynniki do wykrywania CO<sub>2</sub>:
  - roztwór pochłaniający: woda barytowa 10% Ba(OH)<sub>2</sub>,
- odczynniki do wykrywania H<sub>2</sub>S:
  - roztwór pochłaniający: 10% Pb(CH<sub>3</sub>COO)<sub>2</sub>,
- odczynniki do wykrywania Cl<sub>2</sub>:
  - roztwór pochłaniający: Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub> o stężeniu 0,5 mol·dm<sup>-3</sup>
  - roztwór wykrywający: 10% AgNO<sub>3</sub>,
- odczynniki do wykrywania SO<sub>2</sub>:
  - roztwór pochłaniający: 5% KClO<sub>3</sub>,
  - roztwór wykrywający: 10% BaCl<sub>2</sub>,
- odczynniki do wykrywania HCHO,
  - odczynnik Trommera,
- sprzęt:
  - aspirator wodny,
  - probówki,
  - pipeta,
  - palnik gazowy,
- przybory do sporządzenia sprawozdania:
  - literatura,
  - kartka formatu A4,
  - przybory do pisania.

### Instrukcja do wykonania oznaczenia

I etap- przygotowanie aspiratora.

Przygotować aspirator wodny (schemat poniżej). Sprawdzić szczelność urządzenia. Ustawić całość na stole. Napełnić górną butelkę wodą. Napełnić płuczkę odpowiednim roztworem pochłaniającym.





Rys. 5. Schemat prostego aspiratora wodnego [3]

## II etap

### Wykonanie oznaczenia dla $\text{CO}_2$ i $\text{H}_2\text{S}$

Przeprowadzić absorpcję gazu w roztworze pochłaniającym. W tym celu opuścić butelkę dolną poniżej poziomu butelki górnej. Po przelaniu się całej wody do butelki dolnej, butelki zamienić miejscami i ponownie opuścić pustą butelkę. Czynności te powtórzyć trzykrotnie obserwując równocześnie zmiany wyglądu cieczy pochłaniającej. Powstanie w płuczce zawiesiny (osadu) świadczy o obecności w powietrzu badanych gazów. W przypadku  $\text{CO}_2$  powstająca zawiesina ma kolor biały, w przypadku  $\text{H}_2\text{S}$  kolor czarny.

### Wykonanie oznaczenia dla $\text{Cl}_2$ i $\text{SO}_2$

Przeprowadzić absorpcję gazu w roztworze pochłaniającym. W tym celu opuścić butelkę dolną poniżej poziomu butelki górnej. Po przelaniu się całej wody do butelki dolnej, butelki zamienić miejscami i ponownie opuścić pustą butelkę. Czynności te powtórzyć trzykrotnie. Następnie odlać z płuczki  $5 \text{ cm}^3$  do probówki i dodać  $1 \text{ cm}^3$  odpowiedniego roztworu wykrywającego. Obserwować roztwór w probówce. Powstanie zawiesiny (osadu) w probówce świadczy o obecności badanych gazów w powietrzu. Zarówno w przypadku obecność  $\text{Cl}_2$ , jak i  $\text{SO}_2$  w powietrzu, powstający osad (zawiesina) ma kolor biały.

### Wykonanie oznaczenia dla $\text{HCHO}$

Przeprowadzić absorpcję gazu w roztworze pochłaniającym. W tym celu opuścić butelkę dolną poniżej poziomu butelki górnej. Po przelaniu się całej wody do butelki dolnej, butelki zamienić miejscami i ponownie opuścić pustą butelkę. Czynności te powtórzyć trzykrotnie. Następnie odlać z płuczki  $5 \text{ cm}^3$  do probówki. Roztwór w probówce podgrzewać nad palnikiem gazowym. Obserwować roztwór w probówce. Pojawienie początkowo czarnego a następnie pomarańczowego osadu świadczy o obecności formaldehydu w badanym powietrzu.

## Ćwiczenie 2

Zbadaj wpływ  $\text{SO}_2$  i  $\text{NO}_x$  na kiełkujące rośliny, szpilki drzew iglastych, metale i skały wapienne.

### Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) przypomnieć sobie regulamin pracowni chemicznej, zasady bhp obowiązujące przy wykonywaniu oznaczeń chemicznych,
- 2) zapoznać się z instrukcją wykonania doświadczenia zamieszczoną poniżej,
- 3) przygotować stanowisko pracy zgodnie z zasadami ergonomii,
- 4) dobrać odpowiedni sprzęt i odczynniki do wykonania doświadczenia,
- 5) przeprowadzić doświadczenie ściśle według instrukcji,
- 6) zapisać obserwacje,
- 7) sprzątnąć swoje stanowisko pracy, umyć używany sprzęt i zabezpieczyć odczynniki,
- 8) sporządzić sprawozdanie z wykonanego ćwiczenia, nie zapominając o podaniu wniosków (o zasady sporządzenia sprawozdania zapytaj nauczyciela).

Wyposażenie stanowiska pracy:

- instrukcja wykonania doświadczenia,
- odczynniki:
  - stały  $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ,
  - 10% roztwór  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,
  - ok. 50% roztwór  $\text{HNO}_3$ ,
- materiał do badań:
  - nasiona rzeżuchy,
  - świeżo zerwane gałązki drzew iglastych,
  - kawałki metali (np. gwoździe stalowe, nity aluminiowe),
  - kawałki skał wapiennych (np. marmuru),
- sprzęt:
  - eksykator - 3 szt.,
  - krystalizatory - 2szt.,
  - zlewki 100 cm<sup>3</sup> - 3 szt.,
  - szalki Petriego - 3 szt.,
  - pipety do pobierania kwasów,
- przybory do sporządzenia sprawozdania:
  - literatura,
  - kartka formatu A4,
  - przybory do pisania.

### Instrukcja do wykonania ćwiczenia badanie wpływu $\text{SO}_2$ na otoczenie

Do pustego eksykatora wstawić zlewkę z wodą i krystalizator, włożyć kawałki metalu i skał wapiennych. Do zlewki z wodą włożyć gałązki drzew iglastych. Do szalki Petriego nasypać trochę ziemi i wysiać namoczone uprzednio nasiona rzeżuchy. Szalkę z nasionami umieścić w eksykatorze.

**Dalszą część doświadczenia należy wykonywać pod wyciągiem w rękawicach ochronnych i okularach.** Do umieszczonego w eksykatorze krystalizatora włożyć kawałek stałego  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  i zalać go 10% roztworem  $\text{H}_2\text{SO}_4$  i natychmiast szczelnie zamknąć eksykator. W drugim

eksykatorze przygotować próbkę kontrolną. Umieścić w nim zlewkę z gałązkami drzew iglastych, szalkę Petriego z wysianymi nasionami rzeżuchy, kawałki metali i skał wapiennych, i szczelnie zamknąć. Oba eksykatory pozostawić do następnych zajęć (minimum tydzień). Pierwsze obserwacje różnic w wyglądzie badanych materiałów w obu eksykatorach zapisać po minimum tygodniowej ekspozycji. Drugiego zapisu obserwacji dokonać po ekspozycji dwutygodniowej.

### **Instrukcja do wykonania ćwiczenia badanie wpływu NO<sub>x</sub> na otoczenie**

Do pustego eksykatora wstawić zlewkę z wodą i krystalizator, włożyć kawałki metalu i skał wapiennych. Do zlewki z wodą włożyć gałązki drzew iglastych. Do szalki Petriego nasypać trochę ziemi i wysiać namoczone uprzednio nasiona rzeżuchy. Szalkę z nasionami umieścić w eksykatorze.

**Dalszą część doświadczenia należy wykonywać pod wyciągiem w rękawicach ochronnych i okularach.** Do umieszczonego w eksykatorze krystalizatora wlać ok. 50% roztwór HNO<sub>3</sub> i natychmiast szczelnie zamknąć eksykator. W drugim eksykatorze przygotować próbkę kontrolną. Umieścić w nim zlewkę z gałązkami drzew iglastych, szalkę Petriego z wysianymi nasionami rzeżuchy, kawałki metali i skał wapiennych, i szczelnie zamknąć. Oba eksykatory pozostawić do następnych zajęć (minimum tydzień). Pierwsze obserwacje różnic w wyglądzie badanych materiałów w obu eksykatorach zapisać po minimum tygodniowej ekspozycji. Drugiego zapisu obserwacji dokonać po ekspozycji dwutygodniowej.

### **Ćwiczenie 3**

Zbadaj wpływ kwaśnych deszczy na kiełkujące rośliny, gałązki drzew iglastych, metale i skały wapienne.

#### Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) przypomnieć sobie regulamin pracowni chemicznej, zasady bhp obowiązujące przy wykonywaniu oznaczeń chemicznych,
- 2) zapoznać się z instrukcją wykonania doświadczenia zamieszczoną poniżej,
- 3) przygotować stanowisko pracy zgodnie z zasadami ergonomii,
- 4) dobrać odpowiedni sprzęt i odczynniki do wykonania doświadczenia,
- 5) przeprowadzić doświadczenie ściśle według instrukcji,
- 6) zapisać obserwacje,
- 7) sprzątnąć swoje stanowisko pracy, umyć używany sprzęt i zabezpieczyć odczynniki,
- 8) sporządzić sprawozdanie z wykonanego ćwiczenia, nie zapominając o podaniu wniosków (o zasady sporządzenia sprawozdania zapytaj nauczyciela).

Wyposażenie stanowiska pracy:

- instrukcja wykonania doświadczenia,
- odczynniki:
  - 1% roztwór H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>,
  - 5% roztwór H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>,
  - 10% roztwór H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>,
  - 1% roztwór HNO<sub>3</sub>,
  - 5% roztwór HNO<sub>3</sub>,
  - 10% roztwór HNO<sub>3</sub>,
- materiał do badań:
  - nasiona rzeżuchy,

- świeżo zerwane gałązki drzew iglastych,
- kawałki metali (np. gwoździe stalowe, nity aluminiowe),
- kawałki skał wapiennych (np. marmuru),
- sprzęt:
  - krystalizatory – 6 szt.,
  - zlewki 100 cm<sup>3</sup> - 7 szt.,
  - szalki Petriego - 7 szt.,
  - pipety do pobierania kwasów,
- przybory do sporządzenia sprawozdania:
  - literatura,
  - kartka formatu A4,
  - przybory do pisania.

### Instrukcja do wykonania ćwiczenia

Szalki Petriego napełnić ziemią i wysiać do każdej z nich taką samą ilość nasion rzeżuchy uprzednio namoczonych w czystej wodzie. Zlewki napełnić wodą i włożyć do nich taką samą ilość gałązek drzew iglastych. Do krystalizatorów włożyć kawałki metali i skał wapiennych. **Dalszą część doświadczenia należy wykonywać pod wyciągiem.** Za pomocą pH-metru zbadać pH przygotowanych roztworów kwasów. Wyniki pomiaru zapisać. Umieszczone w krystalizatorach skały i metale polewać oddzielnie kwasami: siarkowym(VI) i azotowym(V) o różnych stężeniach (w pierwszym krystalizatorze 1% roztworem H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, w drugim 5% roztworem H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> itd.). Zapisać obserwacje. Przygotowane szalki z nasionami rzeżuchy i zlewki z gałązkami drzew iglastych podlewać oddzielenie kwasami: siarkowym(VI) i azotowym(V) o różnych stężeniach (pierwszą szalkę i zlewkę 1% roztworem H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, drugą 5% roztworem H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> itd.). Jedną z przygotowanych szalek Petriego z nasionami i jedną zlewkę z gałązkami drzew iglastych potraktować jako próbki kontrolne i w czasie trwania doświadczenia podlewać je wodą. Podlewanie rzeżuchy i gałązek drzew iglastych prowadzić przez okres 2 tygodni.

### 4.2.4. Sprawdzian postępów

<b>Czy potrafisz:</b>	<b>Tak</b>	<b>Nie</b>
1) scharakteryzować główne zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2) podać wpływ zanieczyszczeń na zdrowie człowieka?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3) podać wpływ poszczególnych zanieczyszczeń na powstawanie kwaśnych opadów?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4) podać wpływ poszczególnych zanieczyszczeń na powstawanie dziury ozonowej?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5) określić wpływ poszczególnych zanieczyszczeń na zwiększanie się efektu cieplarnianego?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6) ocenić stan zanieczyszczenia powietrza za pomocą metod laboratoryjnych?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7) określić wpływ kwaśnych opadów na środowisko przyrodnicze?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8) określić wpływ dziury ozonowej na środowisko przyrodnicze?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9) określić wpływ efektu cieplarnianego na środowisko przyrodnicze?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

## 4.3 Sposoby ograniczania zanieczyszczeń atmosfery

### 4.3.1. Materiał nauczania

#### Samooczyszczanie się powietrza atmosferycznego

Proces samooczyszczania się powietrza następuje stosunkowo szybko (trwa tylko kilka dni) i składa się z następujących procesów:

- wymywania zanieczyszczeń przez opady tzw. depozycja mokra (proces ten został przedstawiony przy opisie mechanizmu powstawania kwaśnych deszczy),
- opadania i pochłaniania zanieczyszczeń przez glebę i wody powierzchniowe (depozycja sucha),
- przemian chemicznych związków w atmosferze (proces ten został częściowo przedstawiony przy opisie powstawania smogów i dziury ozonowej),
- absorpcji zanieczyszczeń przez organizmy żywe (drzewa, mikroorganizmy).

Depozycja mokra doskonale oczyszcza powietrze z pyłów oraz gazów rozpuszczalnych w wodzie. Prowadzi natomiast do skażenia innych elementów środowiska.

Depozycja sucha polega na opadaniu pyłów i gazów na powierzchnię Ziemi bez udziału wilgoci z powietrza. Jej znaczenie wzrasta w przypadku suchej, bezdeszczowej pogody. Ma ona miejsce zazwyczaj w pobliżu źródła zanieczyszczeń. Proces ten, oczyszcza co prawda atmosferę, ale wraz z kwaśnym opadem jest odpowiedzialny za wzrost zanieczyszczenia gleb i wód powierzchniowych. Absorpcja zanieczyszczeń przez organizmy żywe jest jednym z ważniejszych procesów w samooczyszczaniu się powietrza. To głównie organizmy roślinne oczyszczają powietrze z tlenku węgla(IV). Również bakterie asymilują CO<sub>2</sub> a także inne gazy zawarte w powietrzu. Duże rośliny, takie jak drzewa, zatrzymują też na swojej powierzchni znaczne ilości pyłów z atmosfery i nie pozwalają im na dalsze rozprzestrzenianie.

#### Metody zmniejszania emisji zanieczyszczeń

Metody zmniejszania zanieczyszczeń powietrza można podzielić na dwie grupy:

- metody pierwotne (zmniejszanie emisji „u źródła”), polegające na zastosowaniu technologii, z których powstają niewielkie ilości zanieczyszczeń lub zanieczyszczenia te są stosunkowo mało groźne dla środowiska,
- metody wtórne, polegające na oczyszczaniu spalin przed wprowadzeniem ich do atmosfery.

#### Ograniczanie emisji „u źródła”

Do pierwotnych metod ograniczania emisji zaliczyć można wzbogacanie paliw, polegające na eliminowaniu z nich zanieczyszczeń, głównie związków siarki. W węglu siarka występuje w postaci pirytu (FeS<sub>2</sub>), który usuwa się częściowo (od 10 do 50%) w procesie flotacji. Przy spalaniu tak oczyszczonego paliwa, do atmosfery wydostaje się mniej tlenków siarki, niż w przypadku paliwa tradycyjnego.

Drugą z metod ograniczenia emisji „u źródła” jest zmiana technologii procesu produkcyjnego (lub spalania paliw). Często wystarczy niewielka modyfikacja procesu aby skutecznie ograniczyć ilość najgroźniejszych dla środowiska zanieczyszczeń w gazach odlotowych. Dzięki podniesieniu temperatury, zwiększeniu ilości dopływającego powietrza, dodatkom wiążącym zanieczyszczenia jeszcze w czasie procesu produkcyjnego czy zastosowaniu odpowiednich katalizatorów można znacznie ograniczyć emisję. Do takich „czystych” technologii należy spalanie węgla w piecach fluidalnych (ograniczenie wydzielania SO<sub>2</sub> o 30-60%, CO o 50%, WWA o 100%) czy zastosowanie katalizatorów samochodowych.

Ograniczenie zanieczyszczeń atmosfery można również osiągnąć poprzez odejście od technologii wytwarzania ciepła i energii elektrycznej poprzez spalanie paliw kopalnych, na rzecz energii ze źródeł odnawialnych: energii wiatru, słońca, wody, biomasy, źródeł geotermalnych czy wykorzystania pomp ciepła. Sposobem na ograniczenie emisji jest również oszczędność energii elektrycznej i ciepła zarówno przez zakłady przemysłowe jak i odbiorców indywidualnych. Mniej zużytej energii to mniej spalonego paliwa potrzebnego do jej wytworzenia. Również likwidacja małych kotłowni i palenisk domowych przez podłączenie odbiorców do sieci ciepłowniczej ogranicza ilość zanieczyszczeń wysyłanych do atmosfery (elektrociepłownie spalają paliwa wysokiej jakości i wyposażone są w urządzenia oczyszczające gazy odlotowe, niedostępne dla odbiorców indywidualnych).

### Odpylanie gazów odlotowych

Odpylanie polega na usuwaniu z gazów cząstek aerozolu. Przeważnie są to cząstki stałe czyli pył, ale w procesie odpylania usuwane są także kropelki cieczy. Wśród metod odpylania wyróżnić można:

- metody suche, wykorzystujące takie zjawiska jak: grawitacyjne opadanie pyłu, działanie siły odśrodkowej, filtrację, zjawisko jonizacji gazu i pyłu, koagulację w polu akustycznym,
- metody mokre, wykorzystujące zjawisko wymywania pyłu przez kropelki cieczy, splukiwania pyłu z powierzchni zapyłonych, zderzeń pyłu z kropelkami cieczy, zwilżalności ziaren pyłu.

Skuteczność odpylania, czyli ilość pyłu, który zostaje zatrzymany w urządzeniu odpylającym, zależy od bardzo wielu czynników takich jak:

- ilość, wielkość i skład usuwanych pyłów,
- prędkość przepływu gazów odlotowych przez urządzenie odpylające,
- temperatura i wilgotność odczyszczanych gazów,
- ciśnienie z jakim spaliny wdmuchiwane są do odpylacza,
- stan zużycia urządzenia.

Skuteczność eksploatacyjna wybranych odpylaczy dla najczęściej stosowanych technologii przemysłowych i średniego stężenia zanieczyszczeń na wlocie do urządzenia podaje tabela 6.

**Tabela 6.** Przykładowa skuteczność eksploatacyjna wybranych urządzeń odpylających [13]

Nazwa urządzenia	Skuteczność [%]		
	niska	średnia	wysoka
cyklony	poniżej 70	70-80	powyżej 80
multicyklony	poniżej 75	75-85	powyżej 85
filtry tkaninowe	poniżej 93	93-98	powyżej 98
elektrofiltry	poniżej 90	90-95	powyżej 95
odpylacze mokre	poniżej 85	85-95	powyżej 95

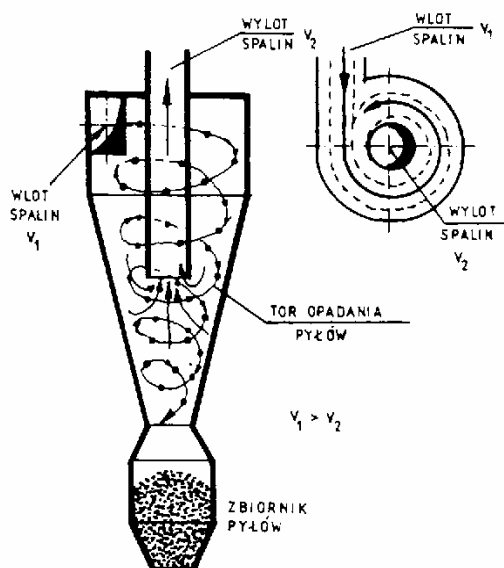
### Odpylacze grawitacyjne

Jednym z najprostszych urządzeń do wydzielania pyłów są odpylacze grawitacyjne tzw. komory osadcze. Służą one przeważnie do wstępnego odpylania gazów odlotowych i usuwają ziarna o dużej masie i średnicy. Urządzenia te to nic innego jak tylko rozszerzenia kanału spalinowego zaopatrzone w zbiornik na pył. Gaz wpływając w kanał o większym przekroju zmniejsza swoją prędkość i znacznie cięższe od powietrza pyły opadają na dół pod wpływem sił grawitacji. Wstępnie odpylone spaliny przepływają do następnych urządzeń odpylających.

### Odpylacze odśrodkowe

Jednym z najczęściej stosowanych odpylaczy przemysłowych są tzw. cyklony wykorzystujące w swym działaniu siłę odśrodkową (rys. 6). Wprowadzany pod ciśnieniem do cyklonu gaz odbija się od przeciwległej ścianki urządzenia uzyskując ruch obrotowy. W wyniku ruchu wirowego, pył

o gęstości większej od gazu gromadzi się przy ścianie zewnętrznej cyklonu i opada następnie jego dno. Aby zwiększyć skuteczność odpylania w przemyśle stosowane są tzw. multicyklony złożone z dużej liczby równoległe pracujących cyklonów o małej średnicy.



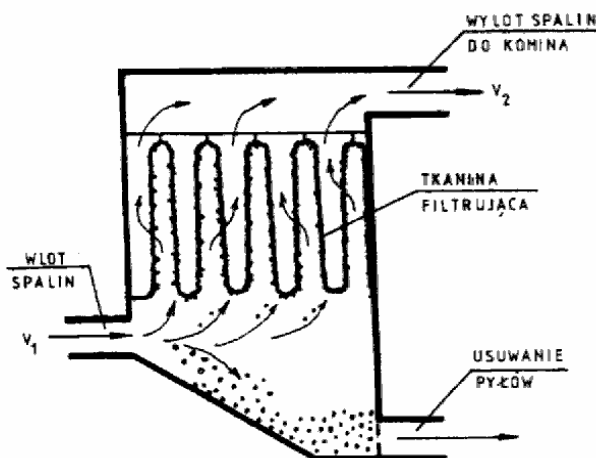
Rys. 6. Schemat cyklonu [5]

### Odpylacze filtracyjne (filtry tkaninowe)

Odpylanie za pomocą filtru polega na przepuszczaniu gazów odlotowych przez suche warstwy różnych materiałów porowatych takich jak:

- materiały włókniste (tkaniny, bibuły, filce, włókniny, siatki),
- materiały ziarniste (granulki, proszki),
- porowate materiały ceramiczne,
- porowate materiały syntetyczne.

Bez względu na rodzaj wypełnienia i szczegóły budowy, zasada działania filtrów odpylających jest zawsze taka sama. Zapyłone spaliny przemieszczają się wewnątrz porów materiału filtracyjnego. Pył, którego cząsteczki są większe od cząsteczek fazy gazowej, zatrzymują się na wypełnieniu a odpylone spaliny odprowadzane są do komina (rys. 7).

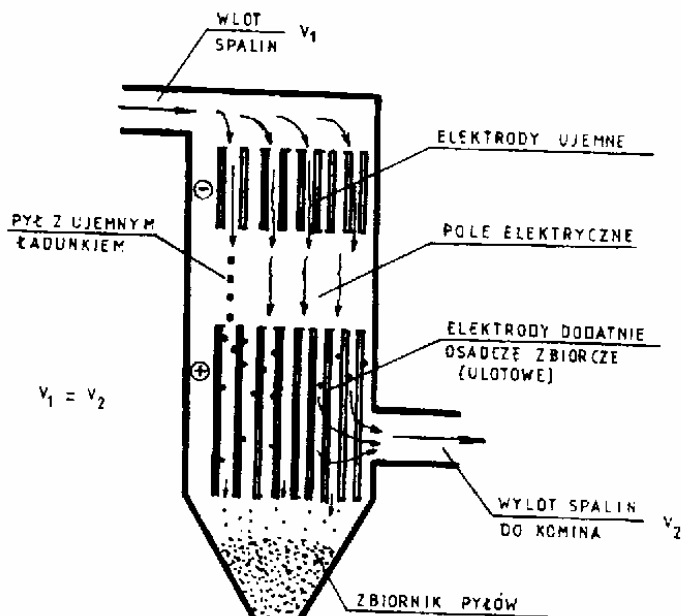


Rys. 7. Schemat działania filtra tkaninowego [5]

Nowoczesne filtry tkaninowe to najskuteczniejsze urządzenia odpylające i dlatego najczęściej umieszczone są na końcu ciągu urządzeń do odpylania. Warunkiem ich wydajnego działania jest dobranie odpowiedniego rodzaju tkaniny do rodzaju usuwanych zanieczyszczeń i temperatury gazów odlotowych.

### Odpylacze elektrostatyczne (elektrofiltry)

Elektrofiltry używane są przede wszystkim do oczyszczania gazów z elektrociepłowni, chociaż mogą być stosowane również w innych zakładach przemysłowych (w przemyśle chemicznym stosowane są między innymi do odpylania gazów z produkcji kwasu siarkowego(VI)). Zasada działania odpylaczy elektrostatycznych wygląda następująco. Spaliny przechodzą przez system elektrod zamontowanych we wnętrzu elektrofiltru. Naładowane ujemnie elektrody emitujące emitują elektrony, które szczepiają się z cząsteczkami pyłu. Naładowany ujemnie pył jest przechwytywany przez naładowane dodatnio elektrody zbierające, na których dochodzi do chwilowego nagromadzenia pyłu. Zanieczyszczenia zebrane na elektrodach zbierających są strzepywane za pomocą sterowanego komputerowo mechanizmu strzepywaczy do lejów zsypanych znajdujących się pod komorami elektrofiltru (rys. 8).

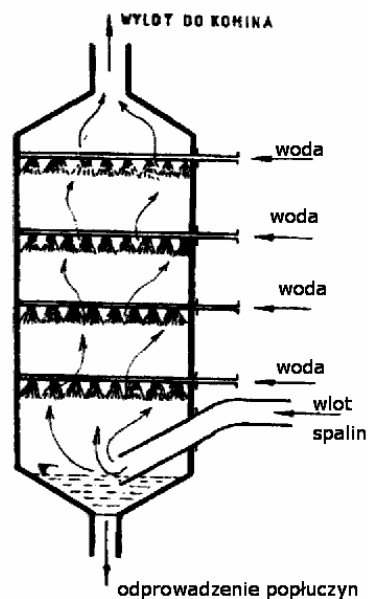


Rys. 8. Schemat działania elektrofiltru [5]

### Płuczki (skrubery, odpylacze mokre)

Różnego rodzaju płuczki różnią się między sobą dość znacznie pod względem budowy, jednak działają w podobny sposób. W urządzeniach tych pyły wypłukiwane są z gazów odlotowych za pomocą cieczy. Wraz z cząsteczkami stałymi wypłukiwana jest ze spalin część zanieczyszczeń gazowych rozpuszczalnych w wodzie (lub cieczach absorpcyjnych, którymi zasilane są skrubery). Najprostsze w budowie i działaniu są odpylacze mokre z zastosowaniem zraszania gazu strumieniem wody (rys. 9). W urządzeniach tych gazy odlotowe są zraszane strumieniem wody, który wypłukuje pył ze spalin. Popłuczyny (woda z pyłem) gromadzone są w zbiorniku na dole płuczki.





Rys. 9. Schemat działania płuczki z wielostopniowym zraszaniem gazów strumieniem wody [5]

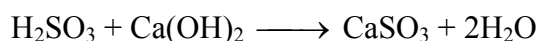
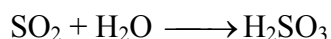
### Usuwanie z gazów zanieczyszczeń gazowych

W celu usunięcia z gazów zanieczyszczeń gazowych wykorzystuje się różne procesy wymiany masy takie jak:

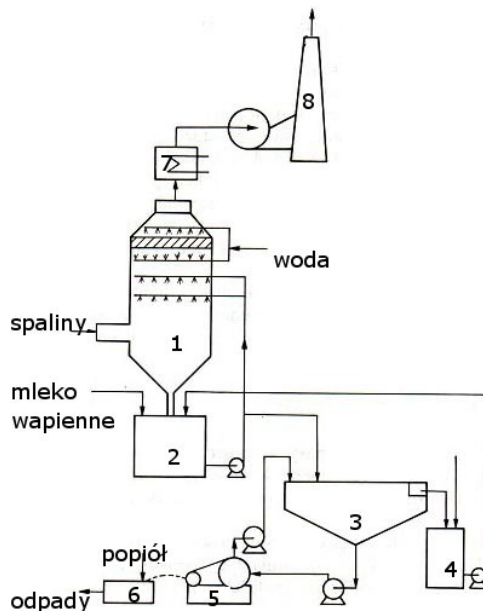
- absorpcja (pochłanianie składników gazu przez ciecz),
- adsorpcja (zatrzymywanie składników gazu na powierzchni i w porach ciała stałego),
- kondensacja (usuwanie z gazów odlotowych substancji o niskim ciśnieniu par w podwyższonych temperaturach lub o wysokim ciśnieniu par, gdy nie jest wymagane bardzo dokładne oczyszczanie gazu),
- procesy spalania bezpośredniego (spalanie węglowodorów zawartych w gazach odlotowych do  $\text{CO}_2$  i  $\text{H}_2\text{O}$ ),
- procesy katalityczne (procesy spalania, redukcji i rozkładu w obecności odpowiednio dobranego katalizatora).

### Absorpcyjne odsiarczanie gazów odlotowych

Metoda ta polega na wielostopniowym przemywaniu ochłodzonych gazów odlotowych roztworem siarczanu(IV) sodu lub mlekiem wapiennym (roztwór wodorotlenku wapnia). Reakcje zachodzące w czasie usuwania  $\text{SO}_2$  za pomocą mleka wapiennego można opisać następującymi równaniami:



W procesie absorpcji zasadnicze znaczenie ma kontrola pH, które zmienia się wraz ze zmianą stężenia SO<sub>2</sub> w gazach odlotowych. W celu ograniczenia wahań odczynu oraz zwiększenia sprawności odsiarczania do roztworu absorpcyjnego wprowadza się dodatki. Jako dodatki stosowane są, np. kwas adypinowy, benzoesowy, mrówkowy, węglany, tiosiarczan sodu. Schemat typowej instalacji do odsiarczania metodą wapieniową przedstawia rys. 10.



**Rys. 10.** Schemat instalacji odsiarczania spalin metodą wapieniową [10]

1-skruber , 2-zbiornik pośredni, 3- odstojnik, 4- zbiornik cieczy klarownej, 5-filtr, 6- mieszalnik, 7- podgrzewacz spalin, 8- komin

### Adsorpcyjne odsiarczanie gazów odlotowych

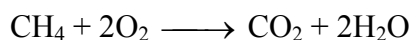
Adsorpcyjne odsiarczanie gazów zaliczane jest do tzw. metod suchych. W chwili obecnej wykorzystywane są metody adsorpcji na sorbentach stałych (tlenkach metali, węgla aktywowanym) oraz absorpcji z reakcją chemiczną. Przy zastosowaniu węgla aktywowanego w ich porach powstaje H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, który należy następnie usunąć.

### Spalanie bezpośrednie węglowodorów

W celu usunięcia z gazów odlotowych węglowodorów stosowane jest najczęściej spalanie bezpośrednie termiczne (przy dużym stężeniu węglowodorów w oczyszczanym gazie) lub katalityczne (przy niskiej zawartości węglowodorów). W spalaniu termicznym gazy odlotowe najczęściej dozuje się do palnika zasilanego gazem ziemnym. W spalaniu katalitycznym strumień gazu przepuszcza się przez ziarno katalizatora w podwyższonej temperaturze (ok. 250°C). Jako katalizatorów używa się:

- metali (platyny, palladu, rutenu, rodu),
- tlenków metali (tlenki manganu, chromu, miedzi).

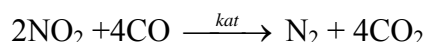
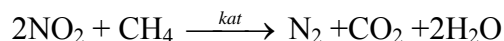
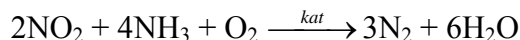
Spalanie bezpośrednie przebiega zgodnie z reakcją:



Termiczne spalanie bezpośrednie ma miejsce np. w rafineriach ropy naftowej a katalityczne w katalizatorach samochodowych.

### Redukcja katalityczna

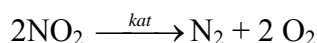
Metoda ta stosowana jest do usuwania tlenków azotu. Polega ona na redukcji tlenków azotu za pomocą amoniaku, tlenku węgla(II) lub węglowodorów w obecności katalizatorów (platyna, pallad, rod naniesione na nośniki ceramiczne) do azotu, tlenku węgla(IV) i wody. Zachodzące w czasie redukcji katalitycznej reakcje można opisać następującymi równaniami:



Redukcja katalityczna w wersji z wykorzystaniem węglowodorów i katalizatorów platynowych stosowana jest nie tylko w przemyśle, ale również w katalizatorach samochodowych.

### Rozkład katalityczny

Rozkład katalityczny jest prostym sposobem usuwania tlenków azotu z gazów przemysłowych. Nie wymaga dodawania żadnych reagentów a jej produktami są tylko tlen i azot. Jako katalizatorów tej reakcji wykorzystuje się zeolity modyfikowane jonami miedzi. Opisywana reakcja rozkładu przebiega zgodnie w równaniem:



### 4.3.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Jakie procesy wchodzą w skład samooczyszczania się powietrza?
2. Jak można zdefiniować pojęcie ograniczania zanieczyszczeń „u źródła”?
3. Jak można podzielić pierwotne metody ograniczania zanieczyszczeń powietrza?
4. Jakimi metodami prowadzone jest odpylanie gazów odlotowych?
5. W jakich urządzeniach prowadzone jest odpylanie gazów odlotowych?
6. Jakimi metodami prowadzone jest usuwanie z gazów odlotowych zanieczyszczeń gazowych?
7. Jakie reakcje zachodzą w czasie usuwania ze spalin tlenków siarki i tlenków azotu?
8. Jak można zdefiniować pojęcie emisji zorganizowanej?

### 4.3.3. Ćwiczenia

#### Ćwiczenie 1

Przeprowadź analizę schematu ideowego oczyszczania gazów odlotowych z elektrociepłowni.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) odszukać w literaturze schemat ideowy oczyszczania gazów odlotowych z elektrociepłowni,
- 2) zapoznać się ze schematem ideowym oczyszczania gazów odlotowych z elektrociepłowni,
- 3) określić na podstawie schematu kolejność prowadzonych procesów oczyszczania gazów odlotowych,
- 4) określić na podstawie schematu reagenty wprowadzane do poszczególnych procesów oczyszczania spalin,
- 5) określić jakie zanieczyszczenia usuwane są z gazów odlotowych w kolejnych procesach oczyszczania gazów odlotowych,
- 6) określić jakie odpady powstają z kolejnych procesów oczyszczania spalin,
- 7) zapisać wyniki analizy na karcie pracy,
- 8) ocenić poprawność przeprowadzonej analizy,
- 9) zaprezentować wyniki pracy na forum klasy.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- schemat ideowy oczyszczania gazów odlotowych z elektrociepłowni z literatury,
- karta pracy,
- literatura,
- kartka formatu A4,
- przybory do pisania.

#### Ćwiczenie 2

W czasie wycieczki na teren zakładów chemicznych zapoznaj się z urządzeniami i przebiegiem procesów oczyszczania gazów odlotowych.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) zapoznać się z obowiązującymi na terenie zakładu przepisami bhp i stosować się do nich,
- 2) pobrać od nauczyciela instrukcję i kartę obserwacji, która pomoże ci w zebraniu informacji,
- 3) zebrać informacje o składzie gazów odlotowych z procesów technologicznych,
- 4) zebrać informacje o procesach oczyszczania gazów odlotowych stosowanych w zakładzie,
- 5) zebrać informacje o urządzeniach stosowanych do oczyszczania gazów odlotowych,
- 6) zebrać informacje o odpadach powstających w czasie oczyszczania gazów odlotowych i sposobach ich zagospodarowania,
- 7) narysować schemat blokowy instalacji do oczyszczania gazów odlotowych funkcjonującej na terenie zakładu,
- 8) na podstawie wypełnionego arkusza obserwacji przygotować sprawozdanie zgodnie z zasadami podanymi przez nauczyciela

Wyposażenie stanowiska pracy:

- karta obserwacji,
- instrukcja dla ucznia,

### Ćwiczenie 3

Na stanowisku laboratoryjnym do badania skuteczności działania filtrów zbadaj działanie filtra tkaninowego.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) zapoznać się z regulaminem pracowni technologicznej, zasadami bhp i ppoż. obowiązującymi przy wykonywaniu badań technologicznych,
- 2) zapoznać się z instrukcją wykonania badania znajdującą się na stanowisku pracy,
- 3) określić rodzaj i typ badanego filtra,
- 4) zapoznać się z budową badanego filtra,
- 5) zapoznać się z zasadą działania badanego filtra,
- 6) przeprowadzić badanie ściśle według instrukcji,
- 7) przeprowadzić obliczenia skuteczności odpylania i strat ciśnienia zgodnie ze wzorami podanym w instrukcji,
- 8) zapisać obserwacje i wyniki,
- 9) sprzątnąć swoje stanowisko pracy,
- 10) sporządzić sprawozdanie z wykonanego ćwiczenia, nie zapominając o podaniu wniosków (o zasady sporządzenia sprawozdania zapytaj nauczyciela),
- 11) zaprezentować wyniki pracy na forum klasy.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- stanowisko do badania skuteczności odpylania filtrów suchych wyposażone w aparaturę kontrolno-pomiarową,
- instrukcja wykonania doświadczenia,
- kartka formatu A4,
- przybory do pisania.

#### 4.3.4. Sprawdzian postępów

**Czy potrafisz:**

- |   | <b>Tak</b>               | <b>Nie</b>               |
|---|--------------------------|--------------------------|
| 1) określić wpływ przemysłu chemicznego na zanieczyszczenie atmosfery?          | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 2) wskazać działania wpływające na zmniejszenie zanieczyszczenia atmosfery?     | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 3) scharakteryzować pierwotne metody ograniczanie emisji?                       | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 4) scharakteryzować suche metody odpylania gazów odlotowych?                    | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 5) scharakteryzować mokre metody odpylania powietrza?                           | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 6) scharakteryzować metody usuwania zanieczyszczeń gazowych z gazów odlotowych? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

## 4.4. Przepisy prawne z zakresu ochrony atmosfery

### 4.4.1. Materiał nauczania

#### Normy zanieczyszczeń powietrza

Podstawowym kryterium oceny stanu zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego są najwyższe dopuszczalne stężenia substancji zanieczyszczających (NDS) i wartości odniesienia. Aktualnie obowiązujące wielkości NDS dla wybranych substancji zawarte są w załączniku nr 1 do Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 6.06.2002 r. w sprawie dopuszczalnych poziomów niektórych substancji w powietrzu, alarmowych poziomów niektórych substancji w powietrzu oraz marginesów tolerancji dla dopuszczalnych poziomów niektórych substancji (tab. 7).

Tabela 7. Dopuszczalne poziomy niektórych substancji w powietrzu dla terenu kraju [6]

Nazwa substancji	Okres uśredniania wyników pomiaru	Dopuszczalny poziom substancji w powietrzu [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	Dopuszczalna częstość przekraczania dopuszczalnego poziomu w roku kalendarzowym
benzen	rok kalendarzowy	5 <sup>a</sup>	-
tlenek azotu (IV)	jedna godzina	200 <sup>a</sup>	18 razy
	rok kalendarzowy	40 <sup>a</sup>	-
tlenki azotu	rok kalendarzowy	30 <sup>b</sup>	-
tlenek siarki (IV)	jedna godzina	350 <sup>a</sup>	24 razy
	24 godziny	125 <sup>a</sup>	3 razy
	rok kalendarzowy	20 <sup>b</sup>	-
ołów <sup>c</sup>	rok kalendarzowy	0,5 <sup>a</sup>	-
ozon	osiem godzin	129 <sup>a</sup>	25 dni
	okres wegetacyjny (IV-VII)	18000 <sup>b</sup>	-
pył zawieszony <sup>d</sup>	24 godziny	50 <sup>a</sup>	35 razy
	rok kalendarzowy	40 <sup>a</sup>	-
tlenek węgla (II)	osiem godzin	10000 <sup>a</sup>	-

a-ze względu na zdrowie ludzi, b- ze względu na rośliny,  
c- suma metalu i jego związków w pyłe zawieszonym, d- pył o średnicy ziaren do 10  $\mu\text{m}$

Natomiast tzw. wartości odniesienia, wyrażone jako poziomy substancji w powietrzu, zróżnicowane dla:

- terenu kraju, z wyłączeniem obszarów parków narodowych i obszarów ochrony uzdrowiskowej,
- obszarów parków narodowych,
- obszarów ochrony uzdrowiskowej

można znaleźć w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 5.12.2002 r. w sprawie wartości odniesienia dla niektórych substancji w powietrzu.

Inne normy zanieczyszczeń stosowane są do określania czystości powietrza w pomieszczeniach zamkniętych, jeszcze inne dla powietrza na stanowiskach pracy (Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 29.11.2002 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy). Lista chemicznych substancji szkodliwych, które mogą pojawić się w powietrzu na stanowisku pracy zawiera aż 441 pozycji.

Wartości NDS dotyczą ilości zanieczyszczeń, które już znalazły się w atmosferze. Oprócz tego polskie prawo określa również normy ilości substancji szkodliwych wprowadzanych do powietrza z różnych procesów przemysłowych (Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 20.12.2005 r. w sprawie standardów emisyjnych z instalacji). Przekroczenie tych norm przez zakład produkcyjny skutkuje karą pieniężną, której wysokość zależy od rodzaju i ilości wprowadzonego do powietrza zanieczyszczenia. Przykładowe standardy emisyjne dla lotnych związków organicznych (LZO) zawiera tab. 8.

**Tabela 8.** Standardy emisyjne lotnych związków organicznych dla wybranych procesów przemysłowych [7]

Procesy prowadzone w instalacjach, w których używane są LZO	Zużycie LZO [Mg/rok]	Stężenie LZO w gazach odlotowych w przeliczeniu na węgiel organiczny [mg/m <sup>3</sup> ]
wytwarzanie preparatów powlekających, lakierów, farb drukarskich lub spoiw	≥1000	150
przeróbka gumy	≥15	20
wytwarzanie produktów farmaceutycznych obejmujących procesy syntezy chemicznej, formowania, wykańczania produktów oraz wytwarzanie produktów pośrednich	≥50	20

### Inne akty prawne dotyczące ochrony powietrza atmosferycznego

Z zagadnieniami ochrony powietrza atmosferycznego związanych jest w Polsce wiele aktów prawnych. Nie tylko te wymienione powyżej dotyczące dopuszczalnej ilości zanieczyszczeń w powietrzu. Ogólne zagadnienia ochrony atmosfery reguluje ustawa Prawo Ochrony Środowiska z dnia 20.06.2001r. (z późniejszymi zmianami). O ochronie warstwy ozonowej mówi Ustawa z dnia 20 kwietnia 2004 r. o substancjach zubożających dziurę ozonową z późn zm. Kwestię odpłatności za wprowadzanie do powietrza zanieczyszczeń regulują rozporządzenia Rady Ministrów:

- Rozporządzenie Rady Ministrów w sprawie opłat za korzystanie ze środowiska, które mówi jaką kwotę musi zapłacić zakład wytwarzający gazy odlotowe. Opłaty naliczane są w przypadku kiedy nie zostaną przekroczone standardy emisji. Wysokość opłat zależy od rodzaju i ilości zanieczyszczeń wprowadzanych do powietrza.
- Rozporządzenie Rady Ministrów w sprawie kar pieniężnych za naruszenie wymagań ochrony środowiska, w którym określona jest (zależna od rodzaju i ilości zanieczyszczeń) wysokość kary pieniężnej w przypadku przekroczenia standardów emisji.

Również kwestie częstotliwości i rodzajów pomiarów emisji (Rozporządzenie Ministra Środowiska w sprawie wymagań w zakresie prowadzenia pomiarów wielkości emisji) czy wielkości stref ochronnych wokół przemysłowych źródeł zanieczyszczenia powietrza regulowane są przez polskie prawo.

Ponieważ zanieczyszczenia powietrza przenoszą się na duże odległości i wpływają na stan środowiska na całej kuli ziemskiej, Polska podpisała wiele umów międzynarodowych dotyczących ochrony atmosfery. Są to między innymi:

- Protokół Montrealski dotyczący ochrony warstwy ozonowej,
- Konwencja Genewska w sprawie transgranicznego zanieczyszczania powietrza na dalekie odległości,

- Protokołu z Kioto w sprawie zmian klimatu.

Wymienione tutaj akty prawne to tylko część z obowiązujących w chwili obecnej uregulowań prawnych z zakresu ochrony powietrza. Pozostałe aktualne akty prawne z tej dziedziny można znaleźć w dziennikach ustaw, a także na stronach internetowych Ministerstwa Środowiska i Sejmu.

#### 4.4.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Co oznacza skrót NDS?
2. Gdzie odnaleźć można aktualne akty prawne dotyczące ochrony powietrza?
3. W jakich aktach prawnym znaleźć można informacje na temat NDS i wartości odniesienia?
4. W jakim akcie prawnym znaleźć można informacje na temat standardów emisji?
5. W jakim akcie prawnym znaleźć można informacje na temat opłat za wprowadzanie zanieczyszczeń do powietrza?

#### 4.4.3. Ćwiczenia

##### Ćwiczenie 1

Gazy odlotowe z procesu wytwarzania nawozów wieloskładnikowych zawierają między innymi pyły nawozowe i amoniak. Oblicz miesięczną wysokość opłat za wprowadzanie do powietrza amoniaku i pyłów nawozów mineralnych przez zakład produkujący dziennie 5000kg nawozów typu NPK wiedząc że:

- zakład pracuje średnio 25 dni w miesiącu,
- przy wyprodukowaniu jednego kilograma nawozu powstaje 200g pyłu nawozowego i 15g amoniaku,
- 80 % wytworzonego pyłu nawozowego zawracane jest z powrotem do procesu produkcji a 20% odprowadzane jest do atmosfery po uprzednim oczyszczeniu na filtrach tkaninowych o sprawności 95%,
- gazy odlotowe zawierające amoniak kierowane są komina po uprzednim oczyszczeniu za pomocą utleniania katalicznego, które usuwa 92% amoniaku z gazów odlotowych.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) obliczyć miesięczną produkcję nawozu w opisywanym zakładzie,
- 2) obliczyć masę pyłów nawozowych powstających w procesie produkcji,
- 3) obliczyć masę 20% powstających pyłów,
- 4) obliczyć masę amoniaku powstającego w procesie produkcji,
- 5) obliczyć miesięczną emisję pyłów nawozowych do atmosfery (95% sprawność filtra oznacza, że tylko 5% z przepływających przez filtr pyłów wydostaje się do atmosfery),
- 6) obliczyć miesięczną emisję amoniaku,
- 7) w aktualnym akcie prawnym zawierającym opłaty za korzystanie ze środowiska odnaleźć stawki opłat za wprowadzanie do powietrza amoniaku i pyłów nawozowych,
- 8) obliczyć miesięczną opłatę za wprowadzenie do powietrza obliczonych uprzednio ilości amoniaku i pyłów nawozowych,
- 9) sprawdzić poprawność przeprowadzonych obliczeń.



Wyposażenie stanowiska pracy:

- dzienniki ustaw (zbiór aktów prawnych z zakresu ochrony powietrza lub komputer z dostępem do internetu),
- literatura,
- kalkulator,
- kartka formatu A4,
- przypory do pisania.

## Ćwiczenie 2

Zbierz informacje o źródłach zanieczyszczeń i stopniu zanieczyszczenia powietrza w Twojej najbliższej okolicy. Na podstawie zebranych informacji i znajomości metod ograniczania emisji zaprojektuj sposoby jej ograniczenia w najbliższym otoczeniu.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) zapoznać się z materiałem nauczania zawartym w tym poradniku,
- 2) pobrać od nauczyciela kartę obserwacji, która pomoże Ci w zebraniu informacji,
- 3) zebrać informacje o ilości i rozmieszczeniu źródeł zanieczyszczenia powietrza w najbliższej okolicy,
- 4) zebrać informacje o rodzaju i ilości zanieczyszczeń emitowanych przez te źródła,
- 5) zebrać informacje o stanie atmosfery w najbliższej okolicy,
- 6) przeprowadzić badania polowe zanieczyszczeń powietrza za pomocą:
  - obserwacji stanu środowiska (wyglądu roślin, ilości i kondycji ptaków oraz innych zwierząt żyjących w okolicy, ilości i wyglądu kurzu),
  - określenia zawartości SO<sub>2</sub> w powietrzu za pomocą skali porostowej,
  - pomiaru zapyłanie powietrza (ćw. 2 rozdział 4.1.3),
  - analizy wybranych gazów za pomocą próbników do badań polowych,
- 7) porównać wyniki badań polowych z zebranymi wcześniej informacjami na temat stanu atmosfery w najbliższej okolicy,
- 8) porównać wyniki badań i analizy zebranych informacji z normami zanieczyszczenia powietrza,
- 9) określić, które z badanych (analizowanych) zanieczyszczeń przekraczają NDS,
- 10) określić źródła pochodzenia zanieczyszczeń przekraczających NDS w najbliższej okolicy,
- 11) zaproponować sposoby ograniczenia emisji tych zanieczyszczeń,
- 12) zaprezentować wyniki pracy na forum klasy.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- karta obserwacji,
- miernik Bergerhoffa,
- próbniki do wykrywania gazów w warunkach polowych,
- skala porostowa,
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z 6.06.2002r w sprawie dopuszczalnych poziomów niektórych substancji w powietrzu, alarmowych poziomów niektórych substancji w powietrzu oraz marginesów tolerancji dla dopuszczalnych poziomów niektórych substancji (Dz. U. Nr 87, Poz.798, z dnia 27 czerwca 2002 r.),
- literatura.

#### 4.4.4. Sprawdzian postępów

**Czy potrafisz:**

- 1) odnaleźć aktualnie obowiązujące akty prawne z zakresu ochrony powietrza?
- 2) zastosować przepisy prawne z zakresu ochrony powietrza?

**Tak**

**Nie**

## 5. SPRAWDZIAN OSIĄGNIĘĆ

### INSTRUKCJA DLA UCZNIĄ

1. Przeczytaj uważnie instrukcję.
2. Podpisz imieniem i nazwiskiem kartę odpowiedzi.
3. Zapoznaj się z zestawem zadań testowych.
4. Test zawiera 20 zadań wielokrotnego wyboru o różnym stopniu trudności. W każdym pytaniu tylko jedna odpowiedź jest prawidłowa.
5. Udzielaj odpowiedzi tylko na załączonej karcie odpowiedzi, stawiając w odpowiedniej rubryce znak X. W przypadku pomyłki należy błędną odpowiedź zaznaczyć kółkiem, a następnie ponownie zakreślić odpowiedź prawidłową.
6. Pracuj samodzielnie, bo tylko wtedy będziesz miał satysfakcję z wykonanego zadania.
7. Kiedy udzielenie odpowiedzi będzie Ci sprawiało trudność, wtedy odłóż jego rozwiązanie na później i wróć do niego, gdy zostanie Ci czas wolny.
8. W czasie pracy możesz korzystać z kalkulatora do wykonywania niezbędnych obliczeń.
9. Na rozwiązanie testu masz 45 min.

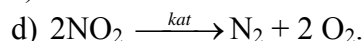
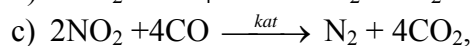
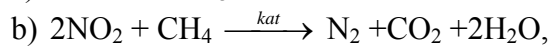
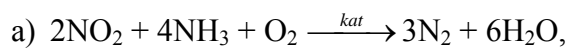
Powodzenia

## ZESTAW ZADAŃ TESTOWYCH

1. W suchym, czystym powietrzu najwięcej jest:
  - a) azotu, tlenu, argonu,
  - b) azotu, tlenu, tlenku węgla(IV),
  - c) azotu, tlenu, helu,
  - d) azotu, tlenu, wodoru.
2. Które z poniższych stwierdzeń nie jest prawdziwe?
  - a) atmosfera chroni Ziemię przed promieniowaniem UV,
  - b) atmosfera podwyższa temperaturę na Ziemi,
  - c) atmosfera jest rezerwuarem tlenu dla organizmów żywych,
  - d) atmosfera obniża temperaturę na Ziemi.
3. Głównym antropogenicznym źródłem tlenków siarki w atmosferze jest:
  - a) energetyka,
  - b) transport samochodowy,
  - c) zakłady przemysłu chemicznego,
  - d) składowanie odpadów.
4. Ze źródeł naturalnych największe ilości pyłów do atmosfery wprowadzają:
  - a) erupcje wulkanów,
  - b) wywiewanie soli morskiej,
  - c) pylenie roślin,
  - d) erozja skał.
5. Pyły szkodliwe zawierają w swym składzie:
  - a) azbest,
  - b) krzemionkę,
  - c) substancje radioaktywne,
  - d) metale ciężkie.
6. Tlenek azotu IV) to gaz:
  - a) brunatny o drażniącym zapachu,
  - b) bezbarwny i bezwonny,
  - c) bezbarwny o zapachu zgniłych jaj,
  - d) niebieskawy o charakterystycznym zapachu.
7. Największy udział w rozprzestrzenianiu się zanieczyszczeń w atmosferze mają:
  - a) opady,
  - b) warunki topograficzne,
  - c) wiatry,
  - d) zmiany ciśnienia.
8. Toksyczne pyły nie powodują:
  - a) zmian nowotworowych,
  - b) rozedmy płuc,
  - c) nieżyty oskrzeli,
  - d) blokowania przesyłu tlenu przez krew.
9. Działanie ozonu na organizm ludzi powoduje:
  - a) zmiany w układzie chłonnym,
  - b) podrażnienia błon śluzowych,
  - c) zmiany nowotworowe narządów,
  - d) blokowanie przesyłania tlenu przez krew.
10. Efekt cieplarniany zwiększają:

- a) tlenek siarki(IV), ozon,
  - b) tlenek węgla(IV), WWA,
  - c) tlenek węgla(IV), metan,
  - d) tlenek siarki (IV), metan.
11. Zjawisko kwaśnych opadów wywołują:
- a) ozon, tlenek węgla(IV),
  - b) tlenek siarki(IV), tlenek azotu(IV),
  - c) tlenek siarki(IV), metan,
  - d) WWA, tlenki siarki,
12. Zjawisko dziury ozonowej wywołują:
- a) freony, tlenki azotu,
  - b) freony, tlenki siarki,
  - c) freony, ozon,
  - d) tlenki azotu, WWA,
13. Zwiększanie się efektu cieplarnianego powoduje:
- a) zniszczenie chlorofilu w liściach roślin,
  - b) zwiększenie zachorowalności na raka skóry,
  - c) uszkodzenie aparatów szparkowych w liściach roślin,
  - d) zmiana długości i czasu następowania pór roku.
14. Powiększanie się dziury ozonowej powoduje:
- a) przesuwanie się stref klimatycznych,
  - b) zmianę kierunków przepływu prądów morskich,
  - c) erozję skał wapiennych,
  - d) wzrost zachorowalności na choroby oczu.
15. Występowanie kwaśnych opadów powoduje:
- a) podnoszenie się wód oceanów,
  - b) zwiększenie częstotliwości występowania powodzi,
  - c) zniszczenie aparatów szparkowych w liściach roślin,
  - d) wzrost zachorowalności na zaćmę.
16. Przemysł chemiczny emituje do atmosfery:
- a) O<sub>3</sub>, LZO,
  - b) CO<sub>2</sub>, węglowodory,
  - c) HCl, tlenki azotu,
  - d) tlenki siarki, ozon.
17. Do pierwotnych metod ograniczania emisji zliczamy:
- a) wzbogacanie paliw,
  - b) odpylanie spalin,
  - c) zastosowanie katalizatorów samochodowych,
  - d) zastosowanie skrubarów.
18. Do odpylania gazów odlotowych nie stosuje się:
- a) cyklonów,
  - b) elektrofiltrów,
  - c) katalizatorów,
  - d) płuczek.

19. Katalityczny rozkład tlenków azotu opisuje reakcja:



20. Opłata za wprowadzenie do powietrza 7 kg benzenu i 5200 kg tlenku węgla(IV) wyniesie:

- a) 45,89 zł,
- b) 4589,00 zł,
- c) 6,61 zł,
- d) 661,00 zł

urywek załącznika do Rozporządzenia Rady Ministrów  
z dnia 09.09.2001 r. w sprawie opłat za korzystanie ze środowiska

lp.	rodzaj gazu lub pyłu	stawka jednostkowa w zł/kg
1	azbest	279,95
2	benzen	6,40
3	tlenek siarki(IV)	0,40
4	tlenek węgla(IV) (stawka zł/Mg)	0,21
5	kadm	39,99

# KARTA ODPOWIEDZI

Imię i nazwisko.....

## Ochrona atmosfery

Zakreśl poprawną odpowiedź

Nr zadania	Odpowiedź				Punkty
1	a	b	c	d	
2	a	b	c	d	
3	a	b	c	d	
4	a	b	c	d	
5	a	b	c	d	
6	a	b	c	d	
7	a	b	c	d	
8	a	b	c	d	
9	a	b	c	d	
10	a	b	c	d	
11	a	b	c	d	
12	a	b	c	d	
13	a	b	c	d	
14	a	b	c	d	
15	a	b	c	d	
16	a	b	c	d	
17	a	b	c	d	
18	a	b	c	d	
19	a	b	c	d	
20	a	b	c	d	
<b>Razem</b>					

## 6. LITERATURA

1. Łopata K.: Chemia a środowisko zbiór ciekawych doświadczeń. WSiP, Warszawa 1994
2. Najlepsze Dostępne Techniki (BAT) Wytyczne dla Branży Chemicznej w Polsce Ministra Środowiska Systemy Obróbki / Zarządzania Wodami i Gazami Odpadowymi w Sektorze Chemicznym. Ministerstwo Środowiska, Warszawa 2005
3. Skinder N.: Chemia a ochrona środowiska. WSiP, Warszawa 1991
4. Trząski L.: Edukacja ekologiczna. Podręcznik do ścieżki edukacyjnej dla liceów ogólnokształcących, liceów profilowanych i techników. Videograf Edukacja, Katowice 2003
5. Woźniak M.: Środowisko i gospodarka jego zasobami. eMPI<sup>2</sup> Poznań 2002
6. Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 6.06.2002 r. w sprawie dopuszczalnych poziomów niektórych substancji w powietrzu, alarmowych poziomów niektórych substancji w powietrzu oraz marginesów tolerancji dla dopuszczalnych poziomów niektórych substancji
7. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 20.12.2005 r. w sprawie standardów emisyjnych z instalacji
8. Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 09.09.2001 r. w sprawie opłat za korzystanie ze środowiska
9. [edu.pgi.gov.pl/muzeum/efekt/gazy\\_szlarniowe](http://edu.pgi.gov.pl/muzeum/efekt/gazy_szlarniowe)- Muzeum Państwowego Instytutu Geologicznego
10. [www.chem.uw.edu.pl/people/HWilczura/pracownia](http://www.chem.uw.edu.pl/people/HWilczura/pracownia) - Zakład Technologii Chemicznej Uniwersytetu Warszawskiego
11. [www.ciop.pl](http://www.ciop.pl)- Centralny Instytut Ochrony Pracy
12. [www.ecocentre.org.uk](http://www.ecocentre.org.uk)
13. [www.stat.gov.pl](http://www.stat.gov.pl)- Główny Urząd statystyczny