



LEARNING TOXICOLOGY
THROUGH OPEN EDUCATIONAL
RESOURCES

KAASUMAISTEN PÄÄSTÖJEN LÄHTEET KAUPUNKIYMPÄRISTÖSSÄ

Dana PERNIU, Ileana MANCIULEA

Transilvania University of Brasov

d.perniu@unitbv.ro, i.manciulea@unitbv.ro

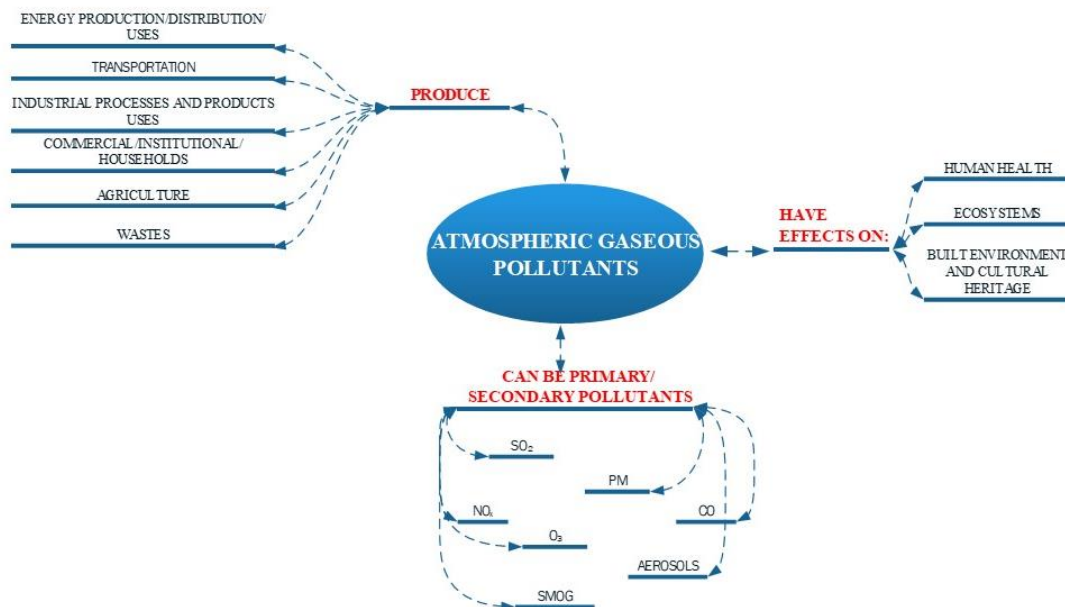
Käännös Merja Mäkelä



1. JOHDANTO

Kurssi on suunniteltu tarjoamaan sinulle integroidun näkemyksen kaasumaisista ilman epäpuhtauksista. Kurssi tarkastelee primäärisiä ja sekundäärisiä epäpuhtauksia, joita syntyy erilaisista saastumislähteistä ja joilla on kielteisiä vaikutuksia ihmisten terveyteen ja luonnolliseen ja rakennettuun ympäristöön.

COURSE DESCRIPTION



Kurssin tavoitteena on tarjota tietoa saastumisen käsitteen ymmärtämiseksi, mikä tarkoittaa:

- kuvata tärkeitä ilmansaasteiden lähteitä ja esittää esimerkkejä eri lähteistä peräisin olevista epäpuhtauksista
- kuvata epäpuhtauksien kulkeutumista ilmakehässä, mikä edellyttää tietoa epäpuhtauksien fysikaalisista ja kemiallisista ominaisuuksista
- esimerkkinä epäpuhtauksien käyttäytyminen ulkona ja sisätiloissa.

COURSE OBJECTIVES

describe the major air pollution sources

exemplify gaseous air pollutants released by different sources

describe the key gaseous atmospheric pollutants impact on:

human health

ecosystems

built environment and cultural heritage

understanding the air pollution concept

describe the transport of key gaseous pollutants in atmosphere

physical properties

chemical properties

explain the behavior of air key gaseous pollutants in outdoor environment

explain the behavior of air key gaseous pollutants in indoor environment

Näiden tietojen perusteella voit kuvata kaasumaisten epäpuhtauksien vaikutukset ihmisten terveyteen ja luonnolliseen ja rakennettuun ympäristöön.

Kiitokset, että valitsit kurssimme ja toivotamme sinulle menestystä oman tietämyksesi kehittämisessä.

2. KAASUMAISET PÄÄSTÖT ILMASSA

Puhdas ilma on perusedellytys terveellisen elämän ja hyvinvoinnin varmistamiseksi. Kuitenkin ihmiskunta pyrkii parantamaan elämänlaatua, johtamaan teknologiseen ja taloudelliseen kehitykseen aiheuttaen haittaa ympäristön laadulle yleensä ja erityisesti ilman laadulle.

Esityksessämme annamme sinulle perustietoja ilmakehän aiheuttamien kaasumaisten epäpuhtauksien aiheuttamasta ilman pilaantumisesta.

3. ILMAN KOOSTUMUS

Maata ympäröi kaasumainen ilmakehä jaettuna 5 pystysuoraan kerrokseen, jotka määräytyvät niiden koostumuksen ja lämpötilan mukaan, ja vaihtelevat korkeuden mukaan: troposfääri, stratosfääri, mesosfääri, termosfääri ja eksosfääri.

Lähin kerros maapallon pinnalle on troposfääri, jota kutsutaan yksinkertaisesti ilmaksi, joka sisältää noin 80 % koko ilmakehästä ja käytännössä veden kokonaisuusmassan.

Lukuun ottamatta vettä, jolla on vaihteleva pitoisuus, ilmalla on vakiokoostumus 10 km:iin asti. Ilma sisältää suuripitoisia komponentteja, joiden osuus kokonaisilmamassasta ja jäljityskomponenteista on noin 99,6 %.



Suuripitoisimmat kaasut ilmakehässä ovat 99,96 % (vol.) sen kokonaismassasta:

Typpi, N₂ (78 %, vol.) – on yleisin ilmakehän kaasu. Se ei reagoi muiden aineiden kanssa ilmakehän olosuhteissa.

Happi, O₂ (21 %, vol.) – on toinen yleinen kaasu, jota tarvitaan kaikkien eliöiden hengittämiseen maan päällä, ihmisistä bakteereihin. Se on erittäin reaktiivinen kaasu.

Argon, Ar (0,93 %, vol.) – on inertti jalokaasu.

Hiilidioksidi, CO₂ (noin 0,03 %, vol.) – on kaasua, jolla on alhainen prosenttiosuus ilmakehässä, mutta se on olennainen fotosynteesin raaka-aine, joka on elintärkeää maan elämässä. Hiilidioksidilla on tärkeä rooli maapallon lämmön tasapainon ylläpitämisessä. Viime vuosisadalla antropologisen toiminnan seurauksena hiilidioksidin ilmakehän pitoisuus kasvoi, mikä johti ilmastollisiin muutoksiin.

Jälkikaasuista, joiden osuus kokonaismassasta on 0,04 %, ovat:

jalokaasut (krypton, ksenon, helium)

ammoniakki (NH₃)

orgaaninen aine

metaani (CH₄)

typen oksidit (N₂O, NO, NO₂)

otsoni (O₃)

rikkidioksidi (SO₂)

erilaiset suolat ja suspendoituneet kiinteät hiukkaset.

Vettä (höyrymuodossa) löytyy vaihtelevia määriä lämpötilan, saostumisen, haihtumisnopeuden, sijainnin mukaan. Määrä voi vaihdella välillä 0,1-5 %. Jos vesihöyryä ei esiinny, troposfäärisen ilman koostumus on vakio. Vesihöyry on hydrologisen syklin osa ja se on tärkeä kasvihuonekaasu.

4. ILMAN KOOSTUMUSKOMPONENTTIEN YKSIKÖT

Ilman koostumuksen arvioimiseksi käytetään erilaisia yksiköitä, kuten:

% (m) – massaprosentti

% (vol) – tilavuusprosentti

mg/m³ – milligrammaa kuutiossa ilmaa

µg/m³ – mikrogrammaa kuutiossa ilmaa

parts per million in volume (ppmv) – miljoonasosa tilavuudesta ilmasta

parts per billion in volume (ppbv) – miljardisosa tilavuudesta ilmaa.

Tilavuusfraktiot ppmv ja ppbv ilmaisevat ilmakomponentin tilavuusosien lukumäärän miljoona tai miljardi tilavuusosaa ilmaa tai kaasumaisen komponentin molekyyliä miljoonasosassa tai miljardisosassa ilmakomponenttien molekyyleissä.

5. CONVERTING CONCENTRATIONS

Koska ilman komponenttien pitoisuudesta ei ole yksimielisyyttä yhdestä mittayksiköstä, tarvitaan muuntosuhteet yhdestä yksiköstä toiseen.

Muutokset perustuvat ideaalikaasulakiin ($pV = nRT$), joka määrittelee kaasun tilavuuden ja molekyylien kokonaismäärän suhteen.

muunnos		suhdeluku
yksiköstä	yksikköön	
mg/m ³	ppmv	$\text{ppmv} = \frac{\text{mg}}{\text{m}^3} \cdot \frac{[273.15 + (^{\circ}\text{C})]}{M} \cdot 0.08205$
mg/m ³	ppbv	$\text{ppbv} = \frac{\mu\text{g}}{\text{m}^3} \cdot \frac{[273.15 + (^{\circ}\text{C})]}{M} \cdot 0.08205$
ppmv	mg/m ³	$\frac{\text{mg}}{\text{m}^3} = (\text{ppmv}) \cdot \frac{M}{[273.15 + (^{\circ}\text{C})]} \cdot \frac{1}{0.08205}$
ppbv	mg/m ³	$\frac{\mu\text{g}}{\text{m}^3} = (\text{ppbv}) \cdot \frac{M}{[273.15 + (^{\circ}\text{C})]} \cdot \frac{1}{0.08205}$

Taulukossa ovat seuraavat parametrit:

kaasumaisen komponentin tilavuusosuus ilmassa: $ppmv, ppbv, mg/m^3, \mu g/m^3$

kaasumaisen komponentin molekyylipaino: M

kaasuvakio: $R = 0.08205 \text{ atm L mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$

lämpötila $T = [273.15 + (^{\circ}C)] \text{ K}$

ilmanpaine $p = 1 \text{ atm}$.

6. ILMAN SAASTUMINEN – HISTORIA

Puhdas ilma sisältää vain aiemmin mainitut aineet mainitussa suhteessa. Antropisen vaikutuksen seurauksena tiettyjen kaasujen pitoisuus on modifioitu, mikä johtaa ilmassa olevien perusominaisuuksien ja -funktioiden muutoksiin.

Historiassa tunnetaan joitain ilmakehän muutoksia aiheuttavia tapahtumia. Muutamia esimerkkejä esitetään seuraavissa kappaleissa.

Yksi ensimmäisestä todistuksesta, jonka epämielilyttävyyttä johtuu hiilen polttamisen vapauttamien yhdisteiden ilmakehästä, on filosofi Senecaa. Yhdessä hänen kirjoituksistaan hän mainitsi Rooman raskaan ilman aiheuttaman hajoamisen muutoksen, savujen muodostaen savu-piippuja, jotka tuovat nokea ja höyryjä haitallisella tuoksulla.

Vuosien mittaan hiiltä käytettiin tärkeimpänä energialähteenä kuumennus- ja ruoanlaitto-tarpeiden tyydyttämiseksi.

Englannissa 1400-luvulla, ts. 1306, kuningas Edward I otti ensimmäisen ympäristönsuojelusäännön kieltämällä kivihiilen polttamisen, mutta väestö jätti sen huomiotta.

Myöhemmin vuonna 1661 kuningas Kaarle II pyysi yhtä hänen neuvonantajistaan, John Evelyniä, kirjoittamaan kirjan päästä ulos hiilen polttamisen vaaroista. Tuloksena oli ensimmäinen kattava tutkimus, jossa käsiteltiin ilman saastumista – ”Fumifugium: tai ilman epämukavuus ja Lontoon savu hävitettynä, yhdessä joitain korjaustoimenpiteitä nöyrästi ehdotettuina, ehdotettuna Hänen Majesteettinsa ja parlamentin puolesta”. Fumifugium on keksitty sana, joka tulee latinasta - fumus tarkoittaa savua ja fugit vastaa verbiä.

Toinen tärkeä hetki on Georg Bauerin 1556 julkaisema, nimimerkillä Gerogius Agricola, kirja DeReMetallica, laaja kaivostoiminnan esittely. Se on ensimmäinen monografia, joka keskittyy teolliseen toimintaan, jossa mainitaan ilmansaasteiden osatekijät.

Yhdessä teollisen vallankumouksen kanssa kivihiilen käyttämisen energialähteenä koneiden toimivuuden vuoksi Ison-Britannian hiilen käyttö kertaantui 100:llä vuosina 1800-1900.

Kivihiilen tuottaman savun, jota kutsutaan yleensä nimellä "savusumu", tunnettiin ja melko yleisesti XIX-luvun viimeisellä puoliskolla ja XX:n alussa. Kirjoittajat, tiedemiehet ja jopa

taiteilijat toivat sen esille: Charles Dickens, Charles Darwin, James Russel Arthur Conan Doyle, Claude Monet, Camille Pissarot, Edgar Degas jne.

Vuonna 1952 joulukuussa neljän päivän "sumun" jälkeen rekisteröitiin 4 000 kuolemaa, jotka johtuivat epäpuhtauksista - rikkidioksidista ja hiukkasista aiheutuneesta altistumisesta. Tapahtuma tunnetaan nimellä "Lontoon smog".

Nykyhetkellä antropologisen toiminnan aiheuttamat epäpuhtaudet ovat yhtä monitahoisia kuin saastumisen vaikutuksetkin ja kehittyvät paitsi paikallisella tasolla, myös alueellisella ja maailmanlaajuisella tasolla.



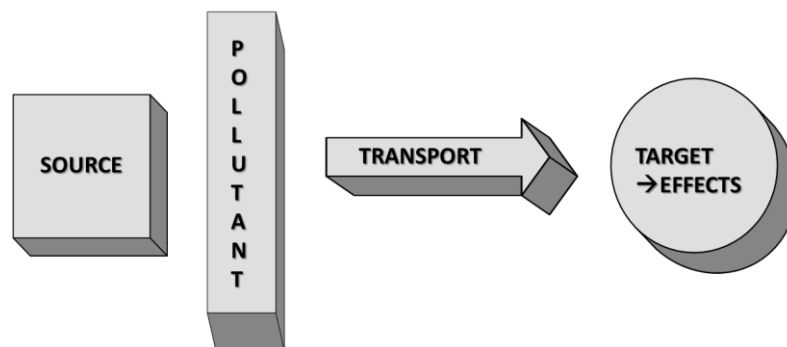
7. LÄHESTYMISTAPA ILMAN SAASTUMISEEN

Epäpuhtauksien lisääntyessä tai epäpuhtauksien pitoisuuksien lisääntyessä ilmassa niitä ilmanlaadun merkittävät muutoksia, jotka häiritsevät ihmisen terveyttä tai hyvinvointia tai aiheuttavat muita haitallisia vaikutuksia, kutsutaan ilmansaasteeksi.

Kaasumaiset ilman epäpuhtaudet ovat niitä kaasuja tai höyryjä, ts. yksittäisinä molekyyleinä, jotka kykenevät kulkemaan suodattimien läpi. Ne eivät adsorboi tai reagoi kemiallisesti suodatinväliaineen kanssa. Kaasumaiset epäpuhtaudet kerääntyvät helposti ihmisen hengityselimiin, mutta ollessaan vesiliukoisia, ne saattavat kerääntyä nopeasti ylähengitysteihin eivätkä tunkeudu syvälle keuhkoihin.

Koska ympäristön pilaantuminen ja erityisesti ilman pilaantuminen ovat monimutkaisia, analyysissa on käytettävä yhdenmukaista lähestymistapaa ottaen huomioon saastepäästöjen lähteet, niiden ilmassa tapahtuva kuljetus ja niiden vaikutukset ihmisten terveyteen sekä luonnolliseen ja rakennettuun ympäristöön.

Didaktisista syistä tässä osassa käsitellään ilmansaastumisen lähteitä. Toisessa osassa lähestymme valittujen ilman epäpuhtauksien ympäristöön kulkeutumista ilmassa syntyvien fysikaalisten ja kemiallisten prosessien sekä niiden vaikutusten osalta.



8. Ilman saastumislähteet

Antropisen toiminnan massiivisella monipuolistumisella on merkittävänä seurauksena ilmansaastumisen lähteiden lisääntyminen. Pilaantumislähteitä voidaan luokitella monilla tavoin, tässä osiossa esitetään vain yleinen kuvaus.

Saastumislähteen luonteen perusteella epäpuhtaudet ovat peräisin luonnollisista tai keinotekoisista lähteistä.

- **Luonnonlähteistä** esimerkkeinä mainittakoon tulivuorenpurkaus, autiomaapöly, merisumun luonnollinen tuotanto, orgaanisen aineen hajoamispäästöt, puiden biogeeniset päästöt ja muu kasvillisuus.
- **Antropiset** lähteet vapauttavat epäpuhtauksia ihmisen toiminnan tai puuttumisen seurauksena. On selvää, että tämäntyyppiset lähteet ovat tärkein osa ilman pilaantumista.

Yksi tärkeimmistä eroista on kiinteiden lähteiden ja liikkuvien lähteiden välillä.

- **Kiinteät** lähteet käsittävät teollisuuden ja kotitalouksien päästöt.
- **Liikkuviin** lähteisiin kuuluvat maantiekulkuneuvot, rautateiden junat ja laivat.

Hyödyllinen luokittelu käsittelee pistemäisiä / rivimäisiä / aluemaisia lähteitä.

- **Pistemäiset** lähteet viittaavat lähteisiin, jotka näkyvät yksittäisinä pisteinä. Spatiaalinen asteikko on yleensä alueella 1 x 1 km. Esimerkkejä pistelähteistä ovat: voimalaitos, vaikka sillä on useampi kuin yksi savupiippu, yksittäiset teollisuusalueet.
- **Viivamaiset** lähteet käsittelevät maantiekulkuneuvoja, rautatiekuljetuksia.
- **Aluemaiset** lähteet ovat hajanaisia, levinneet merkittävälle alueelle. Esimerkki: Päästöt muodostuvat tilan lämmitykseen käytettävistä kattiloista, koska useimmilla kodeilla on oma kattila, joista kukin on pieni päästölähde, mutta sitä ei käsitellä erikseen ympäristöanalyysissä.

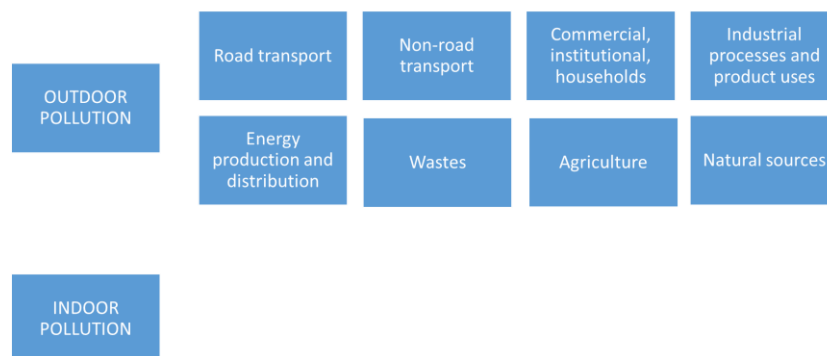
Antropisia lähteitä analysoidaan **sektoreittain**, koska ne esitetään Euroopan unionin virallisissa asiakirjoissa seuraavasti:

- **Maantiekuljetuksia**, joita käytetään kuvaamaan kaikkia tieliikenteen päästöjä riippumatta ajoneuvon koosta tai käytöstä, tuottaa saasteita. Päästöt ajoneuvoista ilmaistaan tavallisesti pakokaasujen muodossa. Bensiinin tai dieselpolttoaineen polttaminen johtaa pakokaasuihin, jotka sisältävät erilaisia haitallisia epäpuhtauksia.
- **Maantiekuljetukset**, joihin kuuluvat ilmailu, rautatiet, tuottaa päästöjä.
- **Kaupalliset institutionaaliset lähteet ja kotitaloussektori** tuottavat päästöjä.
- **Teollisuusprosessien ja tuotteiden käytön ala** tuottaa ilman pilaantumista "perinteisillä" epäpuhtauksilla, mutta myös "esoteerisilla" epäpuhtauksilla tiettyjen teollisten prosessien seurauksena.
- **Energian tuotanto ja jakelu** - Fossiilisten polttoaineiden polttaminen (kiinteissä laitoksissa) energiatuotannossa on ylivoimaisesti merkittävin tapa synnyttää päästöjä ilman pilaantumisen kannalta.
- **Maatalous** voi olla sekä pilaantumisen lähde että saasteperäinen reseptori, kun otetaan huomioon, että muista lähteistä peräisin olevat päästöt voivat olla vahingollisia viljelykasveille.
- **Jättesektoria** voidaan pitää ajoittaisena saastumislähteenä, koska päästöt ovat usein ennalta arvaamattomia. Esimerkiksi jätteenpoltossa tai tahattomissa tulipaloissa vapautuu dioksiineja, satunnaisia, tahattomia tuotteita, joita on vaikea seurata ja joilla on vakavia haitallisia terveysvaikutuksia.

On tärkeää mainita ilmansaasteiden lähteiden monimuotoisuus maantieteellisen sijainnin ja alueen toiminnan erityispiirteiden mukaan. Täten ilman pilaantuminen kaupunkiympäristössä on ominaista päästöt maantiekuljetuksista, teollisuustoiminnasta, kaupallisista, institutionaalisista ja kotitalouksien toiminnoista sekä jätteistä. Energian tuotanto ja jakelu edistävät myös kaasupäästöjä kaupunkiympäristössä.

Maaseutualueella maatalouden toiminta synnyttää ja edistää merkittävästi ilman laadun heikkenemistä.

Jos keskustelemme ilman epäpuhtauksien vaikutuksista ihmisten terveyteen, meidän on mainittava, että nykyajan ihmiset käyttävät yli 90 % aikaa sisätiloissa. Niinpä sisätiloissa tietyt toiminnot ja tuotteet ovat merkittävä saastelähde. Kolmannessa yksikössä lähestytään sisäilman pilaantumista.



Eri lähteistä peräisin olevien päästöjen havainnollistamiseksi esitämme kunkin toimintasektorin vaikutuksen merkittävimpiin kaasumaisiin ilman epäpuhtauksiin. Tiedot vastaavat Euroopan unionin maiden rekisteröimiä päästöjä vuonna 2015, ja ne esitetään Euroopan ilmaliikenteen laatua koskevassa raportissa 2017.

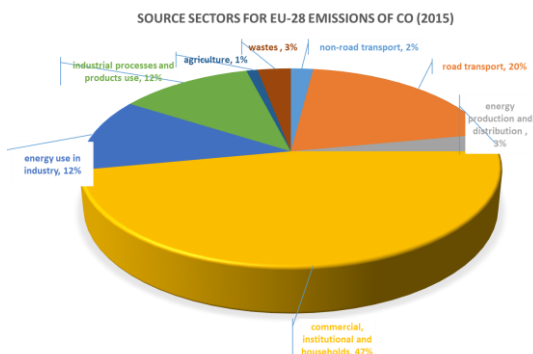
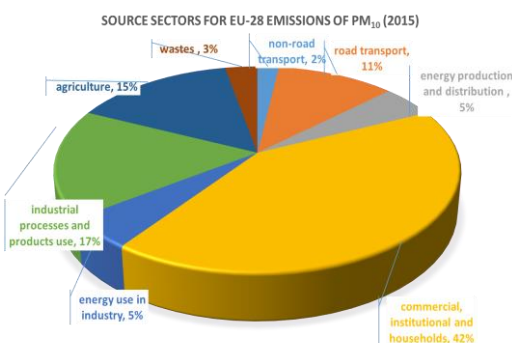
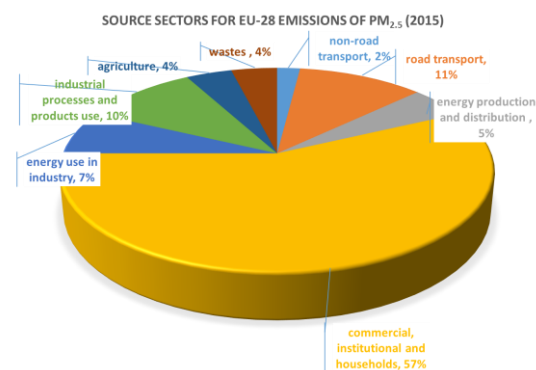
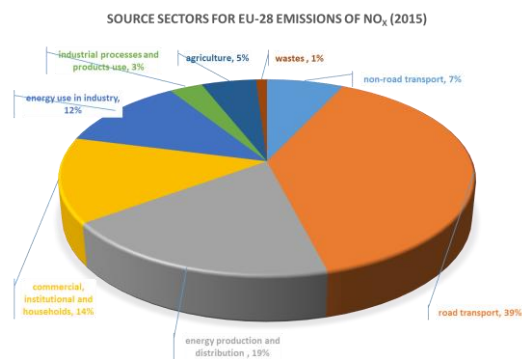
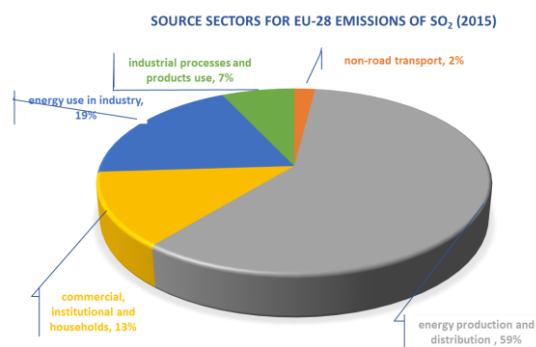
Rikkidioksidipäästöjen suurin osuus tulee energiantuotannosta ja jakelusta. Tämä ei ole yllättävää, kun otetaan huomioon, että vuonna 2015 Euroopassa energiantuotannosta 18,9 prosenttia perustui kivihiileen.

Tärkein typpioksidipäästöjen lähde on maantiekuljetus. Energian tuotanto ja jakelu, kaupallinen, institutionaalinen ja kotitaloustoiminta ovat myös merkittäviä. On mainittava, että vuosina 2000-2015 typen oksidipäästöt vähenivät, mikä johtuu pääasiassa teknisestä kehityksestä.

Hiukkasille, joiden aerodynaaminen ulottuvuus on enintään 2,5 mikrometriä, tärkein päästölähde on kaupankäynti, laitokset ja kotitaloudet, joissa pääasiainen energialähde perustuu fossiiliseen polttoaineeseen.

Vastaavasti lähteet, jotka tuottavat hiukkasia, joiden aerodynaaminen halkaisija on enintään 10 mikrometriä, ovat kaupalliset, institutionaaliset toimet ja kotitaloustoimi. Tässä teollisuusprosessien päästöosuuden kasvua on nähtävissä.

Hiilimonoksidia syntyy pääasiassa kaupallisissa, institutionaalisisissa laitoksissa ja kotitalouksissa sekä maantiekuljetuksissa.



Tässä osassa esitetyt tiedot perustuvat Euroopan komission julkaisemaan tietoon.

Toisessa yksikössä käsitellään kullekin epäpuhtaudelle erityisiä päästölähteitä.

9. LÄHTEET

1. <https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2017>
2. <http://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/air-quality/publications/2017/evolution-of-who-air-quality-guidelines-past-present-and-future-2017>
3. <https://www.eea.europa.eu/help/glossary>



4. http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0006/189051/Health-effects-of-particulate-matter-final-Eng.pdf
5. <http://acmg.seas.harvard.edu/people/faculty/djj/book/>
6. http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Energy_production_and_imports
7. <http://www.planetgreen.org/2012/03/edward-i-environmentalist-by-a.html>
8. <https://en.wikipedia.org/wiki/Fumifugium>
9. Brimblecombe, P., Attitude and Response Towards Air Pollution in Medieval England, Journal of the Air Pollution Control and Association, Vol 26, issue 10, 1996, <https://doi.org/10.1080/00022470.1976.10470341>
10. Schorr, D., Art and History of Environmental Law July 19, 2015, Available at: <https://ssrn.com/abstract=2633175>
11. <https://www.brainpickings.org/2016/02/15/seneca-letter-18/>
12. <http://www.alamy.com/stock-photo/de-re-metallica.html>
13. <http://historytradeart.blogspot.ro/2010/05/art-and-artistic-reactions-to.html>
14. <https://aboutartnouveau.wordpress.com/2015/11/20/art-nouveau-is-back/dark-satanic-mills/>
15. <http://www.dailymail.co.uk/news/article-2243732/Pea-souper-killed-12-000-So-black-screen-cinemas-So-suffocatingly-lethal-ran-coffins-How-Great-Smog-choked-London-60-years-ago-week.html>
16. <https://www.express.co.uk/life-style/life/771226/cough-air-pollution>
17. <http://thegreentimes.co.za/the-melting-arctics-dramatic-impact-on-global-weather-patterns/>



**VNIVERSIDAD
D SALAMANCA**

CAMPUS OF INTERNATIONAL EXCELLENCE



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA



South-Eastern Finland
University of Applied Sciences

U. PORTO



**Universitatea
TRANSILVANIA
din Braşov**



**UNIVERZITA
KARLOVA**



ИКИТ

<https://toxoeer.com>

Project coordinator: Ana I. Morales
Headquarters office in Salamanca.
Dept. Building, Campus Miguel de Unamuno, 37007.
Contact Phone: +34 663 056 665