

Szemelvények a környezetszennyezés történetéből, különös tekintettel a levegő szennyezésére

- 1. Környezetszennyezés az ókorban**
- 2. Erdőpusztulás**
- 3. A légköri környezet az antik kortól napjainkig,
irodalmi források alapján**
- 4. Nagy Athén régiójának meteorológiai viszonyai**
- 5. A környezeti jellemzők stabilitása**
- 6. Környezetszemlélet az ókori Izraelben**
- 7. Légszennyezés a középkori városokban**
- 8. Kísérletek a légszennyezés szabályozására**
- 9. A füst és a londoni köd**
 - 9.1. A nagy szmog és ami utána történt
- 10. A levegőminőség kezelésének tudományos
mérőföldkövei**
- 11. Levegőminőségi szabályozási rendszerek és az AQ
keret direktíva (levegőminőségi útmutató)**

Szemelvények a környezetszennyezés történetéből, különös tekintettel a levegő szennyezésére

1. Környezetszennyezés az ókorban

- Még a legkorábbi társadalmakban is gyakran fordultak elő széleskörű környezeti károk (a levegő és a vizek szennyezése, a talaj pusztítása, növény- és állatfajok kiirtása).

De: A korai társadalmak által okozott környezeti károk mértéke általában csekély volt \Rightarrow a ma embere elnézőbb a korai társadalmakkal szemben, összehasonlítva a mai városi környezetben élőkkel

minden kultúra hangsúlyozta: „a környezettel harmóniában kell élni”

\rightarrow környezeti ideálok \leftrightarrow anyagi szükségletek

- Az ember és környezetének kapcsolata mindig is része volt az ókori görög gondolkodásnak.

A környezet minőségére vonatkozó aggodalmak és konkrét lépések közvetett bizonyítékai már jelen vannak az ókori irodalomban:

(a) vitát folytatnak többek között az erdőpusztulás problémájáról,

(b) indirekt hivatkozások találhatók a levegőminőségi és városfejlesztési gondokkal összefüggésben.

A klasszikus kor és a modern idők környezetszemlélete és –értelmezése alapvetően ugyanaz, bár az ókorban néhány környezeti jellemzőt (pl. a szél) inkább mitológiai és vallási tulajdonságokkal, semmint tudományos ismervekkel ruháztak fel.

2. Erdőpusztulás

- Platón: „*Kritiász*” – az Attikai-félszigeten történt erdőpusztulás bizonyítéka;
„Ez 9000 évvel ezelőtt történt: hosszú idő után Attika földje – mely valamikor annyira termékeny volt – az erdőpusztítás következtében tönkrement: gyakoriak lettek az áradások, a magasan fekvő területekről a téli eső lemosta a talajt, s az onnan eltűnt. Az eredmény: Athén most úgy néz ki, mint egy kis sziget, egy beteg test csontváza, melyen hús alig van. A régi szép időkben a föld romlatlan volt, talaj borította a hegyek magasabb részeit is, s amit mi bozotosnak hívunk, gazdagon borította a földet. Böven volt erdő a hegyekben, de ennek már alig látni nyomát. Némelyik hegységünk csak méheket tud eltartani; nem is olyan régen még ezekből a hegységekből származtak legnagyobb épületeink tetőgerendái, s ezek a gerendák még mindig a helyükön vannak. És voltak sok egyéb, gondozott, magas fák, melyek élelmet adtak a rengeteg jószágnak.”

Igazolható-e ez a leírás? – Nem.

Viszont:

- (a) a Mediterráneum hidegebb/nedvesebb volt a Neolitikumban, mint ma ⇒ kedvezőbb feltételek az évelő vegetáció számára.
 - (b) később szárazabbá váló nyarak ⇒ erdőpusztulás (semmi köze az emberi tevékenységhez)
szűkös nyári csapadék → csenevész növényzet, bozotosok
⇒ juh és kecske
Eupolisz egyik komédiájában – aki Arisztofanész kortársa volt – kecskékről szólt a darab és a kecskék adták a kórust is
- Mai nézet: a törökök a felelősek a görög erdők elpusztításáért
Valóság: sokkal több erdő pusztult el a görög függetlenség kikiáltása óta. A függetlenség kikiáltásakor (1821-ben) és azt követően Görögország kb. 40 %-át borították erdők – ez a terület 2000-re 14 %-ra zsugorodott, de ennek is jelentős része mára leromlott sarjerdő/cserjés.

3. A légköri környezet az antik kortól napjainkig, irodalmi források alapján

- légköri környezet: közvetlen adatok nincsenek a szakirodalomban
 - (a) Szolón, i.e. 6. század, *Athén: a légszennyezés első törvényhozói megközelítése: szabályozta, hogy lakott területeken a kovácmesterség nem üzhető, annak át kell tevődnie a városon kívülre ⇒ a zaj- és légszennyezés csökkentése.
[*Az i.e. 4. században Athén városának népessége kb. 40-50.000 fő volt. Mivel ugyanennyien laktak a városban jó néhány évszázaddal korábban is, feltételezték, hogy Athén – Rómával együtt – messze a leginkább városiasodott település volt az antik világban.]
 - (b) Thuküdidész egyik munkája → antropogén eredetű légszennyezési epizód: A peloponnészoszi háború idején – amikor a peloponnészoszi csapatok Plataiész városát ostromolták (i.e. 430) – a támadó sereg a városfalakat szurokkal és kénnel bevont fákkal vette körül, majd meggyújtotta azokat. Ily módon jelentős mennyiségű füst és kén-dioxid keletkezett
→cél: a város lakóit Plataiész feladására kényszerítse
- A városiasodás és a környezeti problémák az ókorban a később kapcsolódtak össze. Vitruviusz (i.e. 75-26; Augustusz császár kora) leírta a római városok éghajlatát és éghajlati feltételeit, ← hivatkozás füstszennyezés kapcsán Horáciusz (i.e. 65-8) költeményeiben.
- A klasszikus kor nagyvárosainak légszennyezési problémái:
Horáciusz megemlíti – „*a római épületek egyre feketébbek a füsttől*” (ez a probléma még számos ókori városban is bizonyára fennállt).
Szeneka – Néró császár tanítója – egész életében betegeskedett, s orvosa gyakran tanácsolta neki, hogy hagyja el Rómát.
Levele Luciliusznak, i.u. 61: – el kell hagynia Róma nyomasztó füstjét és a konyhai szagokat, hogy jobban érezhesse magát.
- A római szenátus kb. 2000 éve hozott egy törvényt:
„*Aerem corrumpere non licet*”, azaz „A levegőt szennyezni nem szabad.”

- A modern iparosodás korát megelőzően csupán írtak a különböző források a levegő szennyezettségéről, viszont levegőmintákat nem analizáltak.
Arles, 1180-1636 és Bologna, 1530-1887: talajrétegeket vizsgáltak.
Mindkét településen nagy mennyiségben mutatták ki a hamut – a faégetés végtermékét ⇒ a faégetés révén keletkezett szennyezett levegő Dél-Franciaország és Észak-Itália városaiban a középkortól az iparosodás előtti időszak befejeztéig

4. Nagy Athén régiójának meteorológiai viszonyai

- a légkör meteorológiai jellemzőire vonatkozó első utalások
→ *Homérosz, Isziodusz és Arisztotelész* munkáiban
a széllel kapcsolatos információk – Dél-Görögország
→ *Thuküdidész és Aiszkülosz* munkáiban
Thuküdidész szerint:
az athéniak és a peloponnészosziak közötti csatában (i.e. 429) az athéniak csak késve tudták indítani a támadásukat, mivel a reggeli szél megfordította a hullámzást, ami nehezé tette az evezést a gyakorlatlan evezősök számára.
Aiszkülosz, a „*Perzsák*” c. drámájában i.e. 472-ben (saját tapasztalata alapján) leírja az athéniak és a perzsák között lezajlott hajócsatát Szalaminánál (i.e. 480), ahol az őszi tengeri szél („aura”) jelentős szerepet játszott abban, hogy a csatahajók bizonyos manővereket könnyebben hajthattak végre.
**Homérosz* az „*Odüsszea*”-ban már korábban hivatkozott az „*aurá*”-ra, mint egy folyó környékéről fújó friss szélre – ezt ma úgy ismerjük, mint csatorna-hatás.
[**Homérosz* i.e. 750 körül élt, a homéroszi eposzok – így az *Odüsszeia* is – az események után kb. 500 évvel születtek. A „*homérosz*” szó jelentése: vak. A költő állítólag a Földközi-tenger vidékét járta verseivel.]
- A régi görög mitológia szerint a szél egy isten – *Aiolosz* – irányítása alá tartozott, aki felelős volt annak tulajdonságaiért az egész világon.
↔ *Arisztotelész* a „*Meteorologica*” című művében részletesen leírja a légmozgások eredetét, meteorológiai feltételeit, s a kapcsolódó mechanizmusokat.

5. A környezeti jellemzők stabilitása

- Az i.e. 4. században *Arisztotelész* – *Parmenidész*hez hasonlóan – azt hirdette, hogy a Föld gömb alakú és az univerzum középpontjában található, továbbá, hogy öt klímazóna létezik, s hogy a lakható világ (Athénnel és a görög földdel együtt) a trópusok és az északi hideg zóna közötti mérsékelt övre korlátozódik. A földrajzi atlaszok és szakkönyvek ma is használják a régi görögök öt éghajlati zónára alapuló klímaosztályozását (szoláris klíma).
- Az athéni Parthenonról származó fák évgyűrűinek szélességváltozásai a hosszabb tartamú éghajlatváltozás jelzik a klasszikus Görögországban az i.e. 5. századig visszamenően.
Ha az évgyűrű kronológia abszolút dátumai – melyek jelenleg a középkorig nyúlnak vissza – egészen a klasszikus korig visszavezethetők ⇒ megállapítható a hosszabb tartamú csapadékváltozások története a klasszikus kor szemi-arid térségeiben.
- A környezeti stabilitás tényezői Görögországban az *etéziás szelek* – iránya: északkeleti-északnyugati,
 - tartama: május-október,
 - térsége: a Mediterráneum keleti része,
 - maximális gyakorisága: július közepe – szeptember közepe,
 - mai elnevezése: „*meltémia*”E légáramlási rendszer már a klasszikus korban is ismert volt, s *Arisztotelész* részletesen tanulmányozta.

- *Aiginitisz*

Mit vizsgált?

– A pálmafák különböző növekedési fázisait.

Milyen évi középhőmérséklet – termés kapcsolatokat talált?

$$\Delta \overline{t_{Athén}^{év}} < 1 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

(a) ha $\overline{t_{év}} > 17^\circ\text{C} \Rightarrow$ a pálmafa hoz termést;

(b) ha $17^\circ\text{C} \leq \overline{t_{év}} \leq 18 \text{ } ^\circ\text{C} \Rightarrow$ a pálmafa gyümölcse nem érik be,

(c) ha $\overline{t_{év}} \geq 18 \text{ } ^\circ\text{C}$, a gyümölcs már fogyasztható, bár nem teljesen érik be.

Athénben az i.e. 4. század során a pálmafák gyümölcse nem érett be,

\Rightarrow Athénban a múltban: $17^\circ\text{C} \leq \overline{t_{Athén}^{év}} \leq 18 \text{ } ^\circ\text{C}$.

A pálmafa gyümölcse napjainkban sem érik be. Ok: $\overline{t_{Athén}^{év}} = 17,6 \text{ } ^\circ\text{C}$ [lásd: (b)]

Milyen eredményre jutott?

– Az utóbbi 23 évszázad során $\overline{t_{Athén}^{év}}$ nem változott.

6. Környezetszemlélet az ókori Izraelben

- A környezet a zsidó vallás természetes része

Talmud: „*Ne pusztíts el semmit céltalanul, ami bárkinek örömet okozhat.*”

[Pl. megtiltották a város körüli fák irtását, a fákat kötelező volt öntözni, s a környezetre vigyázni kellett, tilos volt luxus életet élni (az is egyfajta pazarlás).]

– törvények a Talmudból az általános környezeti életminőség fenntartásáról:

- (i) Nem lehet üzletet nyitni egy ház udvarában, ha a vásárlók zaja zavarja a szomszédok nyugalmát.
- (ii) A galambdúccokat a városfáltól legalább 50 könyök (1 könyök $\approx 45 \text{ cm}$) távolságra kell elhelyezni, hogy a galambpiszok ne károsítsa a város zöldségeskertjeit.
- (iii) A szérűskertek csak bizonyos távolságra lehetnek a várostól, hogy mentesítse a várost a pelyva által okozott légszennyezéstől.

- Mózes V. könyve a zsidó ökológia alapja. Ebben többek között szerepel:
 - (a) A katonáknak tilos a tábor területén elvégezni a dolgukat.
 - (b) Tilos latrinát építeni a lakóházhoz közel, mert az bűzt áraszt.
 - (c) Nyáron tilos a szennyvízcsatornákat fölnyitni.
 - (d) Ha valaki másnak a szennyvizétől szenved, akár kártérítést is követelhet magának.
 - (e) A szennyvizet nem lehet a veteményesek közelében kiengedni, mivel az rontja a termés hozamokat.

- A természet a zsidóknak természetes és alapvető dolog, s azt vallják, hogy úgy kell most is élni, mint ahogy azt a Bibliában, a Tórában és a Talmudban is megírták.
 - (a) A bibliai városok körbe voltak véve egy mai értelemben vett zöldövezettel, mely a városfaltól 1000 könyök távolságra húzódott.
 - (b) Megtiltották, hogy olajfát és szőlőtőkét használjanak a templomi oltárokon, mert ezek a fák égetéskor nagy mennyiségű füstöt képeznek.

Jeruzsálemben – a legszentebb városban – is szigorú környezetvédelmi szabályozás volt érvényben:

 - (i) A trágyadombok teljesen ki vannak tiltva a város területéről.
 - (ii) A cserzőműhelyeket a várostól legalább 60 könyök távolságra kell telepíteni, mert igen bűdösek.
 - (iii) A cserzőműhelyek csak a város keleti oldalára építhetők (Izraelben az északi és a nyugati szelek a leggyakoribbak \Rightarrow nem kerül vissza a városba a bűz).
 - (iv) A malmokat csak 50 könyök távolságra lehet építeni a várostól (Ezekből rengeteg por jut a levegőbe, s ez az emberi szervezetre ártalmas, ha véletlenül belégzésre kerül.)
 - (v) A búzapor nemcsak az emberekre ártalmas, hanem a szántóföldeknek sem tesz jót. Így lehetőség szerint azoktól is messze kell építeni a malmokat.
 - (vi) A szemetet csak a város határain kívül szabad kidobni, égető- és szárítókemencét pedig a városfalakon kívül, azoktól legalább 50 könyök távolságra szabad működtetni, mivel az rengeteg füstöt bocsát ki, s vonzza magához a kártevő rágcsálókat.

- Tosefta törvénykönyvében olvasható:
 - (a) Az ivóvizekben nem szabad mosni.
 - (b) Minden kútra fedelet kell rakni, hogy a kígyók, rovarok és a gonosz lelkek ne támadhassák meg a kút vizét.
 - (c) Nem szabad szennyvízgödröt ásni a szomszéd kútjához közel.
- Zajszenyezés
 - (i) A malmokat nem szabad a városok közelébe telepíteni. (A malomkövek működés közben nagy zajt és vibrációt okoznak.)
 - (ii) A környék lakóitól függ, hogy működhet-e egy nagynak számító (50 fős) iskola a közelben. (Ugyanis a gyerekek nagy hangzavart okoznak, s ez zavarhatja az ott lakókat.)
- Mi az oka annak, hogy az ókori zsidók olyan sokat foglalkoztak a környezettel, s hogy ez a környezet-érzékenység később háttérbe szorult?
 A zsidóknak nem volt sokáig földjük ⇒ nem érezték magukat közel a természethez.
 Régi zsidó mondás: „*A tiszta zsidók jobban foglalkoznak a környezetükkel, mint a piszkos rómaiak.*”

7. Légszenyezés a középkori városokban

- korai társadalmak
 az égetés és fűtés – kulcsszerep a légszenyezés kialakulásában, → elsősorban belső terek szennyezése
- régi városok
 kis terület, nagy népsűrűség
 → (a) könnyebb védekezés a külső támadásokkal szemben,
 (b) könnyebb az emberek mozgása, s az áruszállítás a város határain belül,
 ⇒ a füst (a kovácműhelyekből, sörfőzdékből, s egyéb energiaigényes manufaktúrákból) leszálló légáramlások idején fölhalmozódik a házak között.
- középkori európai városok:
 → magas épületek,
 → a sűrűn lakott házak közötti keskeny utcák kanyonok ⇒ megtartották a füstöt és a párákat

- A középkori Anglia

- (a) energiaigényes kisipar (pl. pékségek, téглаégetők és fémkohók)

- (b) a városok ipari energia igénye valószínűleg kisebb lehetett, mint a háztartások szükséglete, amely télen jelentősen megnövekedett.

az energiahordozók fölhasználása a középkorban

→ építőanyagokkal (agyagedény, cserép, üveg, vas, acél és mész) kapcsolatos iparágak

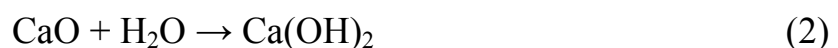
- (1) *vasolvasztás* – az erdőkben, a fa forrásának közelében, s a városi lakosságtól távol – a légszennyezést elkerülendő – történhetett,

- (2) *mészégetés* – a vashoz képest jóval nagyobb mennyiséget produkált; hasznosították

- (2a) habarcs készítéséhez és

- (2b) mezőgazdasági célra;

- A meszet a mészkő (CaCO₃) kemencében, magas hőfokon történő égetésével állították elő. Ez elvonja a szén-dioxidot és mész (CaO) keletkezik (1). Amikor vízzel összekeverték, hogy kötőanyagot képezzenek, oltott mész [Ca(OH)₂] képződött (2):



A mészkövet hagyományosan tölgyfával égették.

1253 (a Westminster építése): – III. Henrik fűtőanyagként tölgyfát vásárolt,

1264: – III. Henrik fűtőanyagként szenet vásárolt:

„London polgármesterének, 1264. július 23-án,

Módosított meghatalmazás: a Király számára, London városába, késelem nélkül és haladéktalanul szállítandó egy hajórakomány tengeri szén („sea-coal”) és négy malomkő a windsori várkastélyba, s ott átadandók a kastély kapitányának.”

- A tengeri szén (carbonem marus) elnevezés (szokásos magyar fordítása: kőszén) eredete: azt a tengeren át szállították Anglia nagy kikötőibe a 13. században.

A szén már a 13. század elején meg kellett, hogy jelenjen Londonban.

Ok:

1228: London belvárosa egyik utcájának neve:

Sacoles Lane (Sacoles \approx Sea-coal). Ennek emlékét még ma is őrzi Londonban két utcanév: Old Seacoal Lane és Seacoal Lane.

- A légszennyezéssel kapcsolatos legkorábban dokumentált angliai eset: Nottingham, 1257 nyara: Eleonóra királyné (III. Henrik felesége) meglátogatta a nottinghami várkastély felújítási munkálatait. A kőszén füstjének szagától annyira bűzösnek találta a levegőt, hogy a Tutbury kastélyba távozott egészsége megóvása érdekében.

Miért feltételezte a középkori gondolkodás, hogy a széntüzelésből származó kénés szag káros az egészségre?

A rossz szagot már régóta kapcsolatba hozták az egészségtelen levegővel.

- (a) „*miasma*” a mocsarokból származó egészségtelen szagoknak (az ókori görögök elnevezése). A szót mai jelentése: mérgező/fertőző levegő.

A mocsarakkal kapcsolatos félelmek a középkorból:

- (1) a Winchester Székesegyház a tervezett helyszíntől odébb kellett fölépíteni, a közeli – állandó bűzt árasztó – mocsár miatt;
- (2) a Fleet folyó Londonban annyira bűdös volt, hogy a White Frairs szerzetesei szerint néhány hittársuk a rossz levegő miatt halt meg;

8. Kísérletek a légszennyezés szabályozására

- Nevezetes időpontok/események:
 - 1273: betiltották a porszén használatát Angliában – az első ismert angliai kísérlet a levegőminőség kezelésére;
 - 1285: bizottságot állítottak föl a középkori Londonban a széntüzelésből származó nagyfokú légszennyezés kivizsgálására;
 - 13. századi följegyzés: egy szénkereskedőt megkínóztak, majd fölakasztották füst okozásáért.

- 1306: nyilatkozatot adtak ki a kőszén betiltására ↔ két héttel később törvényesen bejelentették, miszerint ez a nyilatkozat érvénytelen;
- 1377: fölismerték a kémény magasságának a fontosságát a légszennyezés terjedésében; ettől kezdve szabályozták Londonban a minimális kéménymagasságokat,
⇒ némileg csökkent ugyan a légszennyezés a kibocsátó közvetlen szomszédságában ↔ a levegőminőség általános romlott a környező területeken;

III. Richárd (uralkodott: 1483-1485) erősen megadóztatta a szénfelhasználást,

IV. Henrik (uralkodott: 1399-1413) felállított egy szénfelügyeletet,

1661: II. Károly (uralkodott: 1660-1685) megbízást adott a füst vizsgálatára, s az általa megbízott testület javaslatot tett a kibocsátók ellenőrzésére,

1661: megjelent az első komoly munka a légszennyezés területéről:

John Evelyn: „*Fumifugium*” vagy „*A levegő kellemetlensége és London szétoszlatott füstje: s néhány orvosság tisztelettel ajánlva*”.

- A bíróságok és a parlament légszennyezést szabályozó törekvéseinek igen csekély volt a hatása a középkori Londonban.
 - (i) a légszennyezési esetek/panaszok évszakos gyakorisági eloszlása alapján a légszennyezés Londonban egyértelműen nyári probléma volt,
 - (ii) ⇒ a széntüzelés nem háztartási fűtés céljából történt, hiszen a fűtésnek téli csúcsot kell mutatnia – csakúgy, mint napjainkban;
- A középkori Londonban a fő légszennyező forrással (13. századi dokumentumokban talált panaszok alapján) a mészégetés
 - Ok:
az építkezésekhez szükséges mész szénigénye: több ezer t/év ↔ egy egyszerű kovácműhely szénigénye: 1 t/év;
A mészégetés nyáron kulminált.
 - Ok:
az építkezések is – a téli hideg és rövid nappalok miatt – nyáron koncentráálódtak,
A mésztermelés a 13. században ugyanazt az évszakos eloszlást mutatta, mint a légszennyezéssel kapcsolatos panaszok;

- A légszennyezéssel kapcsolatosan a londoniak
 - (a) perelték a fő kibocsátókat,
 - (b) a hatóságokhoz is fordultak panaszaikkal;

Ok:

Fölsímték, hogy a légszennyezés nemcsak egészségüket, hanem vagyontárgyaikat is károsíthatja.

Példa:

14. század, London: – beadvány a Kellemetlen Ügyek Bíróságához:

„Thomas Yonge és felesége, Alice panaszoják, hogy a kovácsműhely kéménye 12 lábbal (1 láb ≈ 30,5 cm) alacsonyabb, mint annak lennie kéne, és amikor az „Osmond”-nak hívott nagy öntöttvas darabokból mellvértet, lándzsát és egyéb fegyvereket készítenek, a légkalapács dübörgése rázza a ház köveit és a döngölt föld közfalakat, úgy hogy közel állnak az összeomláshoz, és zavarja az embereket és szolgálóikat nappal és éjjel, és tönkreteszi a bort és a sört a pincékben, és a kőszén füstjének a bűze behatol konyháikba és szobáikba, úgy hogy már csak töredékéért adhatják ki házaikat.”

- A fegyvergyártók és kovácsok védekezése (≈ a mai iparúzők védekezése).

„Mi becsületes kereskedők vagyunk, és szabadon kell folytathassuk mesterségünket szerte a városban, alkalmassá téve házaikat a munkára. A műhelyünk már régóta azon a telken van, s azok a házak, amelyeket a füst belep, csak újabban épültek.”
- A kovácsok igen kevés szemet használtak, de munkájuk
 - (a) zajos volt,
 - (b) koszos volt,
 - (c) késő estig dolgoztak;

⇒ jelentős támadásoknak voltak kitéve
- A londoni légszennyezés szabályozására irányuló korai kísérletek sikere körül sok a bizonytalanság ↔ hatékony lépések:
 - (a) a város vezetése betiltotta a kőszén használatát,
 - (b) ösztönözték a magas kémények építését;

A magas kémények előnye: a belőlük kijutó szennyezőanyagokat az erősebb szél nagyobb eséllyel szállíthatja el → a füst felhígulhat;

- A légszennyezés szabályozása a középkori Angliában
 - (a) a széntüzelés korlátozása (a londoni kovácsok egy csoportja javasolta a 13. században),
 - (b) Beverleyben rendeletet hoztak arról, hogy a téглаégetőket – tekintettel a gyümölcsösökben okozott károokra – a város határától bizonyos távolságra kell telepíteni;
 - (c) 1307: a kőszénnel működő mészégetők szabályozása (a téглаégetőkre, vasolvasztókra és kovácsműhelyekre nem vonatkozott).

A 13. század végén és a 14. század elején hozott rendeleteknek és törvényeknek csekély hatásuk volt.

- A mészégetők szénfelhasználásának szabályozása nem maradhatott fenn sokáig → 1329: a mészégetés ismét szénnel történt.

A 14. század közepéig nem fordultak elő légszennyezéssel kapcsolatos panaszok Londonban.

Ok:

- (a) több fát használhattak fűtésre,
- (b) a városlakók hozzászokhattak a szénfüst szagához (az igen általános mészégetés miatt);

Az Erzsébet-korig a mészégetés maradt a kőszén egyik legfontosabb felhasználási területe – Shakespeare is panaszkodik a mészégetők büze miatt.

9. A füst és a londoni köd

- Úgy tűnt, hogy a „*Füst Kellemetlenségének Csökkentését*” célzó törvények hatására csupán idő kérdése, s London légszennyezésének problémája megoldódik.

Probléma:

Az elöljáróságok vonakodtak akkora környezeti bírságot kiszabni, amely elrettentette volna a szennyezőket.

Ok:

A városi vezetők attól féltek, hogy a gyártulajdonosok ez esetben jelentősen csökkentik a termelésüket.

- Londonban a 19. század végén nem volt légszennyezésmérő hálózat ⇒ senki nem tudta, hogy milyen a levegő szennyezettsége.

1869-1870: R.A. Smith először vett néhány csapadékmintát és analizálta azokat.

Elszigetelt mérések

⇒ (a) a levegőminőség javulása,

(b) egyéb hosszabb tartamú változások ??? ...

hatalmas kémények Londonban:

eredmény: a fekete füst kibocsátás némileg csökkent,

probléma:

(i) a köd gyakorisága megnőtt,

(ii) a köd vastagsága megnőtt,

(iii) a légköri homály gyakoribbá vált;

- Följegyzések londoni köddel kapcsolatban

(1) a 17. század első felében a köd egyáltalán nem volt ritka, viszont egészen biztosan természetes módon keletkezett [Thomas Harriot, csillagász (1560-1621)],

(2) a 17. század végén John Gadbury csillagász egynémely nagyon vastag és tartós londoni ködöt „*nagyon büdös köd*”-ként említ időjárási följegyzéseiben;

A londoni ködök gyakori említése a följegyzésekben azt sejteti, hogy a város jóval ködösebb volt a szokásosnál. Ez lehetett egy stabilabb légcirkulációs rendszernek az eredménye is, mely meggátolhatta a ködök feloszlását a kis jégkorszaknak ebben a szakaszában.

1680-as évek: H.R. Bentham, német látogató utazási naplójában beszámol London ködképződésre hajlamos klímájáról.

(3) A 19. századi ködök vastagabbak, s gyakoribbak voltak és más volt a színük, mint a múltban. Ekkor kezdték sejtetni az emberek, hogy a köd a légszennyezéshez kapcsolódik.

- A viktoriánus Angliában

(a) Mossman egy 200 éves adatsor elemzett ⇒ ijesztő növekedés lépett föl a ködök gyakoriságában a vizsgált időszak során,

(b) Brodie 1870-1890 között egy határozott növekvő trendet mutatott ki;

- Az 1880-as évek: „*Köd és Füst Bizottság*” → cél: a füst csökkentése,
 - (a) a gyárak emisszióit illetően a meglévő szabályozókat szigorítani kell,
 - (b) a szigorítások bevezetése nem megoldás a háztartási fűtéssel kapcsolatosan; helyette a helyes fűtéssel kapcsolatos példák terjesztése;

Példa:
 [Egy javaslat: walesi lányokat kell küldeni a belvárosba, akik megmutatják, hogyan kell tüzelni a keményebb szénnel (antracittal).]

- **Köd és turizmus**

A látogatók először csalódtak, amikor a köd miatt nem élvezhették a főváros látképét.

17. század vége: német utazók híret vitték a Londoni a ködnek ⇒

19. század: sokan még inkább csalódtak akkor, amikor nem találkoztak London eme „*nevezetességével*”.

1888: James Russel Lowell költő (az USA minisztere) Angliába látogatva a következőket írta:

Miss Sedgwick részére
Radnor Place, 2,

1888. október 3.

A ködös évszakunk elején vagyunk, ma épp sárga ködünk van, ami mindig felderít engem, oly szellemesen átváltoztatja a dolgokat. Van benne valami rejtélyes, ami hízeleg az ember önbecsülésének, ami lehetővé teszi, hogy ahhoz a kivételes réteghez tartozzunk, amely megteheti, hogy a magány aranypalástjába burkolózzon. És egyúttal nagyon festői látvány. Még a konfliktusokat is arany glória szegélyezi, és az emberek az utcán mind olyanok, mintha fakuló freskók képeiről léptek volna elénk. Még a szürke, sőt a fekete köd is új és ismeretlen világ, ami vonzza a halandót, aki megunta a megszokott tájakat.

- A ködös évszak késő ősszel kezdődött, s a tél végéig tartott, de novemberben volt a helyzet a legrosszabb.

A hideg és a köd kedvelt háttér volt a detektívregények történéseinek.

Frederick Marryat, az „*Új erdő gyermekei*” című könyv szerzője írja:

november az emberkerülés és az öngyilkosságok hónapja is.

Egy francia mondás szerint: „*Októberben az angol fácánt lő, novemberben lelövi saját magát.*”

Thomas Hood egyik költeményében írja:

*Nincs Nap, nincs Hold ...
Nincsenek levelek, nincsenek madarak, –
NOVEMBER*

- Mivel a novemberi ködök sűrűbbek és tartósabbak voltak \Rightarrow valószínűleg jóval nagyobb volt a hatásuk. A nagyon sűrű ködöknek még a 20. századi feljegyzésekben is novemberben van a legnagyobb gyakorisága.

A köd fellépése és a depressziós esetek gyakorisága között szoros kapcsolat volt a téli hónapokban. A homály rátelepedett a városra. Olyan sötét volt, hogy a házakban a világítást nappal is be kellett kapcsolni.

- Új kifejezések honosodtak meg: pl. „*nappali sötétség*”, „**magas köd*”.
[*magas köd: azon időszakok voltak a nappal folyamán, amikor a felszínen nem volt köd. Ilyenkor néha egyáltalán nem látszott a Nap, de – bár igen sötét volt – az épületek fényei néhány mérföld távolságból még látszottak.]

- Az egyik legsúlyosabb londoni szmog eseménynaptára

1955. január 16: nappali sötétség borult a városra.

A légnyomási/időjárési kép aznap:

mély depresszió, igen aktív frontokkal, sűrű felhőzettel. A légkör alsó rétegeiben köd volt és hőmérsékleti inverzió. A reggeli fényben látszott, hogy a szél a füstöt északkelet felé sodorta Londonból. A füst nem tudott eloszlani, mivel az inverzió megakadályozta a vertikális keveredést. Az eredeti füst réteg vastagsága kb. 175 m. Épp akkor érte el Chilterns-t, amikor egy hidegfront keresztezte útját. A füstöt tartalmazó levegő a front előtti erőteljes konvergencia zónában fölemelkedett. Ez a föláramlás több mint 1 km vastagságú függőleges oszlopba halmozta föl a szennyezett levegőt. Repülőgépes megfigyelések szerint ez a felhőréteg vastag és összefüggő volt, s 400 m-től 4000 m magasságig terjedt. Dél körül a füst réteg már erősen fölhalmozódott Chilterns fölött. Röviddel később a szélirány megfordult, s a szél fokozatosan erősödött. Ez a levegőt a fölötte lévő rendkívül sűrű füstoszloppal és felhővel visszavitte London fölé.

A megvilágítás erőssége

egy napos januári napon Londonban kb. 36 kilolux, ami egy erősen borult januári napon kb. 7 kiloluxra csökken. A vizsgált napon, 13¹⁵-kor a megvilágítás erőssége 7 kiloluxról 0,03 kiloluxra csökkent. 6 percen át csaknem teljes sötétség borult a városra! A londoniak szerint úgy tűnt, mintha a világvége jött volna el.

- A ködnek egyéb hatásai (a depressziót és a turizmust leszámítva):
 - (1) megnövekedtek a világítási költségek,
 - (2) zavarok léptek föl a közlekedésben,
 - (3) nőtt a balesetek száma,
 - (4) a tartós köd idején növekedtek a köztisztasági költségek (ilyenkor erős volt a korom ülepedés).
- A köd zavaró hatása a közlekedésre

1667. november 11, London:
Anthony Woods egy nagy ködről ír, amikor „lovak futottak egymásnak, kordék, kocsik, stb. ütköztek össze”.

1873. december 8-14, a viktoriánus London:
– teljes közlekedési káosz.
Olyan sűrű köd volt, hogy – nem látván a Temze partján sem tovább az orruk hegyénél – legalább 15 ember merült el az északi dokkokban.
- Ködös időszakok hatása a halálozási arányszám alakulására

1873: a ködös időszakokban 700-al több ember halt meg Londonban, mint az normálisan várható lehetett volna.

A tartósan ködös időszakok a 20. században is folytatódtak. Közülük is a legszélsőségesebb az 1952. évi „Nagy Szmog” (1. táblázat).
- A köd hatása az állatokra

Az állatok is szenvedtek a ködtől. Az 1873. évi világkiállításra érkezett és Islingtonban elhelyezett szarvasmarhák jelentős része elpusztult, de a vadállatok is megsínylelték a ködöt.
- A köd és a Londonban játszódó detektívtörténetek

–Nem jelent meg olyan könyv, amelyben ne említették volna a ködöt.

Conan Doyle „A négyes szám” című könyvében Sherlock Holmes, Watson és Miss Morstan egy ködös szeptemberi estén indulnak Upper Norwoodba, de mire odaérnek, a köd már feloszlott.

1. táblázat

A legnagyobb londoni szmogok

év	hónap	tartam (nap)	halálozási többség	maximális napi SO ₂ koncentráció, µg m ⁻³	maximális napi füst- koncentráció, µg m ⁻³
1873	december	3	270-1000		(a)
1880	január	4	700-1100		
1882	február				
1891	december				(b)
1892	december	3	≈ 1000		
1948	november	6	≈ 300		
1952	december	5	4000	3700	4460
1956	január		480	2800	1700
1957	december		300-800	2800	3000
1962	december	4	340-700	4100	1900
1975	december	3	(c)		500-600
1982	november			560	

(a) a füstkoncentráció a korai ködökben 800 µg m⁻³, vagy annál nagyobb volt.

(b) a korom ülepedés ebben a ködben 9,4 g m⁻² volt.

(c) statisztikailag nem szignifikáns.

- A szakirodalomban nincs megfelelő magyarázat a köd színére. A leírások leggyakrabban a sárga ködöt említik.

19. század eleje, Byron: „*London fölé egy szürkésbarna kupola ereszkedik*”,
1840-es évek: vastag sárga köd Londonban.

A sárga köd valószínű oka:

- (a) A légkörben – a ködréteg fölött – található finom füstreszecskék oly módon nyelik el a látható fény kék tartományát, hogy a felszínen a köd sárga színben látszik.
- (b) éjszakai sárga köd: valószínűleg a gázlámpák fénye és a kirakatok világítása okozta.
- A köd a ködcseppekben található kátrányszármazékoktól is kaphatja a színét. Sherlock Holmes egyik könyvében („*Bruce-Partington kalandjai*”) arról olvashatunk, hogy 1895 novemberében köd telepedett Londonra. A köd negyedik napján Watson – Conan Doyle irodalmi közvetítőjeként – a következőket írja: „*olajos, nehéz, barna anyag kavargott körülöttünk a levegőben, mely cseppekké kondenzálódott az ablaküvegeken*”. Ez azt feltételezi, hogy a cseppek színes alkotórészeket tartalmazhattak.

- A légszennyezés és London pusztulása közötti párhuzammal foglalkozó legtalálhatóbb történet Barr könyve, melynek címe: „*London végzete*”. A könyv nyomasztóan ködös időszakok után készült
→ dermesztően prófétai látomás:
a szerző közvetlen kapcsolatot feltételez a légszennyezés és a város pusztulása között. Leírja, hogy London csaknem teljes lakossága megfullad a ködben, mely beborítja a várost.
- Conan Doyle apokaliptikus műve: „*A veszélyes zóna*”.
Benne leírja: az emberiség akkor pusztul ki, amikor a Föld egy „*érzéstelenítő*” gáz zónáján halad keresztül.
- A világvége látomás a 19. századi művészetekben
 - (a) Monet pályája elején járt Londonban, s úgy tűnik, egyáltalán nem zavarta a köd → „*Temze a Westminster alatt*” című festménye (Nemzeti Galéria, London). Monet célzatosan télen látogatott Londonba, hogy elkészítse Temze-sorozatát.
 - (b) Számos impresszionista – pl. Pissarro – festményeinek címében még a „*köd*” szó is szerepel.
 - (c) Chiang Ye, kínai író – aki gyakran járt Londonban az 1930-as években – az „*Egy csendes utazó Londonban*” című könyvében ír a ködről, s úgy találta, hogy a köd ihletet ad és segít az ő keleti stílusának a kibontakozásában.

9.1. A nagy szmog és ami utána történt

- London légszennyezése a 20. század elején tovább fokozódott. A szennyezett levegő és a különböző anyagok tartós érintkezése új problémákat hozott a felszínre.

Példa:

- (1) A Charing Cross vasútállomás egyik tartóoszlopa kidőlt.

Ok:

Az oszlop anyaga 9 % vas-szulfátot (FeSO₄) tartalmazott (⇐ a vas és a kénes szénfüst reakciója).

- (2) London kő- és tégláépületei gyorsabban pusztultak a 19-20. század fordulóján, mint valaha. A sűrű füst sötétbe borította a városokat, bevonta az ablakokat, beszüremkedett a lakásokba.
- (3) Az épületek külső felületeit sötétre festették. A lakásokban a sötét tapéta volt a divat, s állandó probléma volt a függönyök tisztítása. Az ezüst tálak és –evőeszközök népszerűsége csökkent

Ok:

- (a) a városi levegőnek a felszínüket erodáló/fakító hatása,
- (b) ritka volt az olyan szolgáló, aki állandóan fényesítette volna őket;

- George Orwell (aki mindig kiállt a szegények mellett, s a tűzimádat ékesszóló védelmezője volt) azzal érvelt, hogy ne törődjünk a szennyezéssel, → aggódott az addigi életmód fenntartása érdekében.
- A városi közlekedés mellett a vonatok és a hajók növekvő forgalma is fokozta a légszennyezést → a vasút villamosítása – mely kiváltotta volna a szennyező gőz- és dízelmozdonyokat – lassan haladt.
- 1891, Népegészségügyi Törvény: a légszennyezés szabályozása Londonban, A törvény nem vonatkozott a lakóépületek kéményeire, viszont a sütődéket és egyéb égetőkemencéket működtető iparosok kötelesek voltak az összes füst kibocsátásukat megszüntetni.

Probléma:

A törvény kimondta: „*használaton kívül kell helyezni azokat a kéményeket, amelyek fekete füstöt bocsátanak ki*”.

De hogyan definiáljuk a fekete füstöt??? ...

- Néhány fontos évszám a füst elleni küzdelemben
 - 1926: elfogadták a Népegészségügyi (Füstcsökkentési) Jegyzéket,
 - 1932: 155 helyhatóság hozott rendeleteket a füst csökkentésére, de ezek lényegében csak a fekete füstre és emissziójának időtartamára vonatkoztak.
 - 1946: London és Manchester vezetése törvényt hozott füstmentes zónák kialakítására.
- A II. világháború utáni évek: felgyorsult környezetvédelmi törvények meghozatala a füst szabályozása érdekében.
- Az igazi változást a tiszta levegőért – a füst elleni küzdelemben – az 1952. évi „*Nagy Szmog*” utáni törvények és rendeletek hozták.

- A füst és köd keveréke, mely Londonra települt, a viktoriánus időkben általánossá vált. 1905-ben Des Voeux javasolta, hogy ez a keverék kapja a „szmog” nevet.
- A „Nagy Szmog” – 1952. december 14-18.

Viszonylag jó idő volt a szmogot megelőző héten. Mindennap lágy szellő fúj, pillanatokra kisütött a Nap, azonban december 14-én, csütörtökön az időjárási feltételek hirtelen romlani kezdtek. A szél gyengült, a levegő nyirkosabbá vált, az ég beszürkült. Egy lassan mozgó anticiklon megállt London fölött. Csütörtök estére már nyilvánvalóvá vált, hogy nagyon nagy köd fog ereszkedni Londonra. Péntekre már határozottan dickensi kép ült a városon:

„Köd volt mindenütt, köd a folyón fölfelé, ahonnan érkezik, zöld szigetecskéi és rétjei felé, köd a folyón lefelé, amerre folyik bemocskolva, egy nagy és koszos város kikötői és vízparti szennyei között. Köd terjeng az essexi mocsarak fölött, köd borul a kenti magaslatokra. Köd kúszik a kétárbocos szénszállítók fölé; köd terpeszkedik a dokkokban, lebegve a nagy hajók vitorláján; köd szitál az uszályokra és kis hajókra. Köd van a régi Greenwich nyugdíjasainak szemében és torkában, kik zihálva veszik a levegőt kandallóik mellett; köd burkolja a haragos hajóskapitány délutáni pipáját levegőtlen kabinjában; köd csípi kegyetlenül a didergő kis tanoncának lábát és ujjait a fedélzeten.”

A köd sűrűbb volt azon a péntek reggelen, mint sokak szerint valaha. A nap folyamán még sűrűbbé vált. Délután az emberek már rosszul érezték magukat, fullasztó szagot éreztek a levegőben. Akik ekkor a szabadban voltak, egészen rövid idő elteltével koszosnak találták bőrüket és ruházatukat. Péntek éjszakára a légzőszervi panaszokkal kezelt betegek száma a szokásosnak a kétszeresére nőtt, s az anticiklon teljes egészében megrekedt. Eközben milliónyi kémény ontotta a füstöt a pangó, ködös levegőbe.

Szombaton a köd tovább erősödött. A látástávolság fokozatosan csaknem nullára csökkent, a közlekedés teljesen leállt. A londoniak tovább szenvedtek, sokan meghaltak. Vasárnap nem történt semmi változás, tovább nőtt a halálesetek száma. A mentők már nem tudták ellátni a feladatukat. Kétséges, hogy sok ember vajon fölmérte-e a tragédia természetét. A viktoriánus kor embere tudta, hogy az ilyen köd ölni tud, azonban a 20. században ez már ismeretlen volt. Mire eljött a hétfő reggel, az időjárás kissé javult, a közlekedés fokozatosan újra megindult, bár még óriási késések voltak. Keddre a „Nagy Szmog” eltűnt.

- Mi történt – hogyan zajlott le a szmog?

A *füst és a kén-dioxid koncentráció változásait összevetették a mortalitással. A füst maximális napi koncentrációja (december 5.) elérte a $4460 \mu\text{g m}^{-3}$ -t, a kén-dioxidé a $3700 \mu\text{g m}^{-3}$ -t, egyes rövidebb időszakokban azonban ezek az értékek jóval magasabbak is lehettek. A legsűrűbb füst négy órájának átlagában hihetetlenül magas, $14.000 \mu\text{g m}^{-3}$ füstkoncentrációt mértek. A Nemzeti Galéria légkondicionáló rendszere többször eltömődött a londoni levegőben felhalmozódott nagy mennyiségű szilárd anyagtól.

[*Azt a diszperz rendszert, amelyben a diszperziós közeg gáz halmazállapotú, míg a diszpergált anyag, vagyis a diszperz rész szilárd, füstnek nevezzük. A füstben a diszpergált anyag részecskéi tüzelőanyagok égéstermékei; átmérőjük kisebb $1 \mu\text{m}$ -nél.]

- Erről a szmogról már nem lehetett nem tudomást venni

1953: megalakult a Beaver-bizottság (1954-ben hozta meg végső jelentését – elképzelések a füst csökkentésére)

1955: a kormány tervezetet nyújtott be a parlamentnek a levegő szennyezésének szabályozására.

1956. július 5: hatályba lépett a Tiszta Levegő Törvény:

- (a) először szabályozta az ipari mellett a háztartási szennyező forrásokat
- (b) korlátozta a füst kibocsátását,
- (c) megtiltotta a fekete füst kibocsátását;

A kerületi önkormányzatok füstmentes zónákat hoztak létre. Az ipari üzemek magas kéményeket építettek és nagy hatékonyságú filtereket alkalmaznak. A háztartási emissziók (a levegőben található összes füst 90 %-át adják) jelentősen csökkentek az 1970-es évekhez viszonyítva.

London levegője drámai módon kitisztult. Bár vannak ma is ködök a fővárosban, sok olyan kisváros – melyek egészen tiszta levegőjünek számítanak – néha füstösebb, mint London.

10. A levegőminőség kezelésének tudományos mérföldkövei

- 18 - 19. század: a fizikai tudományok és a matematika fejlődése → jelentős tudományos előrehaladás a szennyezőanyagok légköri szállítása terén;
 - (a) 1855: A. Fick egy egydimenziós diffúziós egyenletet állított föl,
 - (b) 1882: Reynolds publikálta az első jelentős tanulmányt a turbulencia elméletről, melyben definiálta az ún. *Reynolds-féle számot,
 - (c) 1894: Reynolds szemléltette a kétségtelenül a turbulencia által előidézett diffúziót és viszkozitást,
[*Reynolds-féle szám: az áramlási mezőben az inercia-erő és a viszkozitási erő hányadosa.
→ Inercia erő ≡ tehetetlenségi erő: olyan erő, amely akkor lép föl, ha valamely (a legegyszerűbb esetben) m tömegű tömegpont mozgását az inerciarendszer helyett egy ehhez képest gyorsuló vonatkoztatási rendszerben vizsgáljuk a dinamikai alapegyenlet felhasználásával.
→ Inerciarendszer: olyan vonatkoztatási rendszer, amelyben a tehetetlenség törvénye érvényes.
→ viszkozitási erő (belső súrlódási erő): a testek belsejében az alakváltozással szemben ható nyíró erő. Abban nyilvánul meg, hogy bármely szilárd, cseppfolyós, vagy gőz halmazállapotú test alakjának megváltoztatása, egyes rétegeinek egymáson való elmozdítása munka ráfordítását igényli.]
 - (d) 1912-1914: a Mellon Institute of the University Pittsburg kutatói által készített tanulmányok feltételezték, hogy a légszennyezés káros az egészségre,
 - (e) 1915: G.I. Taylor az „*Örvényesség a légkörben*” c. munkájában bevezette a keveredési út fogalmát,
 - (f) 1917: A.E. Wells fölismerte a kémény magasságának a szerepét – mint fontos tényezőt – a talajszinti légszennyezettség koncentrációk csökkentésében;
 - (g) 20. század: megjelentek a levegőminőség kezelésére (pl. a légszennyezés ellenőrzésére – elsősorban a füst és a bűz csökkentésére) irányuló intézkedések
 - (h) 1918: J.S. Owen publikálta az „*A légszennyezés mérése*” című művét,

- (i) 1926: Owen és Shaw közösen megjelentették az első átfogó munkát a városi légszennyezés problémáiról, melynek címe: „*Nagyvárosok füstproblémái*”.

Abban az időszakban az antropogén kibocsátás fő forrásai:

- (1) ipari tevékenység,
- (2) elektromos energia termelése,
- (3) háztartási fűtés;

– szilárd tüzelőanyagokat égettek; a kibocsátást nem szabályozták;

Korai szabályozási erőfeszítések:

- (1) az adott üzemből kibocsátott anyagok (pl. savak) visszanyerését célozták,
- (2) a füstkibocsátás csökkentésére törekedtek;

A légszennyező anyagok diszperziójának megismerése:

a legelső kísérletek a repülőgépek elleni légvédelmi ágyúk lövedékeinek a robbanásain alapuló megfigyelések voltak;

- (j) 1920: Richardson időeltolással készült fényképeket használt a füst diffúziójának tanulmányozására,
- (k) 1921: G.I. Taylor bevezette a Fick-féle diffúzió átvitel elméletét, valamint a homogén turbulencia fogalmát,
- (l) 1935: G.I. Taylor bevezette a homogén és izotróp turbulencia fogalmát,
- (m) 1923: O.F.T. Roberts javaslatot tett a Fick-féle diffúziós egyenlet megoldására pillanatnyi pontforrások esetén,
- (n) 1923: Schmidt elméletileg foglalkozott a háromdimenziós diffúziós problémával,
- (o) Később Bosanquet és Pearson pontforráson alapuló diffúziós modellt fejlesztettek ki,
- (p) 1925: Richardson és Proctor nagy távolságokból származó diffúziós adatokhoz jutottak fölbocsátott ballonok segítségével,
- (q) 1937: Rotschke korrelálta a légszennyező anyagok tipikus napi változását a légköri stabilitás periodikus változékonyságával;

A II. világháborút követően a légszennyezéssel kapcsolatos problémák tovább növekedtek a városokban;

- (r) 1941: Kolmogorov fölállította a kis-skálájú turbulencia hasonlósági hipotézisét, mely később a turbulencia lokális struktúrájára vonatkozó elméletek és azok alkalmazásai fejlődésének az alapja lett,
- (s) 1940-es évek végétől: elektronikus számítógépek → nagy fejlődésnek indult
 - (*) a légkörnek, valamint a légszennyező anyagoknak a számítógépes modellezése,
 - (**) a turbulens légköri diffúzió területének kutatása;
- (t) 1959: Monin hasonlósági elveket alkalmazott az egy forrásból származó diffúzióra, továbbá Sutton pontforráson alapuló gaussi egyenletét kiterjesztették magas forrásokra,
- (u) 1949: Batchelor révén megújult a turbulens diffúzió matematikai elmélete,
- (v) a σ_y és σ_x paramétereket (a füst koncentráció horizontális/vertikális eloszlásának szórását) néhány évvel később beépítették a diffúziós egyenletbe,
- (z) 1958: Machta kifejlesztette az első használható modellt a globális skálájú diffúziókra.
- (x) 1960-as évek: fejlődik a tudomány és technika
 - ⇒ (*) jelentős haladás a légszennyezés meteorológia terén,
 - (**) nő a környezeti tudatosság,
 - társadalmi igény ⇒ politikai kényszer a légszennyezés problémáinak tanulmányozása, s a jelenség szabályozása;
 - ⇒ (*) az ide vonatkozó törvénykezés fejlődik
 - (**) megjelennek az első leegyszerűsített levegőminőségi szabályozási rendszerek;

11. Levegőminőségi szabályozási rendszerek és az AQ keret direktíva (levegőminőségi útmutató)

- 1996 szeptember: az Európa Tanács elfogadta a környezeti levegő minőségének a becslésére és szabályozására vonatkozó 96/62/EC direktívát, melyet a „*levegőminőséggel kapcsolatos keretdirektíva*”-ként is emlegetnek. Ez a direktíva a városi levegőminőség szabályozására vonatkozóan egy új koncepciót vezetett be, mely visszatükrözi az alkalmazások új igényeit:
 - (1) monitoring hálózat létrehozása,
 - (2) adatbázis létrehozása és adatkezelés,
 - (3) földrajzi információs rendszer (FIR; angol megfelelője: GIS = Geographical Information System) használata a térbeli adatok kezelésére,
 - (4) modellek kifejlesztése a levegőminőségi paraméterek megfelelő és statisztikailag ellenőrzött bemutatására,
 - (5) megfelelő rendszer létrehozása az ellenőrzési mechanizmusok kialakításának és értelmezésének a segítésére, valamint a vizsgálatra kerülő alternatív scenáriók megtervezésére,
 - (6) hálózati kommunikációs infrastruktúra kialakítása a levegőminőséggel kapcsolatos információknak a nyilvánosság számára történő eljuttatása céljából,
 - (7) integrált információs platform, mely lehetővé teszi az összes rendszerkomponens – fejlett információ áramlás révén történő – hatékony együttműködését;