



Levegővédelem (NGB KM012 1)

Légszennyező technológiák

2011-2012-es tanév I. félév

Előadó: **Lautner Péter**



Az antropogén légszennyezés főbb forrásai

<i>Forrás</i>	<i>Tevékenység</i>	<i>Főbb technológiák</i>	<i>Főbb szennyezők</i>
1. Energiaipar	villamos erőművek	tüzelőanyag- előkészítés őrlés gázszivárgások tárolás szállítás anyagkezelés salakkezelés	SO ₂ , NO _x , CO, Cl ₂ , H ₂ S, CS ₂ , szerves anyagok, por, pernye

Az ipari energiahordozók kiválasztása több tényező mérlegelése alapján történik. Ilyen például az **ár, a beszerezhetőség, nemzetgazdasági szempontok, technológiai megfontolások, földrajzi fekvés...**

A leggyakrabban használt tüzelőanyagok (szén, olaj és földgáz) a tüzelési folyamatok során számos légszennyező anyagot bocsátanak a környezetbe, és ma már ezek a **környezetvédelmi szempontok** is a kiválasztási szempontok között szerepelnek, az esetlegesen szükséges csökkentési illetve leválasztási technológiákkal együtt.

Nem hagyható figyelmen kívül a **megújuló energiaforrások** egyre növekvő részaránya.



A világ primer energiahordozó igénye

Becsült mutató	1990	2000	2010	2050
Energiaigény, Mtoe	8045	8570-9300	9800-11160	18100-21000
Energiatermelés, Mtoe				
• Kőolaj	3185	3400-3500	3800-3900	5400-5800
• Szén	2258	2200-2600	2700-3200	4000-5000
• Földgáz	1596	1870-2000	2000-2500	5000-6100
• Víz, nukleáris...	1006	1100-1200	1300-1560	3700-4100
Részesedés, %				
• Kőolaj	40	40-38	35-39	28-30
• Szén	28	25-28	28-29	22-24
• Földgáz	20	21-22	21-22	28-29
• Víz, nukleáris....	12	13	13-14	20



Tüzelőanyagok összetétele

Alkotók, tömeg, %	Tüzelőanyag fajtája		
	Szén	Fűtőolaj	Földgáz
Szén	40–85	85–88	60–70
Hidrogén	4–6	11–13	15–22
Kén	0,5–4	0,01–5	–
Nitrogén	0,5–5	0,1–1,7	9–11
Oxigén	5	1	2–3
Kloridok	0,3	–	–
Fluoridok	0,04	–	–
Hamu	5–16	0,01–0,15	–
Víz	3–20	0,1–0,5	–



Erőműi szenek jellemzői

Jellemzők	Származási hely				
	Lengyel-ország	Orosz-ország	USA	Nagy-Britannia	Egyéb nyugati államok
Fűtőérték, MJ/kg	24,36	25,42	25,31	25,88	26,53
Nedvességtartalom,	9,54	8,81	10,01	8,02	12,14
Hamutartalom, %	15,89	15,40	14,39	14,38	9,02
Kéntartalom, %	0,87	0,62	1,26	1,39	1,65
Kén fajlagos g/MJ	0,357	0,244	0,498	0,537	0,622
Arzén, mg/kg	3,40	4,00	13,80	17,90	18,50
Kobalt, mg/kg	5,30	3,20	6,20	7,10	6,20
Króm, mg/kg	16,30	40,00	22,00	15,70	18,70
Mangán, mg/kg	200,00	135,00	85,00	57,00	80,00
Nikkel, mg/kg	24,00	21,00	13,00	14,70	12,50
Vanádium, mg/kg	38,00	39,00	45,00	48,00	43,00
Cink, mg/kg	27,00	6,60	3,40	3,50	3,20
Ólom, mg/kg	32,00	12,00	-	-	-
Urán, mg/kg	1,66	1,37	1,71	1,09	1,47
Tórium, mg/kg	4,10	3,00	4,60	2,30	3,50
Vas, mg/kg	7000,00	4900,00	7500,00	7300,00	8500,00
Magnézium, mg/kg	8900,00	6500,00	6400,00	5400,00	9900,00
Alumínium, mg/kg	20 000,00	17 400,00	24 000,00	17 000,00	23 000,00
Titán, mg/kg	1070,00	1110,00	1170,00	700,00	910,00
Nátrium, mg/kg	1620,00	1500,00	400,00	1070,00	430,00
Bárium, mg/kg	500,00	210,00	280,00	145,00	240,00
Stroncium, mg/kg	5,90	6,90	5,60	4,60	5,40
Rubidium, mg/kg	23,00	12,30	16,10	14,30	21,00
Lantán, mg/kg	11,30	10,40	13,90	8,30	11,10
Cirkonium, mg/kg	39,00	28,00	47,00	48,00	18,30

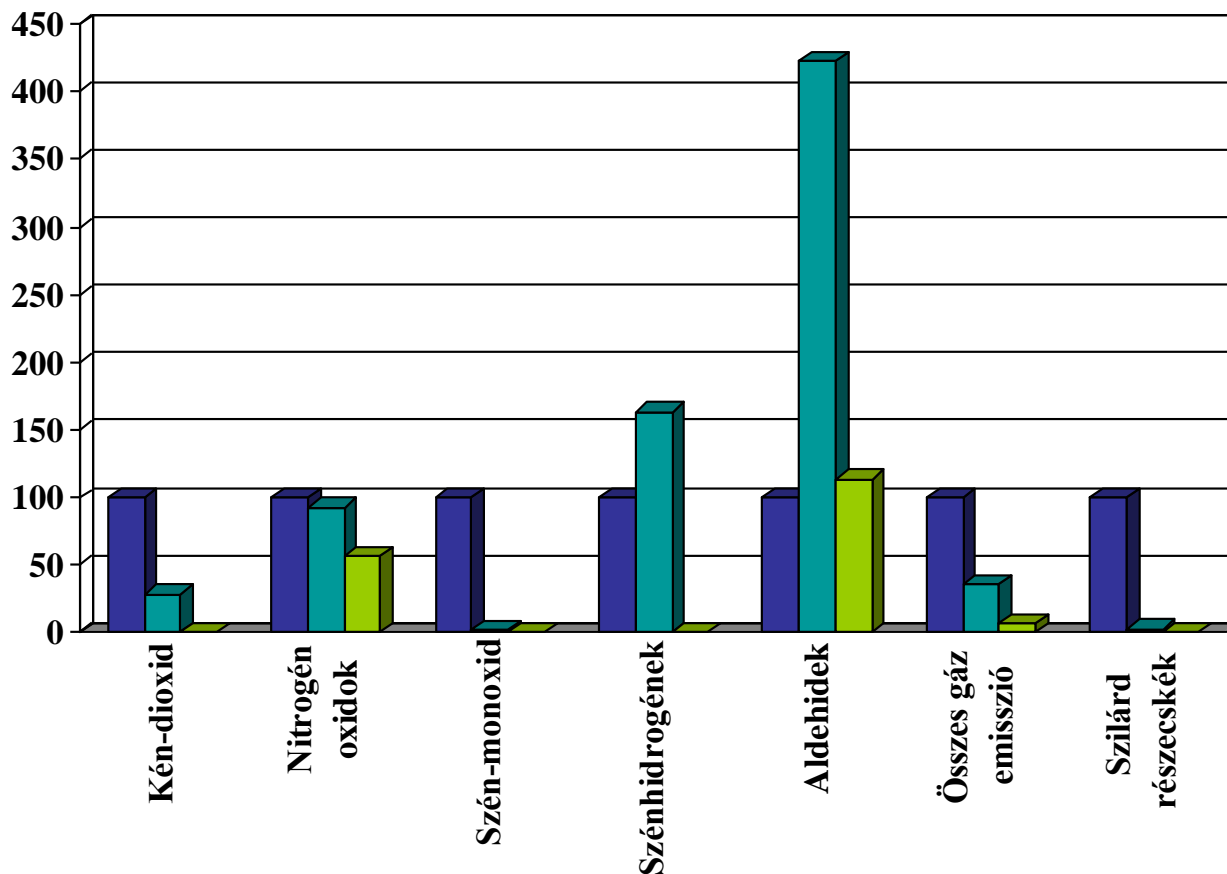


1000 MW teljesítményű erőművekben elégetett tüzelőanyagokból származó emissziók

Emissziók	Szén tüzelésű erőmű		Olaj tüzelésű erőmű		Földgáz tüzelésű erőmű	
	t/év	%	t/év	%	t/év	%
Kén-dioxid	$6,0 \cdot 10^4 - 9,0 \cdot 10^5$ ($4,8 \cdot 10^5$)	100	$1,9 \cdot 10^4 - 2,5 \cdot 10^5$ ($1,3 \cdot 10^5$)	28	$0 - 2,3 \cdot 10^1$ ($1,2 \cdot 10^1$)	0
Nitrogén-oxidok	$2,1 \cdot 10^4 - 1,1 \cdot 10^5$ ($6,6 \cdot 10^4$)	100	$2,0 \cdot 10^4 - 1,0 \cdot 10^5$ ($6,0 \cdot 10^4$)	92	$1,2 \cdot 10^4 - 6,1 \cdot 10^4$ ($3,6 \cdot 10^4$)	56
Szén-monoxid	$5,2 \cdot 10^2 - 2,3 \cdot 10^3$ ($1,4 \cdot 10^3$)	100	$8,0 \cdot 10^0 - 1,6 \cdot 10^1$ ($1,2 \cdot 10^1$)	1	0	0
Szénhidrogének	$2,1 \cdot 10^2 - 1,0 \cdot 10^3$ ($6,0 \cdot 10^2$)	100	$6,7 \cdot 10^4 - 1,3 \cdot 10^3$ ($9,8 \cdot 10^2$)	163	0	0
Aldehidek	$2,3 \cdot 10^1 - 5,50 \cdot 10^1$ ($3,9 \cdot 10^1$)	100	$1,0 \cdot 10^2 - 2,3 \cdot 10^2$ ($4,8 \cdot 10^1$)	423	$3,0 \cdot 10^1 - 5,8 \cdot 10^1$ ($4,4 \cdot 10^1$)	113
Összes gáz emisszió	$5,5 \cdot 10^5$	100	$1,9 \cdot 10^5$	35	$3,6 \cdot 10^4$	6
Szilárd részecskék	$5,0 \cdot 10^3 - 2,0 \cdot 10^5$ ($1,0 \cdot 10^5$)	100	$7,0 \cdot 10^2 - 3,2 \cdot 10^3$ ($2,0 \cdot 10^3$)	2	$0 - 8,4 \cdot 10^2$ ($4,2 \cdot 10^2$)	0



1000 MW teljesítményű erőművekben elégetett tüzelőanyagokból származó emissziók aránya %

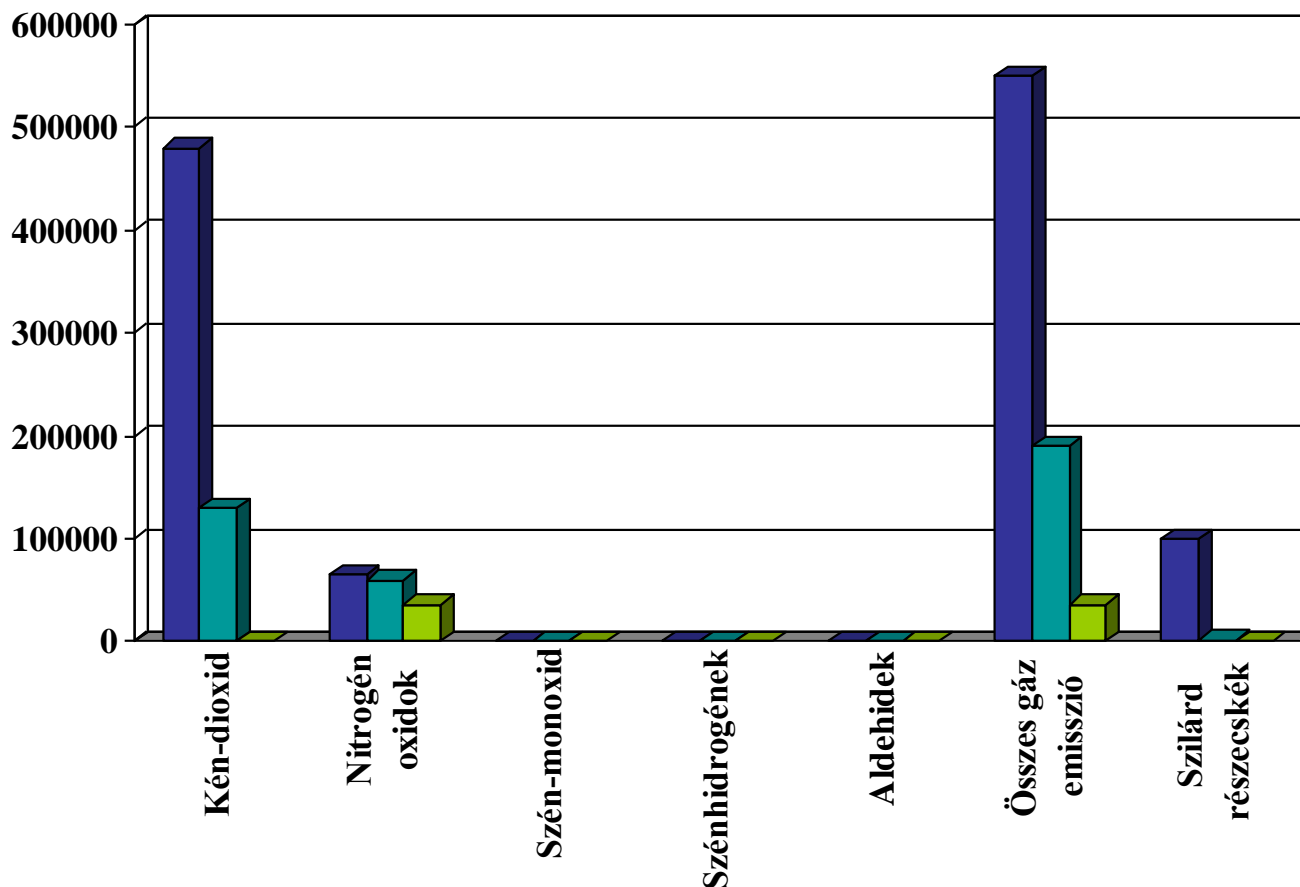


■ Szén tüzelésű erőmű
■ Fölgáz tüzelésű erőmű

■ Olaj tüzelésű erőmű



1000 MW teljesítményű erőművekben elégetett tüzelőanyagokból származó emissziók t/év

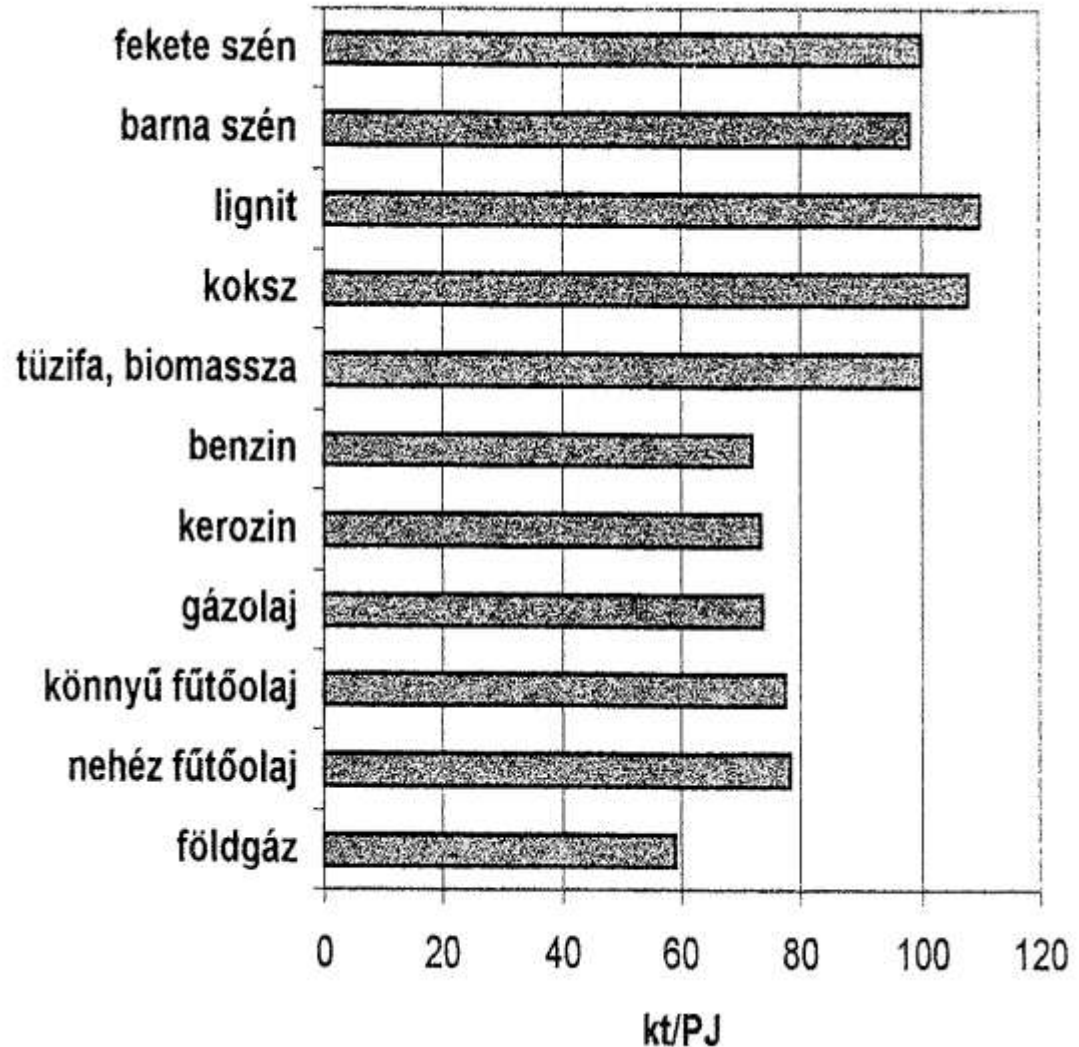


■ Szén tüzelésű erőmű
■ Fölgáz tüzelésű erőmű

■ Olaj tüzelésű erőmű



- A tüzelőanyagok CO_2 kibocsátás alapján történő összehasonlítása.
- Az itt látható diagram alapján megállapítható, hogy a fosszilis tüzelőanyagok elégetéséből származó CO_2 kibocsátási fajlagos tekintetében a földgáz felhasználása még mindig a legelőnyösebb.





- **A biomassza** *energetikai hasznosításának kérdése a lehetőségek oldaláról egy-egy ország saját elhatározásán múló soktényezős kompromisszum*
- A fosszilis tüzelőanyagok **biomasszával** való helyettesítése jelentősen mérsékli a **klímaváltozást okozó gázok** kibocsátást. A mérséklés attól függ, hogy milyen energiahordozót helyettesítenek. Amennyiben **széntüzelésű** erőműveket, akkor a mérséklés **84-87%**, ha **fűtőolaj-tüzelésű** erőműveket, akkor **52-60%**-kal, végül pedig ha **földgáztüzelésű** fűtőerőműveket vagy fűtőműveket váltanak ki bioenergiával, akkor **34-46%**-kal kisebb az egyenértékű **szén-dioxiddal** kifejezett kibocsátás.
- A szilárd biogén tüzelőanyagok elégetésekor kibocsátott szén-dioxid a felhalmozódás szempontjából semlegesnek tekinthető. Ez azt jelenti, hogy tartós erdőgazdasági tevékenység esetén az elégetéskor keletkezett CO₂-mennyiséget az "utánnövő" biomassza ismét megköti.
- **A szálas takarmányok**, a szalma, a széna, a fa eltüzelésekor - a **fatüzeléshez** képest- több a salak, nagyobb a nitrogén- és klórtartalom és alacsonyabb a salakolvadási hőmérséklet. Mindez megnöveli az emissziót és az üzemeltetési kiadásokat. A klór pedig többlet korrózióhoz vezet. Német vizsgálatok szerint a száraz állapotra vonatkozó kloridtartalom az ilyen anyagoknál 0,5-5,2 g/kg. Különösen a télibúza szalmája és a réti fű tartalmaz sok kloridot. Svájci vizsgálatok szerint, míg a fában csak 0,002% a Cl-tartalom, addig a takarmányfű 0,982%, az energiafű 0,348%, a télibúza szalmája 0,223% klórt tartalmaz.
- A klór többnyire KCl formájában az anyagcsere révén kerül a környezetből a növénybe. Nem szervesen kötődik tehát, hanem vízben oldható formában. Kevésbé illékony, mint az organikusán megkötött klór. A KCl 750°C-tól megolvad, majd szervesetlen gőzzé válik a szokásos égési hőmérsékleten. Laboratóriumi vizsgálatok szerint azonban már kisebb hőmérsékleten is megfigyelték a HCl-képződést úgy, hogy a kálium-klorid kálium-szulfáttá alakul kén-dioxid jelenlétében. Nagy hőmérsékleten oxigénnel reagálva elemi klórgáz (Cl₂) is keletkezhet. A pernyében és a kazán lerakódásaiban szilárd állapotú klórvegyületek találhatóak.
- A mérések kimutatták, hogy a füstgázban lévő klórvegyületek lineárisan változnak a tüzelőanyag klórtartalmával. A tüzelőanyagban lévő klór többsége (54%) a pernyében jelenik meg, és csak mintegy 8% marad a kazán lerakódásaiban. Egyes mérések kevesebb mint 20%-ot találtak HCl-ként a füstgázban.



• **A napenergia**

- *A hagyományos energiahordozók felhasználásának csökkentése, el nem égetésük során csökken a környezetszennyezés. Átlagos számításokhoz használható adat:*
 - *A napenergia hasznosításának megítélése környezetvédelmi szempontból 1 m² napkollektor kb. 100 kg olajegyenértéknek felel meg.*
- *A fűtőolaj elégetésekor keletkező szennyezőanyag kibocsátások tájékoztató értéke:*
 - *SO₂ 6,48 kg/t fűtőolaj*
 - *NO_x 1,80 kg/t fűtőolaj*
 - *CO 2,52 kg/t fűtőolaj*
 - *C_xH_y 0,54 kg/t fűtőolaj*
 - *CO₂ 3,14 t/t fűtőolaj*

• **A szélenergia**

- *A szélfarmoknak szabad területen kell lenniük ahhoz, hogy kereskedelmileg életképesek legyenek. Ezért jól láthatók. A szélfarm látványára való reagálás nagymértékben szubjektív. Sok ember a tiszta energiát üdvözlő szimbólumként szemléli őket, míg néhányan mások a tájkép barátságtalan kiegészítőinek tartják őket.*
- *A szélturbinák működésének nincs közvetlen károsító hatású kibocsátása a levegőbe*



- **A vízenergia**

- *A víz erőművek működésének nincs közvetlen károsító hatású kibocsátása a levegőbe*

- **A geotermikus energia**

- *A működésének nincs közvetlen károsító hatású kibocsátása a levegőbe*

- **Nukleáris energia**

- *Nem megújuló energiaforrás,*
- *Az atomerőmű légszennyező hatása normális működés esetén elhanyagolható.*
- *Az uránérc bányászata és dúsítása, az atomerőművek építése és bontása – mint minden erőmű esetén – , valamint a kapcsolódó szállítások során van üvegház hatású gázkibocsátás, de ez az urán nagyobb energiakonzentrációja miatt sokkal kisebb, mint a hagyományos tüzelőanyagok bányászata és szállítása esetén, mivel sokkal kisebb tömegeket kell megmozgatni.*
- *Balesetknél viszont komoly a légkörön át terjedő részecskék komoly környezeti (SUGÁRZÁS) hatással rendelkezhetnek.*



Az antropogén légszennyezés főbb forrásai

<i>Forrás</i>	<i>Tevékenység</i>	<i>Főbb technológiák</i>	<i>Főbb szennyezők</i>
2. Kohászat	vaskohászat színesfémek kohászata	ércelőkészítés anyagmozgatás tárolás olvasztás salakozás csapolás öntés öntvénytisztítás	por, füst, különböző ércporok, homokok, ólom- és arzéntartalmú pernye, fénoxidok a feldolgozott anyagok 1-3%-a

- Jelentős diffúz szennyező a bányászat, ahol a nyílt bányafelületek, az őrlő és feldolgozó művek, a robbantások és a közlekedő járművek által felvert por, valamint a meddőhányók felszíne a forrás.



Az antropogén légszennyezés főbb forrásai

<i>Forrás</i>	<i>Tevékenység</i>	<i>Főbb technológiák</i>	<i>Főbb szennyezők</i>
3. Alumíniumipar	timföldgyártás	anyagmozgatás és aprítás feltárás ülepítés szárítás hányóra rakás kalcinálás tárolás	por (bauxit, timföld, vörösiszap) pernye, SO ₂ timföldpor cellagázban: fluorvegyületek, fémgőz (Al), szénhidrogének, krakkolási termkek, korom, SO ₂ , CO
	alumíniumkohászat	anyagmozgatás elektrolízis	por, CO, CO ₂ oxidgőzök
	műkorundgyártás	szállítás tárolás anyagmozgatás olvasztás kiszerezés	



Az antropogén légszennyezés főbb forrásai

<i>Forrás</i>	<i>Tevékenység</i>	<i>Főbb technológiák</i>	<i>Főbb szennyezők</i>
4. Szervetlen vegyipar	kénsavgyártás (kontakt)	pörkgáz-előállítás gáztisztítás, oxidálás, elnyeletés	por, pirit, pörkpor, SO ₂ , SO ₃ és kénsav- kőd
Műtrágyaipar, nitrogénalapú	ammóniagyártás salétromsavüzem	szintézisgáz előállítása katalitikus elégetés, elnyeletés	NH ₃ NO _x
Műtrágyaipar, foszforalapú	műtrágyaüzem szuperfoszfátgyártás	mészkeőrlés, szemcsézés szórótoronyban nyersfoszfát szállítása és őrlése kénsavas feltárás	mészkeőpor NH ₄ NO ₃ por porszennyezés
● Klóripár	klór- és nátronlúg- gyártás sósavgyártás	szuperfoszfát gra- nulálás, adalékolás, szállítás alkálidoklorid elektrolízise, sóoldat-regenerálás cseppfolyósítás	illékony fluorvegyületek (HF, SiF ₄) porszennyezés Cl ₂ , Hg HCl



Az antropogén légszennyezés főbb forrásai

<i>Forrás</i>	<i>Tevékenység</i>	<i>Főbb technológiák</i>	<i>Főbb szennyezők</i>
5. Szerves vegyipar	szerves alapanyagok intermedierek növényvédő szerek gyártása gyógyszeripar műanyag- és műszálgyártás	különböző folyamatos és szakaszos technológiák	por, baktériumos szennyezés, szerves és szervesetlen savak (sósav, ecetsav), szerves- etlen gázok (SO ₂ , NO _x , Cl ₂), oldószerek (alkoholok, benzol, to- luol, szén- tetraklorid stb.), bűzhatás





Az antropogén légszennyezés főbb forrásai

<i>Forrás</i>	<i>Tevékenység</i>	<i>Főbb technológiák</i>	<i>Főbb szennyezők</i>
6. Kőolaj- feldolgozó ipar	kőolaj és termékeinek tárolása desztilláció katalitikus reformálás gázolaj-kénmentesítés propános bitumen- mentesítő paraffingyártás kenőolaj-utófinomítás bitumengyártás kénkinyerés fáklyaüzem	töltés, lefejtés atmoszferikus és vákuumdesztilláció hidrogénezés propános mosás extrakciós oszlopban kénsavas finomí- tás hidrogénezés fúvatás levegővel Claus-üzemi égetőka- zán elégetés	szénhidrogén (gőz és folyadék) csőkemencék füstgáza, SO ₂ , H ₂ S, szénhidro- gén csőkemencék füstgáza, H ₂ S füstgáz, H ₂ S füstgáz SO ₂ (szellőző el- szívás) füstgáz, H ₂ S füstgáz, H ₂ S, CO SO ₂ , H ₂ S pernye, korom, SO ₂ , CO és kevés H ₂ S



Az antropogén légszennyezés főbb forrásai

<i>Forrás</i>	<i>Tevékenység</i>	<i>Főbb technológiák</i>	<i>Főbb szennyezők</i>
7. Építőanyag-ipar	tégla-, cserép-, tűzálló- anyag-ipar kő-, kavicsbányá- szat mész-, cementipar betonelemgyártás azbesztcementgyártás hő-, hang-, vízszigetelő anyagok gyártása, finomkerámiaipar, üvegipar	nyersanyagbányászat, apritás, ásványórlés, előkészítés, adagolás anyagmozgatás szállítás féltermékórlés olvasztás, égetés, ön- tés, csiszolás, húzás, hengerlés, csomagolás	porok, korom, pernye SO ₂ , CO, NO _x , F, Pb, színezők a feldolgozott anyagok 1-15%-a





Az antropogén légszennyezés főbb forrásai

<i>Forrás</i>	<i>Tevékenység</i>	<i>Főbb technológiák</i>	<i>Főbb szennyezők</i>
8. Élelmiszeripar	húsipar, baromfi- és tojásfeldolgozó ipar tejipar tartósítóipar malomipar sütő- és tésztai- par édesipar növényolajipar szesz- és élesztőipar, boripar, söripar dohányipar	szállítás osztályozás tisztítás őrlés aprítás erjesztés füstölés főzés pácolás sűrítés lepárlás tartósítás	por, iszap, rothadó iszap, erjesztő gombák, penészek, toll, szőr, bűzanyagok, fertőző csírák, CO, SO ₂ , NO _x , korom, NH ₃ , freon, szerves adalékanyagok, kátványtermékek a feldolgozott anyagok 1–4%-a



Az antropogén légszennyezés főbb forrásai

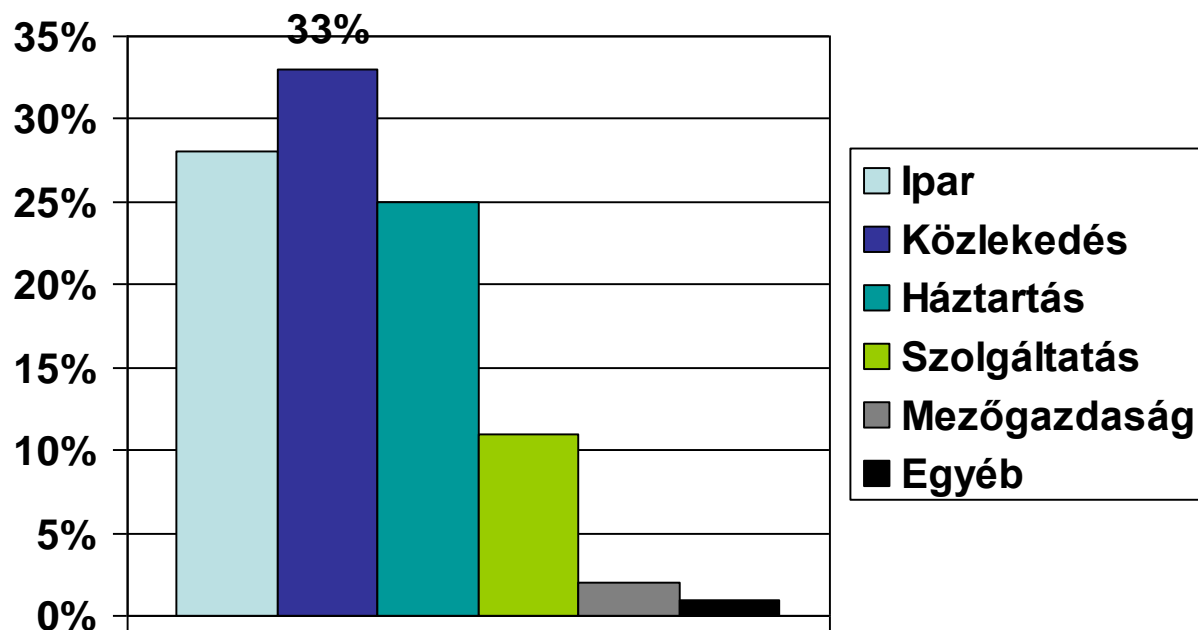
<i>Forrás</i>	<i>Tevékenység</i>	<i>Főbb technológiák</i>	<i>Főbb szennyezők</i>
9. Gépipar	gépek és berendezések gyártása közlekedési eszközök gyártása villamosenergiaipari gépek gyártása híradás- és vákuum-technika műszeripar fémtömegcikkék, fémszerkezetek gyártása	szállítás, raktározás tisztítás, festés forgácsolás felületi kezelés szigetelés, hegesztés impregnálás	füstgázok, porok, vegyszeres permetek, ammónia, cián, fluor, szerves oldószerek, HCL, H ₂ SO ₄ , NO _x , oxidánsok, fémporok a feldolgozott anyagok 0,5-3%-a





Az antropogén légszennyezés főbb forrásai

<i>Forrás</i>	<i>Tevékenység</i>	<i>Főbb technológiák</i>	<i>Főbb szennyezők</i>
10. Közlekedés	közúti és vasúti járművek közlekedése	benzin- és dieselüzemű személy- és tehergépkocsik, diesel mozdonyok	CO, SO ₂ , NO _x , kórorom, ólom, C _n H _m





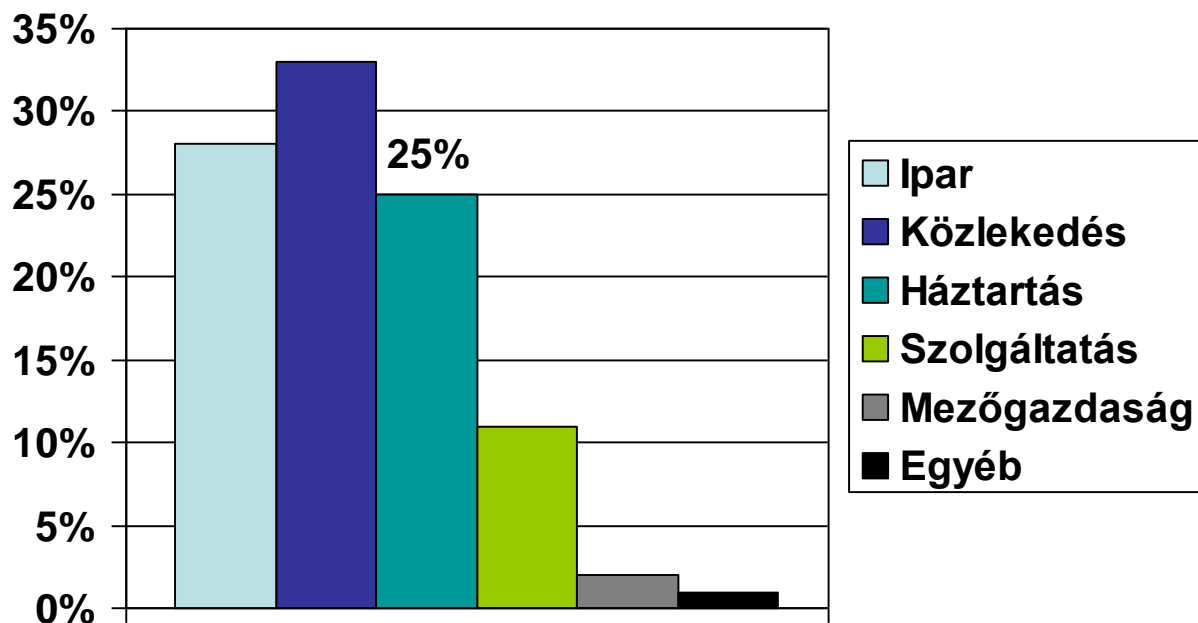
Közlekedés

- Az egyre növekvő energiafogyasztásból egyre nagyobb szeletet hasít ki magának a közlekedési szektor. Ezer tonna olajegyenértékben **2002-ben** az EU teljes **962 ezer t** energiaigényéből **314ezer** tonnát tett ki a közlekedési szektor.
- Ez azt jelenti, hogy a közlekedés a teljes energiaszektor **33%--a** volt.
- Az unió közúthálózatának közel 10%-a naponta bedugul, a nagy repülőtereken a járatok egy harmada negyedórás késéssel indul.
- Ezek a késedelmek 1,9 milliárd liter (kb **19 ezer t**) többletfogyasztást jelentenek ami az éves felhasználás **6%-a**.
- A közlekedés energiafogyasztása 1985 óta **45%-al** nőtt.
- A közúti és légi közlekedés aránya a szektoron belül folyamatosan növekszik.
- A közlekedés kiemelkedő szerepet játszik a környezeti ártalmak területén és itt is elsősorban a levegőminőségére gyakorolt káros hatásával.



Az antropogén légszennyezés főbb forrásai

<i>Forrás</i>	<i>Tevékenység</i>	<i>Főbb technológiák</i>	<i>Főbb szennyezők</i>
11. Kommunális tüzelések	egyedi, központi és távfűtés	egyedi kályhák, központi kazánok	SO ₂ , NO _x , CO korom, pernye, C _n H _m





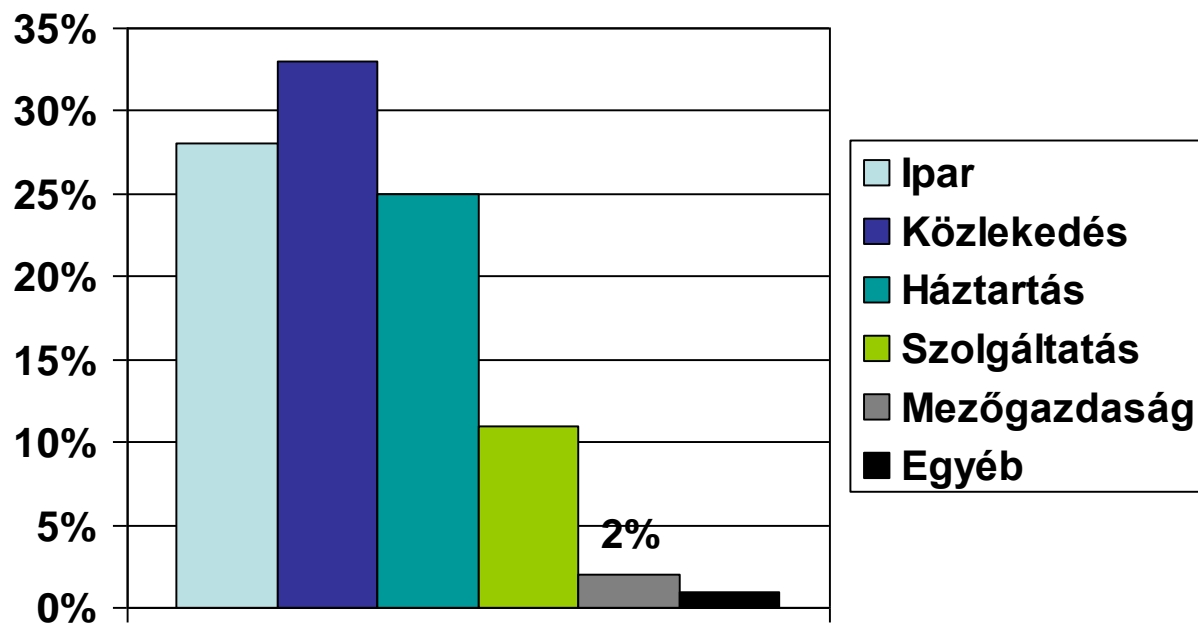
Az antropogén légszennyezés főbb forrásai

- A kommunális fűtési változások nehezen prognosztizálhatók, mivel e téren nagy szerepe van a térségek gazdasági potenciáljának, és ezen keresztül a lakosság anyagi és szociális helyzetének is.
- Az elmúlt 10 évben megnőtt a gázközmű bekötések száma, viszont a gázár emelkedése miatt egyre több háztartás tér vissza a vegyes tüzelésre.
- A fűtésszerkezet modernizálódása, a gáztüzelés terjedése komoly szennyezettség csökkenést eredményezne, környezeti és egészségvédelmi érdekből.



Az antropogén légszennyezés főbb forrásai

<i>Forrás</i>	<i>Tevékenység</i>	<i>Főbb technológiák</i>	<i>Főbb szennyezők</i>
12. Mezőgazdaság	vegyszeres növény- védelem növény- és gombatermesztés állattenyésztés	gépi-kézi műtrágya ki- szórás, permetezés, vi- rágzás, állati, növényi baktériumok, gombák	növényvédőszer virágpór baktériumok gombák





Az antropogén légszennyezés főbb forrásai szektoriális bontásban

