



Globális környezeti problémák és fenntartható fejlődés modul

Környezeti elemek védelme I. Levegőtisztaság védelme

KÖRNYEZETGAZDÁLKODÁSI AGRÁRMÉRNÖKI MSC
TERMÉSZETVÉDELMI MÉRNÖKI MSC



A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg



A légszennyezés meteorológiai vonatkozásai

3. előadás

7.-9. lecke



A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg



Az energia légköri terjedése

- Hővezetés
- Áramlás
- Sugárzás
- Látens hő

7. lecke



A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg



Energia terjedése a légkörben. A léghőmérséklet

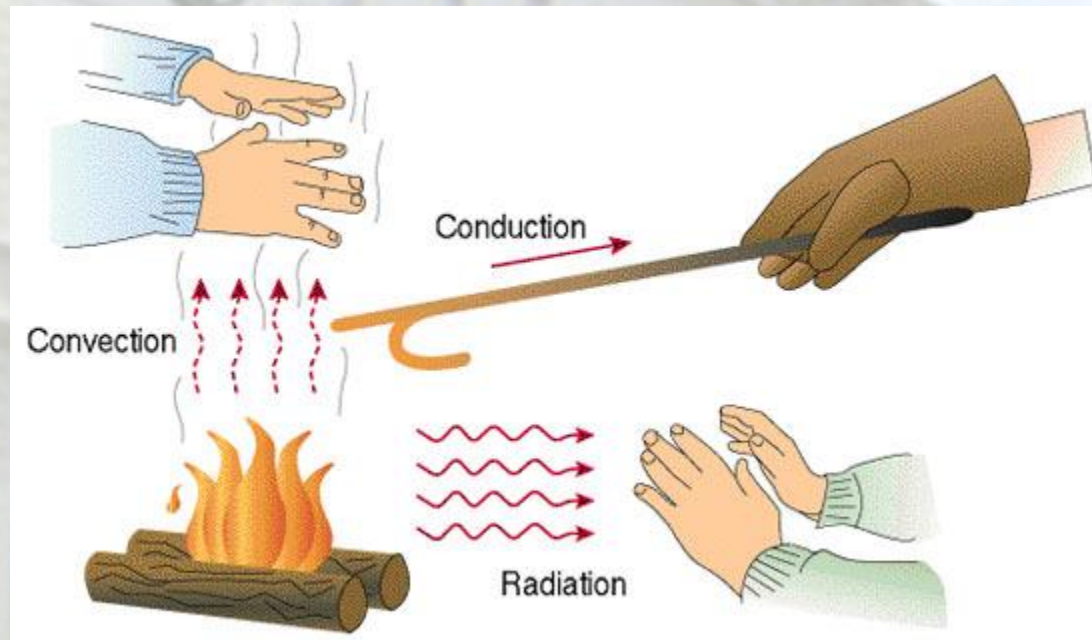
Ismeretes, hogy a légkör a felszín felől melegszik fel, mert a levegő közvetlenül a sugárzásból csak csekély mennyiséget képes elnyelni. A levegő hőforgalma több folyamat összessége. A felszín által felvett hőenergia továbbítása, átadása lehet:

- sugárzással
- hővezetéssel
- áramlással és a
- víz halmazállapot változásaihoz kötötten (lásd. csapadék képződéseket).



A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg

17. Ábra A hővezetés (fém), áramlás (konvekció) és sugárzás egyszerű rajza



<http://blogs.saschina.org/sophie01pd2016/files/2009/10/heat-transmittance-means.jpg>



A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg



Az utóbbi kategória latens hő néven ismert, mely magában foglalja a párolgási és kondenzációs, valamint a fagyási és olvadás hő-párokat; plusz a szublimációs hőt.

A konvekció a függőleges légmozgás, melynek jelentősége a léghőmérséklet alakításában elsődleges.

A fizikából megismert hőátadás módok a talaj-légkör rendszerben mind megtalálhatók.

A hővezetés a szilárd halmazállapotú anyagok jellemzője, ahol az energia részecskéről-részecskére terjed, miközben a vezető anyag nem mozdul. A talaj-légkör rendszerben a talajra, valamint a vele érintkező legalsó légrétegre jellemző.





A hőáramlás (lásd. konvenció) a folyadékok és a gázok jellemző energia átadási módja, ahol a vezető anyag részecskéi elmozdulnak helyükről, s magukkal viszik az energiát. A hővezetésnél sokkal hatékonyabb tulajdonság átvitelt tesz lehetővé, mert ismeretes, hogy a levegő rossz hővezető. A konvekció a légkörben, s a tengeráramlásokban megnyilvánuló jellemző energia átadási forma. Az így kialakuló vertikális hőmérséklet eloszlást a levegő állapotgörbéje tartalmazza.

A sugárzás közvetítő közeg nélküli energia átadási mód, ahol annak intenzitása kizárólag a közvetítő közeg tulajdonságainak függvénye.



A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg



A hőmérsékleti gradiensekből ismeretes a levegő magassággal történő hűlése. A légszennyezés vonatkozásában az ettől eltérő hőmérséklet alakulás jelentősége kiemelkedő. Két közelítést alkalmazunk a téma felderítésére:

- a) a troposzféra hőmérsékleti állapotgörbéjének eltéréseit, azokat a jelenségeket, ahol nem hőmérséklet csökkenés lesz a magassággal, hanem ettől eltérő jelenség, valamint az
- b) adott kisebb terület hőmérsékleti gradienseinek az azt befogadó nagyobb légtér gradiensehez való viszonyát tekintjük át (egyensúlyi rétegződés a légkörben).



A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg



a) Inverzió és izotermia a légkörben

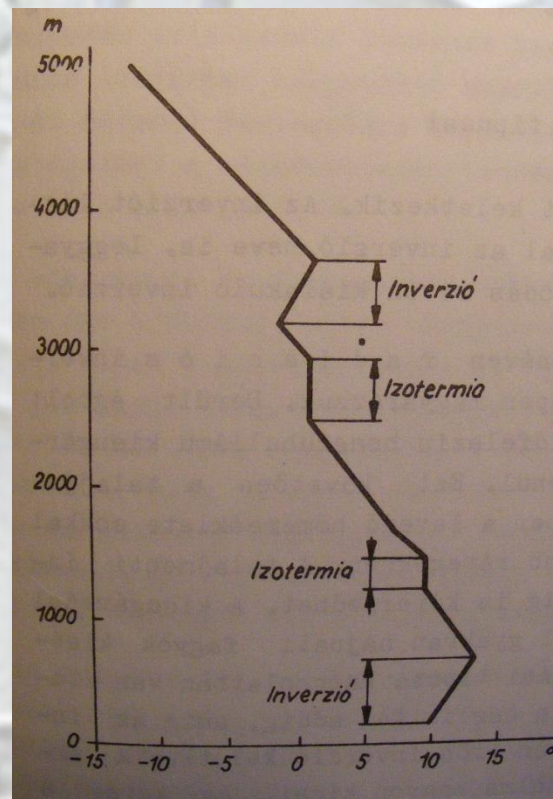
Azt a jelenséget, amikor a levegő hőmérséklete a troposzférában a magassággal nem csökken, hanem emelkedik, inverziónak nevezzük. Az inverziós légréteg mintegy beékelődött réteg található az azt magában foglaló nagyobb légtömegben. Gyakori lehet derült éjszaka után, amikor az erős kisugárzás miatt a talajjal érintkező légréteg erősen lehűl, s akár több fokkal is alacsonyabb lehet a hőmérséklete, mint a felette magasabban elhelyezkedő levegőnek.

Az izotermia, ahogy azt a neve is mutatja, adott légrétegben a hőmérséklet azonosságát jelenti.





18. ábra Inverzió és izotermia a légkörben



<http://atyafi.files.wordpress.com/2008/06/dscf3347.jpg>



A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg



Mind az inverzió, mind az izotermia megjelenése a légszennyezés vonatkozásában erősen negatív hatású. A két fenti jelenség magasságának felső szintje záróréteget alkot a légkörben, mely alatt van a **keveredési réteg**. A sugárzás és az emberi hőkibocsátás eredménye. A keveredési légrétegben oszlanak el a szennyezőanyag molekulái. Ha nincs inverzió, nagyobb tér áll a szennyezőanyagok rendelkezésére, s a hígulás erőteljesebb. Alacsony inverzió vagy izotermia a szennyezőanyagok feldúsulását okozza.

Az inverzió (izotermia) a függőleges légmozgásokat gátolja. Leggyakrabban hajnalban és télen jelenhetnek meg.





3. táblázat Keveredési rétegvastagság időbeli változása hazánkban (Szepesi szerint)

Évszak (hó)	Réteg átl.	Réteg max.
Tél (XII-II)	200	500 [m]
Tavaszi (III-V)	900	1700 [m]
Nyár (VI-VIII)	1000	1900 [m]
Ősz (IX-XI)	500	1200 [m]
Átlagos	650	1325 [m]



A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg



A keveredési rétegvastagság hatása a szennyezőanyagok terjedésére és hígítására lokális légszennyező folyamatoknál kevésbé jelentős.

Városi méretű szennyezéseknél a hatás már messze nem elhanyagolható, bár fontossági sorrendben a szél, a kibocsátó forrás magassága és az emisszió változékonysága megelőzi a keveredési rétegvastagság jelentőségét.

Legnagyobb hatása a regionális szennyezéseknél van a keveredési rétegvastagságnak, ahol csak a szél előzi meg a fontossági sorrendben.

Globális folyamatokban hatása elenyésző.





Hőmérsékleti gradiensek a légkörben Egyensúlyi rétegződés a légkörben Füstfáklya konfigurációk I.

8. lecke





b) egyensúlyi rétegződés a légkörben

A troposféra függőlegesen felfelé haladva hűl lásd. korábban hőmérsékleti rétegződést. A hűlés egész szférára kiterjedő átlaga a hőmérsékleti gradiens ($0,65^{\circ}\text{C}$ 100 m-ként), melynek tényleges alakulása számos tényezőtől függ.

A függőleges hőmérsékleti gradiens értéke a Föld egy adott pontjában eltérhet az egész Földre meghatározott átlagtól. A tényleges állapot és az átlagos mutató összevetése három helyzetet eredményezhet, melyek légkör szennyezési vonatkozásai is eltérőek.





A természetben egy adott térség feletti légtömegben a legritkábban egyezik meg a mért hőmérsékleti gradiens a nagyobb térség átlagával. Ha mégis, ez a speciális helyzet, *közömbös egyensúlyi állapot van:*

$$Takt = T\acute{a}tl$$

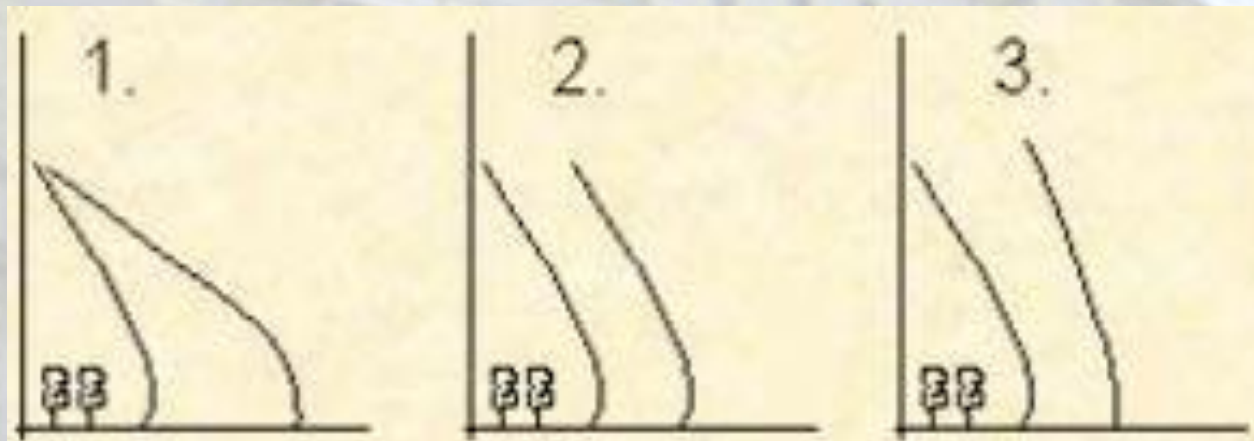
ahol *Takt*: a ténylegesen mért hőmérsékleti gradiens

T\acute{a}tl: a nagyobb térség légtömegében mért átlagos gradiens

A neutrális egyensúlyi állapot csak kivételes esetben jelentkezik. Az esetek nagy többségében a másik két lehetőség aktualizálódik.



19. ábra Egyensúlyi rétegződés három lehetséges esete a légkörben



1. Stabilis

2. közömbös

3. labilis

pg.c2.hu/articles/pgkonyv/htm/400right.htm



Abban az esetben, ha a vizsgált légtömegünkben a tényleges hőmérsékleti gradiens nagyobb, mint az azt befogadó nagyobb légtömeg gradiense, a felfelé haladó levegőben erőteljesebb lehűlés lesz, mint a kiválasztott kisebb légtömeget körülölelő levegőben:

$$Takt > T\acute{a}tl$$

Ekkor a felszálló hidegebb levegő visszaszáll a kiindulási helyére.

A levegőbe kijuttatott szennyezőanyagot a konvekció felfelé mozdítja, elszállítva a forrástól. A környezeténél hidegebbé váló levegő azonban elvinni a szennyezőket





a kibocsátás helyéről nem tudja – visszahullik a levegő a kiindulás helyére, s hígítás helyett előfordulhat, hogy szennyezőanyag koncentráció növekedés következik be az emissziós forrás közelében. Ez a rendkívül negatív hatású egyensúlyi állapot a *stabilis légállapot*.

Abban az esetben, ha a kiválasztott mintaterület feletti levegő hőmérsékleti gradiense kisebb, mint az azt befogadó nagyobb légtömegé, a mintaterület felett a lehűlés mérsékeltebb, mint az azt befogadó nagyobb légtömegben mért érték:





Takt < Táltl

A környezeténél melegebb levegő gyorsan felszáll, s mintegy magával viszi a magasabb légrétegekbe a szennyezőanyagot. Ez jelentős hígulást okozhat a kibocsátás közvetlen közelében. Ezt a szennyezés szempontjából kedvező egyensúlyi állapotot *labilis légállapotnak* nevezzük. Itt szükséges megjegyezni, hogy ez a légállapot csak az adott térség szempontjából jelent kedvező feltételeket. A szennyezőanyag itt a légkörben marad; de mindig hígítottan, melynek környezeti veszélyeztető hatása mérsékeltebb.



A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg



A füstfáklya alakjának információi

A kéményből kikerülő szennyezőanyagok jellegzetes alakú füstfáklyát képeznek, amelyben a füst-örvények időben átlagolt értékei legtöbbször kúp alakot formáznak. A gyakorlatban a külső burkolóvonalat ott határozzák meg, ahol a fáklya középvonalában mért érték egy tizedével egyezik a szennyezőanyag koncentrációja.

Szintén sajátos füst alak, a füstkupola jelenhet meg a nagyobb szennyezett városok felett, amelyben a szennyezés jellegzetes eloszlást mutat.





Jellegzetes füstfáklya konfigurációk

A füstkonfigurációkat, a fáklya alakját nem egy meteorológiai elem, hanem a léghőmérsékleti rétegződés (egyensúlyi állapotok-rétegek) és a légmozgás (advekción, konvekcion) együttesen hozza létre. Ezek szabad szemmel is jól látható jelenségek az emissziós forrás közelében, s alakjuk a szennyezőanyag további sorsáról tájékozathat minden egyéb mérés nélkül.

Típusai:

- felfelé szóródó alakú fáklya
- inverzió jelenlétében kialakuló alak



A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg



- legyező alakú terjedés
- kígyózó füstterjedés
- kúp alakú szennyezőanyag terjedés
- záróréteg alatti terjedés

Felfelé szóródó alakú fáklya napnyugta körül szokott kialakulni, amikor a füst egy inverziós réteg fölé kerül. Az inverzió felett erős szennyezőanyag hígulás lesz. Az inverzió gátolja a szennyezést abban, hogy az a felszínre elérje. A jelenség fennállásának időtartama nem hosszú, mindössze néhány óra.

Kora reggel várható az *inverzió jelenlétében kialakuló alak*.





Ekkor közvetlenül a forrás (kémény) felett alakul ki az inverzió, mely alatti levegő az intenzív délelőtti besugárzás hatására erősen felmelegszik, labilis állapotú lesz. Ebben a helyzetben az inverzió miatt átmenetileg a légkör lenyomhatja a koncentrációt a talaj felé, igen magas talajközeli értékeket előidézve.

A *legyező alakú terjedés* éjjel, derült időben és szélcsendben alakulhat ki. Az inverziós légrétegen belüli füst terjedését mutatja. Ekkor a füstfáklya jellegzetesen nagyon vékony.

Nappal, derült időben várható a *kígyózó füstterjedés*. Bár a rétegződés labilis, de a forrás közelében igen magas koncentrációk kialakulását okozhatja.





Füstfáklya alakzatok a légkörben II. Légnyomásképződmények levegővédelmi szerepe Budapest sajátos helyzete

9. lecke



A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg

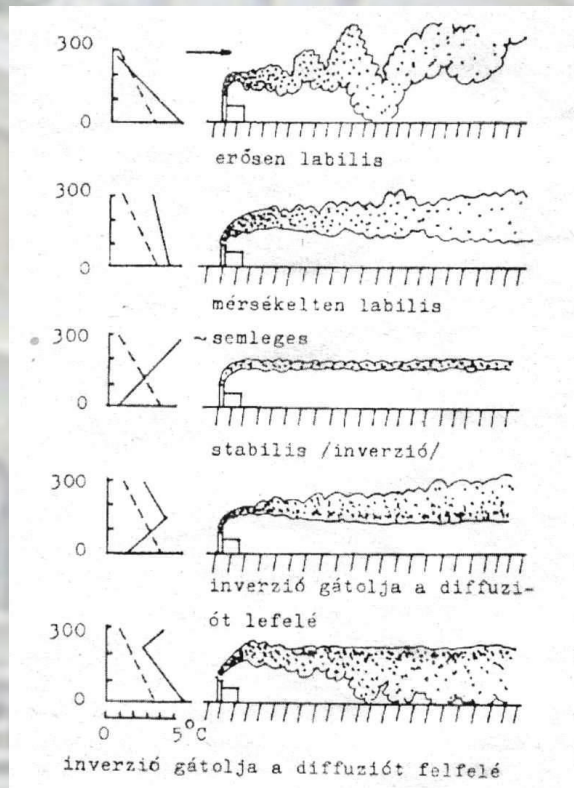


Felhős, szeles időjárás (izoterm réteg) esetén *kúp alakú* a szennyezőanyag terjedése. Ez a leggyakoribb füstfáklya terjedési lehetőség. Megjelenése napszaktól független, nappal és éjszaka egyaránt azonos eséllyel fordul elő. A legnagyobb szennyezőanyag feldúsulás általában itt szokott bekövetkezni.

A *záróréteg alatti terjedés* a 4. táblázatban foglalt magasságok alatt alakul ki; általában a felszín feletti 600-1300 m-es légrétegben. Stabilis egyensúlyi légrétegben várható megjelenése. A záróréteg megakadályozza a szennyezőanyagok felfelé haladását. A füst a záróréteg és a talaj között keveredik.



20. ábra A füstfáklya alakzatok és a hőmérsékleti rétegződés lásd. szöveges magyarázatot





Légnyomás képződmények és légszennyezés

Ciklonok

A mérsékelt öv időjárásának döntő meghatározói a ciklonok. Ezek nagyrészt a 60° szélesség körül képződő apró, gyors mozgású légköri jelenségek. Megjelenésük oka a keleties és a zóna uralkodó szélirányát képező nyugatias légtömegek találkozásakor fellépő nagyméretű örvények keletkezése.

Megjelenése általában az időjárás markáns megváltozásával jár együtt.

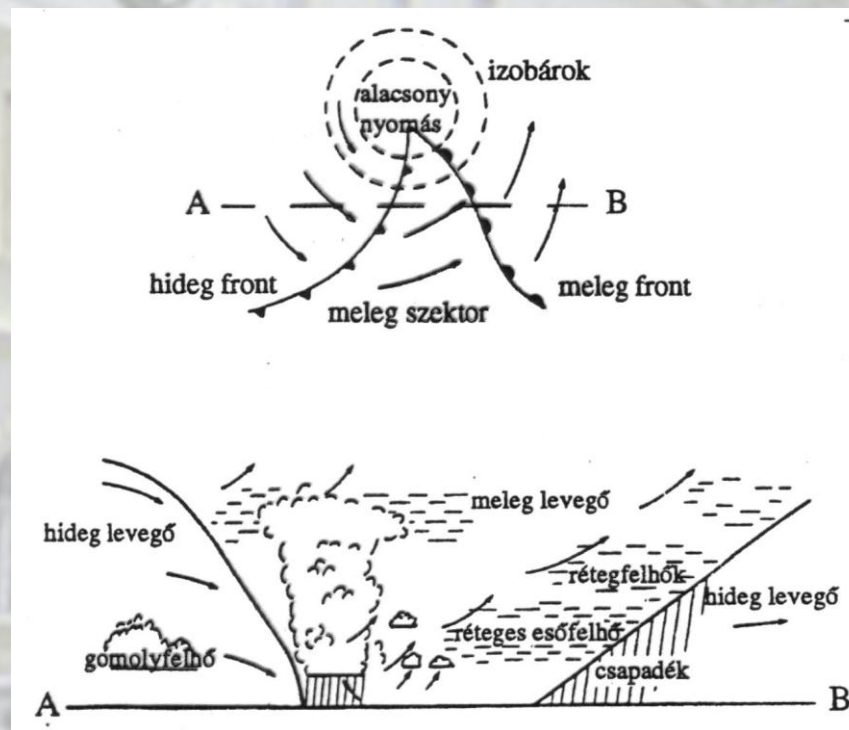




A ciklonokban két front megjelenésére lehet számítani. Mindkettő külön-külön is csapadékot hoz. Először a déli oldalának melegfrontja csendes esővel mossa át a légkört. Ezt követi a hidegfront, mely erőteljes légáramlással tör be az érintett területre, hatalmas függélyes zivatarfelhők felépítésével összekötve. Ezekből a felhőkből nagy intenzitású csapadék várható, mely mintegy kimossa a légkörben lévő szennyezőanyagokat. A ciklon átvonulása tisztítja a légkört, a szennyezőanyagok talajra történő juttatásával. Ebben az esetben a levegő minősége javul, de a szennyezőanyag a talajra kerül, s ott fejtheti ki hatását.



21. ábra A ciklon és a társítható időjárás (Mészáros 1993)





Az **anticiklon** hatása nem olyan kedvező a légszennyezés vonatkozásában, mint a cikloné. A középpontjában magas nyomású képződmény nagy méretű, tartósabb, mint a kicsi gyors mozgású ciklon. Benne a légmozgás lefelé irányul, s a szennyezőanyagokat mintegy a talaj felé nyomja. Gyakran kíséri inverzió.

Mivel felhőmentes, derült idő társítható hozzá, a sugárzás elősegítheti a légkörben zajló fotokémiai reakciók zavartalan lejátszódását (később lásd. fotokémiai szmogot).

Nyáron nagy meleget, jelentős légszennyezést okoz.



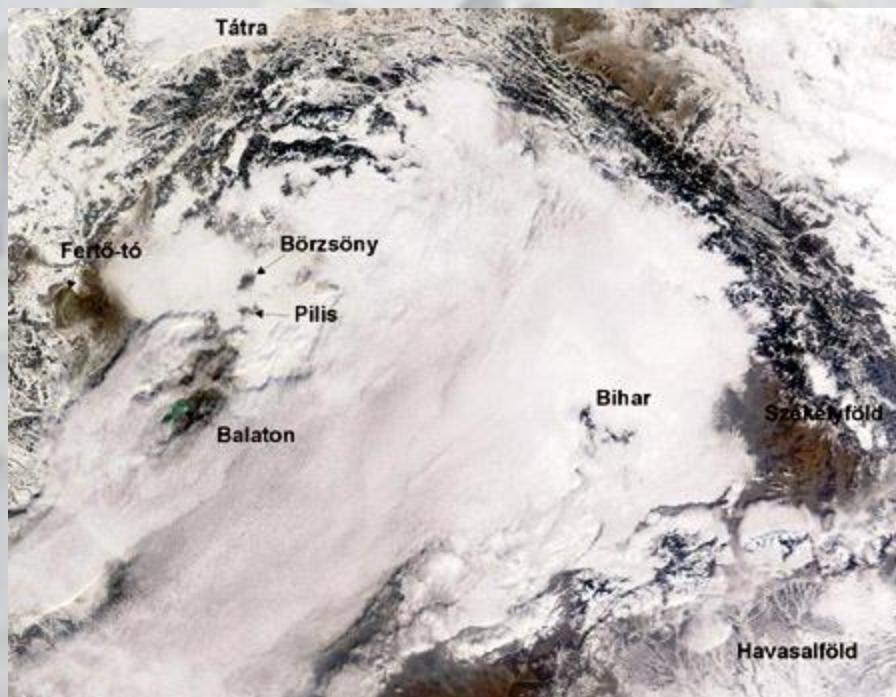
A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg



- A nálunk is gyakran felbukkanó téli kontinentális anticiklonok tőlünk északra, a szárazföldek felett alakulnak ki. Erre jó példa a szibériai anticiklon, mely télen, január táján szokta elfoglalni a Kárpát-medencét. Néha a Kárpátok megakadályozza a betelepülését. Bár a képződmények nem túl vastagok, mintegy 2 km körüli a vastagságuk, a téli fűtés emisszióját tartósan a talaj felé visszanyomva jelentősen ronthatják a levegőminőséget. Ebben az évben (2010 január) csaknem 1 hónapig tartózkodott a Kárpát-medencében az egészségügyi határérték fölé emelve a por szennyezettség értékét (az ÁNTSZ szerint több, mint 30 napig!)



22. ábra A téli anticiklon a Kárpát-medencében



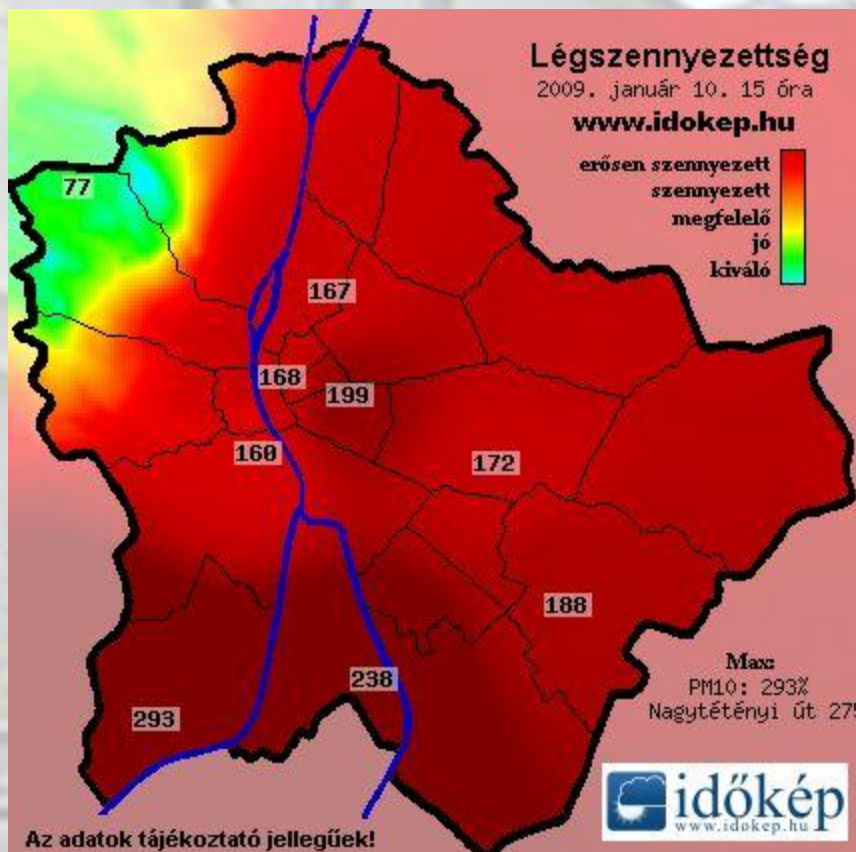
Az anticiklon leszálló, felhőoszlató áramlását nyáron akár több hétig is érezhetjük. Télen csak néhány napig van tiszta idő, majd köd és a Kárpát-medencét kitöltő hidegpárna kialakulása következik.

www.origo.hu/tudomany/fold/20060116kodot.html



A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg

23. ábra A Szibériai anticiklon hatása Budapest levegőjének minőségére (szmog)



A számok a por koncentrációját jelentik $\mu\text{g}/\text{m}^3$ -ben. Tájékoztatási küszöb: $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$



A **csapadék**, mint egyik leggyakrabban tanulmányozott meteorológiai elem légszennyezésre gyakorolt hatását a szennyezőanyagok légköri kikerülésénél elemezzük. Előzetesen megjegyezzük, hogy kedvező hatásának kimutatása nehéz, mert nagy csapadékok általában erőteljes légmozgással együtt jelentkeznek, s a kettő szétválasztása meglehetősen nehézkes.

Az azonban valószínűleg elfogadható, hogy a csapadék átmossa, kitisztítja a légkört, s csökkenti a benne lévő szennyezőanyag koncentrációját. Megfigyelések szerint a csapadékos napok után a csökkenés 3 -15 % közötti. A levegőminőség javulása főleg a pornál van.





Végül a **topográfia** fontosságára egy példa segítségével híjuk fel a figyelmet Vissy megfigyelése alapján, aki a szél tisztító hatására vonatkozóan közölt egy érdekes budapesti *helyi* megfigyelést.

Ismert a légszennyezettséget csökkentő szélesebesség hatás. Ez azonban nem mindig és mindenhol igaz. Budapesten a Széna téren a kén-dioxid koncentráció a szélesebesség növekedésével csökken, kivéve a DK-i 5 m/s feletti szeleket, amelyek növelik a koncentrációját. Oka a Budai-hegység jelenléte, mivel a DK-i szeleknél a hegyek lábánál visszaáramlás alakul ki, szennyezett gócot képezve a nevezett téren.





Debrecen Egyetem
Mezőgazdaság- Élelmiszertudományi és
Környezetgazdálkodási Kar



Pannon Egyetem
Georgikon Kar



Köszönöm figyelmüket!



A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg