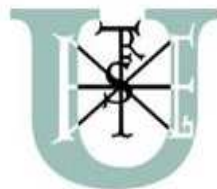


A reaktív nitrogén a légkörben; újabb európai kutatási eredmények



Horváth László (horvath.l@met.hu)

Országos Meteorológiai Szolgálat/
MTA-SZIE Növényökológiai Kutatócsoport



A felesleges nitrogén veszélyezteti a gazdaságot és a környezetet – kiadták az első Európa-léptékű felmérést (ENA)

ENA=The European Nitrogen Assessment (ed. Sutton et al., 2011, Cambridge University Press, pp. 1.-612.)

- A Föld gyarapodó népességének táplálék-ellátásához szükség van a nitrogénműtrágyára, ez viszont szennyezi a levegőt, a talajt és a vizet.
- A növekvő népesség ráadásul egyre több reaktív nitrogént bocsát a környezetbe (mezőgazdaság, ipar, közlekedés, háztartás)

Egy új tanulmány szerint a nitrogénszennyezés Európában 150-750 eurójába kerül évente, minden egyes személynek. Az első Európai Nitrogén Felmérés (European Nitrogen Assessment, ENA) április 11-én került nyilvánosságra, a „Nitrogén és Globális Változások” konferencián, a skóciai Edinburgh-ban.

Biogeokémiai ciklusok

- A különböző földi szférák között folytonos anyagátmenet van
- Ez alól a N sem kivétel
- A légkörnek, mint „legfluidabb” szférának fontos szerepe van a N-ciklusban (közvetítő közeg)

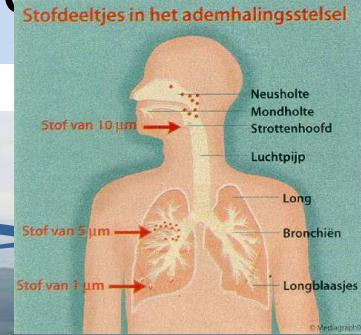
Miért fontos a nitrogén?

- Létfontosságú elem (pl. aminosavak, fehérjék)
- A levegő 78%-a N_2 (légkör, talaj, víz= $4 \cdot 10^{-21}$ g)
- Ennek 99%-a nem elérhető az élőlények 99%-a számára
- Alapprobléma: sok van, ahol nem kell, kevés, ahol kell

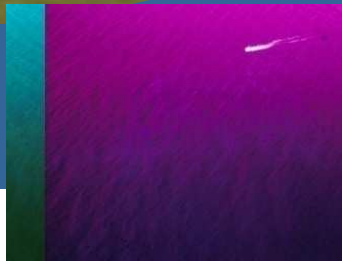
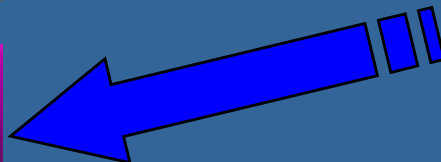
A reaktív nitrogénvegyületek: N_r
 igen sokfélék,
 változatos élettartammal,
 sokféle káros hatással,
 minden szférára kihatnak,
 könnyen átalakulnak más N-vegyületté

<i>Név</i>	<i>Légköri élettartam</i>	<i>Legfontosabb források</i>	<i>Főbb káros hatások</i>
<i>Ammónia, NH_3</i>	Órás	Műtrágyázás, állattartás	Növények számára mérgező, eutrofizáció
<i>Nitrogén-monoxid, NO</i>	Órás-napos	Energia felhasználás	Fotokémiai szmog elővegyülete, élő szervezetekre káros
<i>Nitrogén-dioxid, NO_2</i>	Órás-napos	Főleg NO -ból keletkezik	Fotokémiai szmog elővegyülete, élő szervezetekre káros
<i>Salétromsav, HNO_3</i>	Órás-napos	Nitrogén-oxidokból keletkezik	Savas ülepedés, eutrofizáció, élő szervezetekre káros
<i>Salétromossav, $HONO$</i>	Órás	Nitrogén-oxidokból keletkezik	Szmozg, élő szervezetekre káros
<i>Peroxi-acetil-nitrát, PAN</i>	Órás	Nitrogén-oxidokból keletkezik	Fotokémiai szmog, élő szervezetekre rendkívül veszélyes
<i>Nitrátion, NO_3^-</i>	Napos	Nitrogén-oxidokból keletkezik	Eutrofizáció, látástávolság csökkenés
<i>Ammóniumion, NH_4^+</i>	Hetes	Ammóniából keletkezik	Eutrofizáció, látástávolság csökkenés
<i>Dinitrogén-oxid, N_2O</i>	Évszázados	Műtrágyázás, talaj-denitrifikáció	Üvegházhatás, légköri ózont bontja (sztratoszférában)

A nitrogén-kaszád (Galloway et al.)



Cascade



Források I.

Energiafelhasználás

a fosszilis energiahordozók égetése (ipar, közlekedés, háztartás)

$T > 1000\text{ °C}: \text{O}_2 \rightarrow 2\text{O}$ (a $\text{N}\equiv\text{N}$ hármass kötés bontásához nagy energia kell)

$\text{N}_2 + \text{O} \rightarrow \text{NO} + \text{N}$

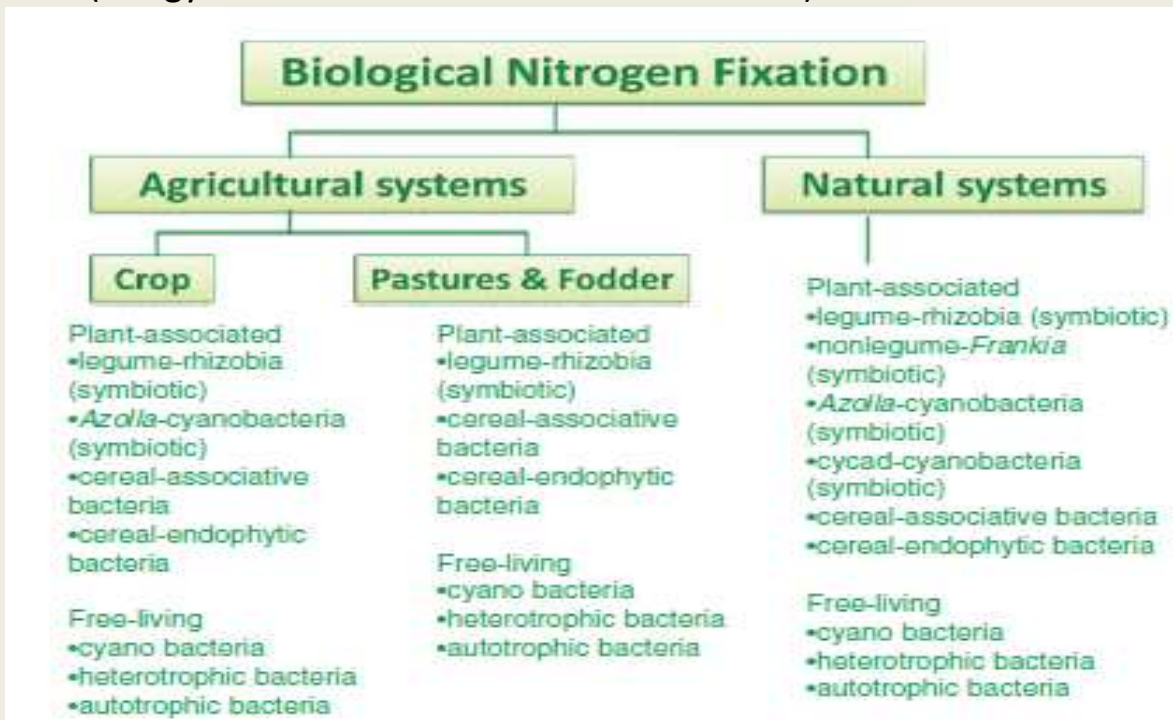
$\text{N} + \text{O}_2 \rightarrow \text{NO} + \text{O}$

Állattenyésztés

$(\text{NH}_2)_2\text{CO} \rightarrow \text{NH}_3 + \text{CO}_2$ karbamid bomlása

Biológiai megkötés (bioszféra számára forrás, légkör szempontjából nyelő)

(az egyetlen számottevő természetes forrás)



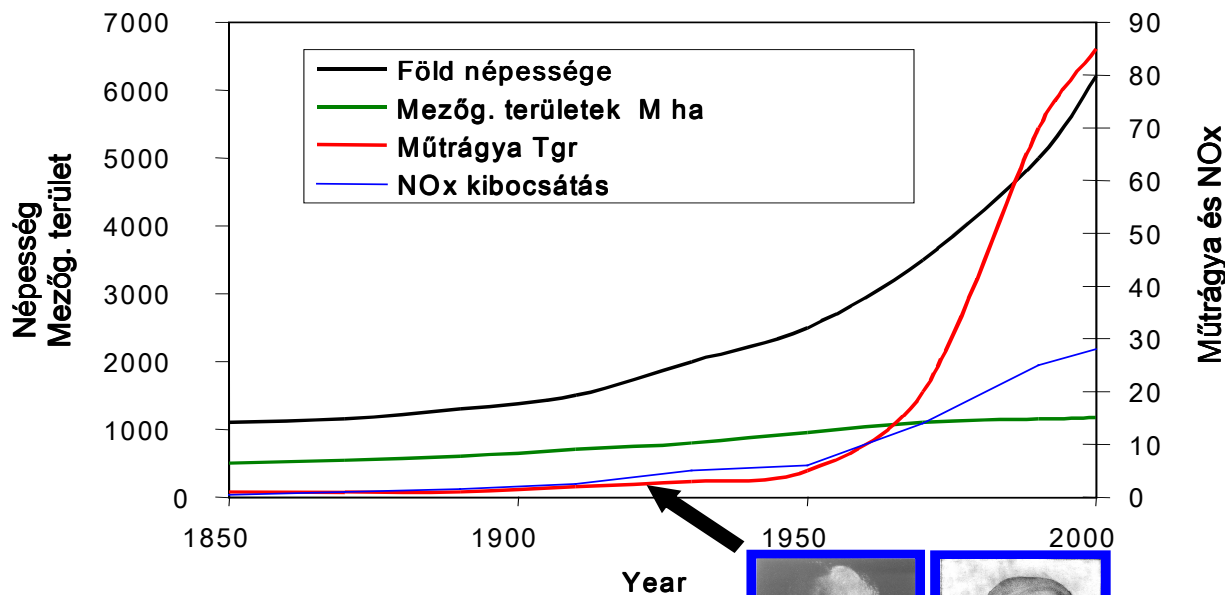
Herridge, D. F., Peoples, M. B. and Boddey, R. M. (2008). Global inputs of biological nitrogen fixation in agricultural systems. *Plant and Soil*, 311, 1–8.

A szintetikus műtrágyák alkalmazásáig ez biztosította a bioszféra számára a N-utánpótlást. A múlt század elején, a népesség növekedése miatt már nem volt elég.

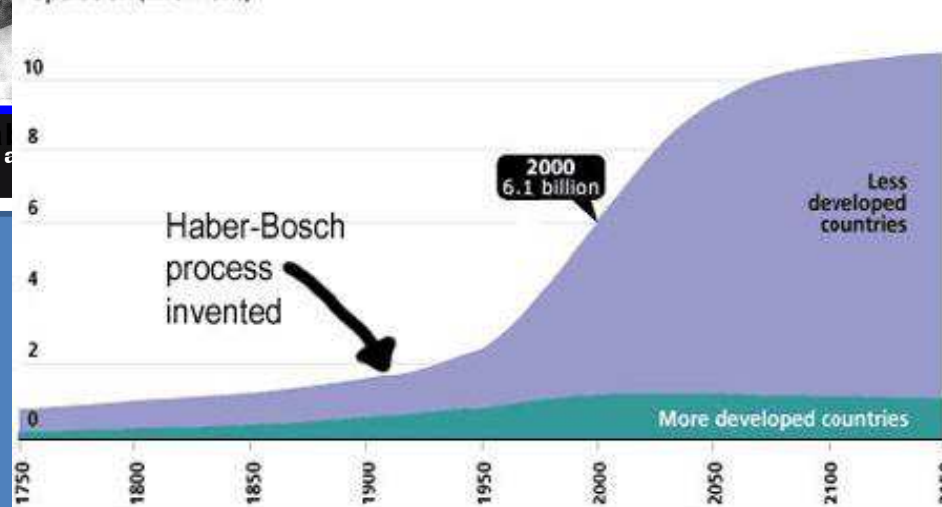
Források II.: műtrágya gyártás és felhasználás

(J-W Erisman)

N = élelem (14%, 6%); Energia = N



Population (in billions)



A felhasznált műtrágyák nitrogéntartalmának
 6%- jut az emberi szervezetbe
 14%, ha vegetariánus
 A többi a környezetet szennyezi

Energy research Centre of the Netherlands

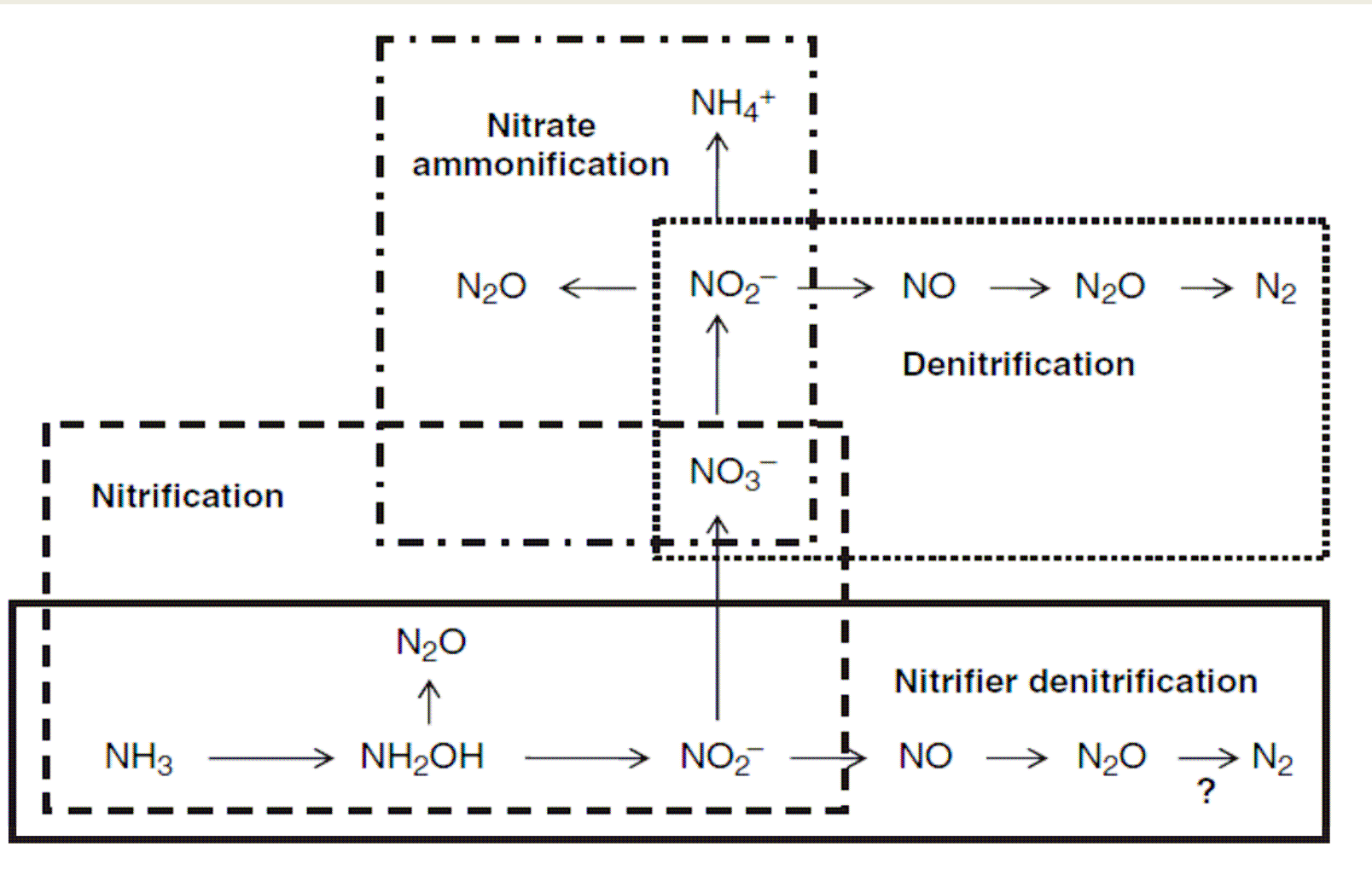
Források III.

Talaj nitrifikáció-denitrifikáció

(légkör számára forrás, bioszféra számára veszteség)

Nitrifikáció: aerob közegben

Denitrifikáció: anaerob közegben



Források IV.

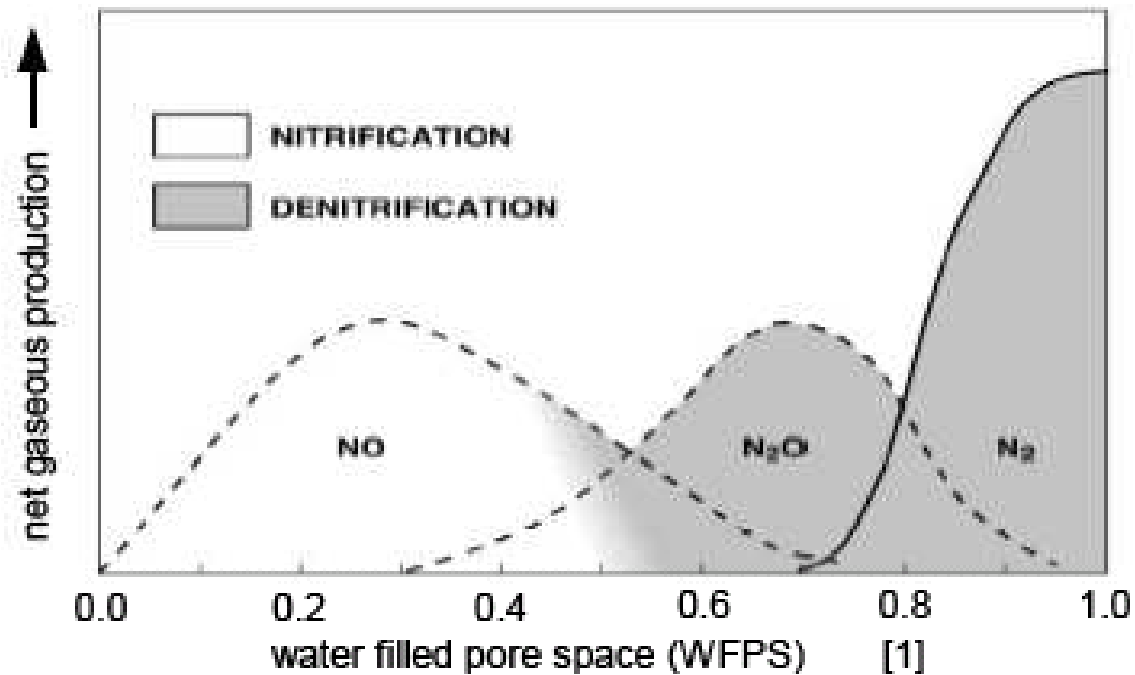
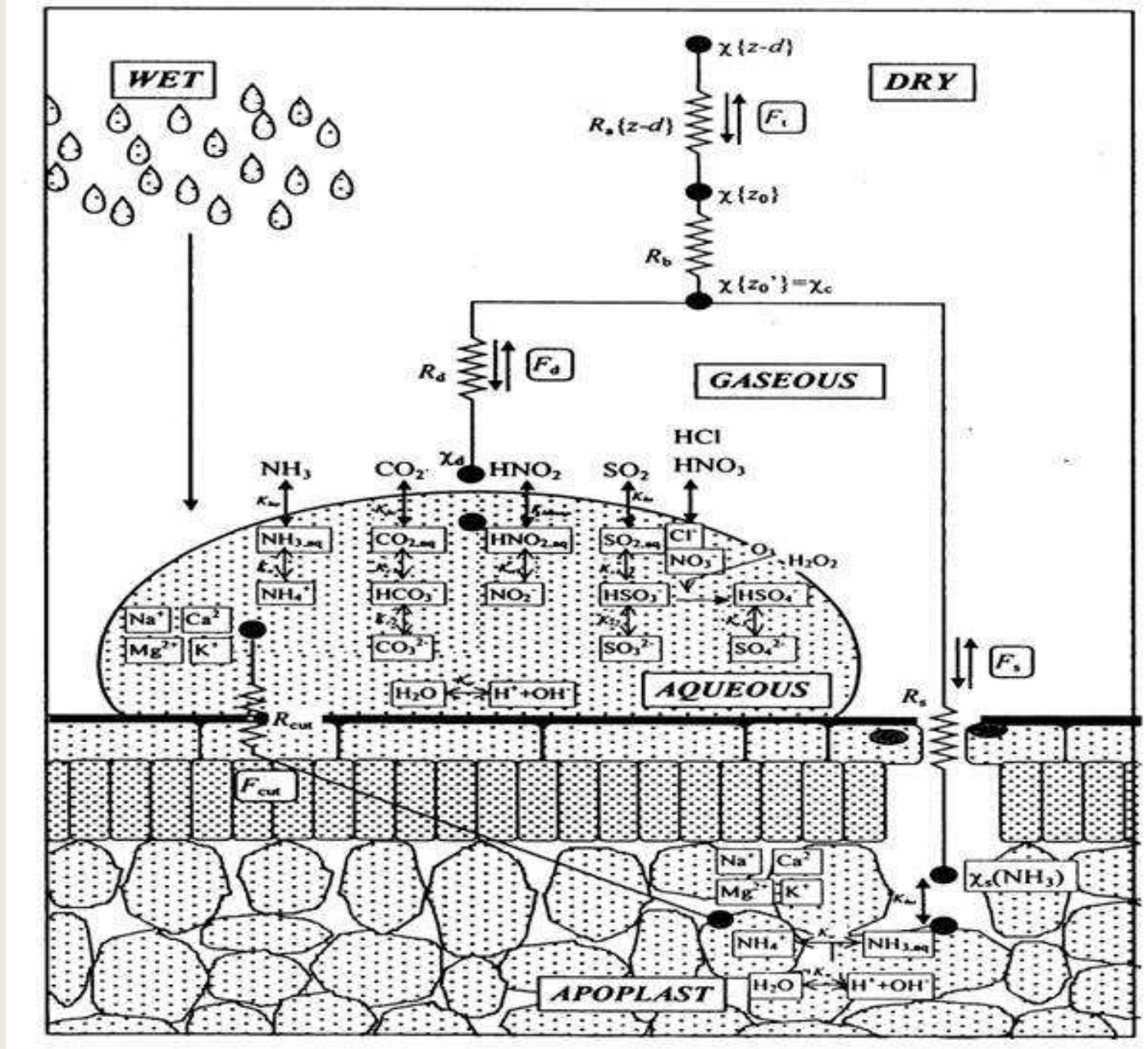


Fig. 1 : The relationship between percent water-filled pore space (WFPS) of soil and the relative fluxes of nitrogen trace gases (Kirkman (2001), adapted from Davidson, 1991).

Nyelők I. (száraz és nedves ülepedés)



Nyelők II. Nedves ülepedés

(ammónium és nitrátion)

- Felhőképződés (ammónium-szulfát)
- Felhő alatti légréteg kimosódása (gázok, részecskék)
- Nitrát és ammónium a csapadékvízben
- Koncentráció-mérés (ion-kromatográf, spektrofotométer)
- Nedves ülepedés (fluxus):

$$F_w = -c_i p$$

c_i : koncentráció (NH_4^+ , NO_3^-), mg/L

p : csapadékmennyiség, L/m² idő



Nyelők III. Száraz ülepedés

(gázok és aeroszol részecskék)

Turbulens diffúzióval

Turbulens diffúziós együttható: $0,1-1 \text{ m}^2/\text{s}$

Molekuláris diffúzió:

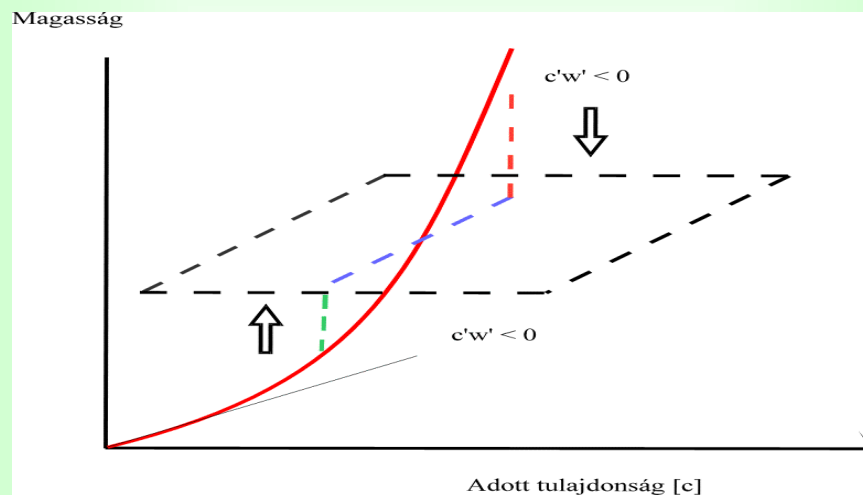
$0,0001-0,001 \text{ m}^2/\text{s}$

Örvények szállítják a nyomanyagokat a légkör és a bioszféra között

Fluxus: egységnyi felületen, egységnyi idő alatt átáramló anyag (hő, impulzus) mennyisége

A turbulens kicserélődés

$$\overline{\text{Fluxus}} = -\overline{c' w'} = c_* u_* = K (\Delta c / \Delta z)$$



Ha a talaj ill. növényzet az adott tulajdonság nyelője

Ülepedés és kibocsátás egyidejűleg kétirányú fluxus

Az NH_3 kétirányú fluxusa

ülepedési sebesség: $V_d = 1/(R_a + R_b + R_c)$;

R_a = aerodinamikai ellenállás

R_b = kvázi-stacionárius réteg ellenállása

R_c = állomány ellenállás

$R_c = 1/(R_w + R_s)$; R_w = kutikula ellenállás

R_s = sztóma ellenállás

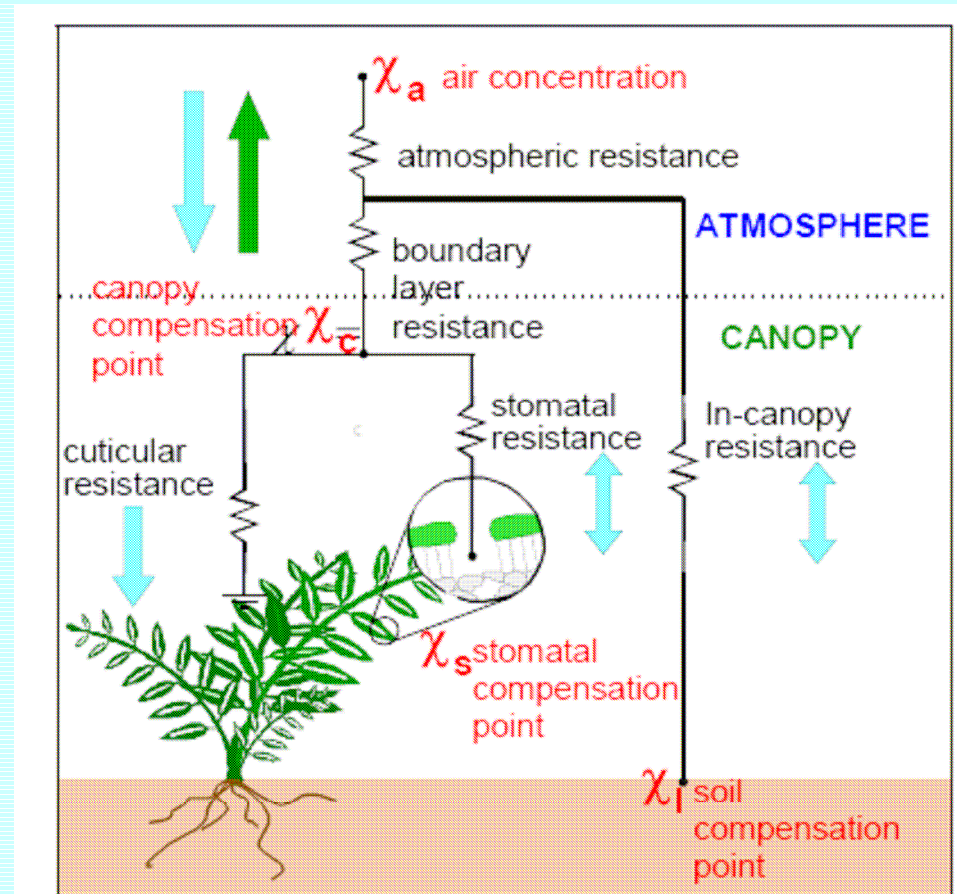
χ_s = kompenzációs-pont koncentráció

a sejtközi nedvben = $f(t, \Gamma)$

$\Gamma = \text{NH}_4^+ / \text{pH}$

$\chi_c > \chi_a$ emisszió

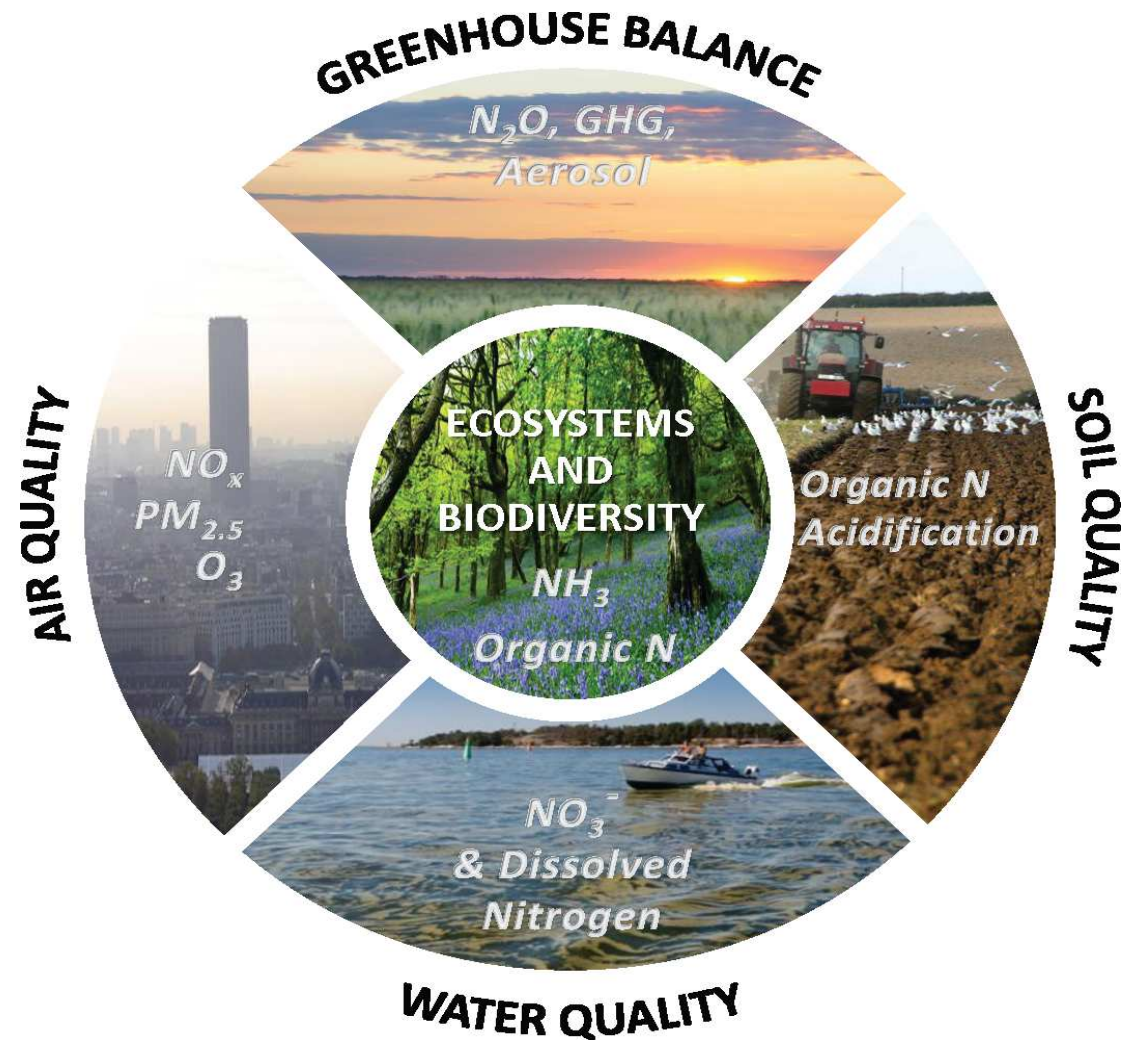
$\chi_c < \chi_a$ ülepedés



Hatások I.

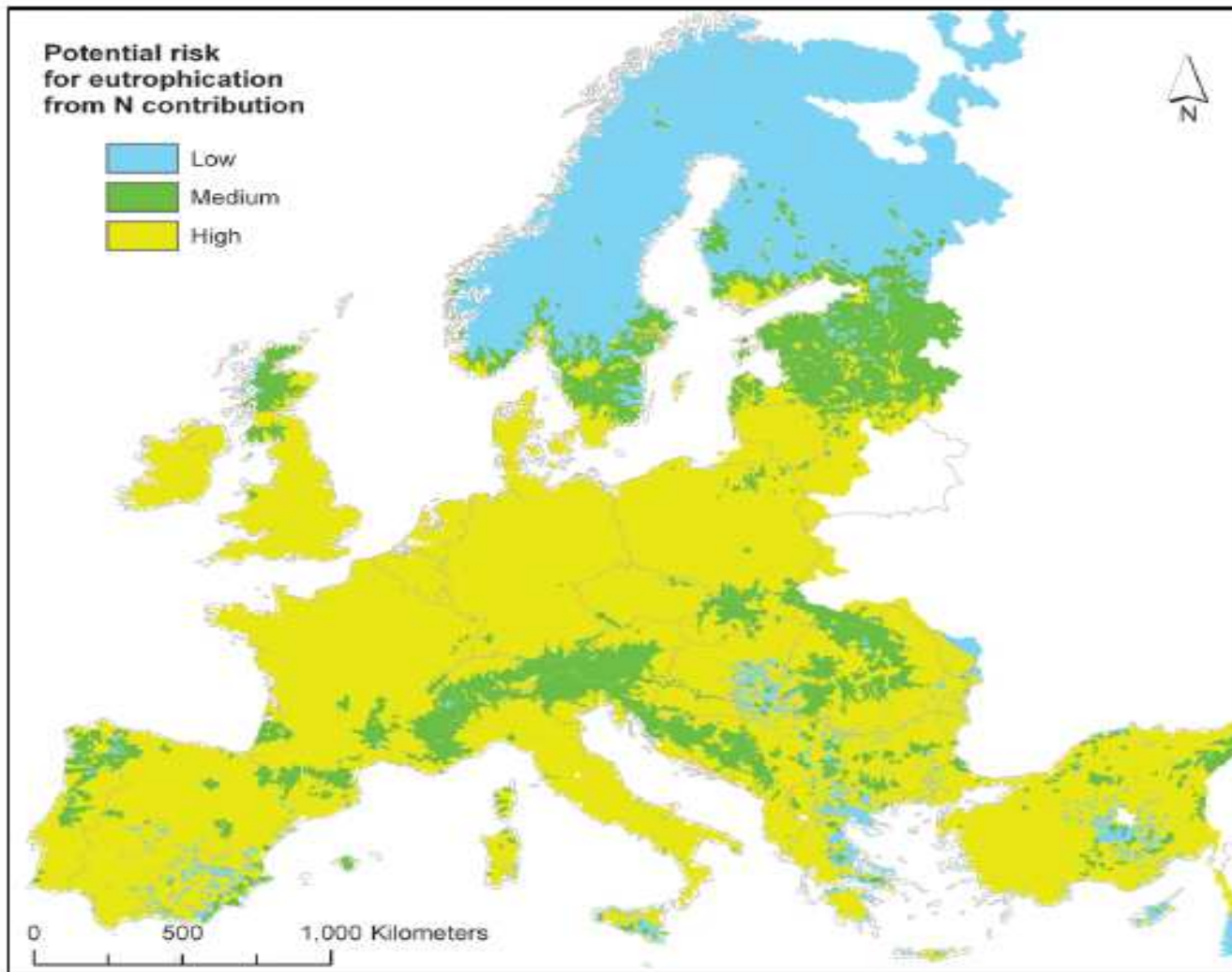
a „felesleg” nitrogén öt társadalmi veszélye

- Vízminőség
- Levegőminőség
- Üvegházgáz mérleg
- Szárazföldi ökológiai rendszerek és biodiverzitás
- Talajminőség



Hatások II.

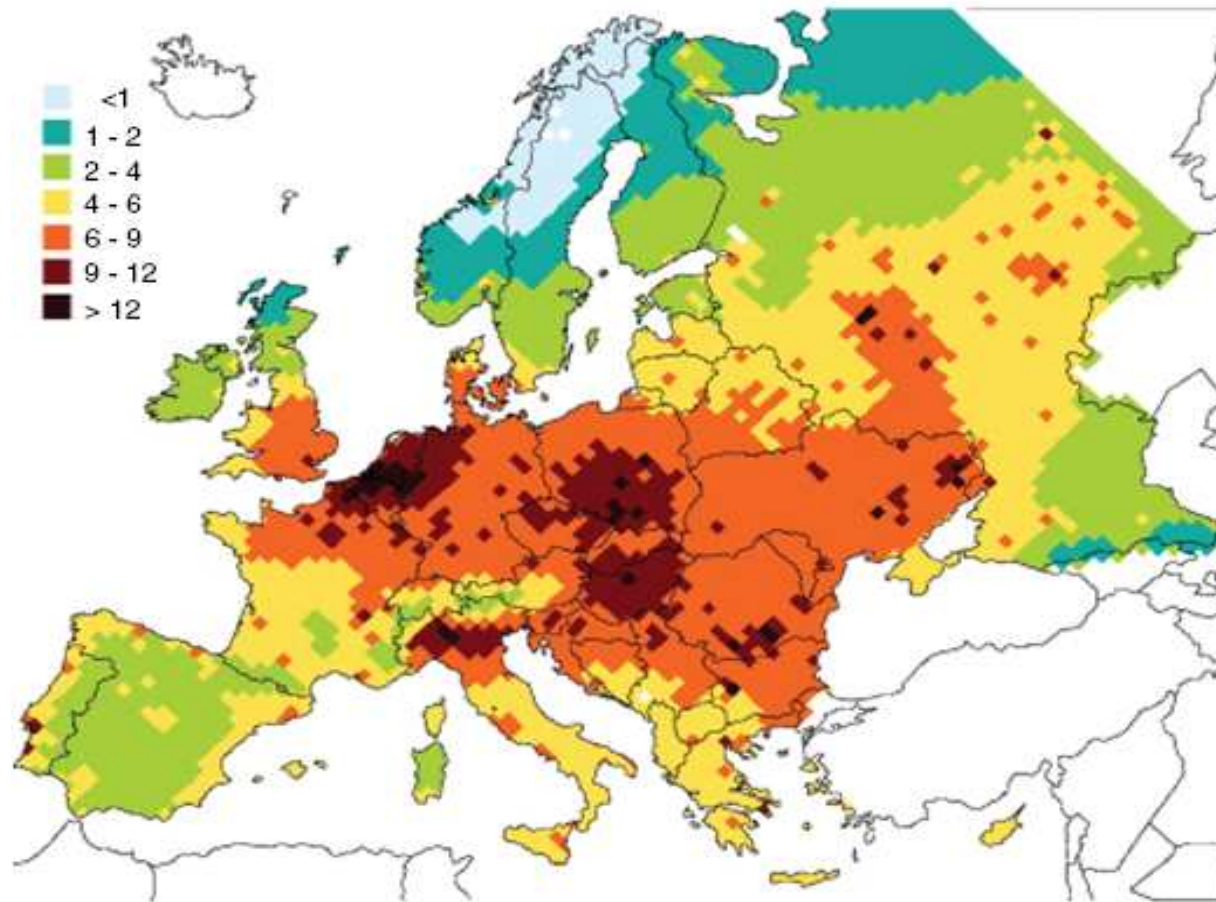
Felszíni vizek tápanyagdúsulásának veszélye (eutrofizáció)



kék: $<0,5 \text{ mgNr/l}$
zöld $0,5\text{-}1,5 \text{ mgNr/l}$
sárga $>1,5 \text{ mgNr/l}$

Hatások III. Levegőminőség

Statistikailag várható élettartam rövidülés a PM_{2,5} terhelés miatt (hónapok)



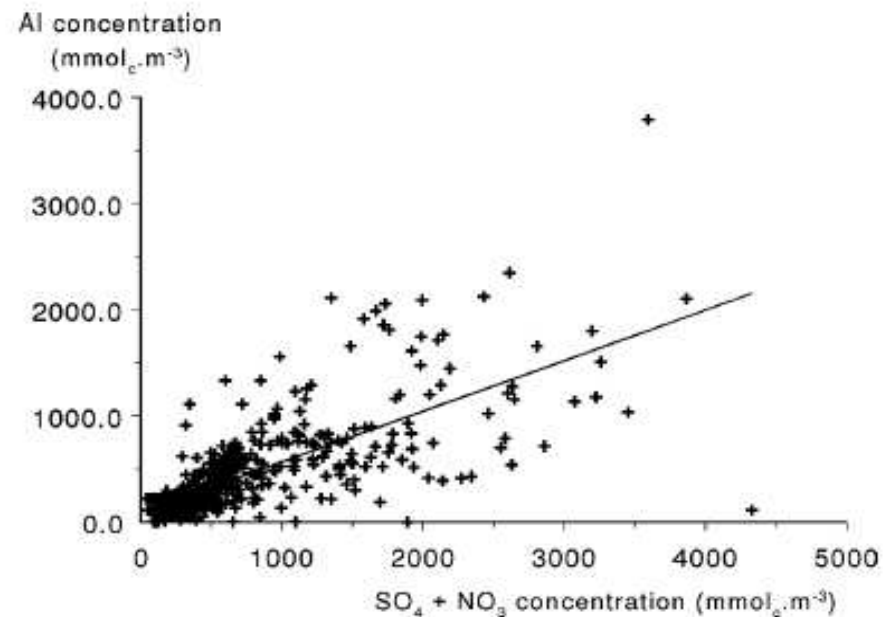
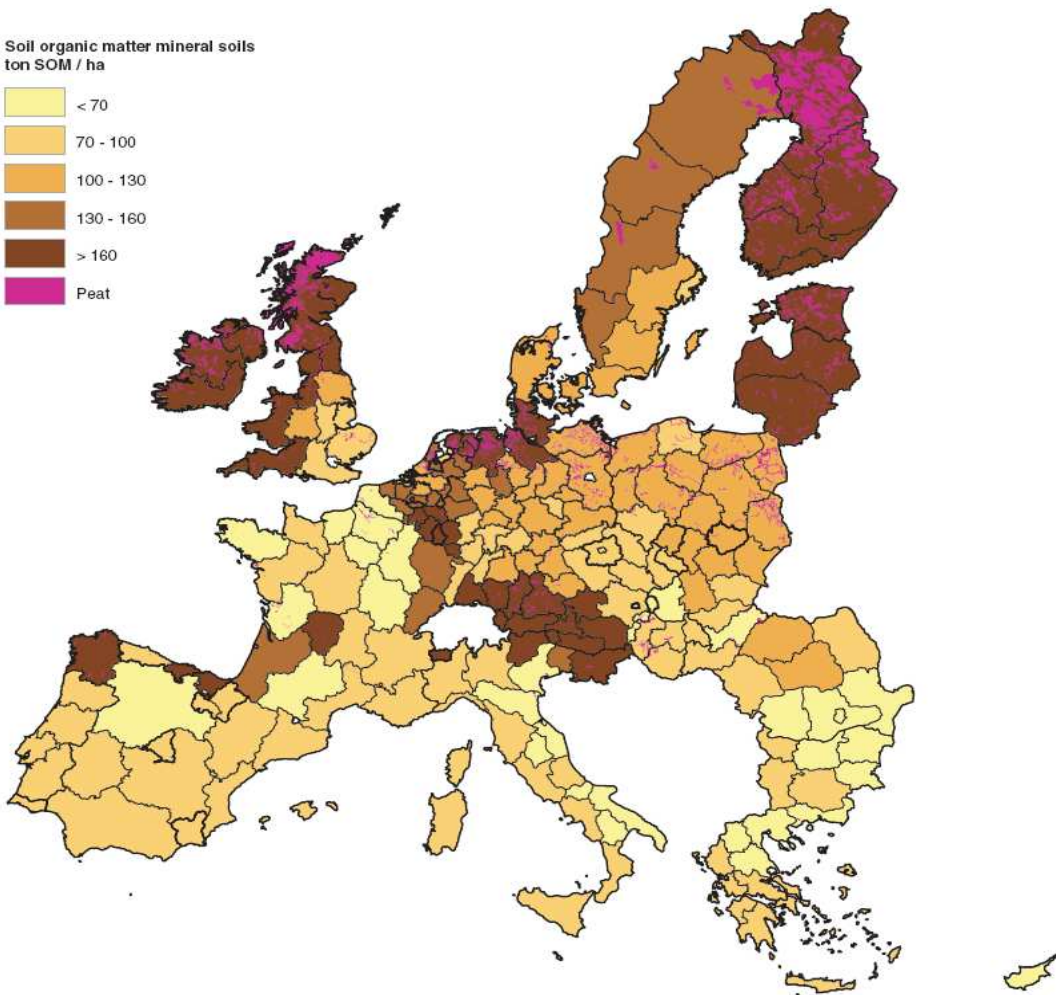
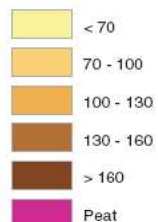
Hatások IV. Talajminőség romlása

Talajsavasodás a trágyázás és az ülepedés miatt
terméscsökkenés
nehézfém mobilizáció

Talaj szervesanyag-tartalmának csökkenése

Talaj-biodiverzitásának csökkenése az
eutrofizáció miatt

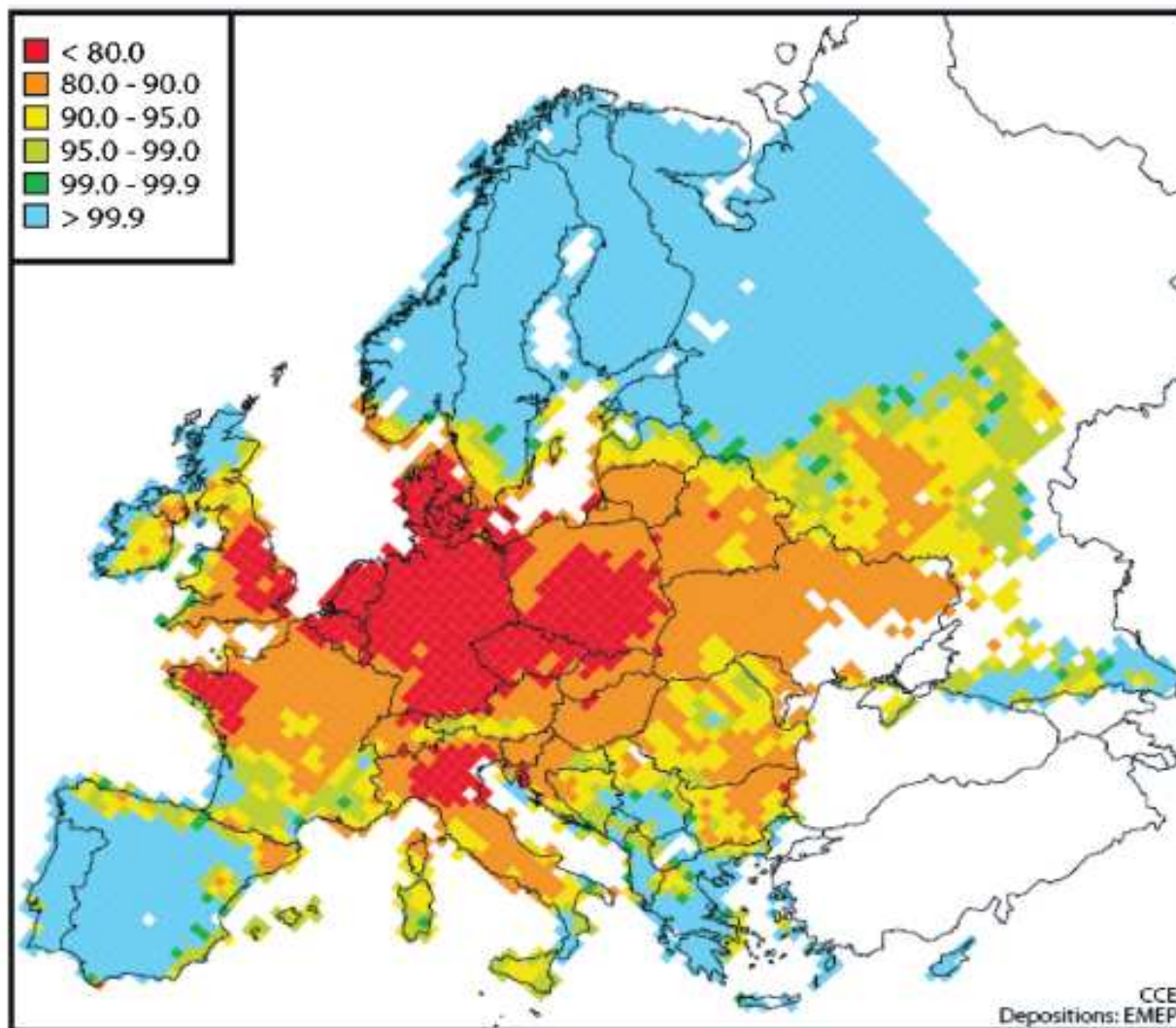
Soil organic matter mineral soils
ton SOM / ha



Hatások IV.

Biodiverzitás csökkenése

az európai erdők fajösszetétele 1990-ben az 1900-as állapothoz képest



Százalékos hasonlóság
(Gauch)

$$PS_{ij} = 200 \frac{\sum_k \min(y_{ki}, y_{kj})}{\sum_k y_{ki} + \sum_k y_{kj}}$$

y_{ki} = a k faj abundanciája az i kvadrátban,

$\min(y_{ki}, y_{kj})$ = a y_{ki} , y_{kj} minimuma.

Hatások IV. Éghajlatváltozás

talajok dinitrogén-oxid kibocsátása

Nem csak CO₂ van a világon, figyeljünk az antropogén ÜHG hatás feléért felelős egyéb gázokra is!

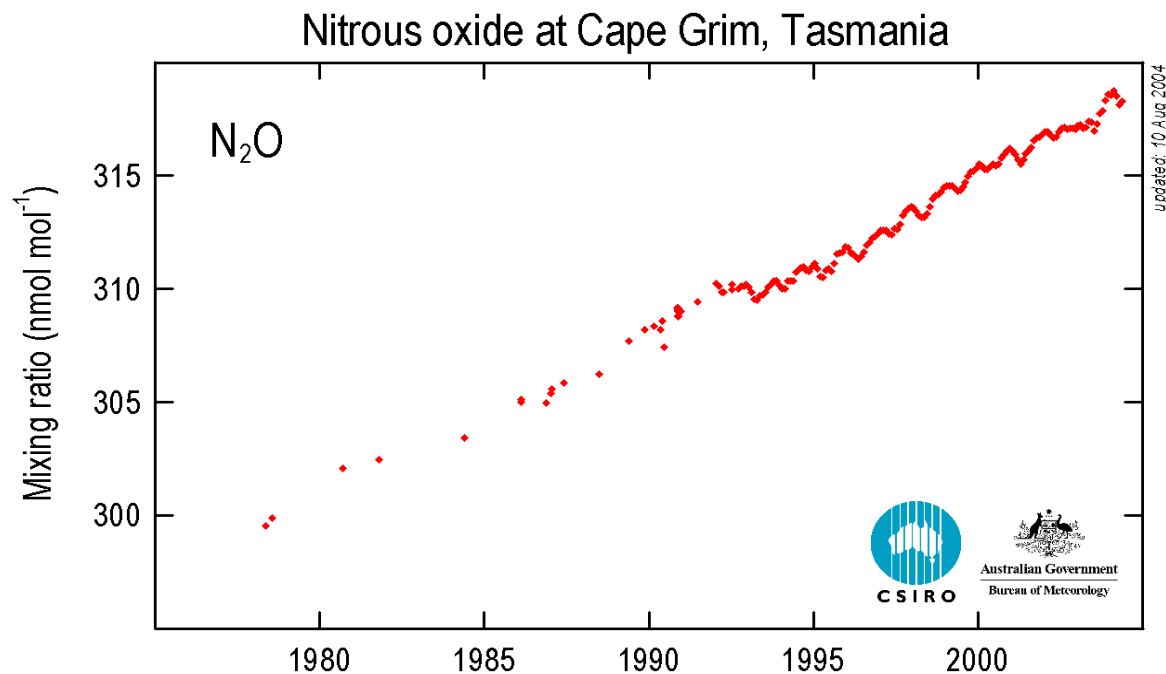
N=N=O

Üvegház hatása kb. 300-szorosa a CO₂-nek

Az összes antropogén üvegház-hatásnak 5-6 %-át teszi ki, és növekszik

Sztratoszférikus ózont is bontja, ez is növeli a globális felmelegedést

Nagy részt talaj (műtrágya) eredetű



Jövőtrendek, megelőzési lehetőségek

Legfontosabb N-szennyező az élelmiszer termelés.

A világ élelmiszertermelésének 1/3-a kukába megy

(elsősorban a fejletlen országokban; takarékosabb felhasználás)

Emisszió csökkentés

- Mezőgazdaság (legjelentősebb szennyező)

növelni kell az alkalmazott N határfokát a növénytermesztésnél (50%-kal lehetne növelni a műtrágyák hatékonyságát)

növelni kell az alkalmazott N határfokát az állattenyésztésben

növelni kell a szerves trágya N-tartalmát

- Közlekedés, ipar ($O_2 \rightarrow O + O$; $O + N_2 \rightarrow NO + N$)

alacsony hőmérsékletű égés/energia hatékony rendszerek

- Szennyvízkezelés

N-recirkuláció

- Társadalmi, fogyasztói szokások

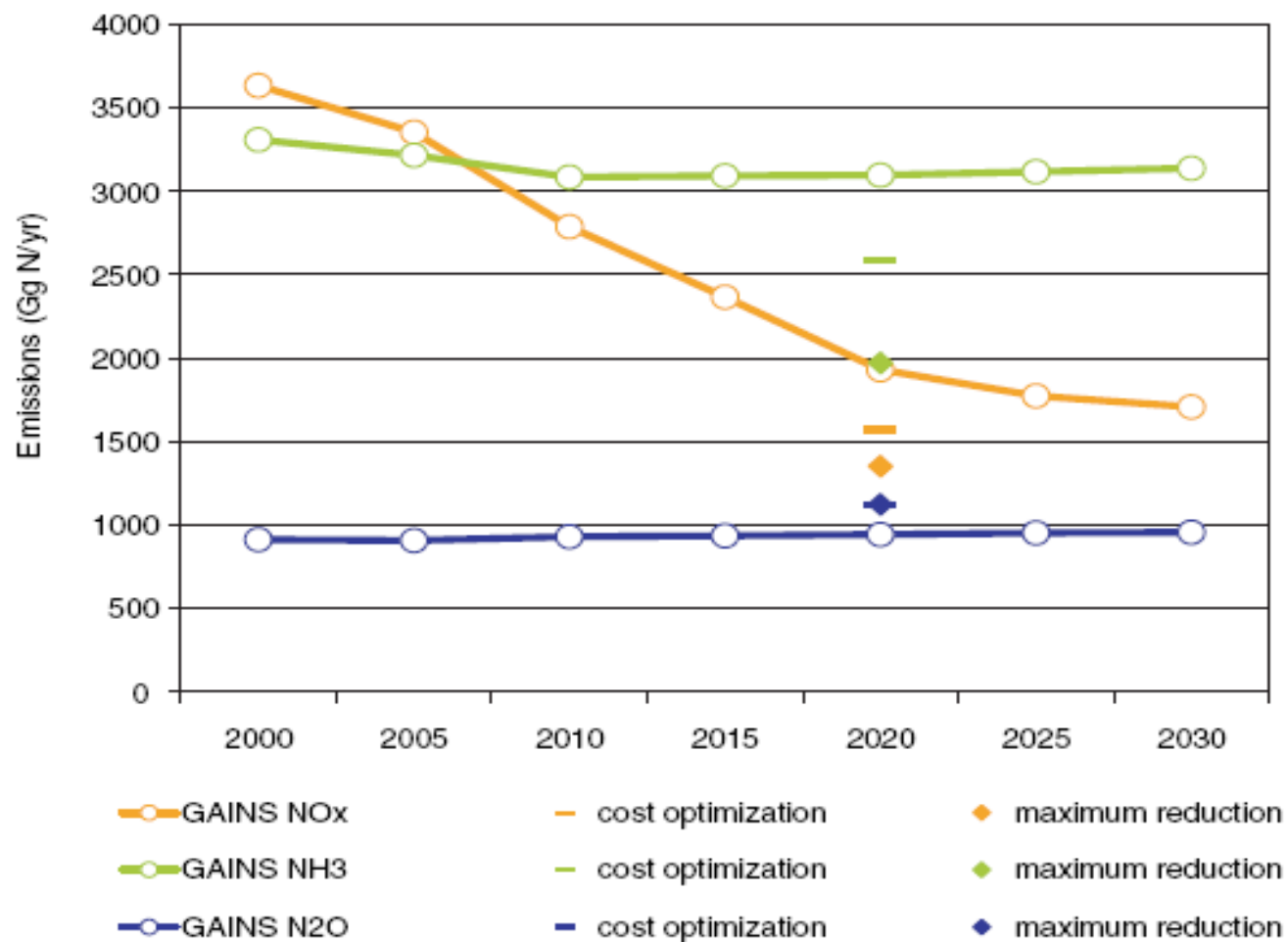
energia és közlekedési megtakarítások

állati fehérje fogyasztás csökkentése (Barsac nyilatkozat 6, illetve 14%)

<http://www.nine-esf.org/Barsac-text>

Jövő scénáriók

EU-27-ek emissziója a GAINS modellel számolva
(GAINS - Greenhouse Gas and Air Pollution Interactions and Synergies)



KÖSZÖNÖM A FIGYELMET !