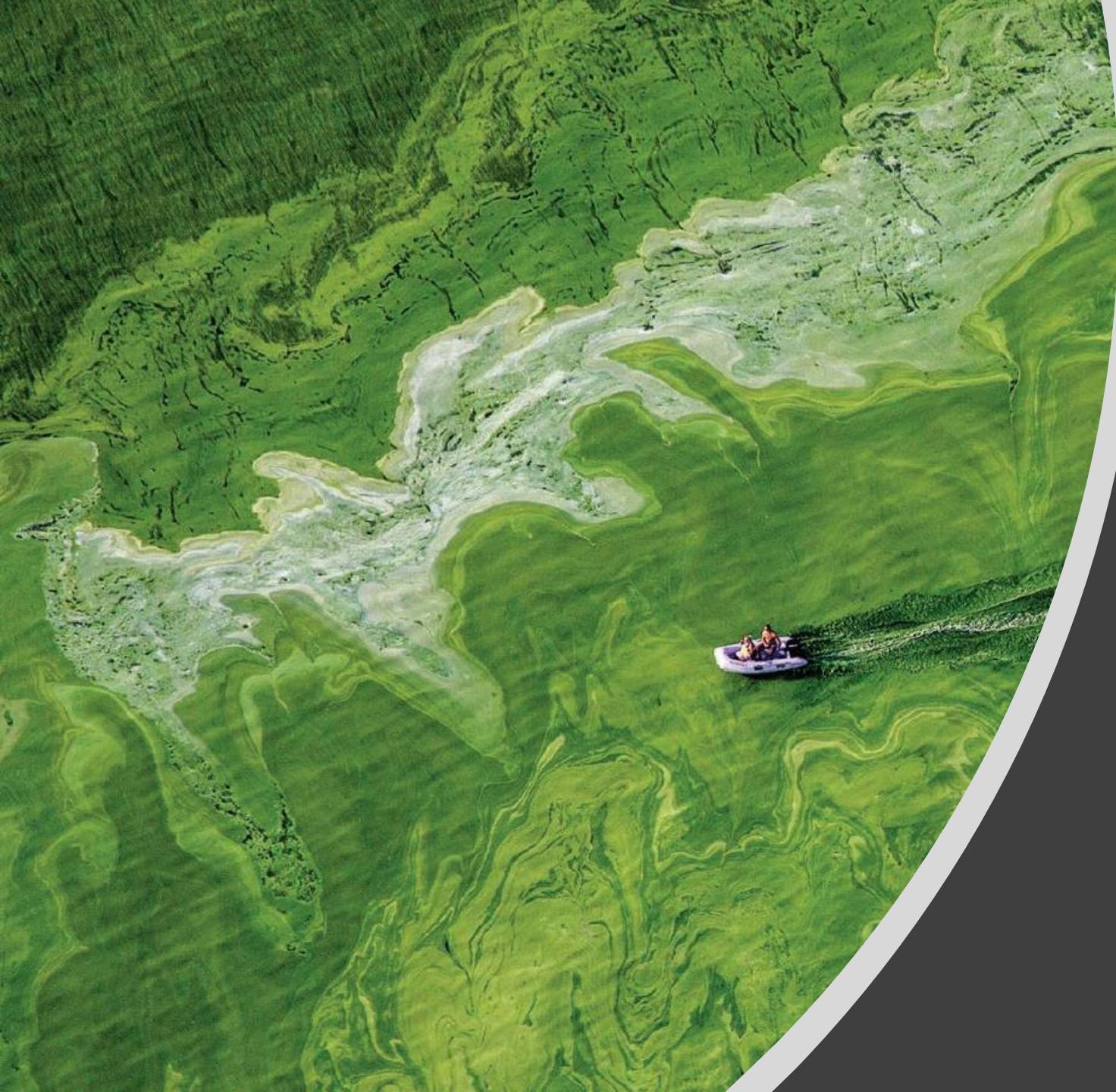




Dusík v pôde a životnom prostredí

(procesy a transformácie N v prírode,
zásah človeka do kolobehu N, súvisiace
environmentálne riziká)

Dusík (všeobecné informácie)

- dôležitý biogénny prvok (atómová hmot. 14), v organizmoch je prítomný v aminokyselinách, proteínoch, nukleových kyselinách (DNA, RNA), je súčasťou molekuly ATP, ktorá hrá dôležitú úlohu pri prenose a “skladovaní” energie v rámci biochemických procesoch v bunkách
- vo forme N_2 - nehorľavý, bezfarebný plyn bez zápachu, “neochotne” vstupuje do chem. reakcií, nie je toxický
- avšak pri vdýchnutí atmosféry so zvýšenou koncentráciou $N_2 \rightarrow$ nebezpečenstvo; človek by sa nemal zdržiavať v atmosfére, kde je koncentrácia O_2 19,5% alebo nižšia; jeden nádyh čistého N_2 môže mať pre človeka fatálne následky
- v atmosfére sa nachádza obrovské množstvo N v inertnej forme N_2 (tvorí 78% objemu, 75% hmotnosti atmosféry); avšak v prírode, ako aj v priemysle sa zlúčeniny N uplatňujú v procesoch, pri ktorých sa uvoľňuje energia (rast rastlín, práca svalov živočíchov, explozívne látky,...)

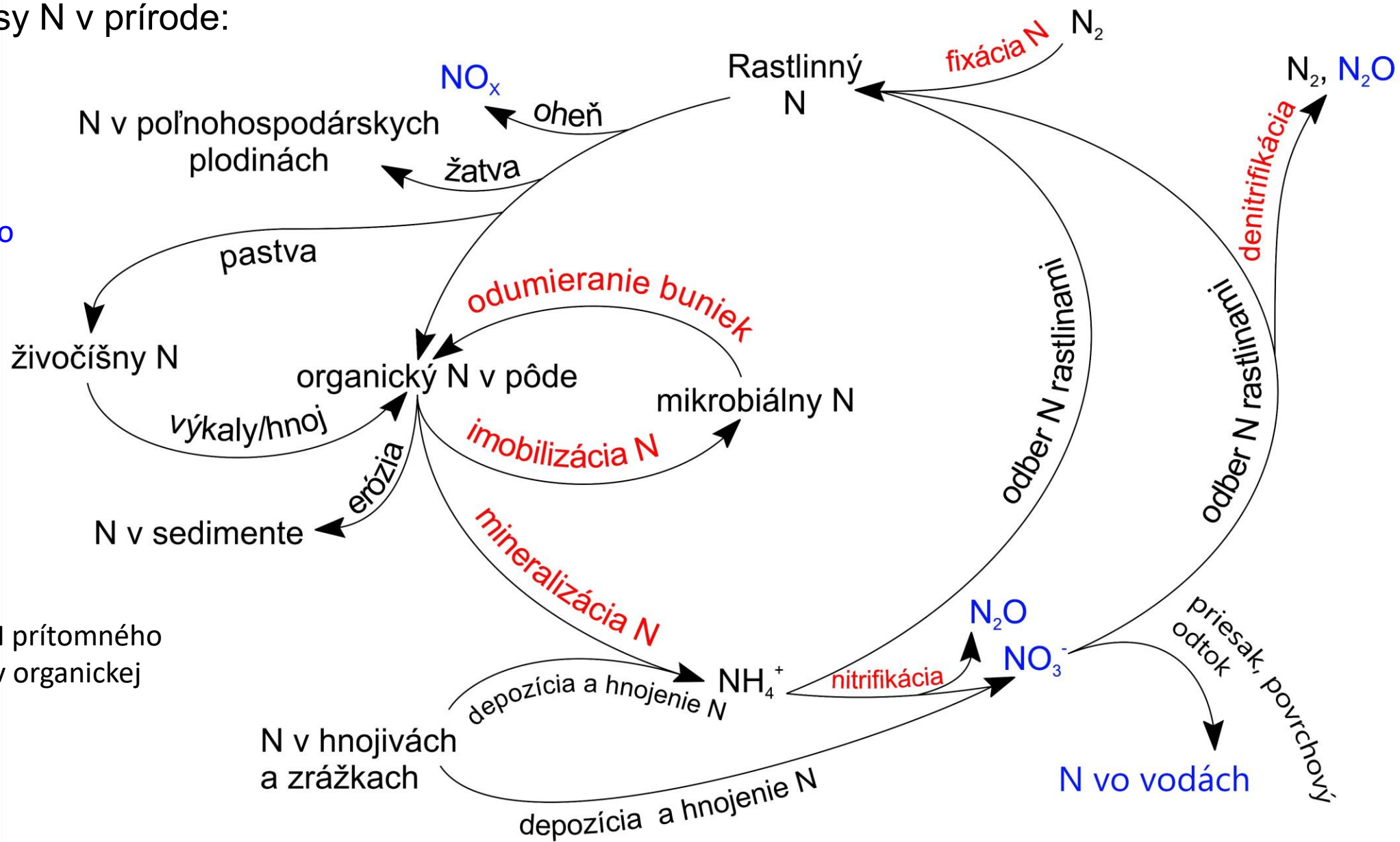
Dusík (vplyv človeka)

- podstata antropogénneho vplyvu na kolobeh a transformácie N, ktoré v prírode prebiehajú spočíva v tom, že človek výrazne **zvýšil koncentráciu reaktívnych foriem N** v prostredí
- pred tým než človek začal na prírodu významnejšie pôsobiť, bol plynný N z atmosféry transformovaný na reaktívne formy iba prostredníctvom elektrických výbojov (5 Tg N rok^{-1}) a vďaka biologickej fixácii ($100\text{--}140 \text{ Tg N rok}^{-1}$).
- nárast pestovania zástupcov z čeľade Fabaceae (Bôbovité), strukoviny v poľnohospodárstve ($15\text{--}30 \text{ Tg N rok}^{-1}$)
- nárast rýchlosti spaľovania fosílnych palív (1 Tg N rok^{-1} v období okolo 1860 vs. 25 Tg N rok^{-1} v r. 2000)
- intenzívne využívanie Haber-Bosch procesu za účelom výroby N hnojív používaných v poľnohospodárstve (súčasná produkcia predstavuje cca. $110 \text{ Tg N rok}^{-1}$).

Transfery a procesy N v prírode:

mikrobiálne procesy

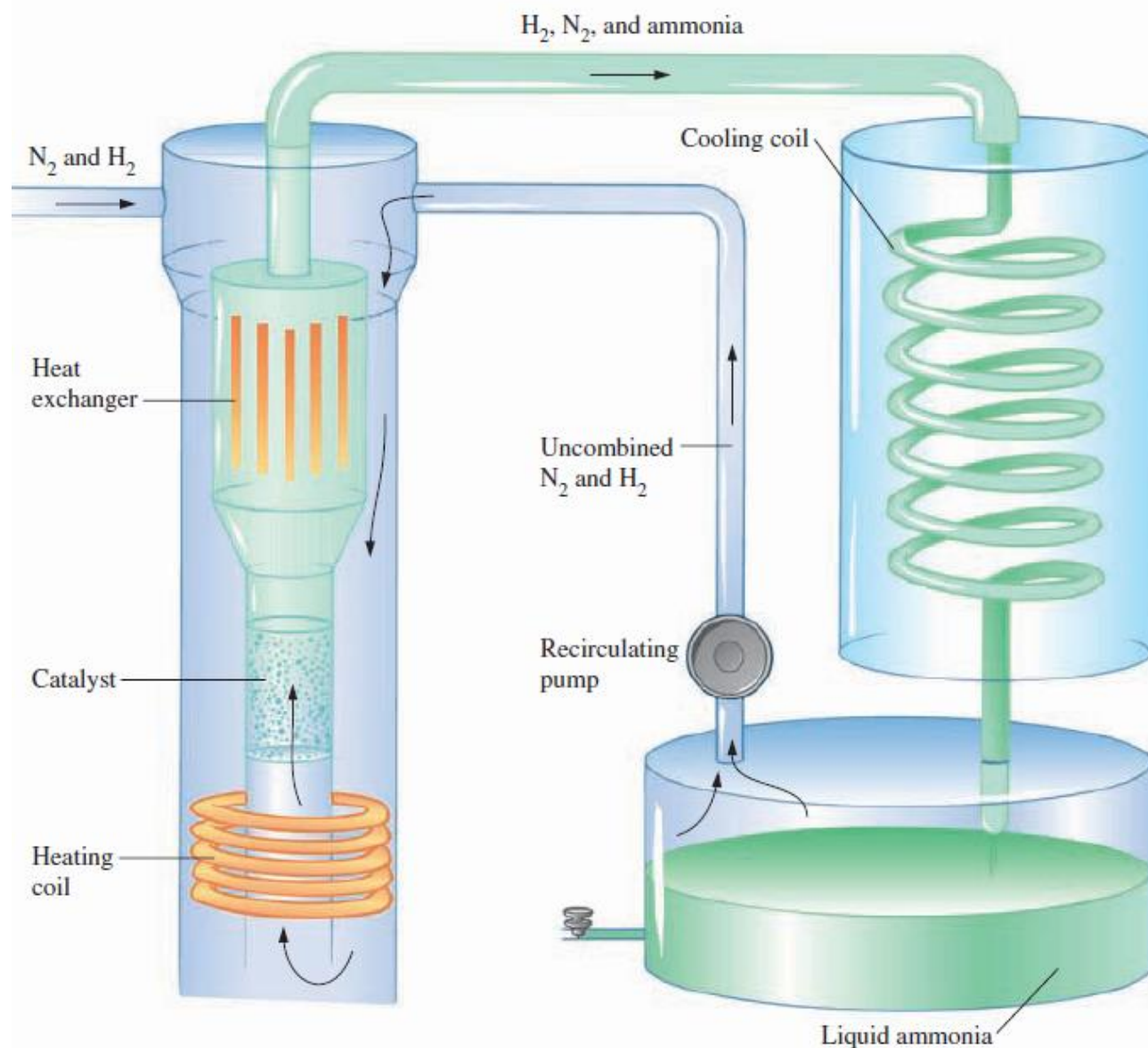
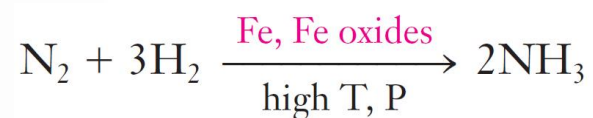
environmentálne riziko



> 95 % z celkového N prítomného v pôde je viazaných v organickej hmote

Najvýraznejší zásah do prirodzeného cyklu N v prírode predstavuje tzv. **Haber-Bosh proces**.

Ide o výrobu kvapalného amoniaku reakciou plynného dusíka (zo vzduchu) s vodíkom za pôsobenia zvýšeného tlaku (200 až 1000 atm.), teploty ($> 450\text{ }^{\circ}\text{C}$) a katalyzátorov.



A nighttime photo of a large plant for the commercial production of ammonia, NH_3 . Such an installation can produce up to 7000 metric tons of ammonia per day. There are nearly 100 such plants in the world.

Haber-Bosh proces (význam pre spoločnosť a environmentálny dopad)

- pred prvou svetovou vojnou nemalo Nemecko prístup k ložiskám dusičnanov (nachádzajúce sa v Indii a Čile); dusičnany boli a sú dôležitou súčasťou výbušnín; táto situácia vyústila do vzniku vtedy nového spôsobu výroby amoniaku, ktorý znamenal revolúciu nielen v zbrojárstve, ale aj v produkcii syntetických hnojív a výrobe farbív, vlákien a plastov
- najväčšiu zmenu spôsobil tento objav v poľnohospodárstve, kde výrazne zmenila situácia a zvýšená dostupnosť hnojív mala za následok vyššie výnosy z úrod a nárast dostupnosti potravín, čo v konečnom dôsledku významne prispelo k nárastu populácie ľudí počas uplynulých 100 rokov
- z environmentálneho hľadiska však mala intenzívna produkcia hnojív za následok zníženie kvality povrchových a podzemných vôd z dôvodu ich kontaminácie dusičnanmi
- keďže (ako už bolo naznačené) rozsiahle uplatňovanie Haber-Bosh procesu viedlo okrem výroby hnojív aj k celkovému nárastu ďalších reaktívnych foriem N v prostredí, došlo napr. k zvyšovaniu koncentrácie aj iných rizikových foriem N, napr. N_2O , alebo NO a NO_2 v atmosfére, alebo amoniaku (NH_3) vo vodách

TABLE 15.1 Global Nitrogen Pool Sizes

Nitrogen Pool	Pool Size (g of N)
Lithosphere	1.0×10^{23}
Atmosphere	3.9×10^{21}
Coal	1.0×10^{17}
Hydrosphere	2.3×10^{19}
Soil organic N	1.0×10^{17}
Soil fixed NH_4^+	2.0×10^{16}
Biota N	3.5×10^{15}
Microbial N	1.5×10^{15}

Reprinted from Soil Microbiology, Ecology, and Biochemistry, third ed., Paul, E.A., Biological N inputs. (2007). pp. 365–387.

hodnota pomeru C/N v rozkladajúcej sa organickej hmote je parametrom, ktorý významne ovplyvňuje dostupnosť N pre pôdne organizmy a rastliny (s klesajúcou hodnotou C/N narastá bioprístupnosť N); okrem toho, hodnota C/N v organickom substráte indikuje aj rýchlosť jeho rozkladu

TABLE 14.2 C:N Ratios in Various Organic Materials

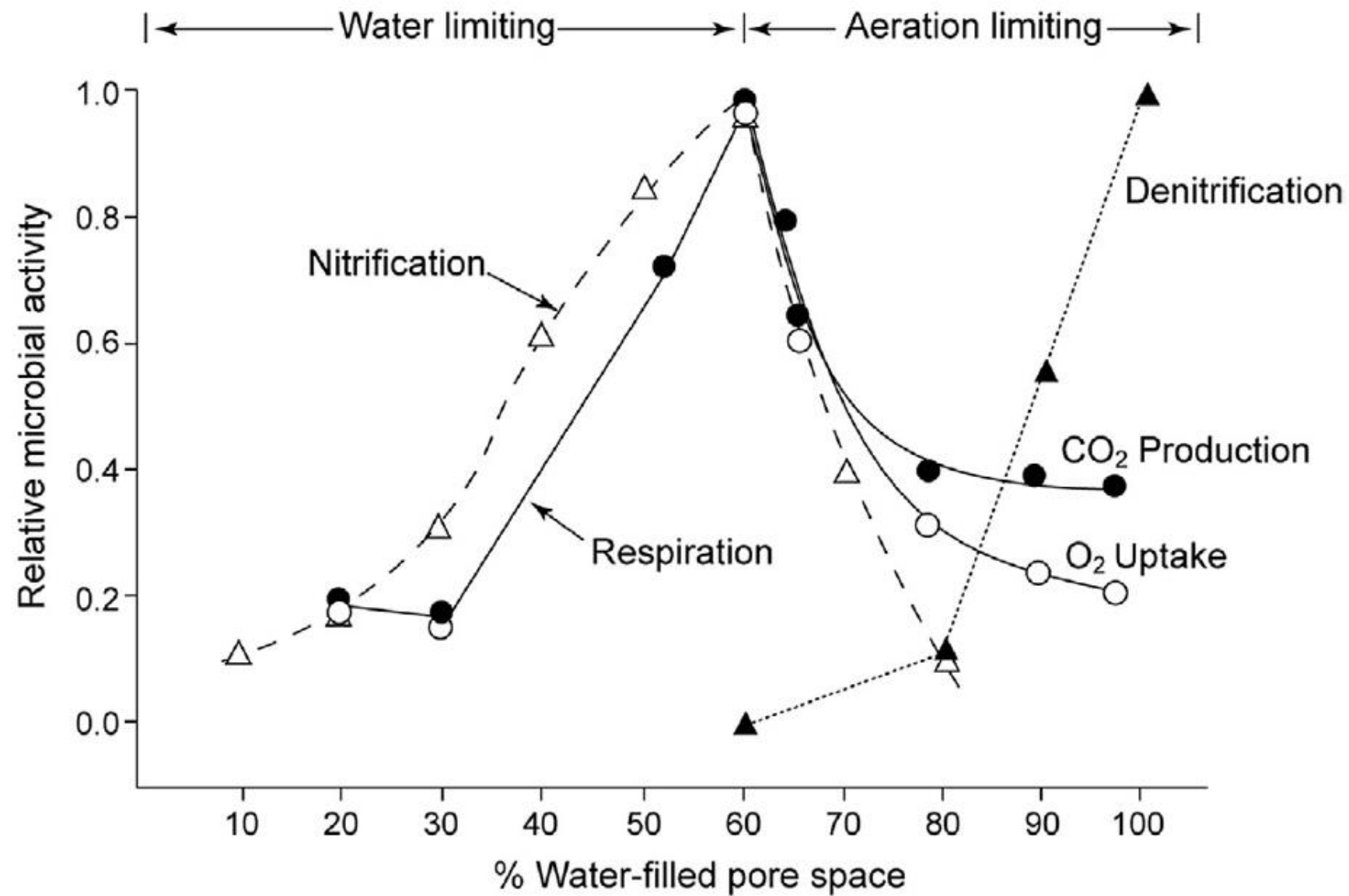
Organic Material	C:N Ratio
Soil microorganisms	8:1
Soil organic matter	10:1
Sewage sludge	9:1
Alfalfa residues	16:1
Farmyard manure	20:1
Corn stover	60:1
Grain straw	80:1
Oak litter	200:1
Pine litter	300:1
Crude oil	400:1
Conifer wood	625:1

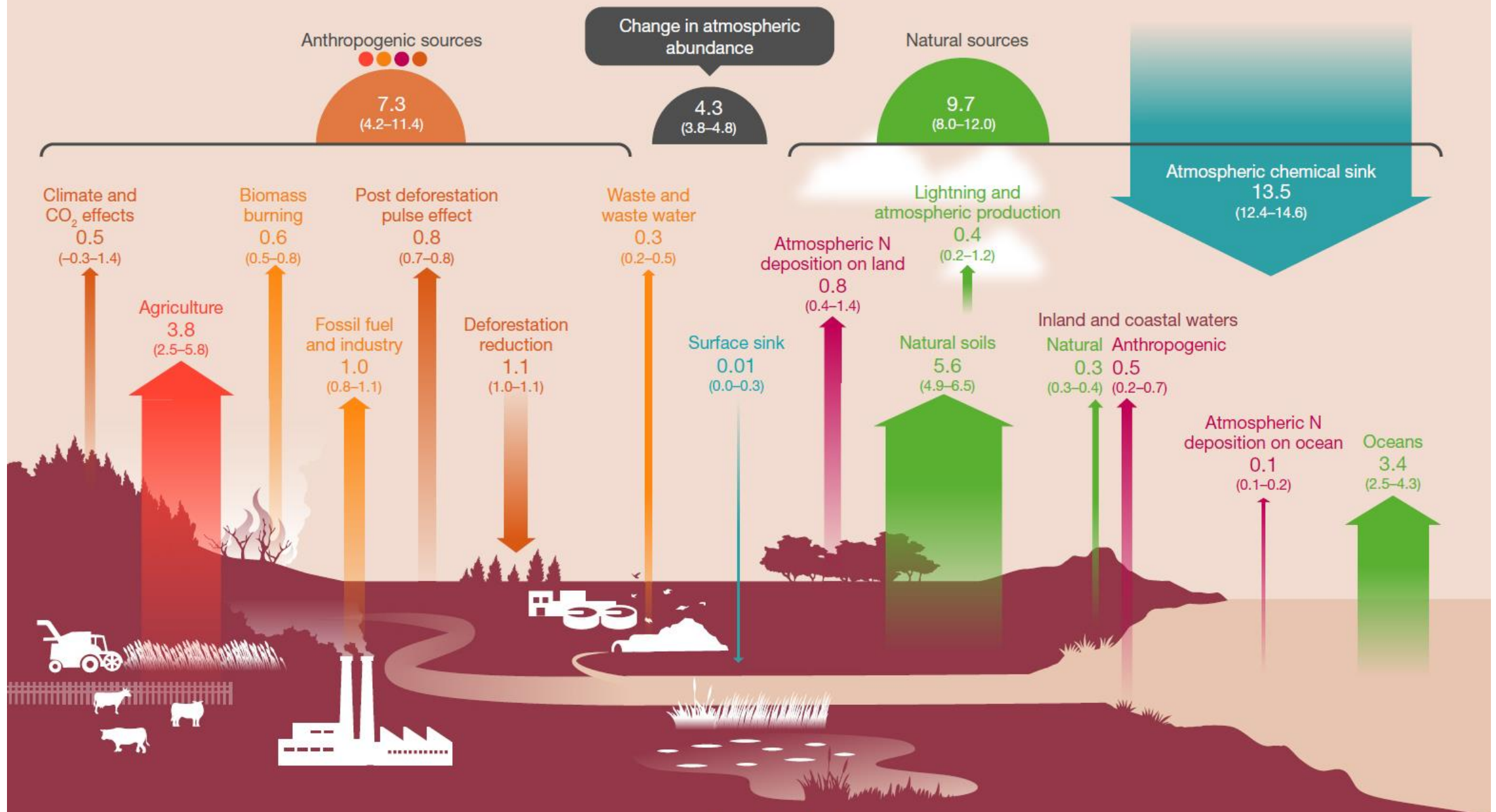
From [Tisdale et al. \(1993\)](#) and [Hyvönen et al. \(1996\)](#).

TABLE 14.1 Main Forms of Nitrogen in Soil and Their Oxidation States

Name	Chemical Formula	Oxidation State
Nitrate	NO_3^-	+5
Nitrogen dioxide (g)	NO_2	+4
Nitrite	NO_2^-	+3
Nitric oxide (g)	NO	+2
Nitrous oxide (g)	N_2O	+1
Dinitrogen (g)	N_2	0
Ammonia (g)	NH_3	-3
Ammonium	NH_4^+	-3
Organic N	R_{NH_3}	-3

Gases (g) occur both free in the soil atmosphere as well as dissolved in soil water.





Tian et al., 2020. A comprehensive quantification of global nitrous oxide sources and sinks.

Anthropogenic emissions
 Natural emissions