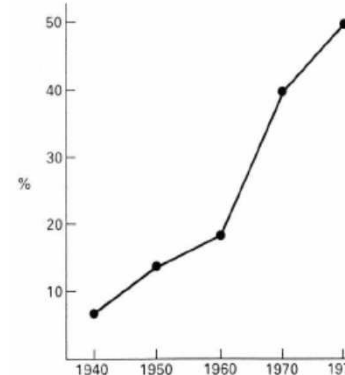


Ochrana přírody

(semestrální přednáška)

Degradace biotopů znečištěním životního prostředí

Dipl.-Biol. Jiří Schlaghamerský, Ph.D.
Ústav botaniky a zoologie PŘF MU

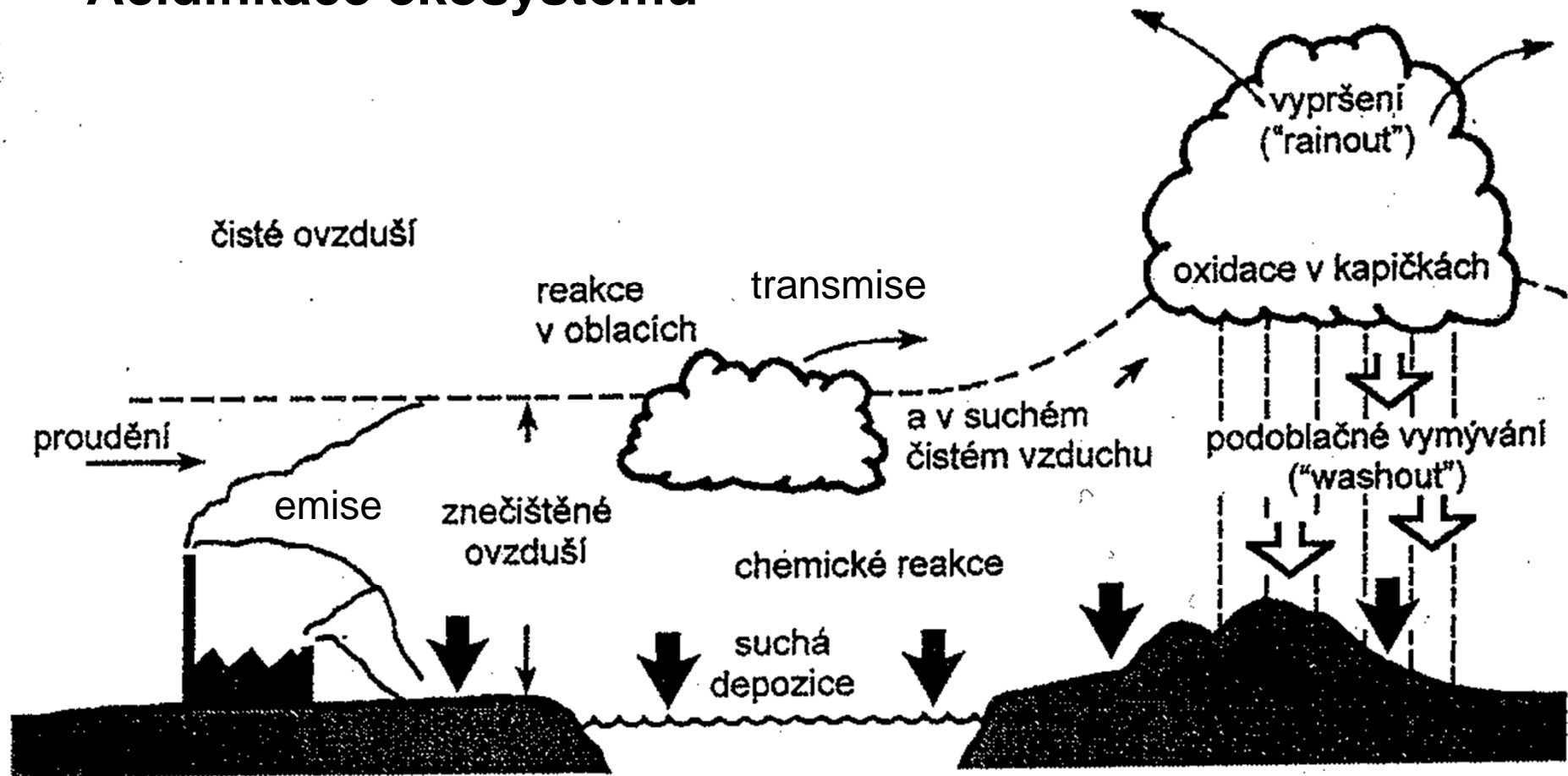


J. Schlaghamerský: Ochrana přírody - degradace biotopů znečištěním prostředí
Acidifikace ekosystémů



Odumřelý smrkový les v Jizerských horách

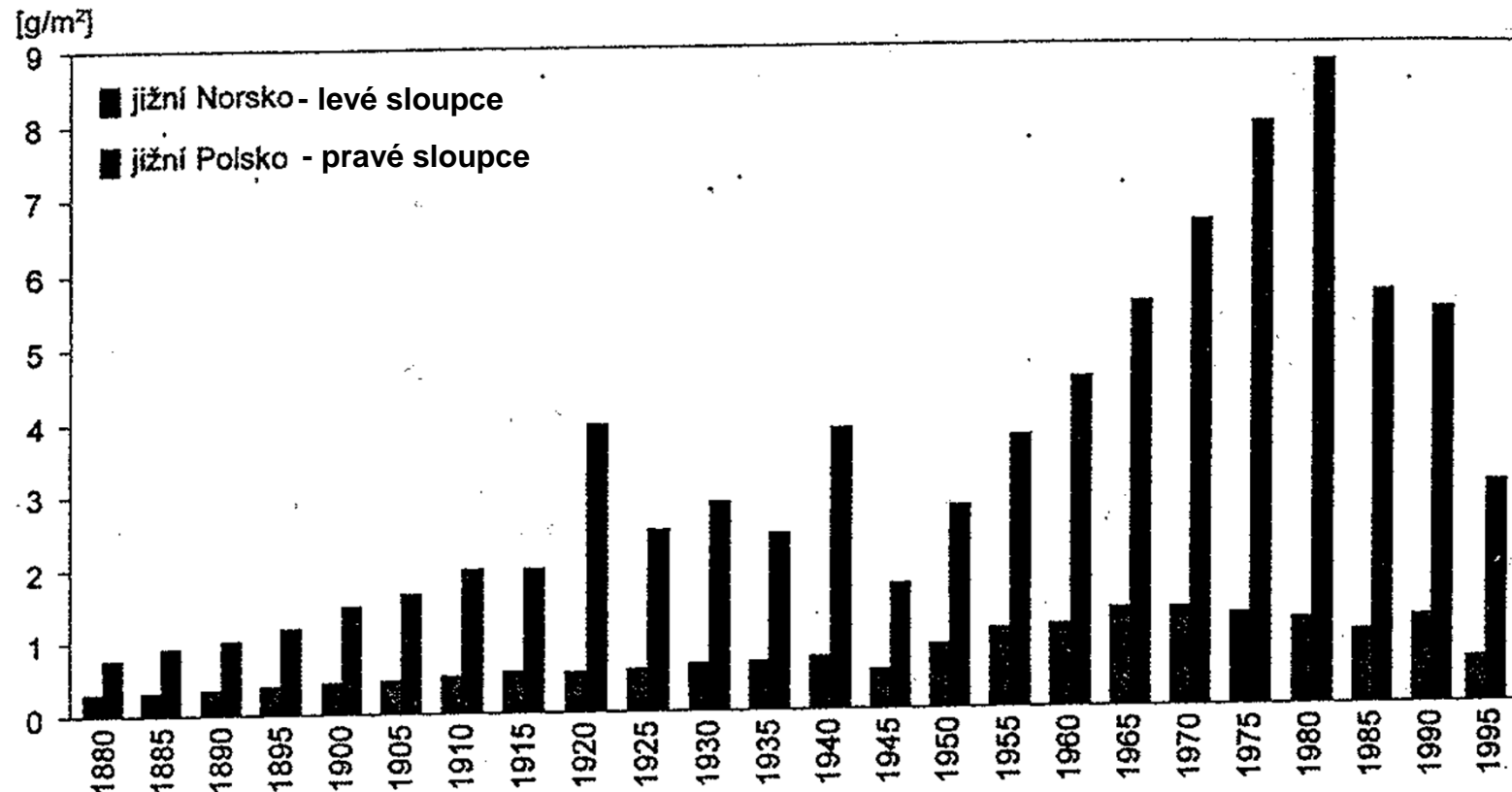
Acidifikace ekosystémů



Obr. 11.1 Procesy vedoucí k atmosférické depozici (Porteous, 2000)

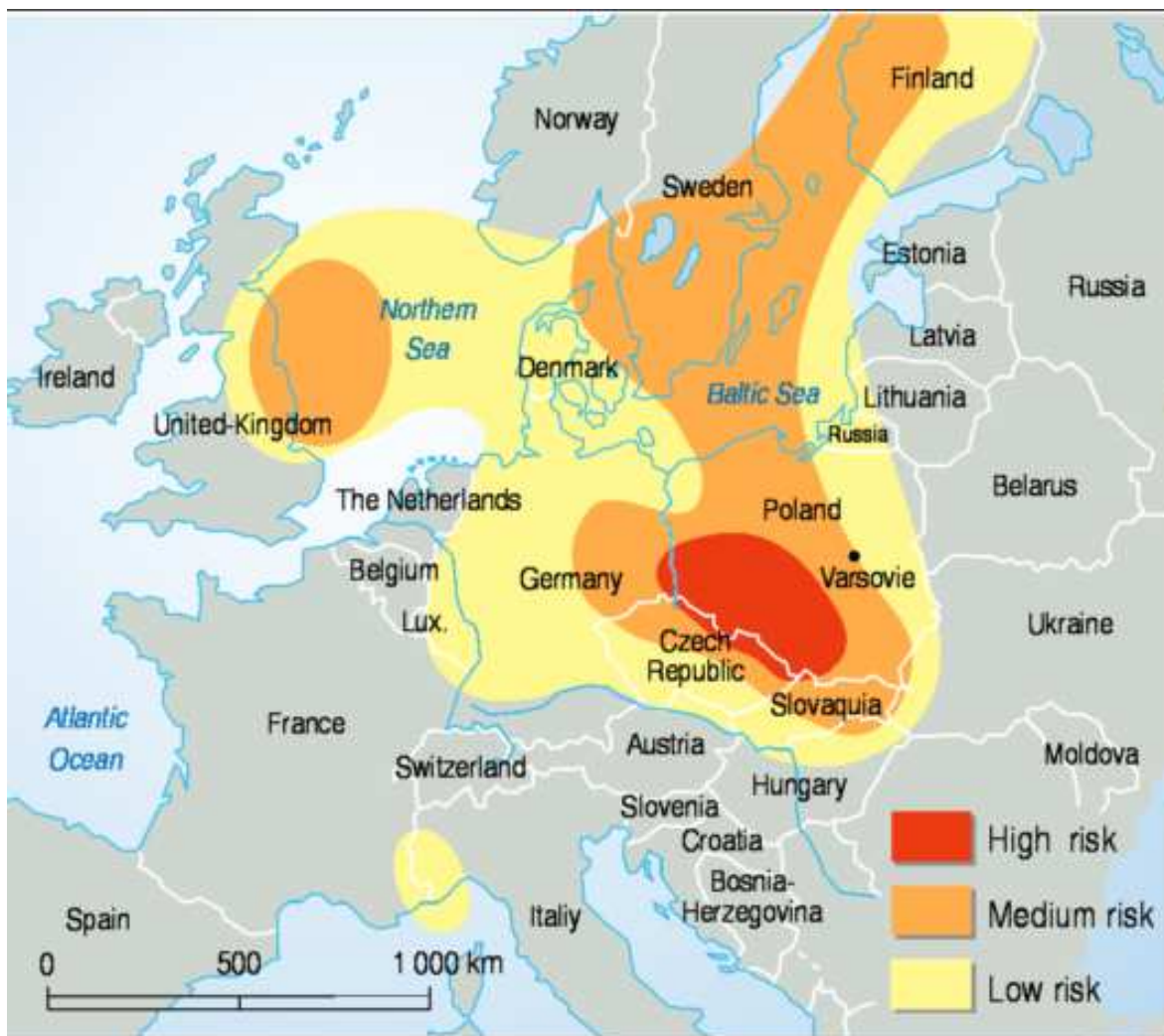
Acidifikace ekosystémů

Depozice (spad) síry vlivem kyselých dešťů v blízkosti emisních zdrojů (již. Norsko, levé sloupce) a ve velké vzdálenosti od nich (již. Polsko, pravé sloupce; vliv transmise – dálkového přenosu)



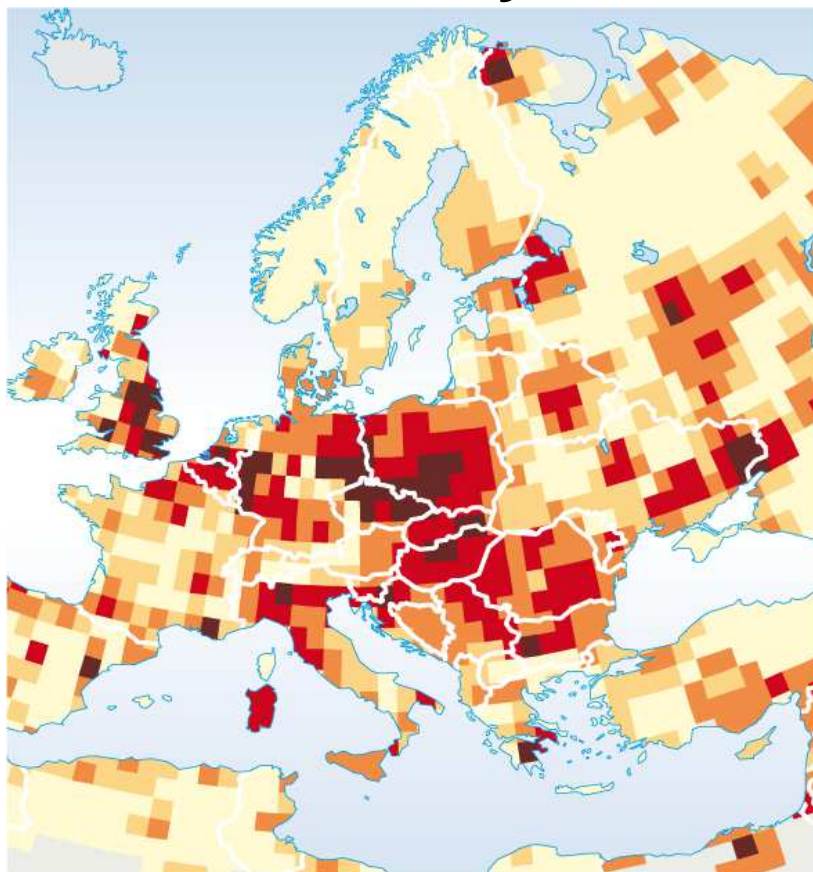
Obr. 11.3 Depozice síry v jižním Norsku a jižním Polsku, 1880–1995 (EEA, 1998)

Acidifikace ekosystémů



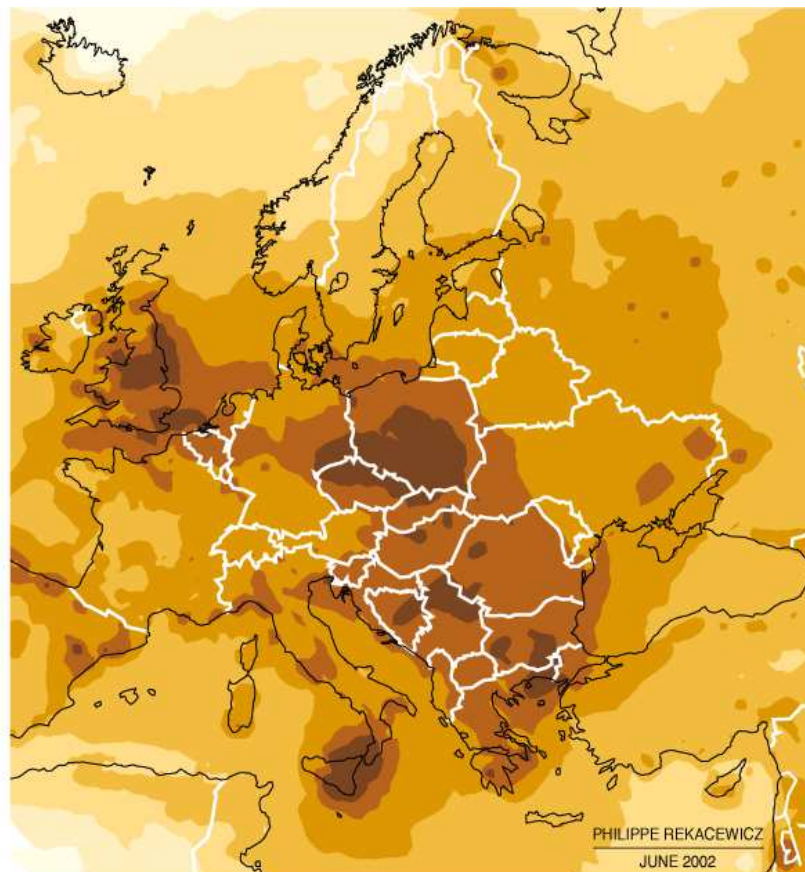
Riziko kyselých srážek v Evropě v 80. letech 20. století

Acidifikace ekosystémů



Sulphur emissions at the end of 1990's (tons per year)

2,000 7,000 25,000 75,000



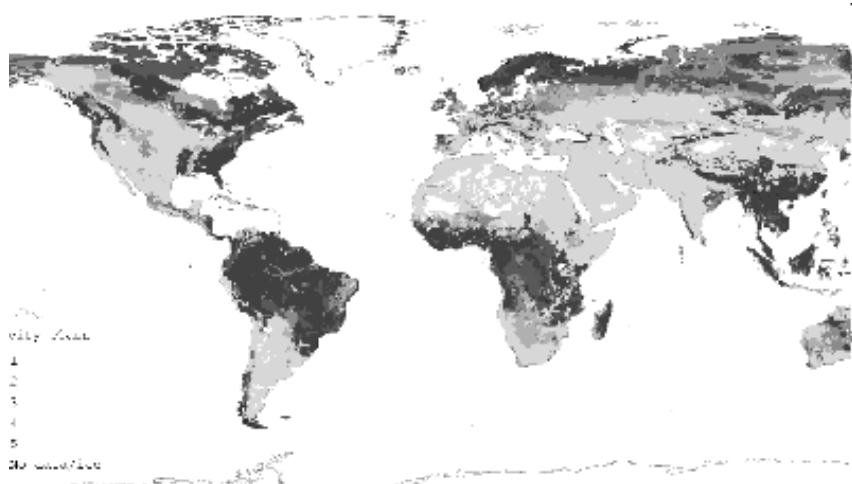
Sulphur emissions in 1997 (mg per m² and per year)

50 100 200 500 1,000 2,000

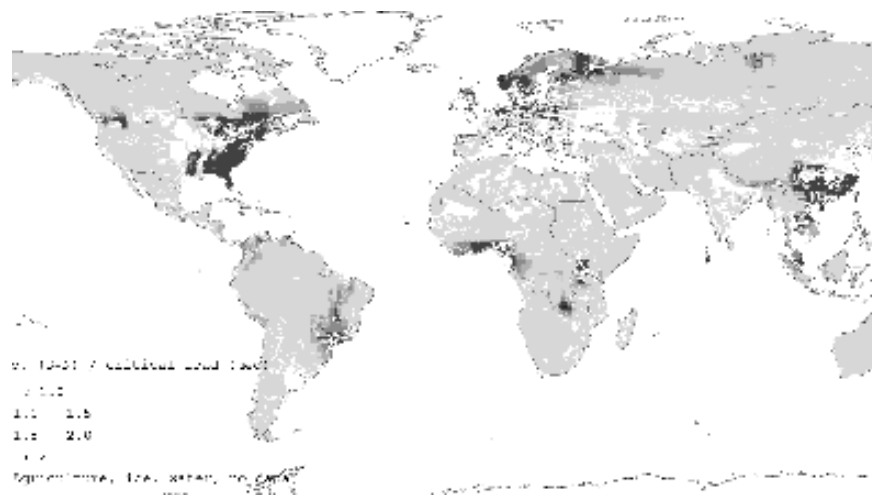


Sources: UNEP/GRID-Arendal, European Environment Agency; *AMAP Assessment Report : Arctic Pollution Issues*, Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP), 1998, Oslo; European Monitoring and Evaluation Programme (EMEP); Co-operative programme for monitoring and evaluation of the long range transmission of air pollutants in Europe, 1999. Adapted from *Le Monde Diplomatique*, July 2000.

Acidifikace ekosystémů

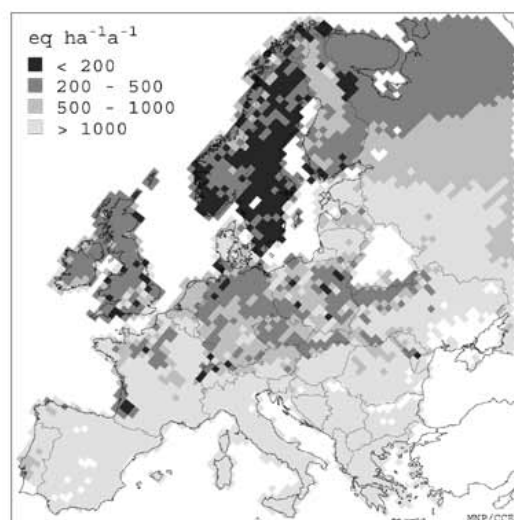


Citlivost vůči kyselé depozici (čím tmavší odstín na mapě, tím vyšší).



Oblasti kde byla překročena kritická mez acidifikace půdy (stav v r. 1992)

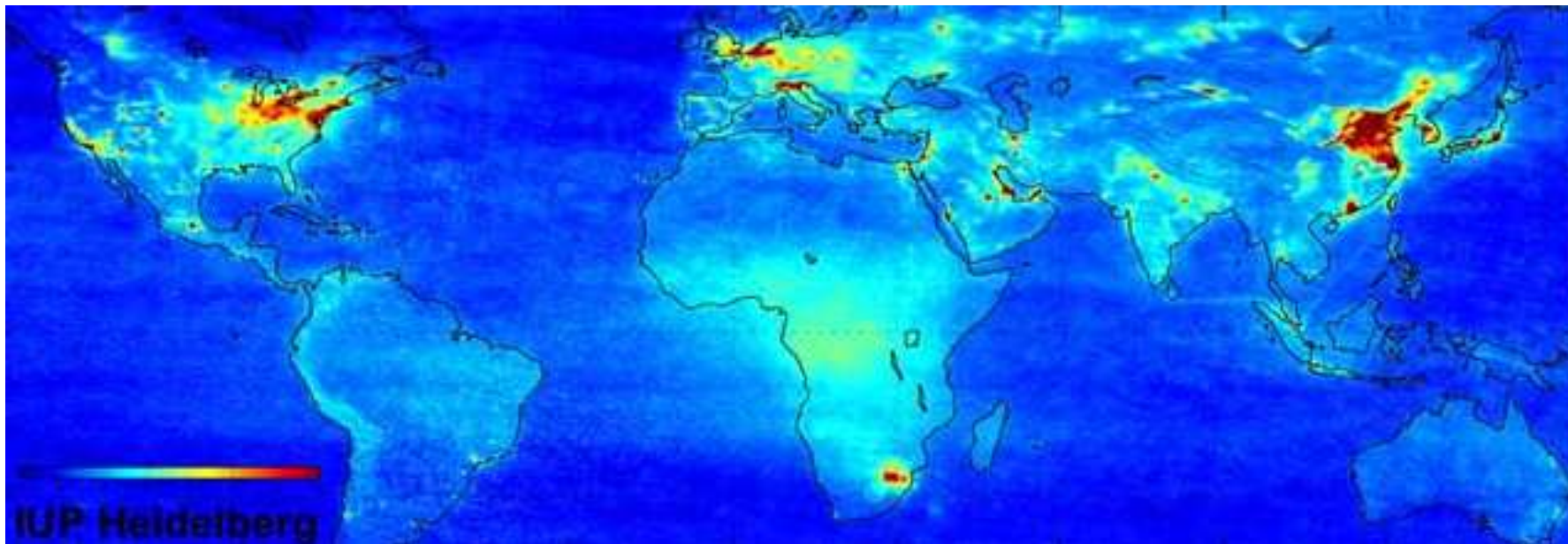
Zdroj: A. F. Bouwman and D. P. van Vuuren (1999) Global assessment of acidification and eutrophication of natural ecosystems. Report UNEP/DEIA&EW/TR.99-6 and RIVM 402001012.)



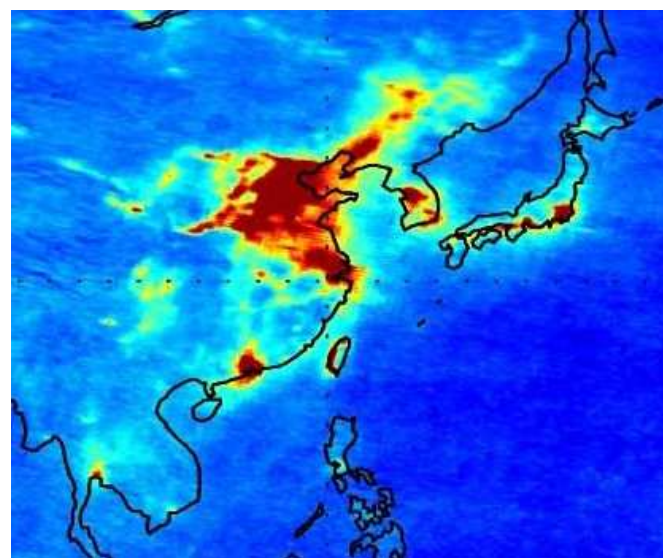
Citlivost ekosystémů v Evropě na acidifikaci: kritická zátěž (depozice hydrogenových iontů), která danou oblast (95 % její plochy) ještě nepoškodí

Zdroj: Max Posch (2003): Coordination Centre for Effects / RIVM, Nizozemsko

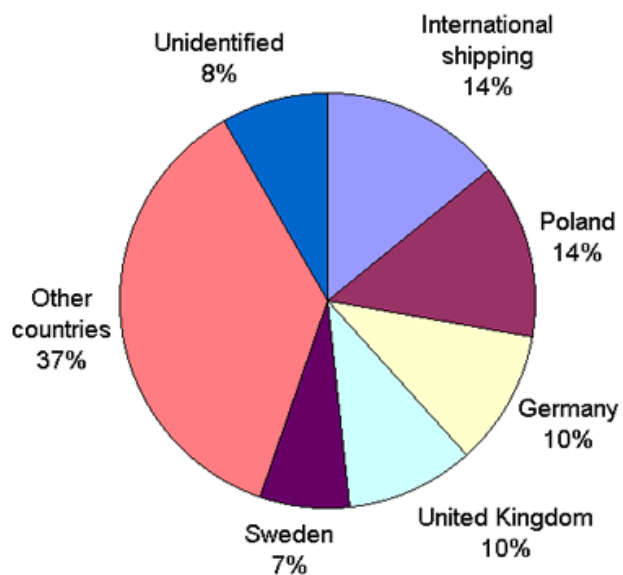
Acidifikace ekosystémů



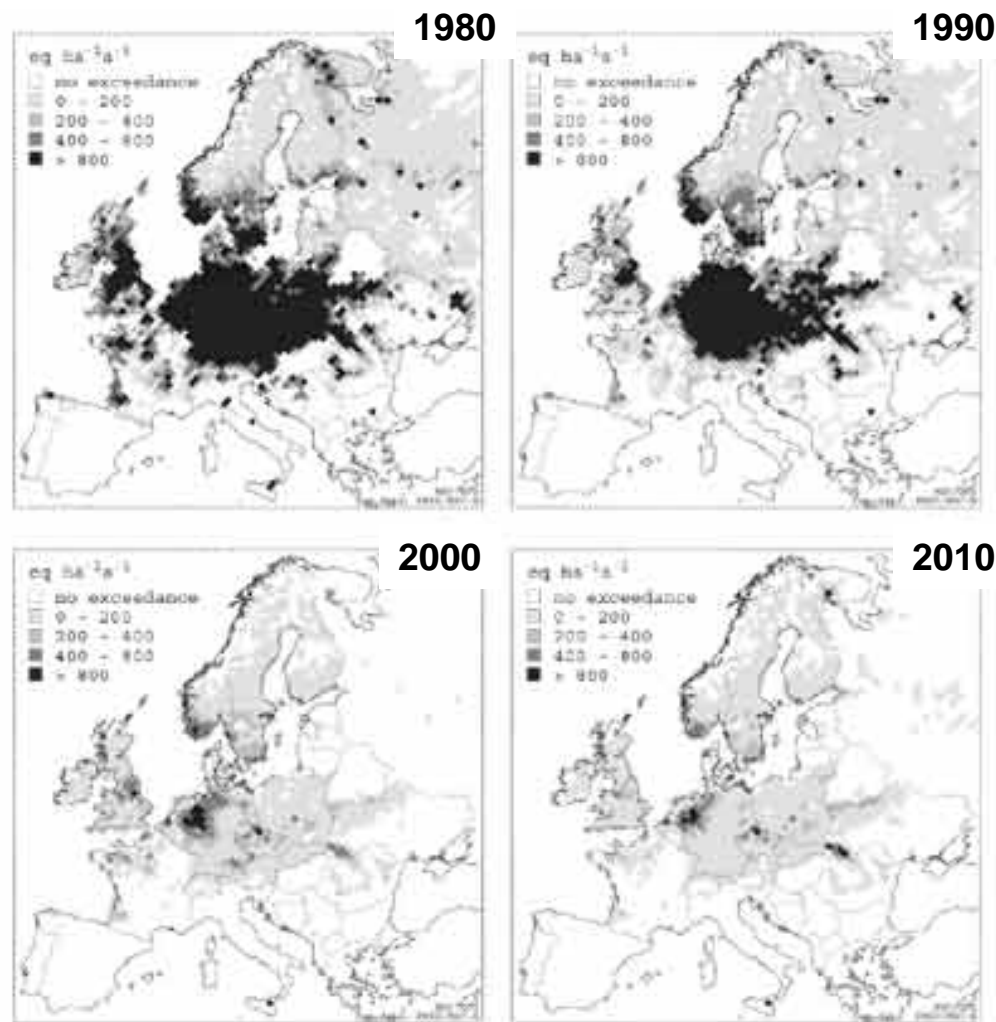
Hlavní oblasti kde dnes dochází k emisím způsobujícím kyselé deště: hlavním emitentem škodlivin se stává Čína (razantní růst průmyslové výroby, velká spotřeba uhlí s nadprůměrným obsahem síry, nárůst automobilové dopravy z dosud relativně nízké úrovně, nedostatečná proti-emisní opatření).



Acidifikace půdy



Původ kyselé depozice ve Švédsku (Zdroj: EMEP Report 1/2000)



Oblasti Evropy, kde byla překročena kritická mez acidifikace půdy (údaje pro r. 2010 jsou prognózou z r. 2003). Zdroj: Max Posch (2003): Coordination Centre for Effects / RIVM, Nizozemsko

Acidifikace ekosystémů

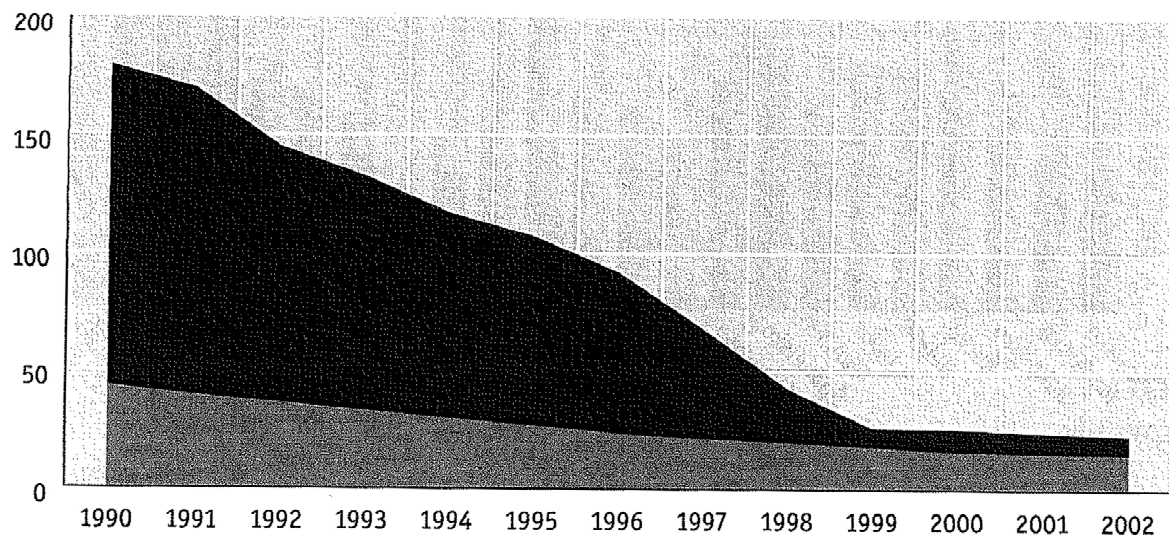
Srovnání atmosférické depozice v ČR a v evropských státech (cca 1990)

Země, oblast	SO ₄ -S	NO ₃ -N	NH ₄ -N	(NO ₃ + NH ₄)-N	
kg·ha ⁻¹ ·rok ⁻¹					
Celková depozice					
SRN	16,0	6,3	7,3	13,6	
Rakousko	11,3	5,3	7,1	12,4	
Švýcarsko	18,9	5,9	8,1	14,0	
Francie	12,6	5,2	3,8	9,8	
Belgie	16,8	7,6	14,4	22,0	
Holandsko	8,0	5,7	13,1	18,7	
Švédsko	7,6	2,5	3,3	5,8	
Maďarsko	17,2	4,9	9,7	14,6	
česká pohoří	Krušné hory	31,7	10,6	14,0	24,6
	Jizerské hory	33,4	11,7	11,6	23,3
	Krkonoše	13,0	8,8	10,9	19,7
	Šumava	10,0	6,3	8,5	14,8
	Českomoravská vysočina	12,7	6,1	7,8	13,9
	Mokrá depozice				
česká města	Praha - Libuš	8,0	3,1	4,9	8,0
	Hradec Králové	8,9	3,7	6,2	9,9
	Košetice	5,3	3,0	3,3	6,6
	Svratouch	6,4	3,2	3,9	7,1
	Ústí n. L.	16,2	4,8	9,3	14,1

Zdroj: ČHMÚ (podle Brechlera - 1990, Škody - 1992, Šantrocha - 1993)

Acidifikace ekosystémů

Trend měrných emisí SO_2 (v kg/os.rok) v České republice a v EU 15 v letech 1990–2002



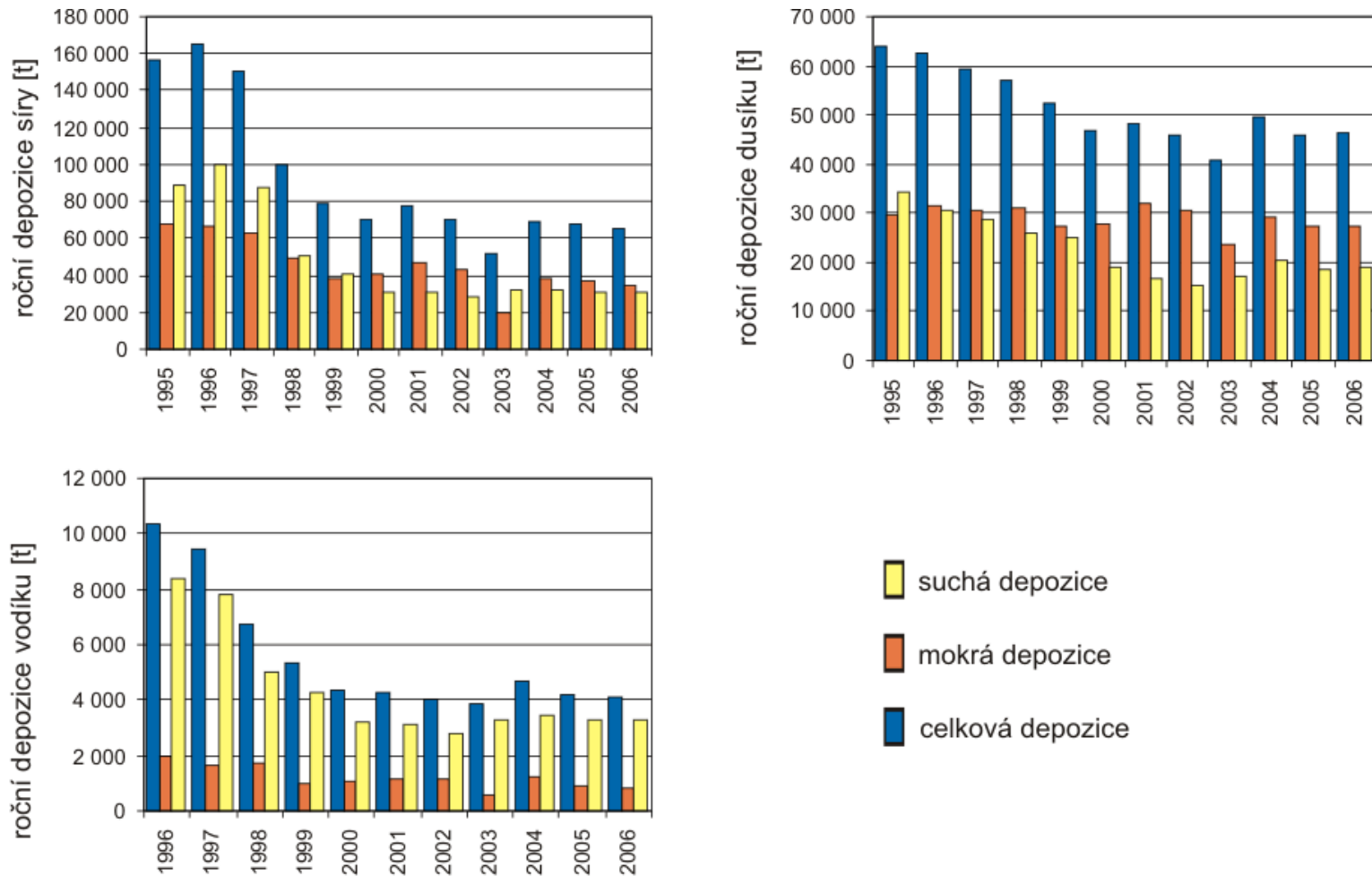
Graf 4.3

■ EU 15
■ Česká republika

Zdroj: EMEP, EEA



Acidifikace ekosystémů



Vývoj roční depozice síry (SO_4^{2-} -S, SO_2 -S), oxidovaných forem dusíku (NO_3^- -N, NO_x -N) a vodíku na plochu České republiky, 1995-2006

J. Schlaghamerský: Ochrana přírody - degradace biotopů znečištěním prostředí

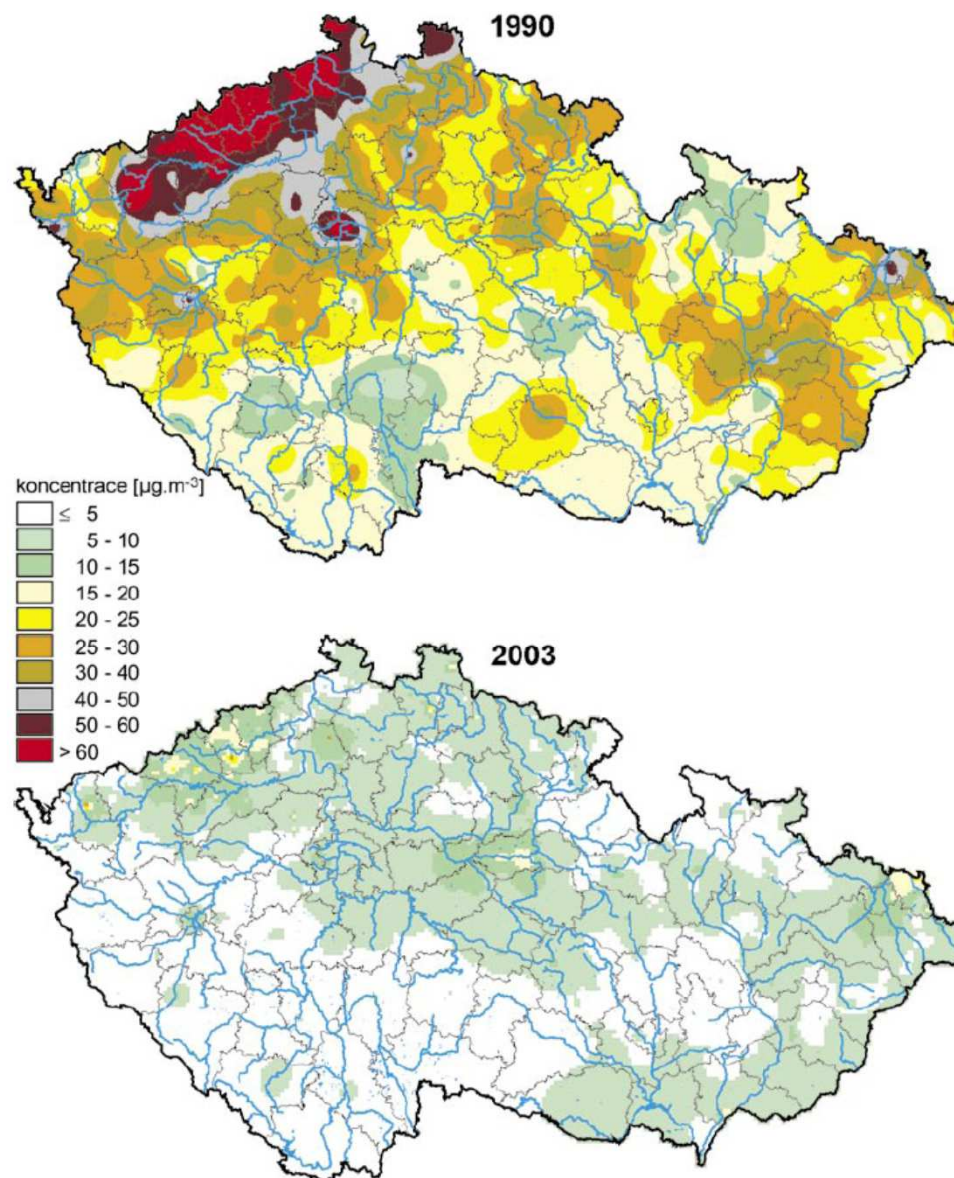
Acidifikace ekosystémů v ČR



Elektrárna Prunéřov (severní Čechy)

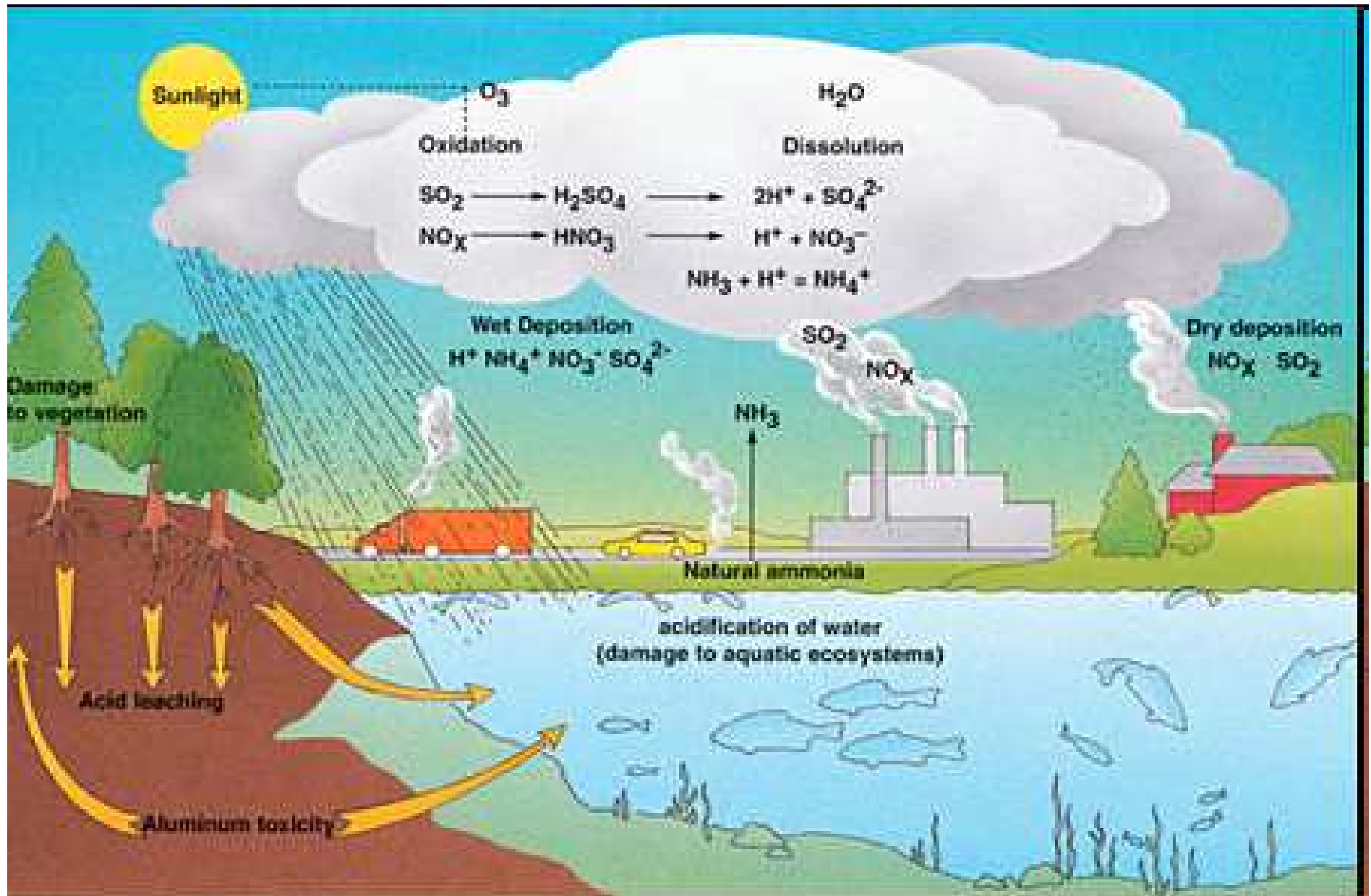


Ostrava

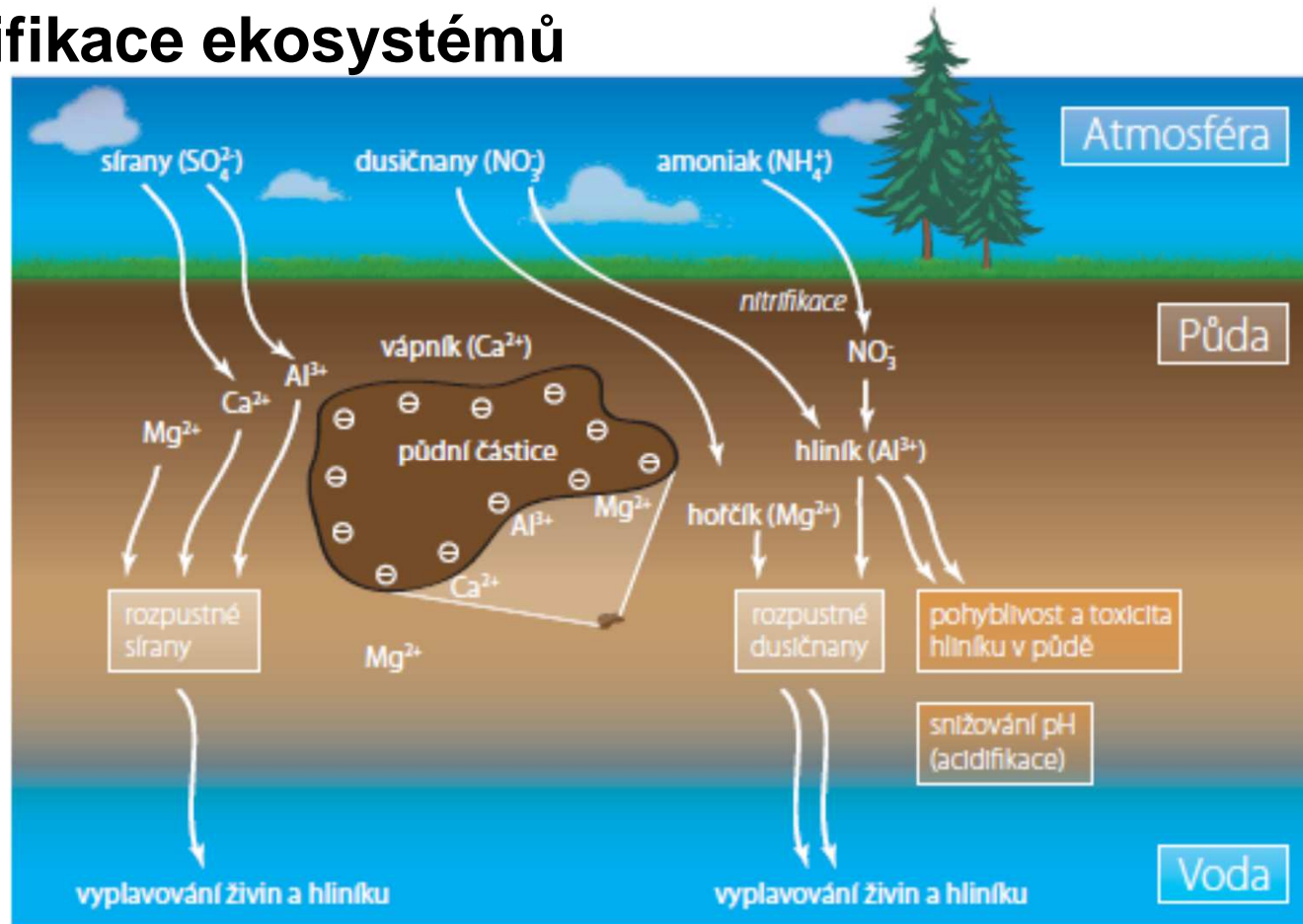


Obr. 8. Průměrné roční koncentrace SO_2 na území ČR v letech 1990 a 2003 (Zdroj: Český hydrometeorologický ústav).

Acidifikace ekosystémů



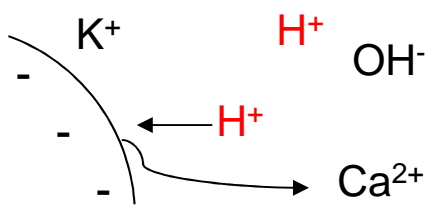
Acidifikace ekosystémů



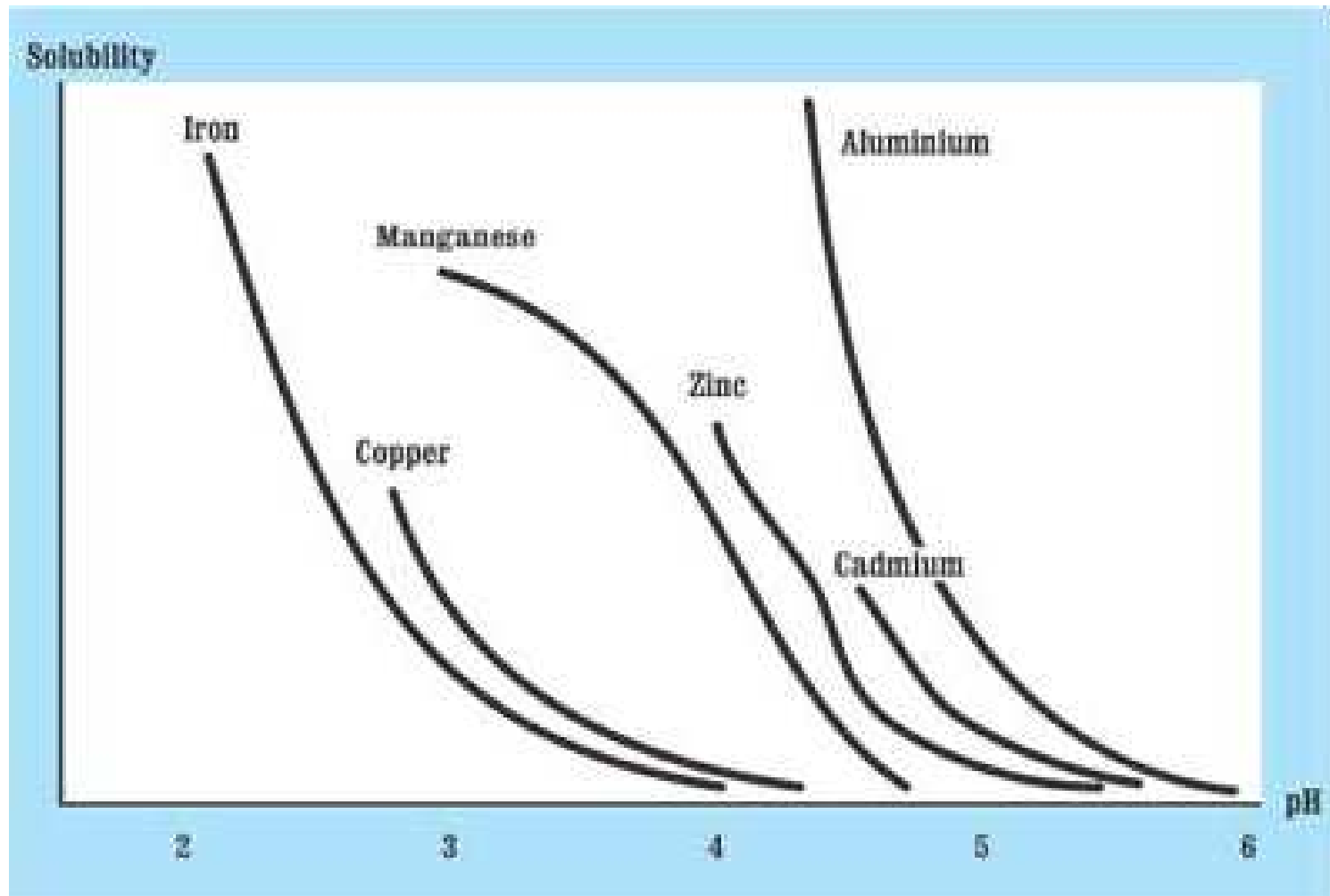
V půdě jsou koloidní částice (jílové minerály, hydroxyoxidy a organická hmota), které mají na svém povrchu negativní náboj. Na základě elektrostatických sil tak přitahují kladně nabitě ionty (kationty) a udržují je v těsné blízkosti částice. Tyto takzvané výměnné vazby jsou méně pevné než vazby chemické. Kořeny tak mohou kationty vápníku (Ca^{2+}), hořčíku (Mg^{2+}), draslíku (K^+), amoniaku (NH_4^+) i jiné živiny z půdy snadno získávat, přičemž kationty nejsou z půdy vyplavovány. Stejný mechanismus v půdě zadržuje trojmocné kationty hliníku (Al^{3+} , viz rámeček 32). Kationty vázané na půdních částicích mohou být také vyměněny za vodíkové ionty (H^+) v půdním roztoku. Tím se snižuje kyselost vody vytékající z půdy a mluvíme o neutralizační kapacitě půd.

Acidifikace půdy:

Pufrovací kapacita půdy (půdní ústojčivost)

pufrovací zóna (systém)	pH půdy	chemické reakce
karbonátová	6.2 – 8.6	$\text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{CO}_3 \longrightarrow \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ $\text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow \text{Ca}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
silikátová	5.0 – 6.2	$[(-\text{SiO}_4)\text{Al}]^- + 4 \text{H}^+ + 6 \text{H}_2\text{O} \longrightarrow (-\text{SiOH})_4 + [\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$
kationtové výměnné kapacity	4.2 – 5.0	
hliníku	3.0 – 4.2	$[\text{Al}_6(\text{OH})_{15}]^{3+} + 15 \text{H}^+ + 21 \text{H}_2\text{O} \longrightarrow 6 [\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$
železa	3.0 – 3.5	$\text{FeOOH} + 3 \text{H}^+ + 4 \text{H}_2\text{O} \longrightarrow [\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$

Acidifikace ekosystémů

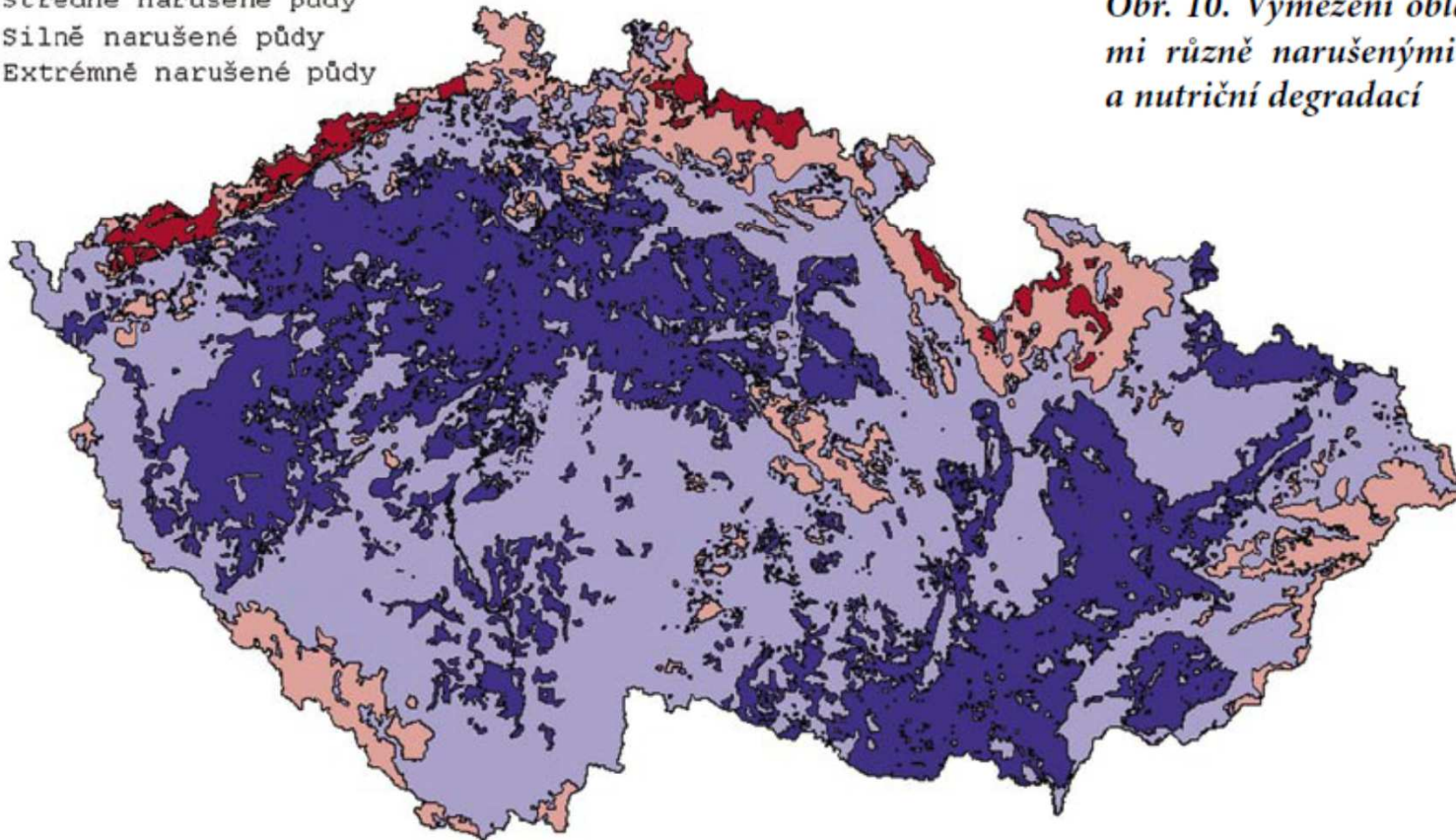


Rozpustnost kovů ve vodě v závislosti na pH

J. Schlaghamerský: Ochrana přírody - degradace biotopů znečištěním prostředí

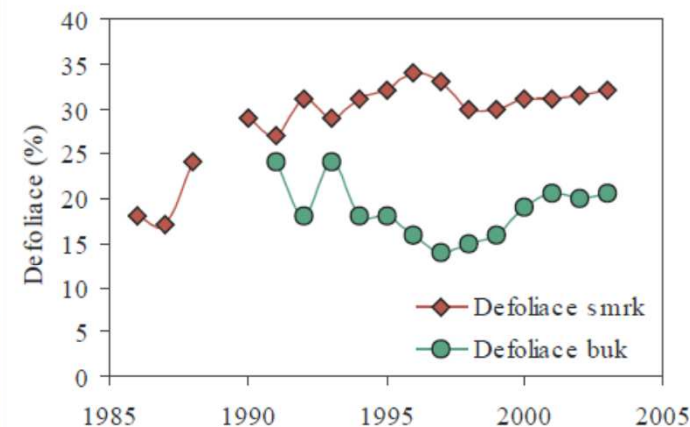
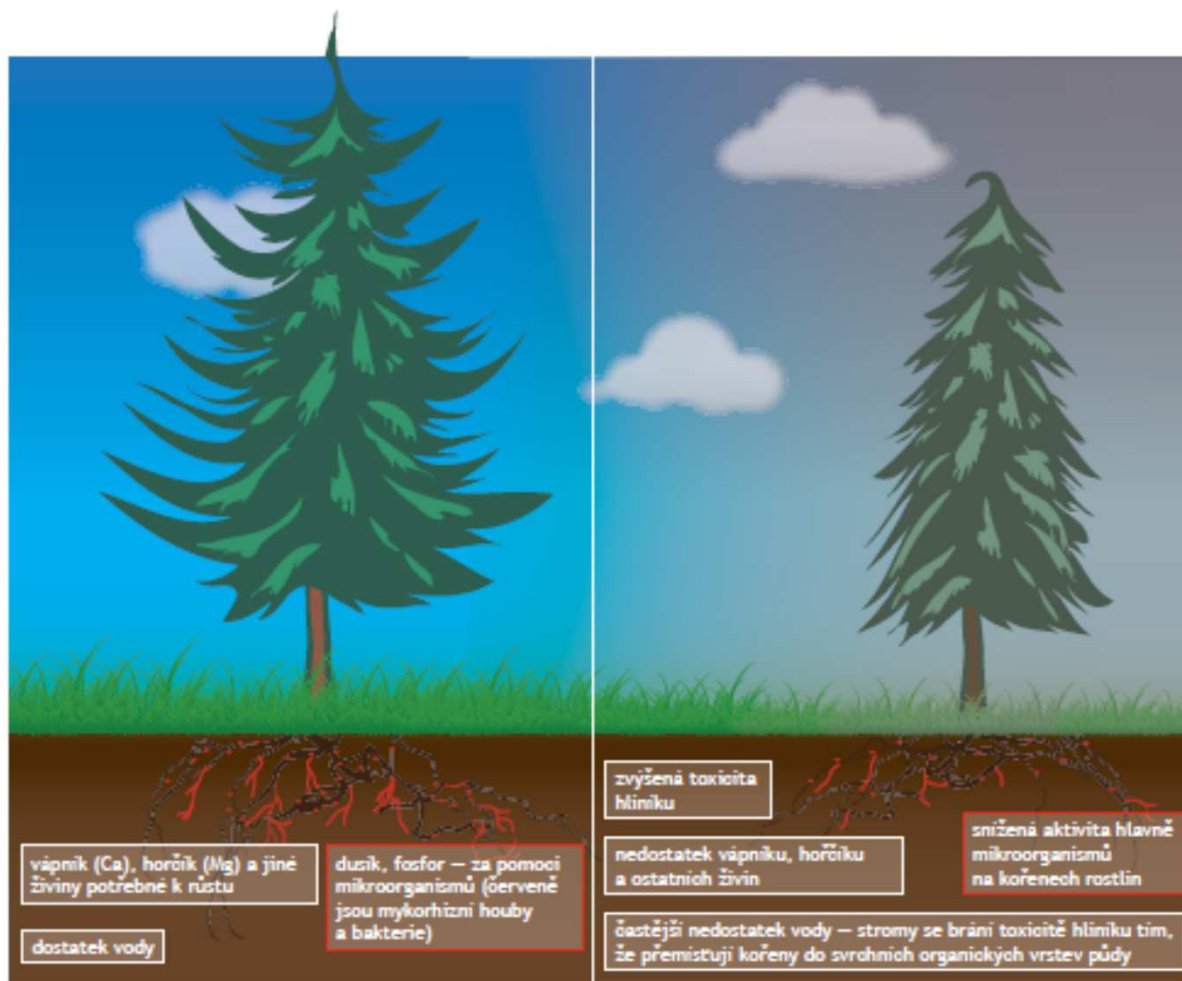
Acidifikace půdy v ČR

- Mírně narušené půdy
- Středně narušené půdy
- Silně narušené půdy
- Extrémně narušené půdy



Obr. 10. Vymezení oblastí s půdami různě narušenými acidifikací a nutriční degradací

Acidifikace ekosystémů



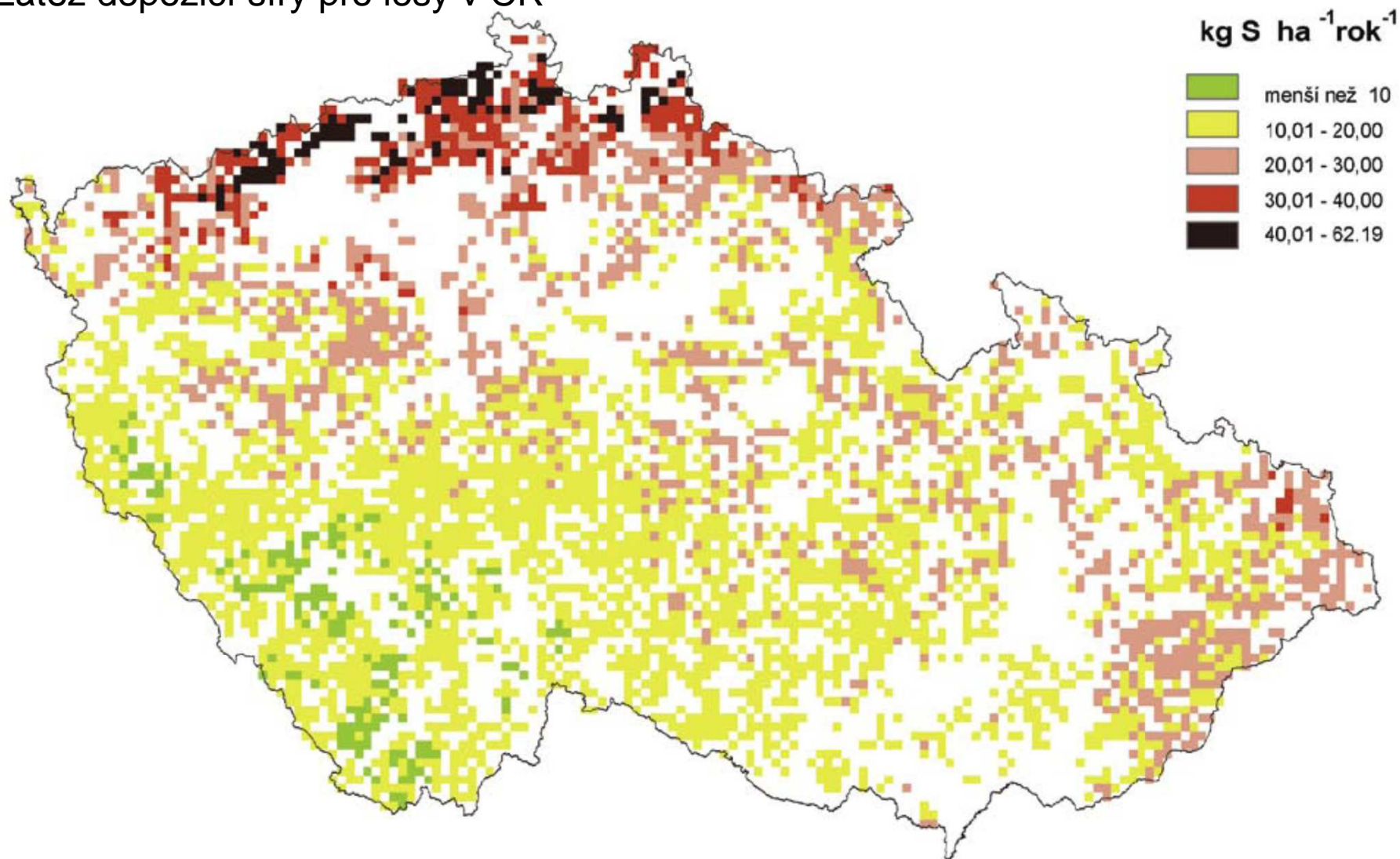
Obr. 9. Průměrná defoliace smrku a buku na území České republiky v letech 1986 – 2003. Vyšší defoliace znamená vyšší ztrátu jehlic či listů (Zdroj: Ministerstvo zemědělství ČR).

Zdroj: Hruška a Kopáček: Kyselý déšť stále s námi – zdroje, mechanismy, účinky, minulost a budoucnost. MŽP ČR, Praha, 2005

Zdroj: Šantrůčková a Vrba (ed.): Co vyprávějí šumavské smrčiny, Správa NP a CHKO Šumava, Jihočeská univerzita a ČSPE, Vimperk, 2010.

J. Schlaghamerský: Ochrana přírody - degradace biotopů znečištěním prostředí

Zátěž depozicí síry pro lesy v ČR

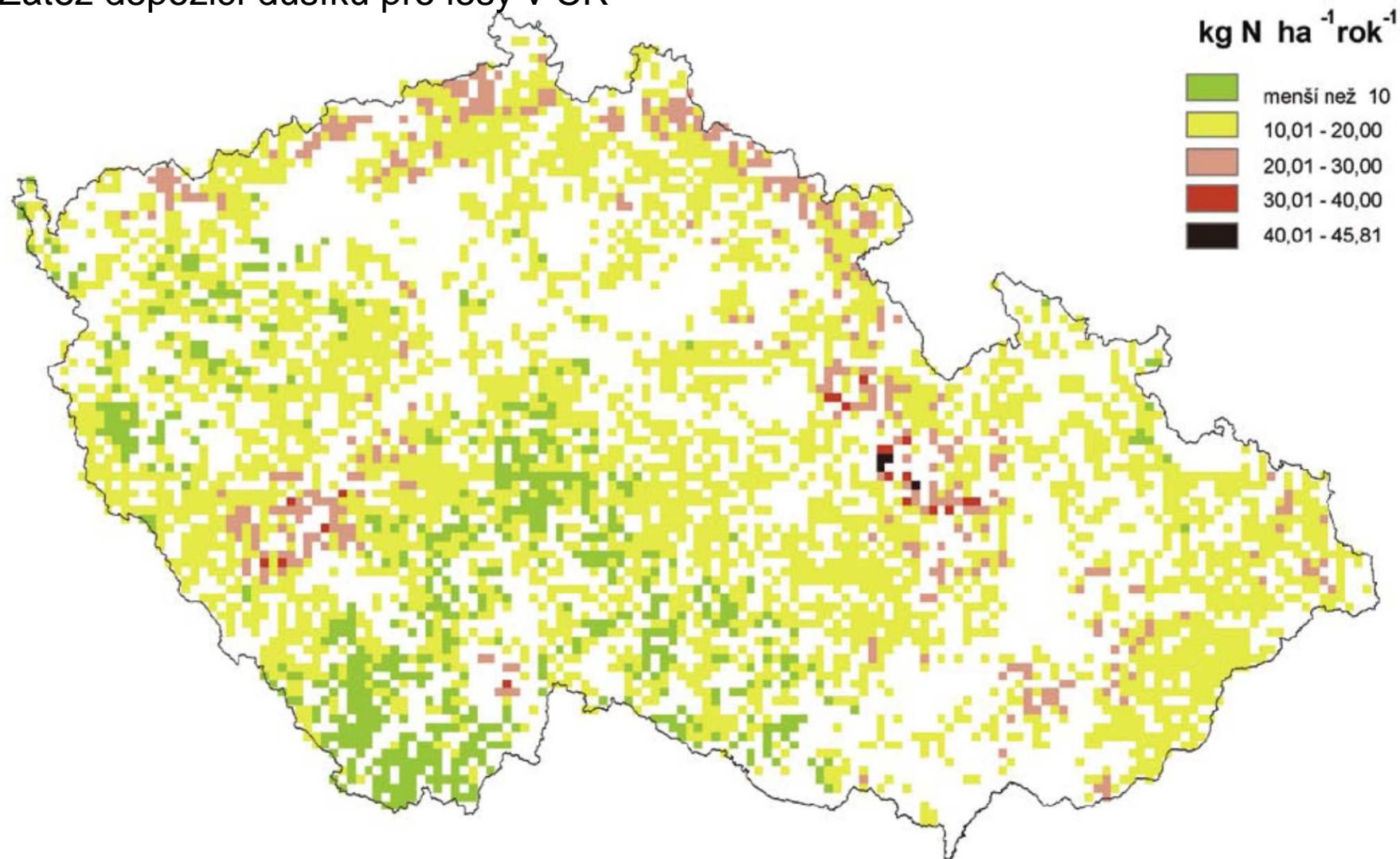


Obr. 13. Kumulované překročení kritické zátěže síry pro lesní ekosystémy v letech 1990 – 2001 (Data: Irena Skořepová, Česká geologická služba).

Zdroj: Hruška a Kopáček: Kyselý déšť stále s námi – zdroje, mechanismy, účinky, minulost a budoucnost. MŽP ČR, Praha, 2005

J. Schlaghamerský: Ochrana přírody - degradace biotopů znečištěním prostředí

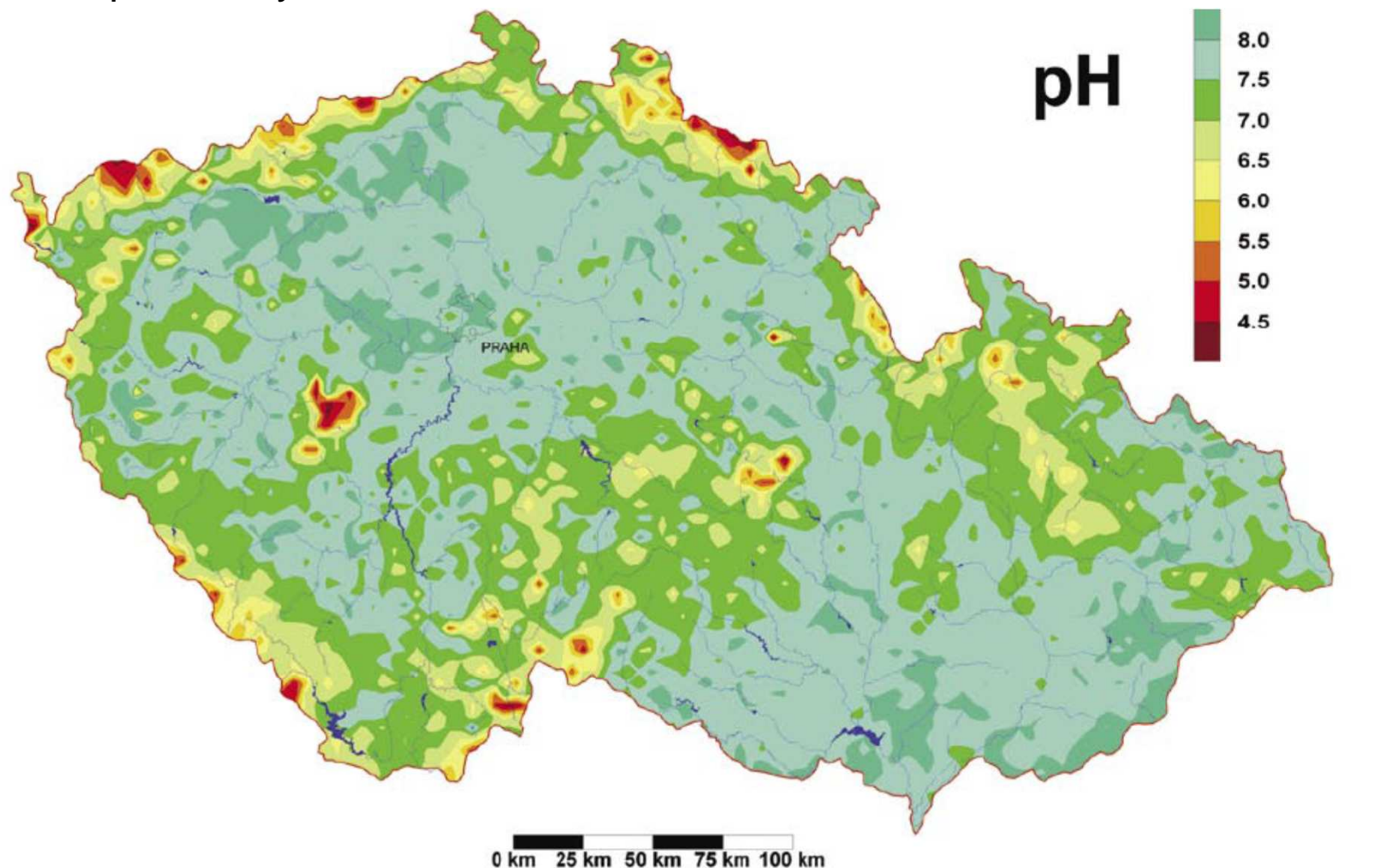
Zátěž depozicí dusíku pro lesy v ČR



Obr. 14. Kumulované překročení kritické zátěže nutričního dusíku pro lesní ekosystémy v letech 1990 – 2001 (Data: Irena Skořepová, Česká geologická služba).

J. Schlaghamerský: Ochrana přírody - degradace biotopů znečištěním prostředí

Acidifikace povrchových vod v ČR

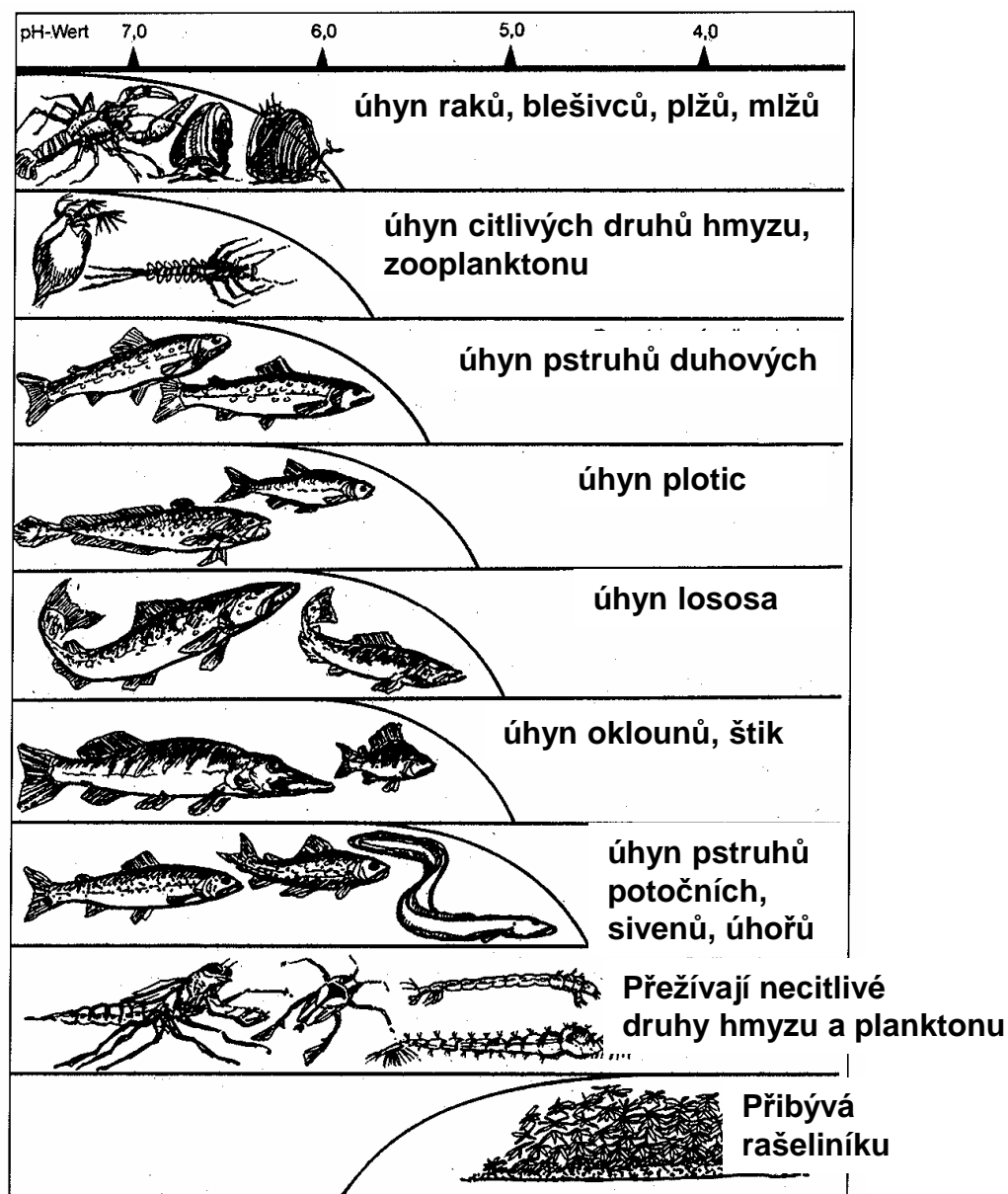


Obr. 18. pH povrchových vod za běžných stavů na přelomu 80. a 90. let 20. století (Zdroj: Vladimír Majer, Česká geologická služba).

J. Schlaghamerský: Ochrana přírody - degradace biotopů znečištěním prostředí

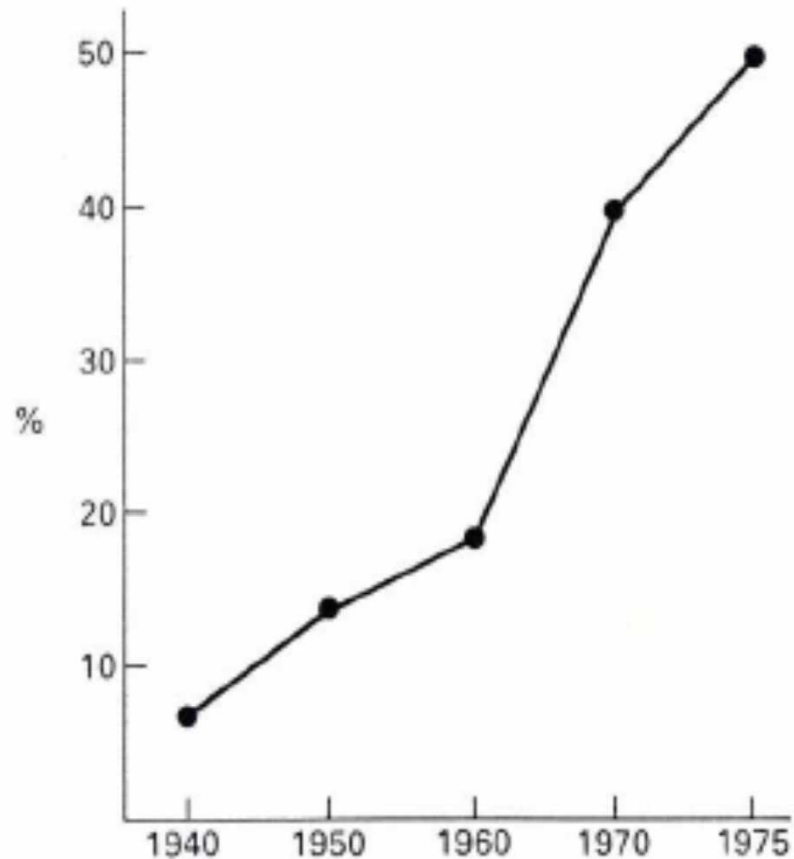
Acidifikace čili okyselení
vod v důsledku kyselé depozice:

Tolerance vodních organismů
vůči klesajícímu pH vody

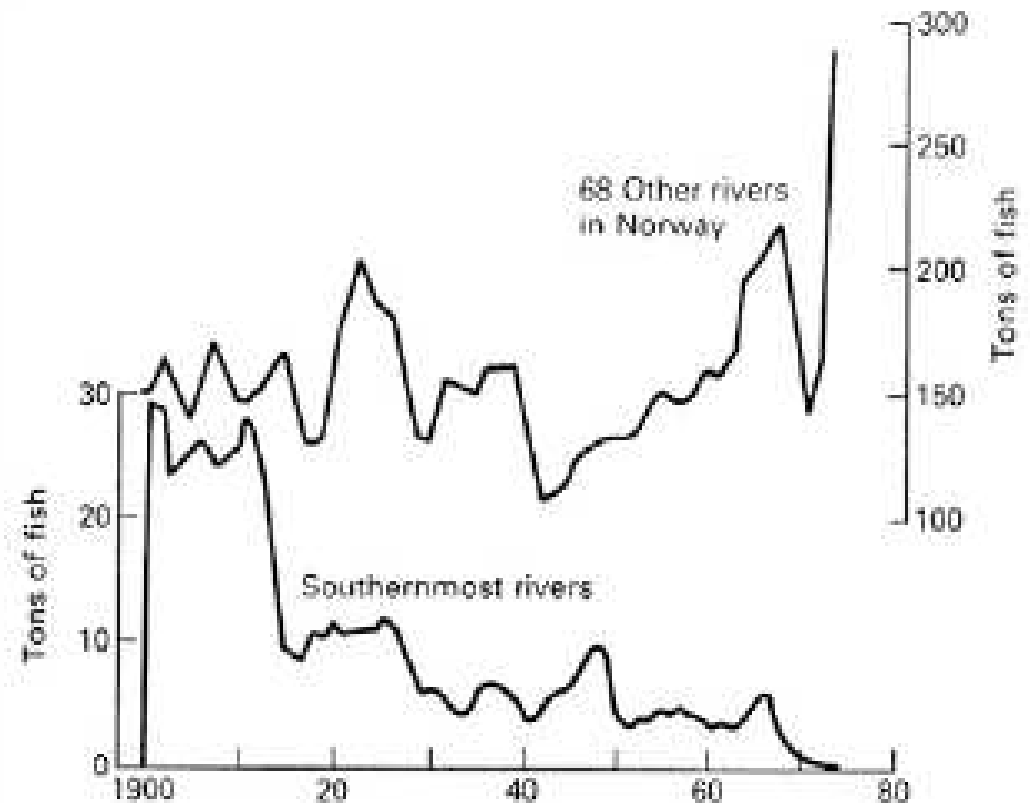


J. Schlaghamerský: Ochrana přírody - degradace biotopů znečištěním prostředí

Důsledky acidifikace vod na příkladu Skandinávie



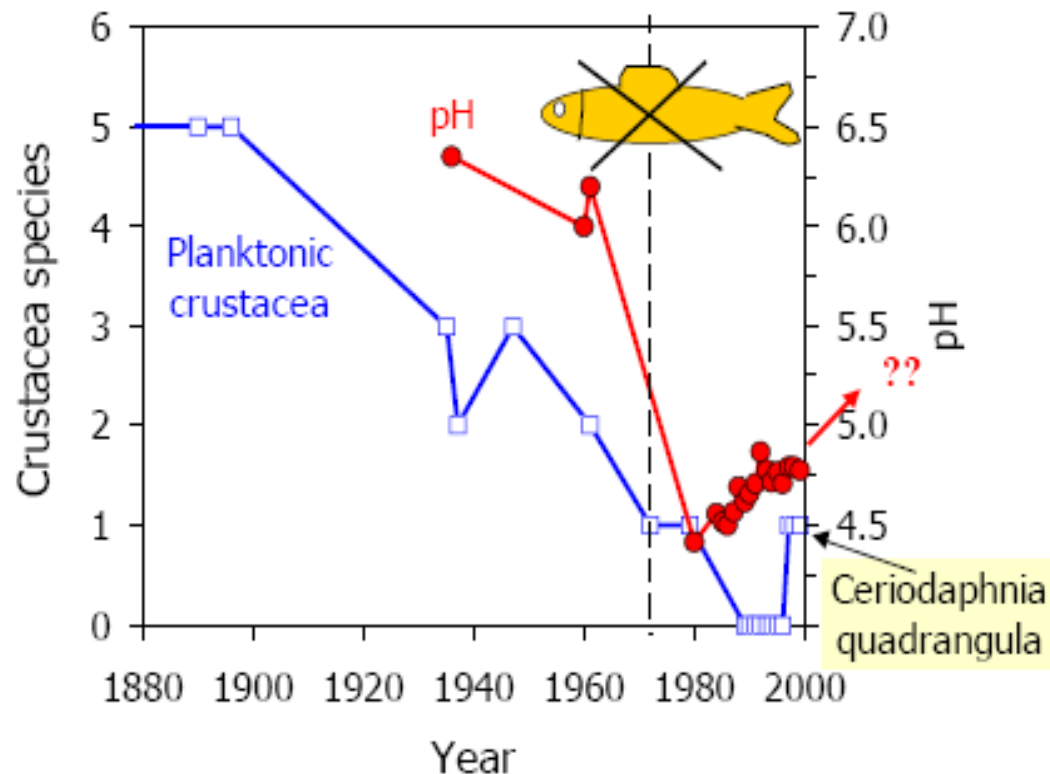
Procento skandinávských jezer bez výskytu pstruha (n = 2850)



Úlovek lososa v řekách na jihu Norska (postižených kyselými dešti) a v 68 dalších, nepostižených tocích

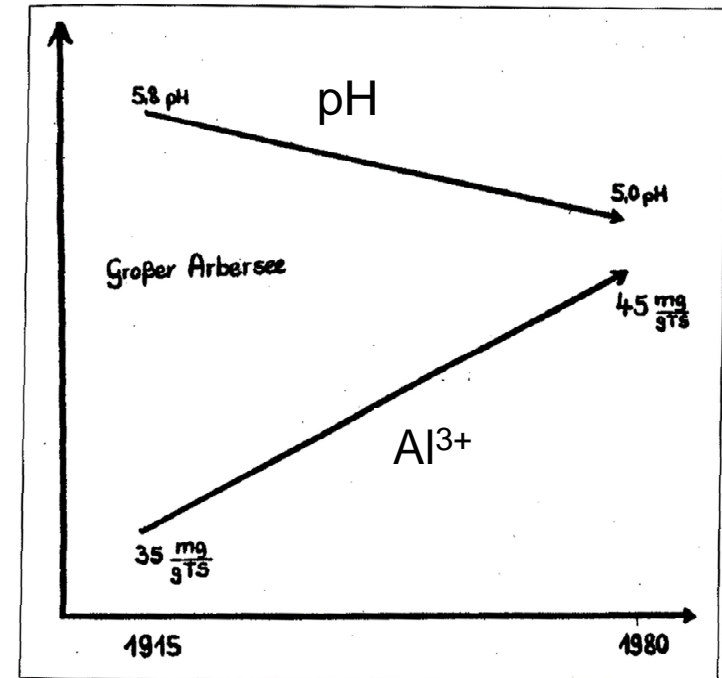
J. Schlaghamerský: Ochrana přírody - degradace biotopů znečištěním prostředí

Acidifikace stojatých vod na příkladu Šumavy:



Úbytek počtu druhů planktonních korýšů a úplné vyhynutí ryb ve šumavských jezerech v závislosti na vývoji kyselosti vody.

Zdroj: Jiří Kopáček, Hydrobiologický ústav AV ČR

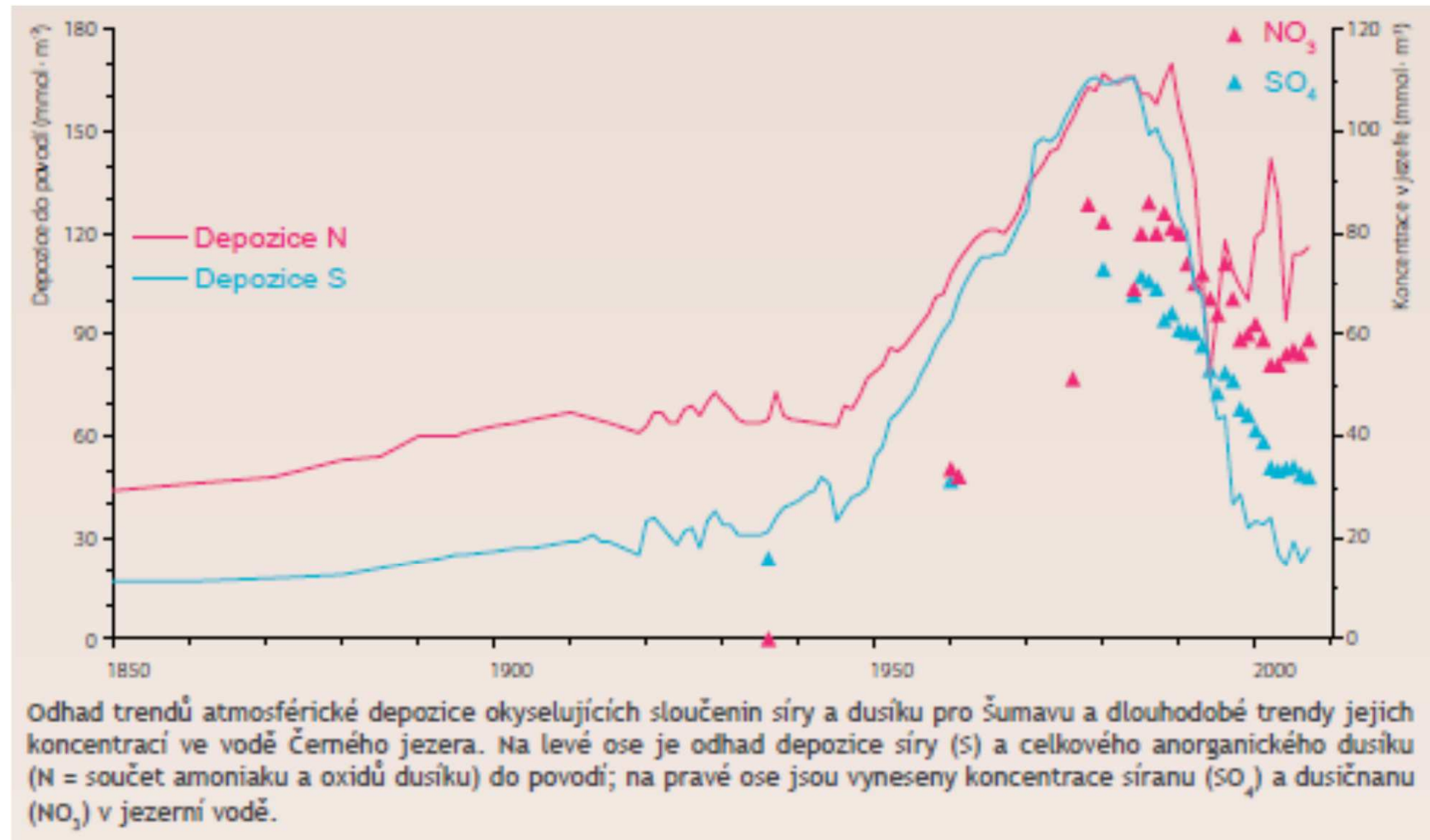


Nárůst koncentrace iontů hliníku v závislosti na poklesu pH v jezeře Grosser Arbersee (Šumava, Bavorsko)

Zdroj: Bauer, R. et al. (1995): Lerneinheit Industrie und Umweltschutz. Aufgabenfeld: Emissionen. Siemens AG, München. - upraveno

J. Schlaghamerský: Ochrana přírody - degradace biotopů znečištěním prostředí

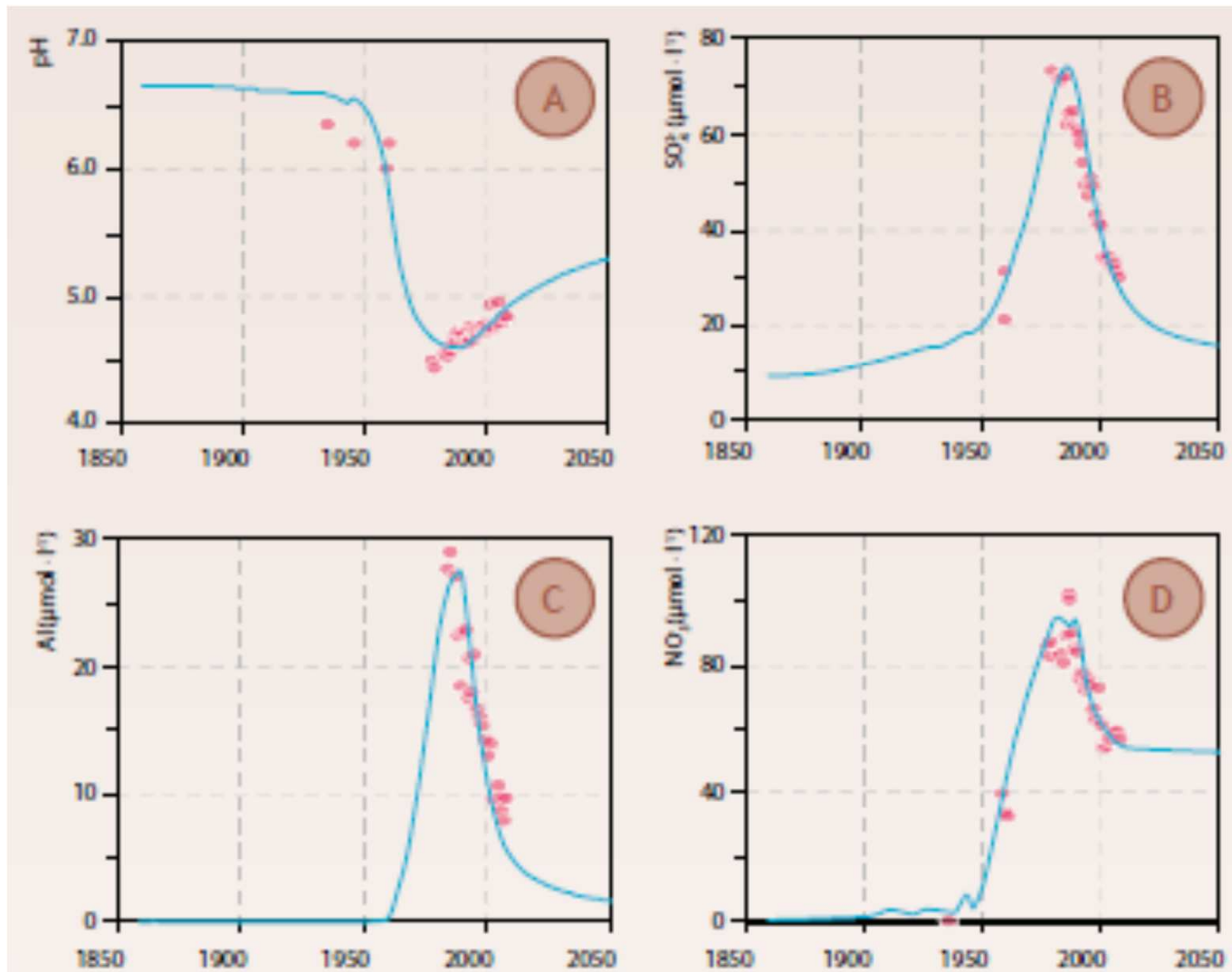
Acidifikace stojatých vod na příkladu Šumavy: Černé jezero



Zdroj: Šantrůčková a Vrba (ed.): Co vyprávějí šumavské smrčiny, Správa NP a CHKO Šumava, Jihočeská univerzita a ČSPE, Vimperk, 2010.

J. Schlaghamerský: Ochrana přírody - degradace biotopů znečištěním prostředí

Acidifikace stojatých vod na příkladu Šumavy: Černé jezero

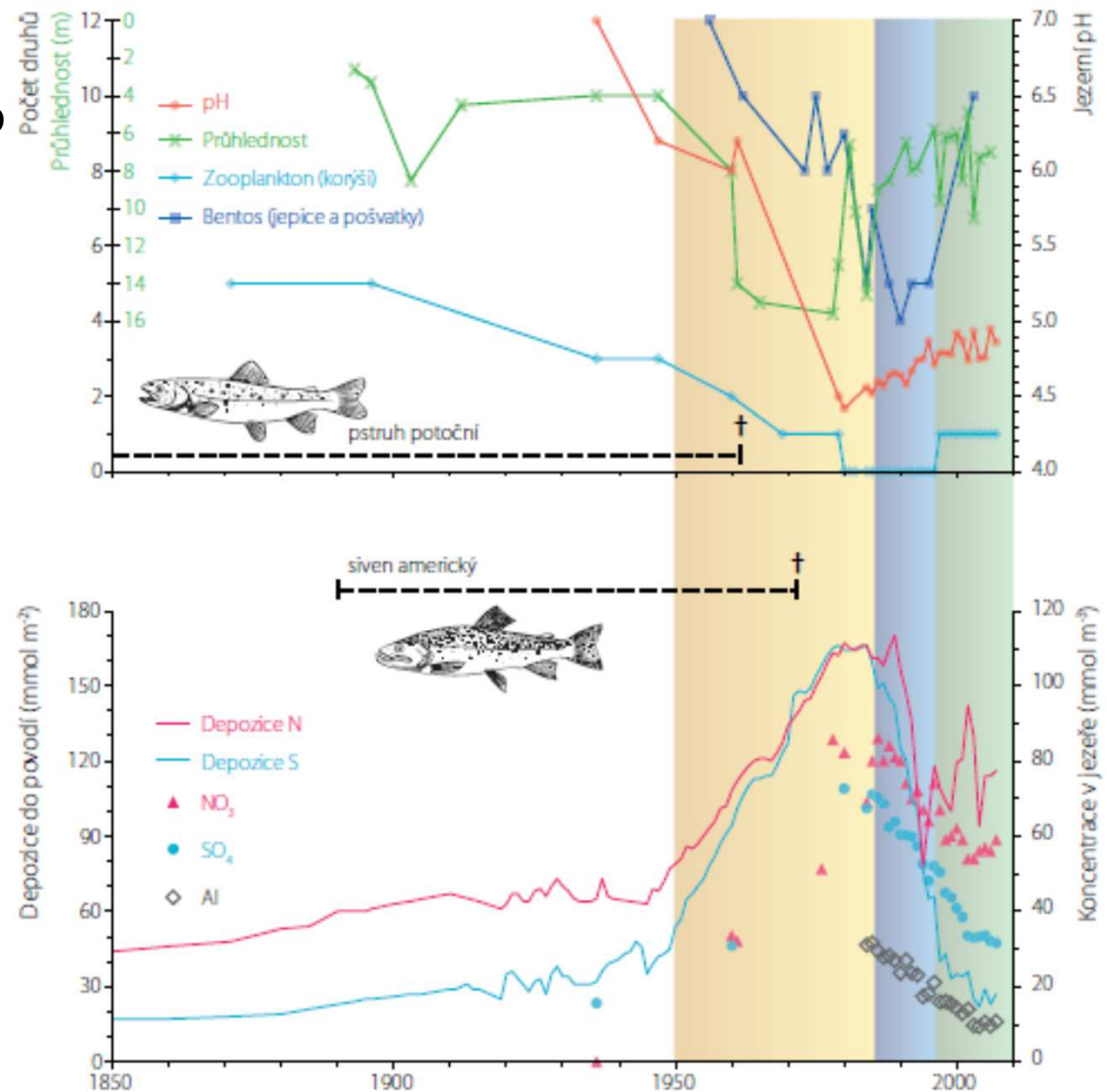


Rekonstrukce vývoje acidifikace Černého jezera pomocí modelu MAGIC7 (plné čáry) a skutečné hodnoty naměřené v jezerní vodě (červené body): A – kyselost (pH), B – sírany (SO₄), C – hliník (Al), D – dusičnany (NO₃). Upraveno podle Majera a kol. (2003).

Zdroj: Šantrůčková a Vrba (ed.): Co vyprávějí šumavské smrčiny, Správa NP a CHKO Šumava, Jihočeská univerzita a ČSPE, Vimperk, 2010.

J. Schlaghamerský: Ochrana přírody - degradace biotopů znečištěním prostředí

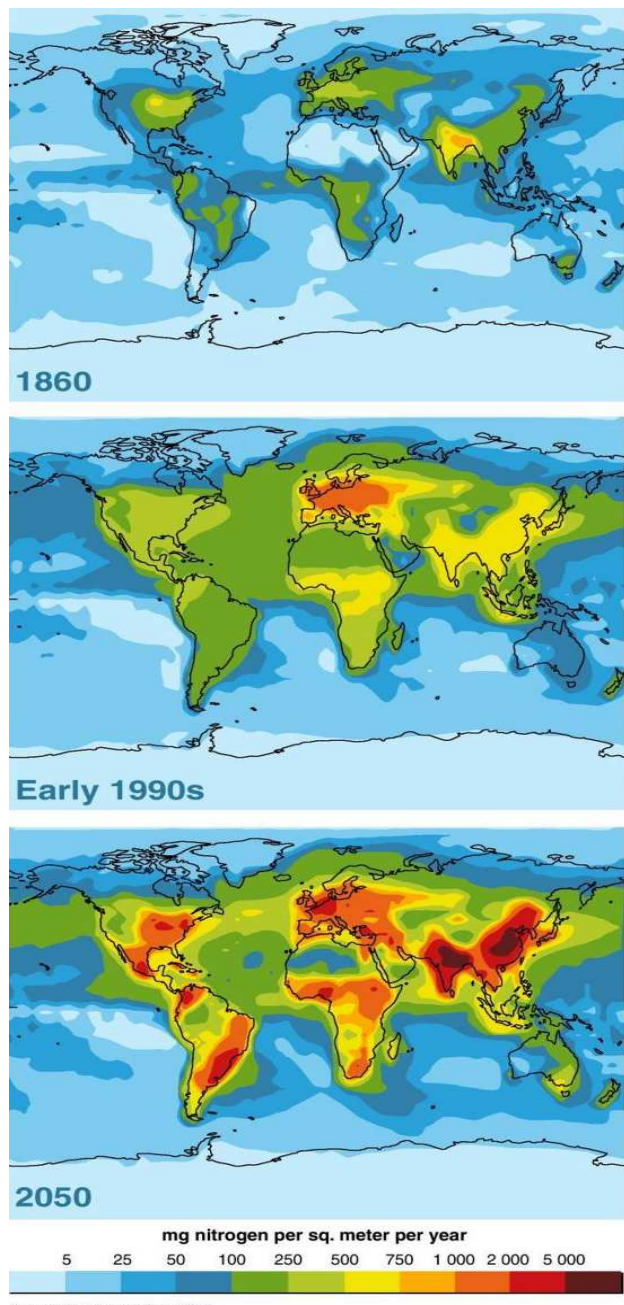
Acidifikace stojatých vod na příkladu Šumavy: Černé jezero



Acidifikace a zotavování Černého jezera: počet druhů zooplanktonu (nápadní korýši ulovení planktonní sítí v planktonu) a bentosu (larvy jepic a pošvatek – osa vlevo nahoře, levá stupnice); průhlednost jezerní vody (osa vlevo nahoře, pravá stupnice); jezerní pH (osa vpravo nahoře) a koncentrace síranu (SO₄), dusičnanu (NO₃) a hliníku (Al – osa vpravo dole); odhad trendů atmosférické depozice síry (S) a celkového anorganického dusíku (N) do povodí (osa vlevo dole); výskyt rybích druhů naznačují čárkované úsečky (†, poslední pozorování druhu). Barevně rozlišena období vrcholné acidifikace (žlutě), chemického (modře) a biologického (zeleně) zotavování.

Zdroj: Šantrůčková a Vrba (ed.): Co vyprávějí šumavské smrčiny, Správa NP a CHKO Šumava, Jihočeská univerzita a ČSPE, Vimperk, 2010.

J. Schlaghamerský: Ochrana přírody - degradace biotopů znečištěním prostředí



Source: Galloway et al. 2004

Odhad celkové atmosferické depozice (mokrě i suché) reaktivního dusíku v r. 1860, začátkem 90. let 20. století a v r. 2050 (prognóza).

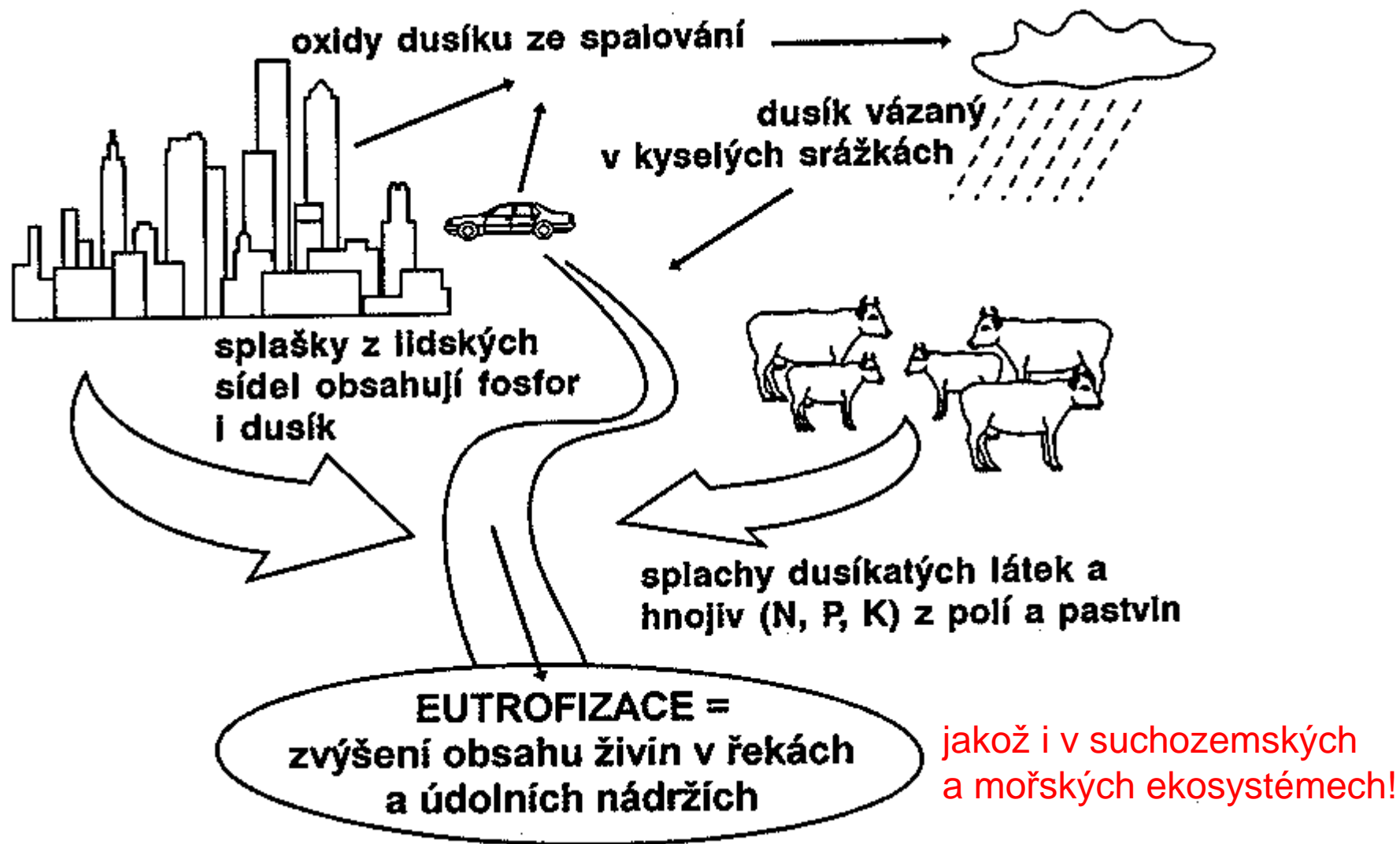
Atmosferická depozice v současnosti představuje cca 12 % reaktivního dusíku vstupujícího globálně do suchozemských a pobřežně-mořských ekosystémů (v některých regionech představuje vyšší podíl, např. v USA cca 33 %).

Zdroj: UNEP/GRID-Arendal. Estimated total reactive nitrogen deposition from the atmosphere (wet and dry) in 1860, early 1990s, and projected for 2050.

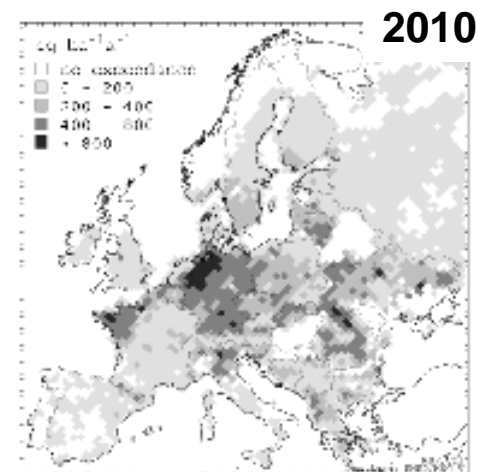
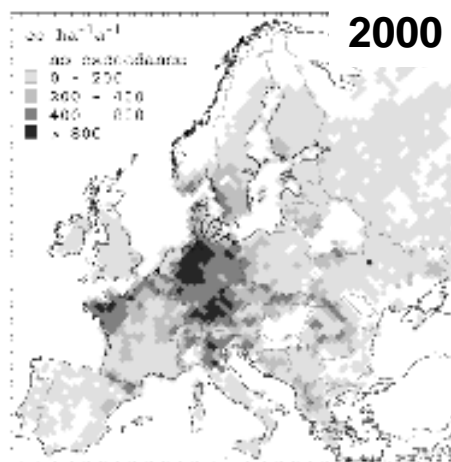
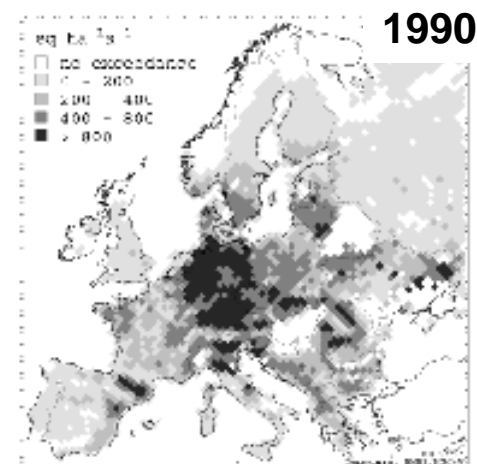
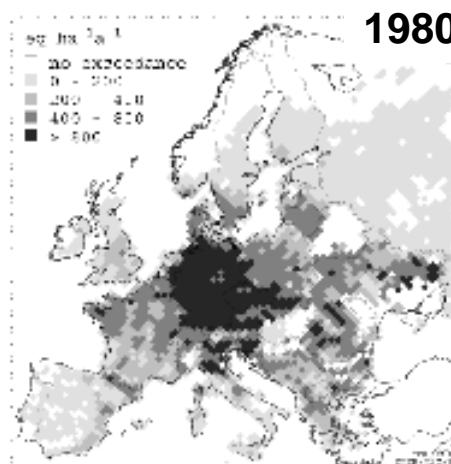
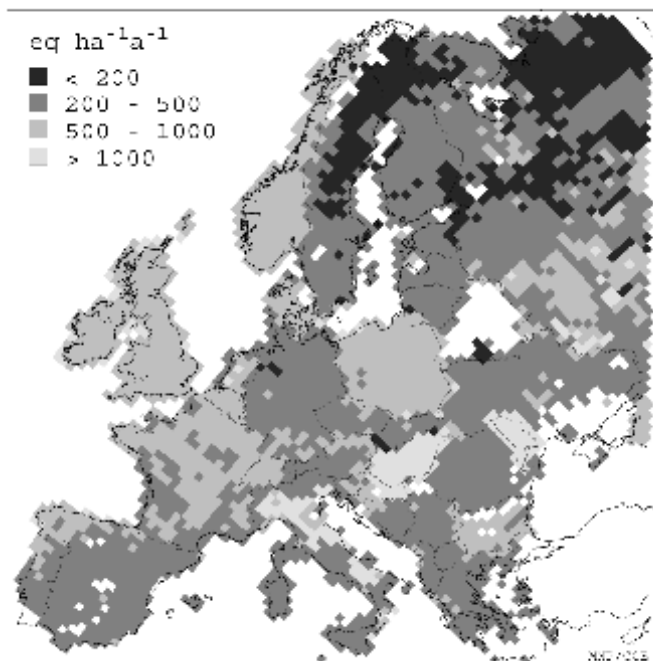
UNEP/GRID-Arendal Maps and Graphics Library. 2005. Dostupné na:

<http://maps.grida.no/go/graphic/estimated-total-reactive-nitrogen-deposition-from-the-atmosphere-wet-and-dry-in-1860-early-1990s-and-2050>. (staženo 8. 11. 2011).

Eutrofizace – obohacení ekosystému živinami



Eutrofizace – obohacení ekosystému živinami



Kritická zátěž pro depozici dusíku (čím tmavší odstín, tím je oblast vůči přísunu dusíku citlivější)

Oblasti Evropy, kde byla překročena kritická mez eutrofizace půdy (údaje pro r. 2010 jsou prognózou z r. 2003).

J. Schlaghamerský: Ochrana přírody - degradace biotopů znečištěním prostředí

Eutrofizace – obohacení ekosystému živinami: suchozemské ekosystémy



Sphagnum capillifolium



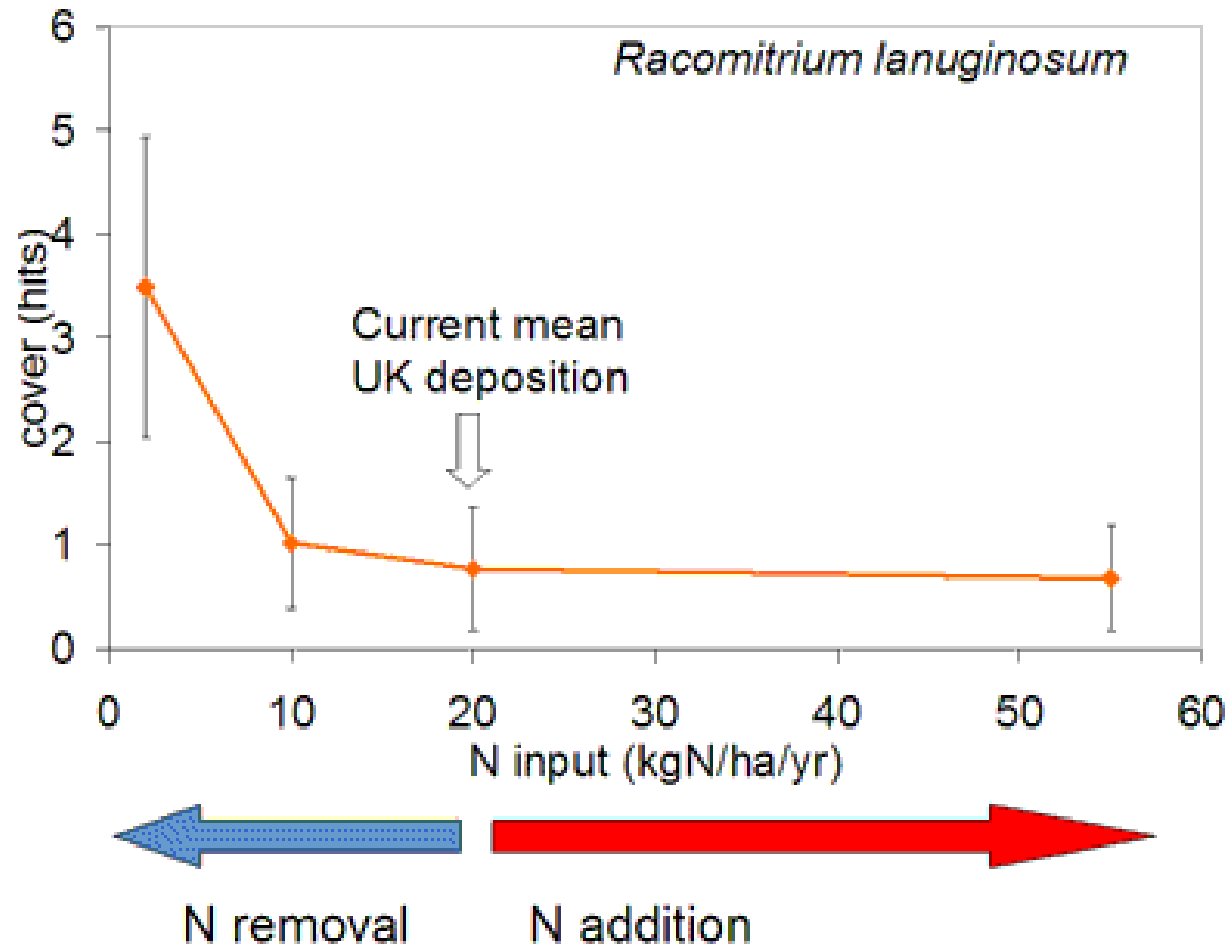
Polytrichum commune

Mnohé mechy a lišejníky reagují citlivě na depozici dusíku. Na obrázku jsou dva druhy mechu (rašeliník a ploník) na lokalitě Whim Bog v jihovýchodním Skotsku. Zdravý mech vlevo byl vystaven atmosférické koncentraci čpavku ($0,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$), odumřelý mech vpravo byl vystaven roční průměrné koncentraci $65 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Zdroj: Ian Leith, Centre for Ecology and Hydrology in Edinburgh, UK.

J. Schlaghamerský: Ochrana přírody - degradace biotopů znečištěním prostředí

Eutrofizace – obohacení ekosystému živinami: suchozemské ekosystémy



Pokryvnost mechu *Racomitrium lanuginosum* při různých dávkách dusíku v travinném ekosystému ve Velké Británii. K největšímu úbytku dochází mezi 5 a 10 kg N na hektar a rok.

Zdroj: Bridget Emmett, Centre for Ecology and Hydrology in Bangor, UK

J. Schlaghamerský: Ochrana přírody - degradace biotopů znečištěním prostředí

Eutrofizace – obohacení ekosystému živinami: vodní tělesa



Přehnojené vodní těleso s vodním květem

J. Schlaghamerský: Ochrana přírody - degradace biotopů znečištěním prostředí

Eutrofizace – obohacení ekosystému živinami: vodní tělesa

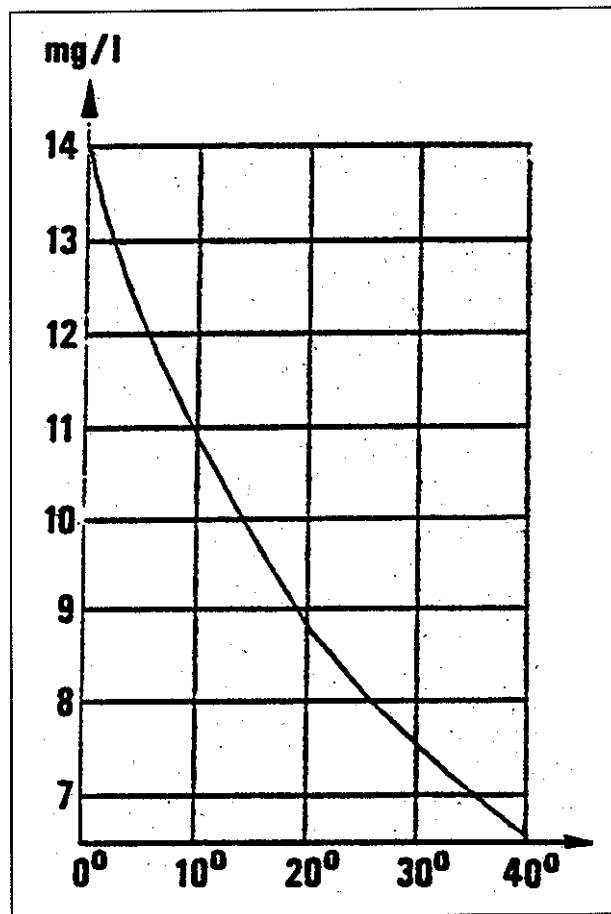


Vodní květ na vodní nádrži Orlík



J. Schlaghamerský: Ochrana přírody - degradace biotopů znečištěním prostředí

Eutrofizace – obohacení ekosystému živinami



Obsah kyslíku ve vodě
v závislosti na teplotě

Důsledek nedostatku kyslíku vlivem eutrofizace
a následných rozkladných procesů

Zdroj: Bauer, R. et al. (1995): Lerneinheit Industrie
und Umweltschutz. Aufgabenfeld: Emissionen.
Siemens AG, München. - upraveno

J. Schlaghamerský: Ochrana přírody - degradace biotopů znečištěním prostředí

Eutrofizace – obohacení ekosystému živinami: vodní tělesa



Vodní toky jsou méně náchylné k nedostatku kyslíku, okysličení vody mohou napomoci i jezy.

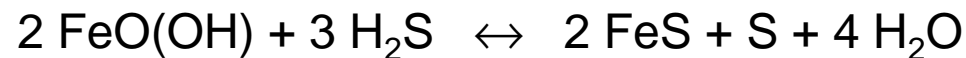
J. Schlaghamerský: Ochrana přírody - degradace biotopů znečištěním prostředí

Eutrofizace – obohacení ekosystému živinami: vodní tělesa

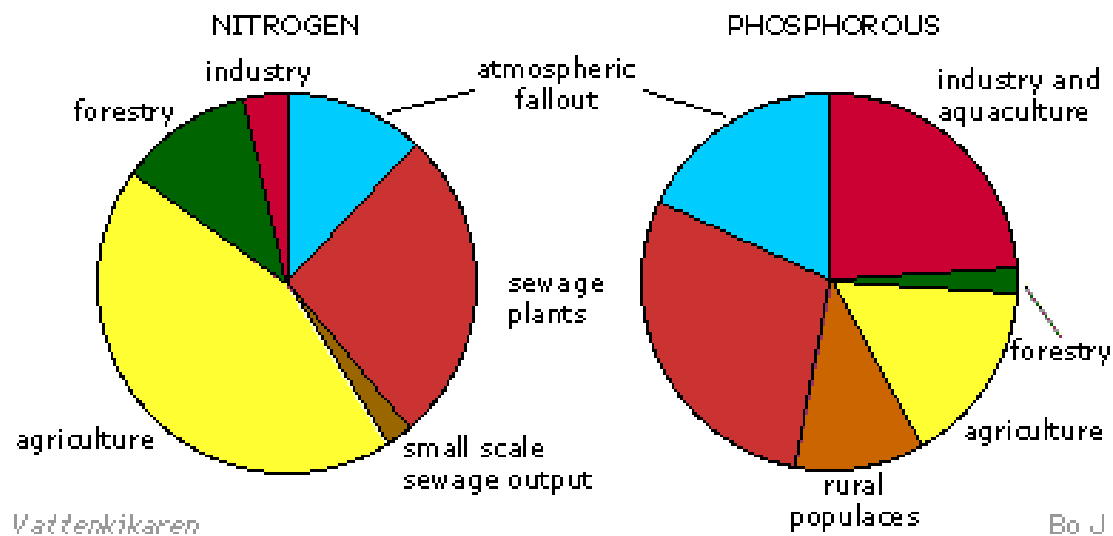
V průběhu eutrofizace dochází v důsledku rozkladu odumřelé biomasy k úbytku kyslíku při dně vodního tělesa, který může vést k dalšímu nárůstu obsahu fosforečnanů ve vodě:

Za anaerobních podmínek v sedimentech dna dochází k redukci síranů (desulfurikaci).

Vzniklý sírovodík reaguje s hydroxidy a fosforečnany Fe(III): vzniká siřník železnatý a uvolňují se fosforečnany:



J. Schlaghamerský: Ochrana přírody - degradace biotopů znečištěním prostředí

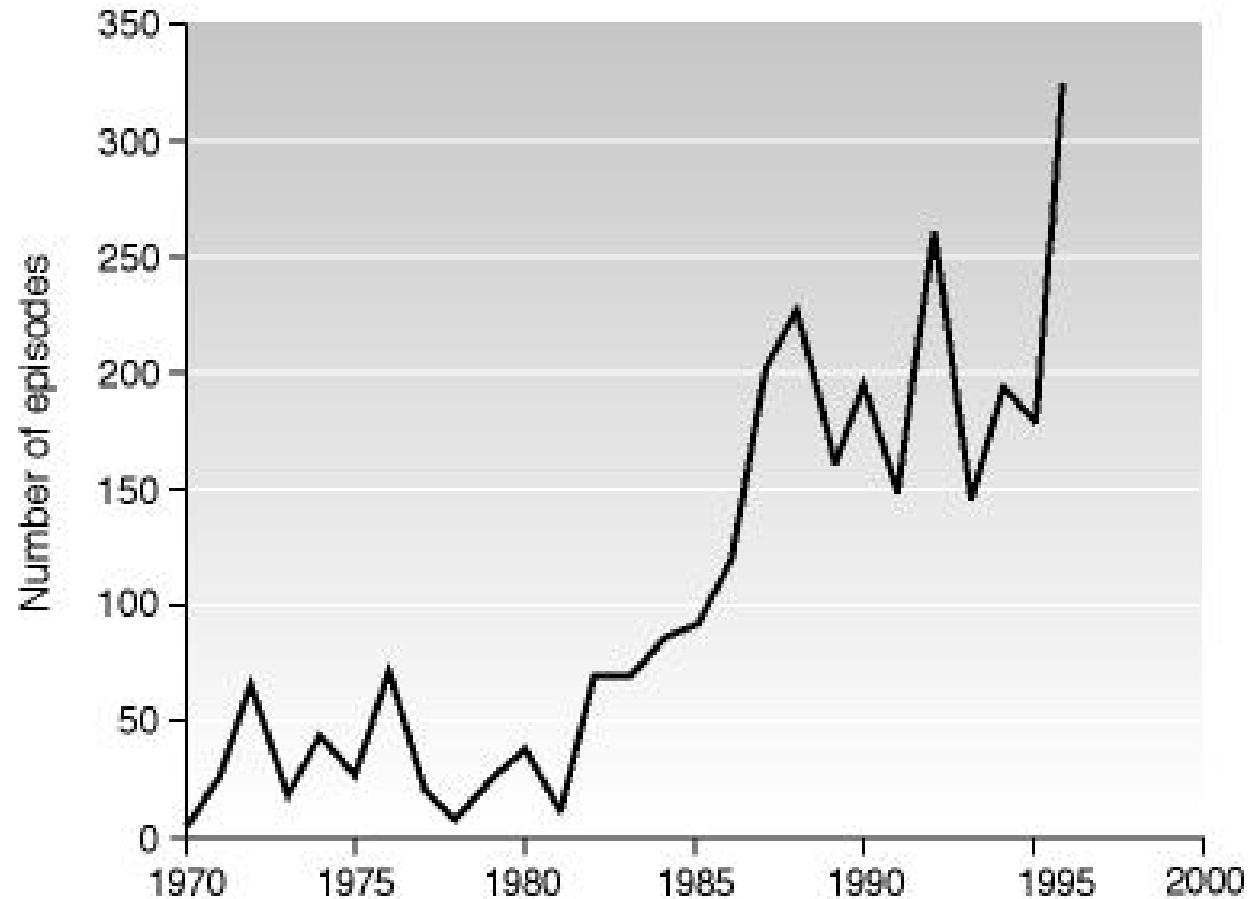


Zdroje eutrofizace Baltického moře před švédským pobřežím



J. Schlaghamerský: Ochrana přírody - degradace biotopů znečištěním prostředí

Harmful algal blooms in the West Central Atlantic, 1970-96

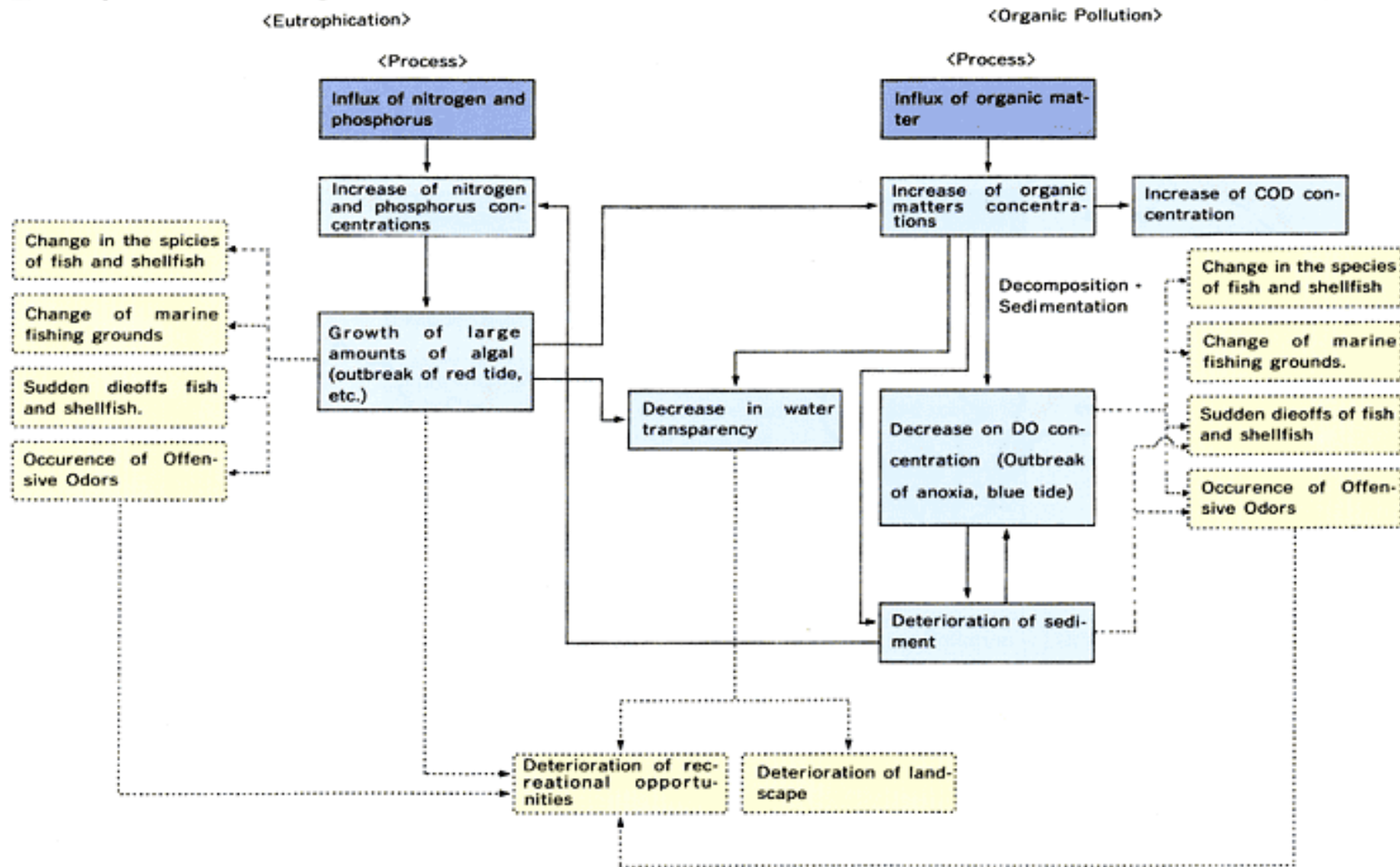


Source: Safeguarding the Health of the Oceans (Worldwatch).

Zdroj: UNEP/GRID-Arendal. Harmful algal blooms in the West Central Atlantic, 1970-96. UNEP/GRID-Arendal Maps and Graphics Library. 2001. Dostupné na: http://maps.grida.no/go/graphic/harmful_algal_blooms_in_the_west_central_atlantic_1970_96. Staženo 8. 11. 2011.

J. Schlaghamerský: Ochrana přírody - degradace biotopů znečištěním prostředí

■ Eutrophication and Organic Pollution



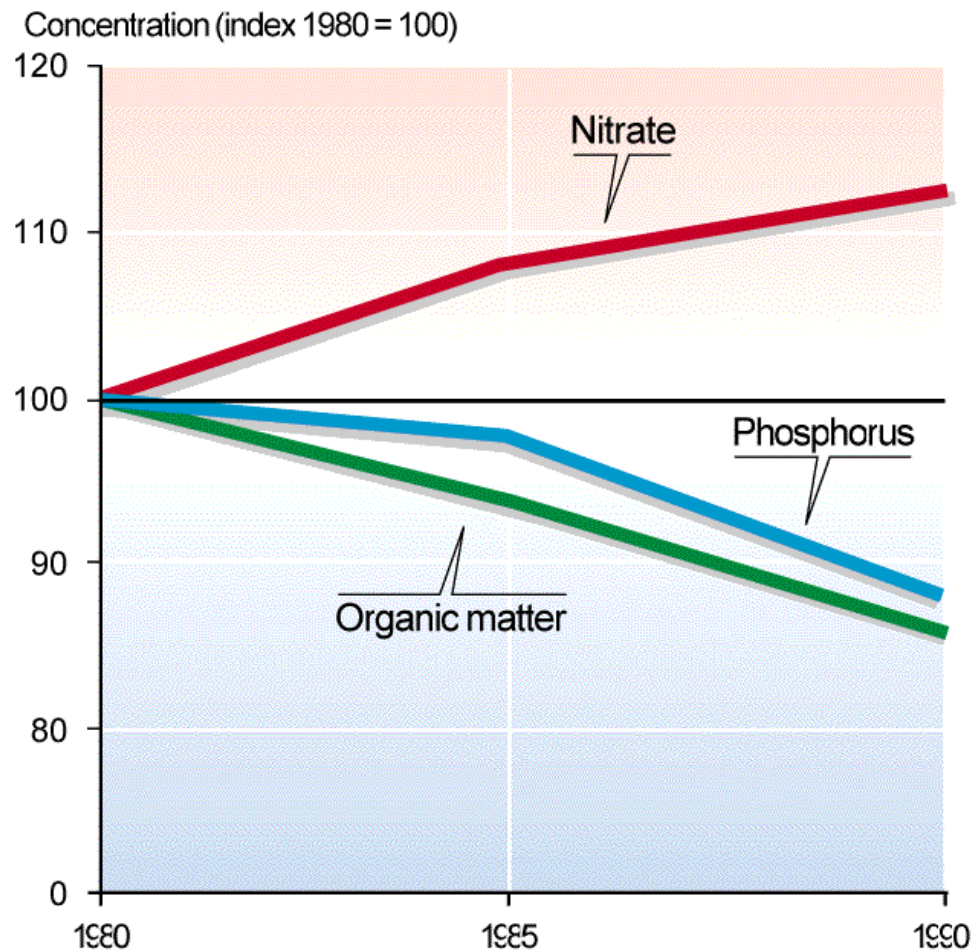
Vliv eutrofizace a obecně organického znečištění na mořský ekosystém

(DO – dissolved oxygen, rozpuštěný kyslík; COD – chemical oxygen demand, chemická spotřeba kyslíku)

J. Schlaghamerský: Ochrana přírody - degradace biotopů znečištěním prostředí

Eutrofizace – obohacení ekosystému živinami: vodní tělesa

Development of organic matter, phosphorus and nitrate concentration in EU 12 rivers



Source : Environment in the European Union 1995, fig.4.7.3.



Znečištění povrchových vod

Typy znečištění vod

- odpadní vody hnilobné
- odpadní vody toxické
- odpadní vody s anorganickými kaly
- odpadní vody s tuky a oleji
- odpadní vody radioaktivní
- odpadní vody oteplené
- odpadní vody s mikrobiálním znečištěním / s patogenními zárodky

J. Schlaghamerský: Ochrana přírody - degradace biotopů znečištěním prostředí

Vývoj čistoty řek v Českých zemích v období 1940 - 1980

Tok	Třída	1940	1950	1960	1970	1980
Labe	Ia-II	87	63	30	4	3
	III-IV	13	37	70	96	97
Jizera	Ia-II	91	85	70	33	26
	II-IV	9	15	30	67	74
Vltava	Ia-II	72	53	55	50	45
	III-IV	28	47	45	50	55
Berounka	Ia-II	56	34	29	11	0
	III-IV	44	66	71	89	100
Ohře	Ia-II	99	92	46	6	21
	III-IV	1	8	54	94	79
Morava	Ia-II			11	11	11
	III-IV			89	89	89
Dyje	Ia-II			41	41	24
	III-IV			59	59	76
Odra	Ia-II			49	26	26
	III-IV			51	74	74

Porovnání stavu čištění odpadních vod v ČR a SRN v povodí Labe v r. 1991

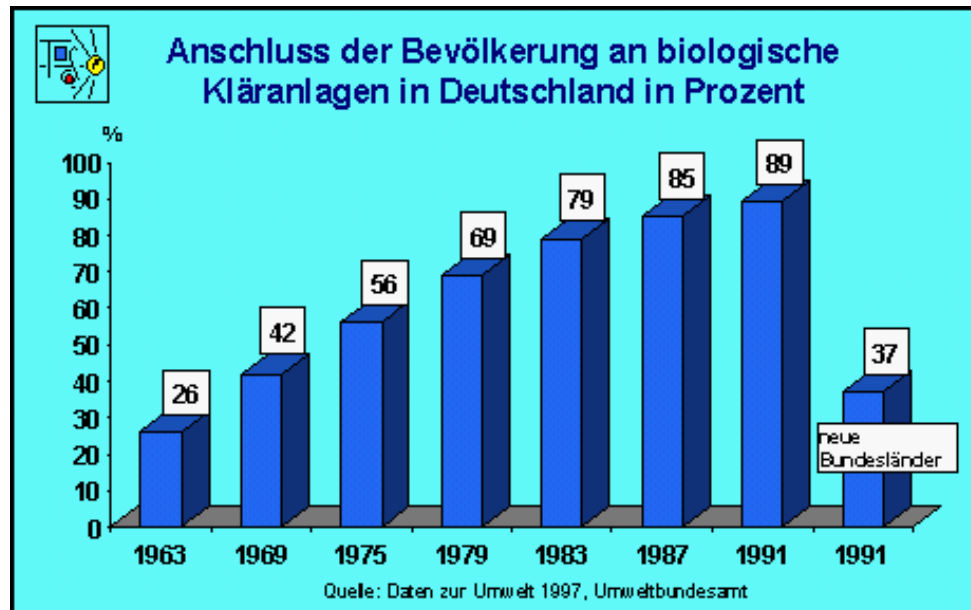
	Počet obyvatel v městech nad 50 000 EO	Bez čištění	Mechanické čištění	Mechanické a částečně biologické čištění	Mechanické a úplné biologické čištění	Odstra- ňování fosforu	Odstra- ňování dusíku
	Počet měst nad 50 000 EO	počet EO	počet EO	počet EO	počet EO	počet EO	počet EO
		%	%	%	%	%	%
ČR	4 956	1 533	549	1 668	1 186	-	-
	28	31,3	11,1	33,7	23,9	-	-
SRN	22 722	1 475	5 100	873	15 274	8 581	2 470
	108	6,5	22,4	3,8	67,3	37,8	10,9

počet EO v tis. EO

Pramen: Naléhavý program Labe

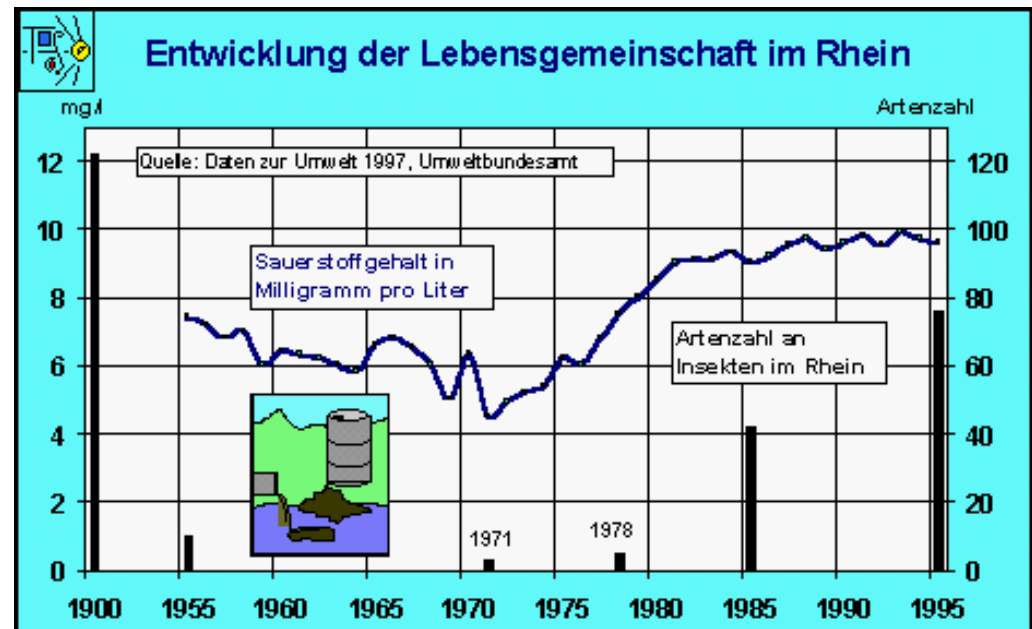
EO = ekvivalentních obyvatel (denní množství odpadních vod produkované jedním obyvatelem; odpadní vody produkované jinde než v domácnostech jsou přepočítávány na odpovídající počet obyvatel)

J. Schlaghamerský: Ochrana přírody - degradace biotopů znečištěním prostředí



Napojení obyvatelstva na čistírny odpadních vod s biologickým stupněm v Německu v procentech: vývoj v SRN od r. 1963 do r. 1991; pravý sloupec – situace v nových spolkových zemích, tzn. bývalé NDR, v r. 1991.

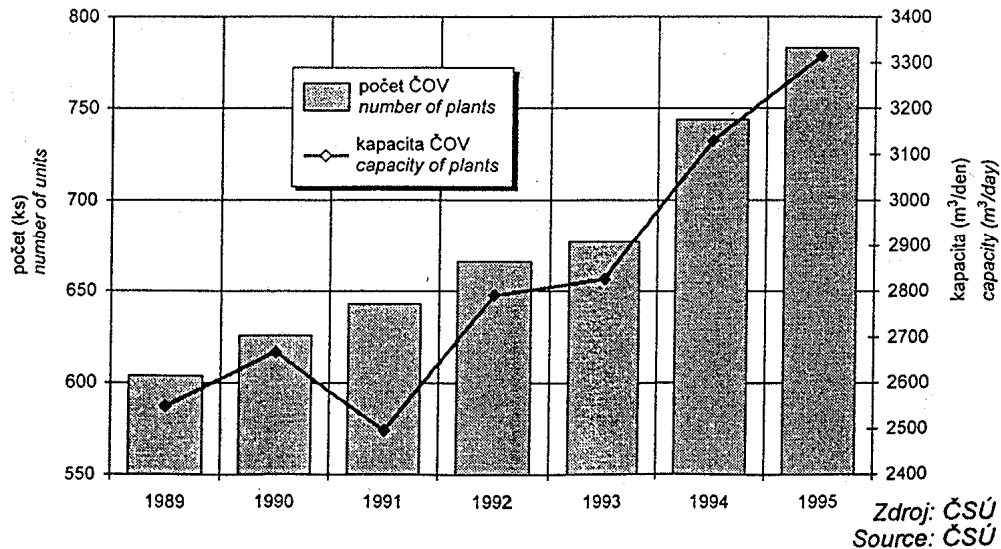
Vývoj biocenózy v Rýně na příkladu počtu druhů hmyzu s vodním stádiem (sloupce) ve vztahu k obsahu kyslíku ve vodě (mg/l; křivka)



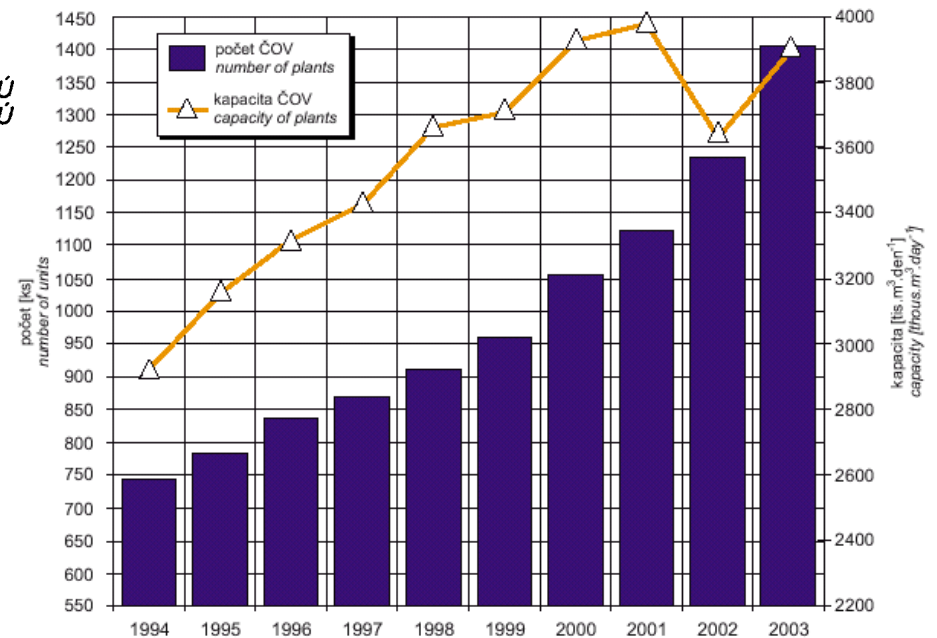
J. Schlaghamerský: Ochrana přírody - degradace biotopů znečištěním prostředí

Čištění odpadních vod v Česku

Čistírny odpadních vod v letech 1990 - 1995
Waste water treatment plants during 1990 - 1995



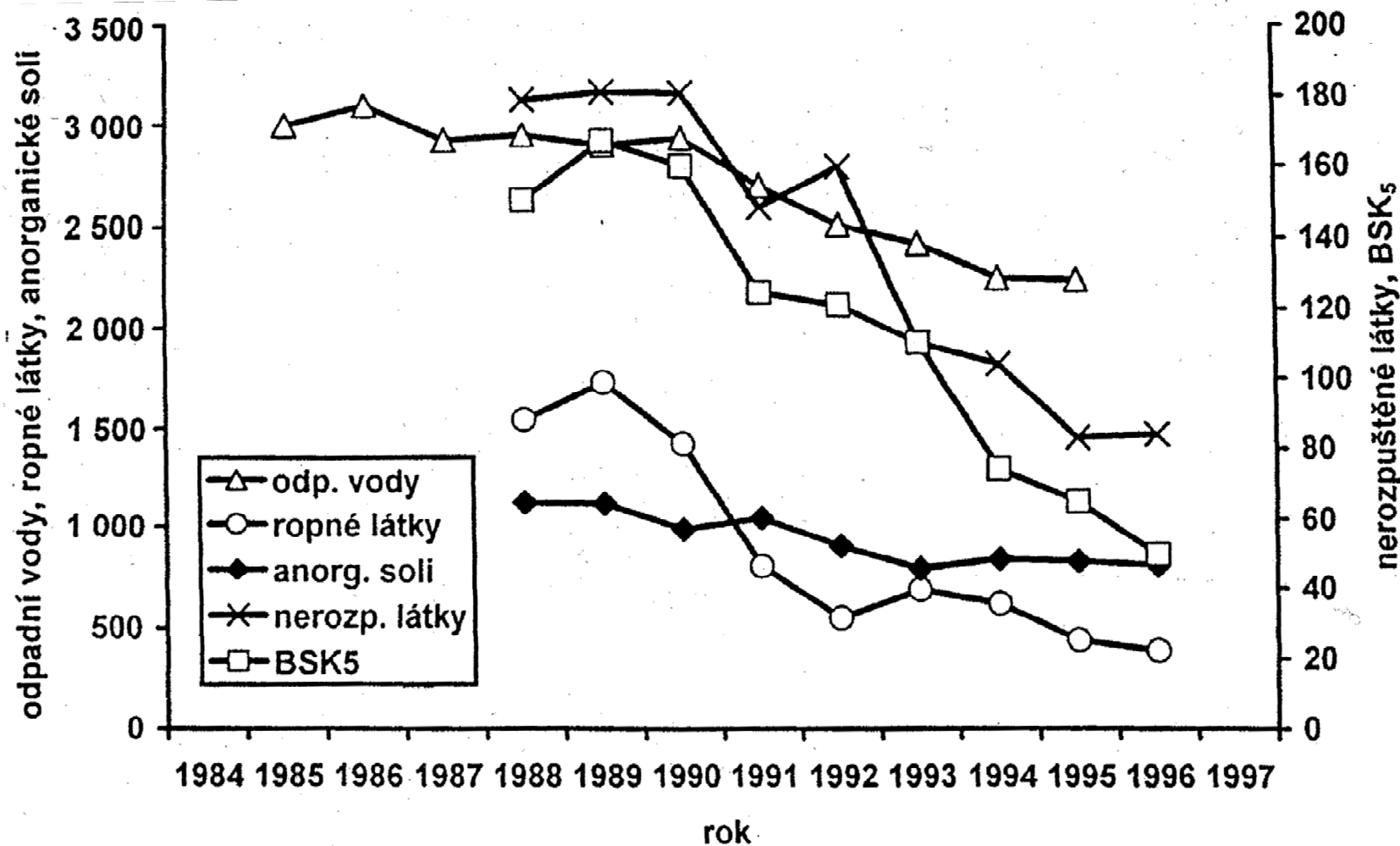
Obr. B2.3.6 Čistírny odpadních vod, 1994–2003
Waste water treatment plants, 1994–2003



Pozn.: Pokles kapacity v r. 2002 byl způsoben vyřazením části čistíren z provozu povodněmi.
Note: The decrease in capacity in 2002 was caused by disabling of some plants caused by the floods.

Zdroj: ČSÚ
Source: ČSÚ

J. Schlaghamerský: Ochrana přírody - degradace biotopů znečištěním prostředí



Registrované znečištění vody v ČR (odpadní vody v mil. m³, nerozpuštěné látky, anorganické soli a BSK₅ v tis. t, ropné látky v t)

Znečištění moří



Vypouštění chemikálií z lodi před australským pobřežím

Znečištění moří



Výpust odpadních vod továrny u Antwerp (Belgie) do Severního moře



Vypouštění odpadních vod do Baltického moře z lodě (dnes zakázáno)

J. Schlaghamerský: Ochrana přírody - degradace biotopů znečištěním prostředí

Havárie ropných tankerů na moři (a opatření k omezení znečištění)

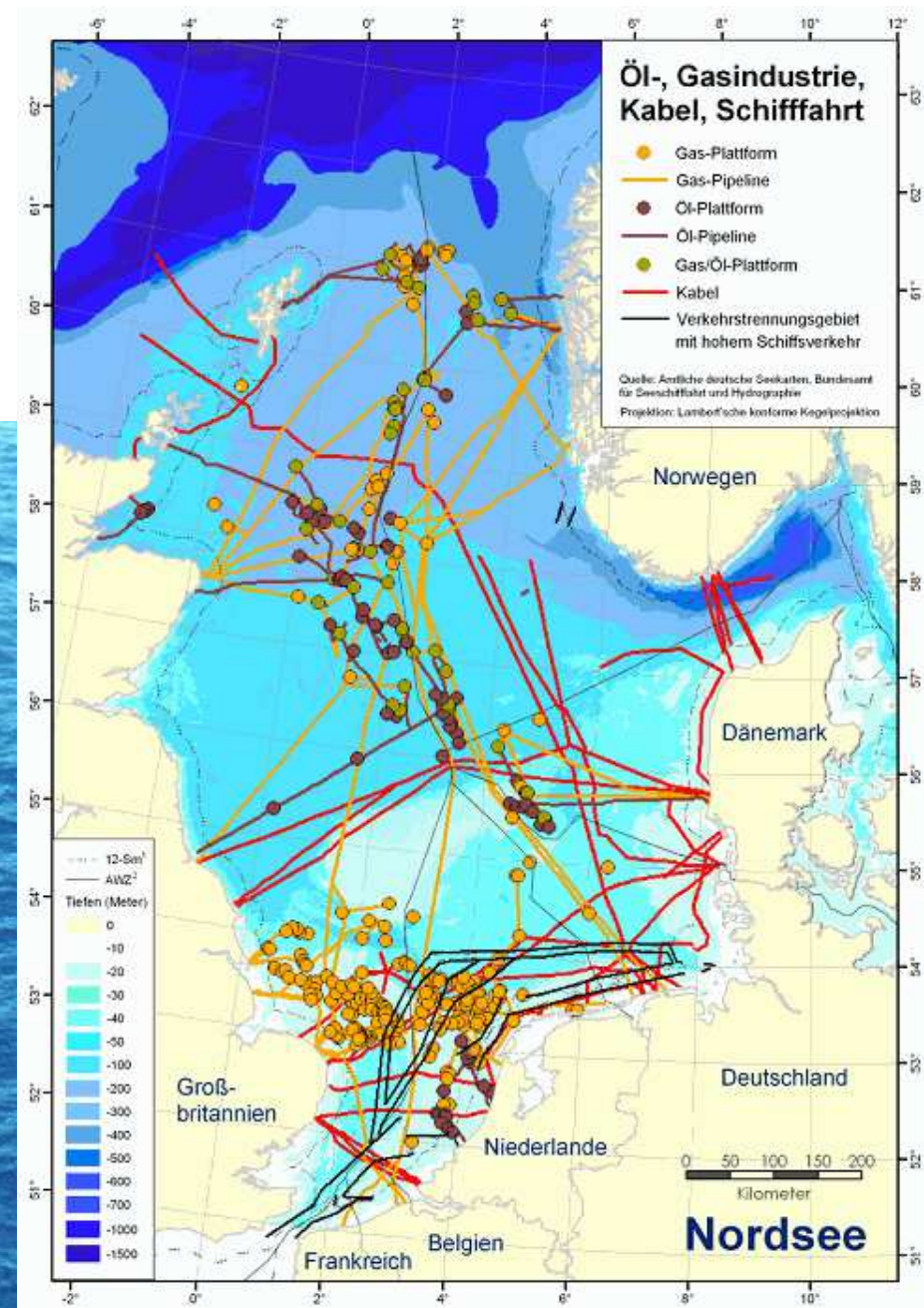


J. Schlaghamerský: Ochrana přírody - degradace biotopů znečištěním prostředí

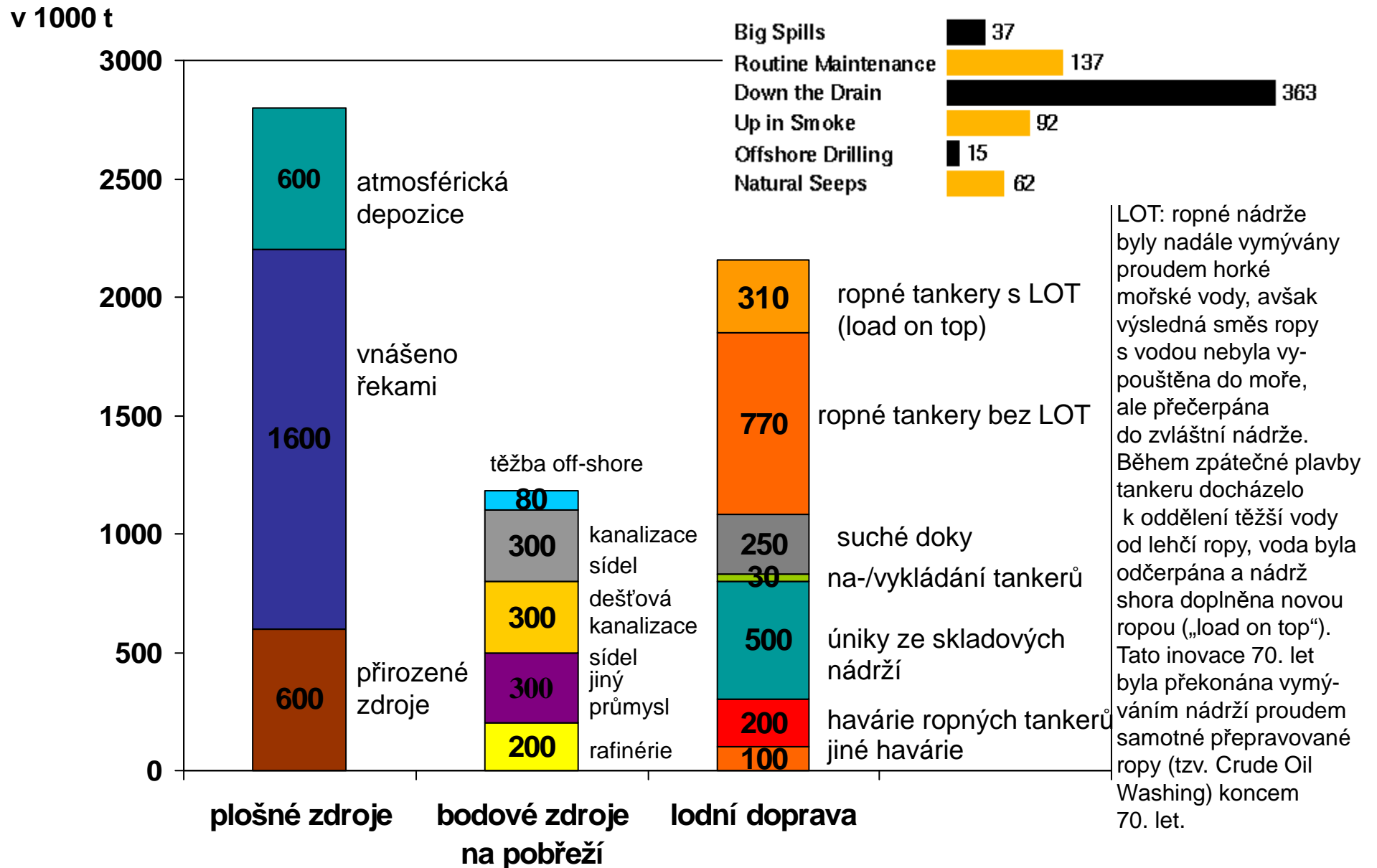


J. Schlaghamerský: Ochrana přírody - degradace biotopů znečištěním prostředí

Těžba ropy a zemního plynu v oblasti mořského šelfu (off-shore) na příkladu Severního moře (mapa ukazuje polohu vrtných plošin, podmořských kabelů a hlavní lodní trasy).



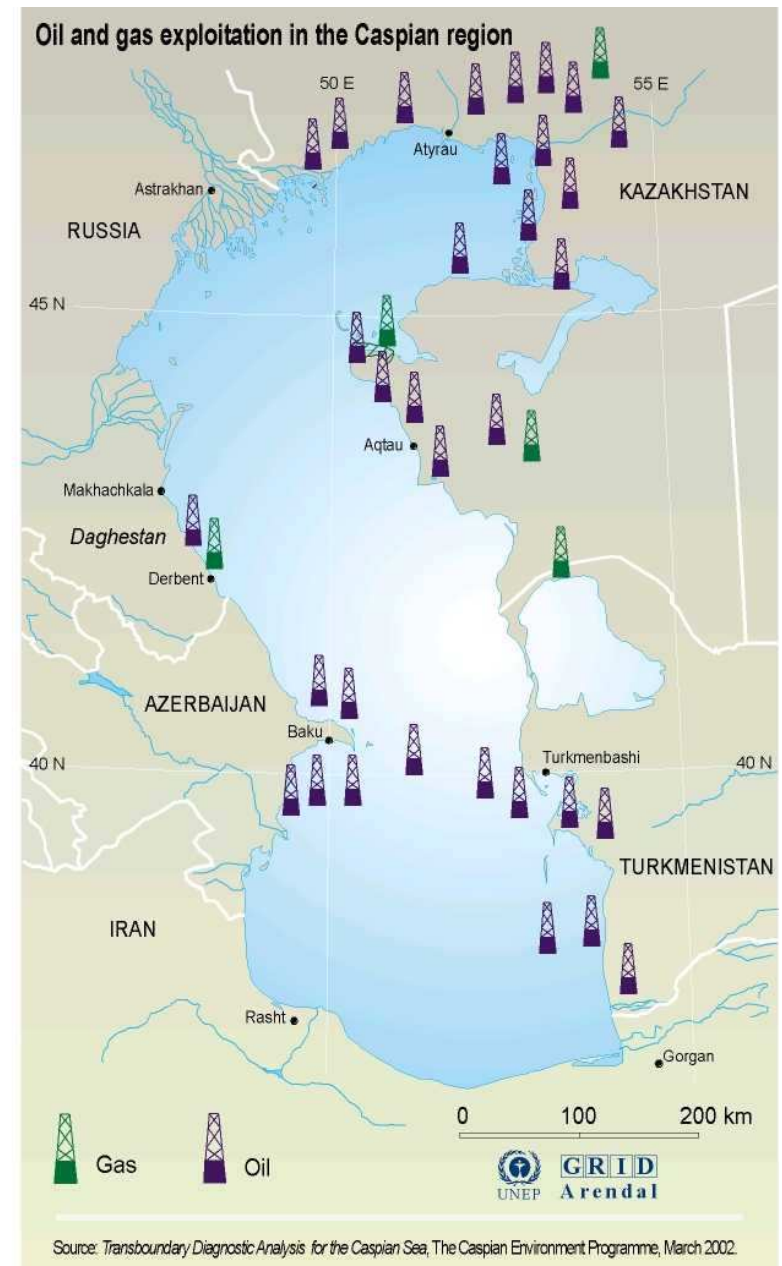
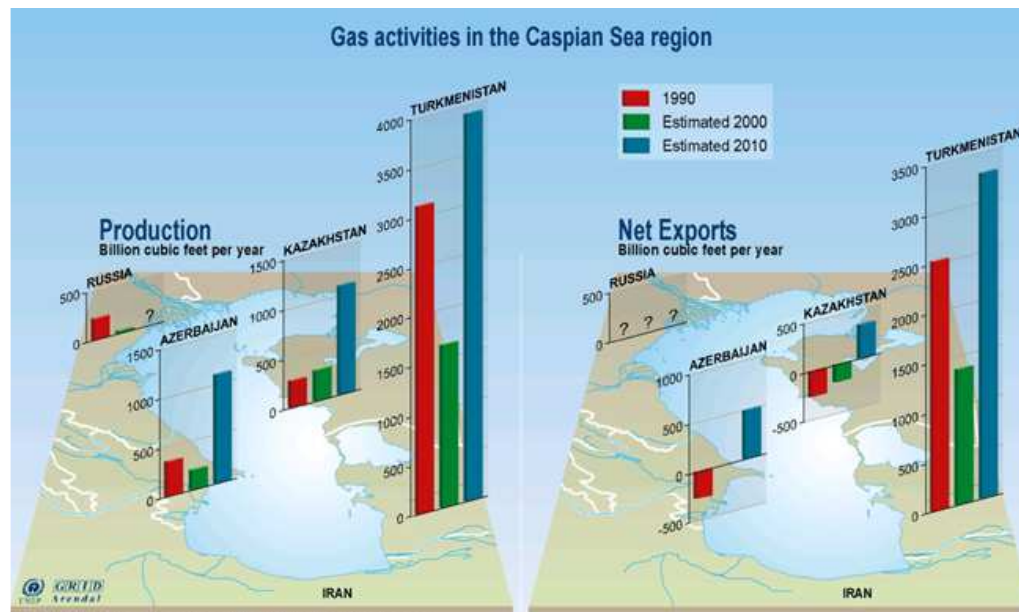
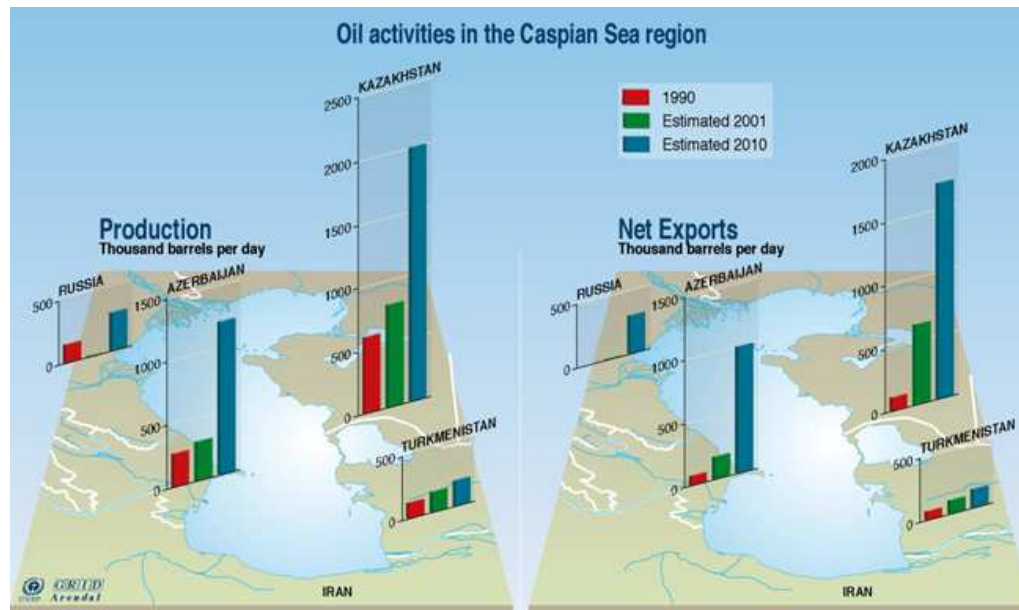
J. Schlaghamerský: Ochrana přírody - degradace biotopů znečištěním prostředí



Zdroje znečištění světových moří uhlovodíky (podle Esso AG, 70. léta; nahoře novější data)

J. Schlaghamerský: Ochrana přírody - degradace biotopů znečištěním prostředí

Kaspické moře: těžba ropy a zemního plynu



J. Schlaghamerský: Ochrana přírody - degradace biotopů znečištěním prostředí



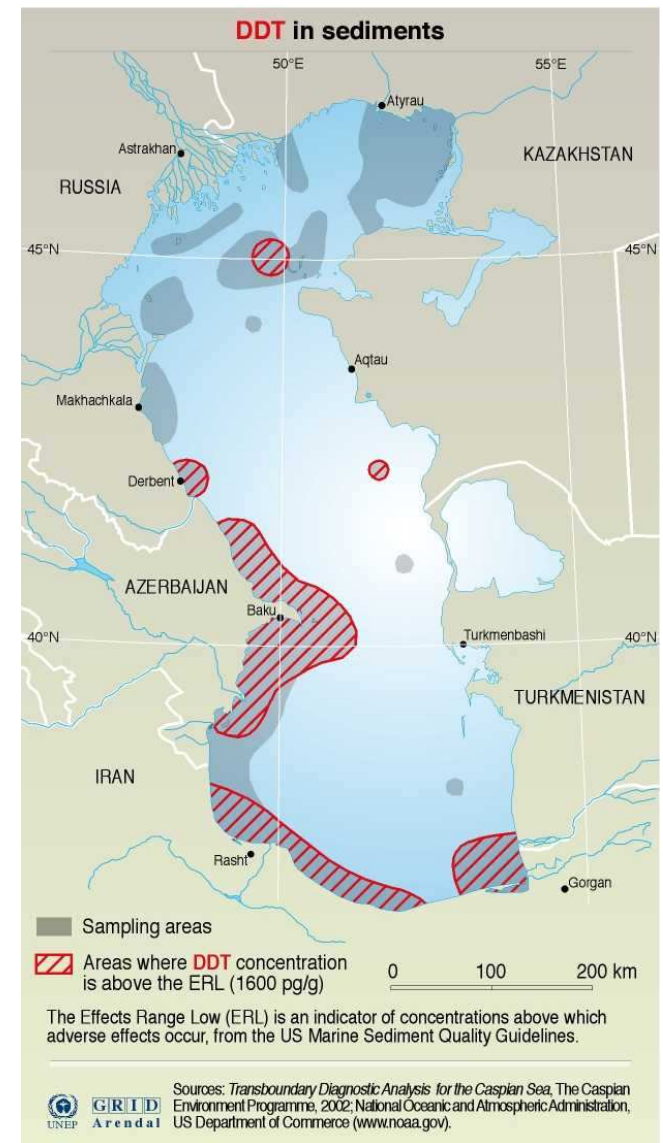
Kaspické moře:
těžba ropy a zemního plynu



Několik „zátiší“

J. Schlaghamerský: Ochrana přírody - degradace biotopů znečištěním prostředí

Kaspické moře: kontaminace prostředí toxickými látkami
(olovo v rybích tkáních, rtuť a DDT v jezerních sedimentech)

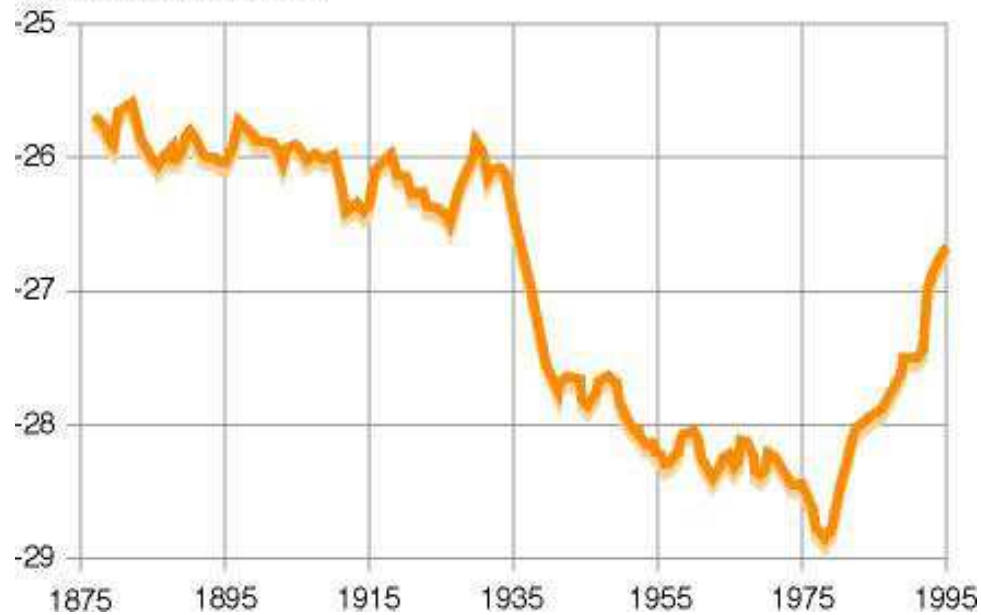


J. Schlaghamerský: Ochrana přírody - degradace biotopů znečištěním prostředí

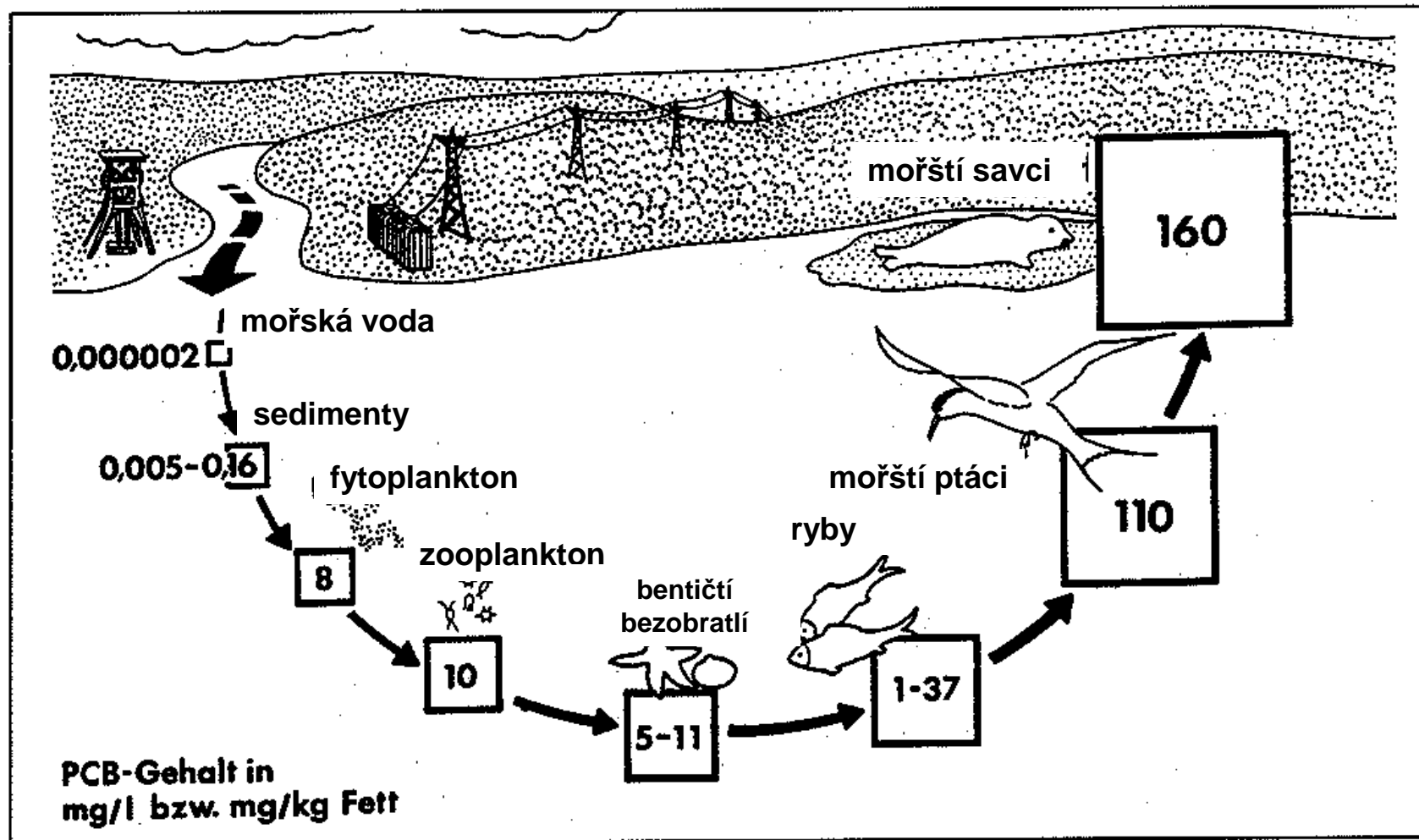
Kaspické moře: pokles hladiny a dezertifikace okolí



metres below sea level

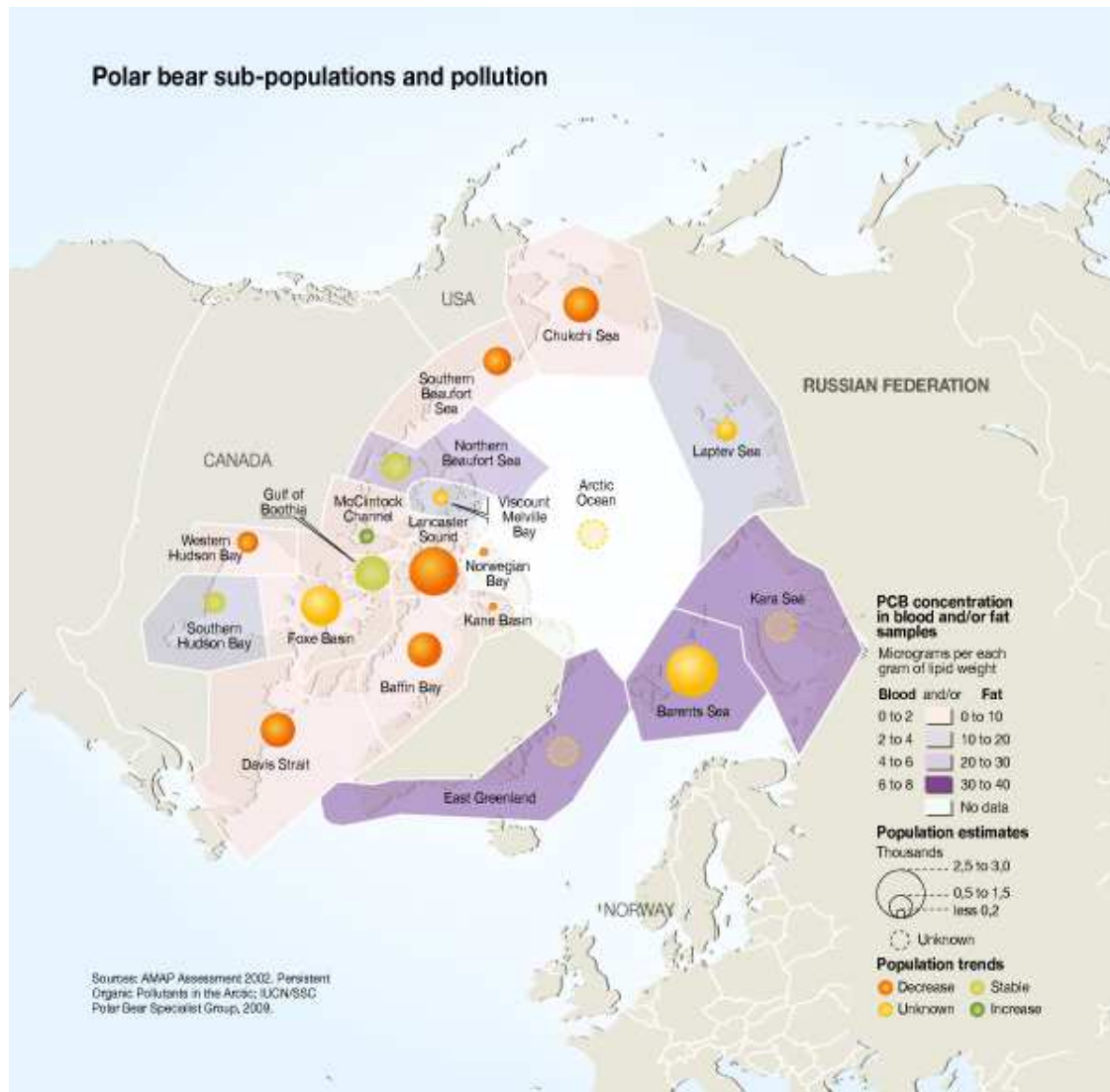


J. Schlaghamerský: Ochrana přírody - degradace biotopů znečištěním prostředí



Akumulace PCB v mořském potravním řetězci; obsah PCB udáván v mg/l, resp. mg/kg tuku (pozor na „potravní vazbu“ mořští ptáci – tuleni)

J. Schlaghamerský: Ochrana přírody - degradace biotopů znečištěním prostředí

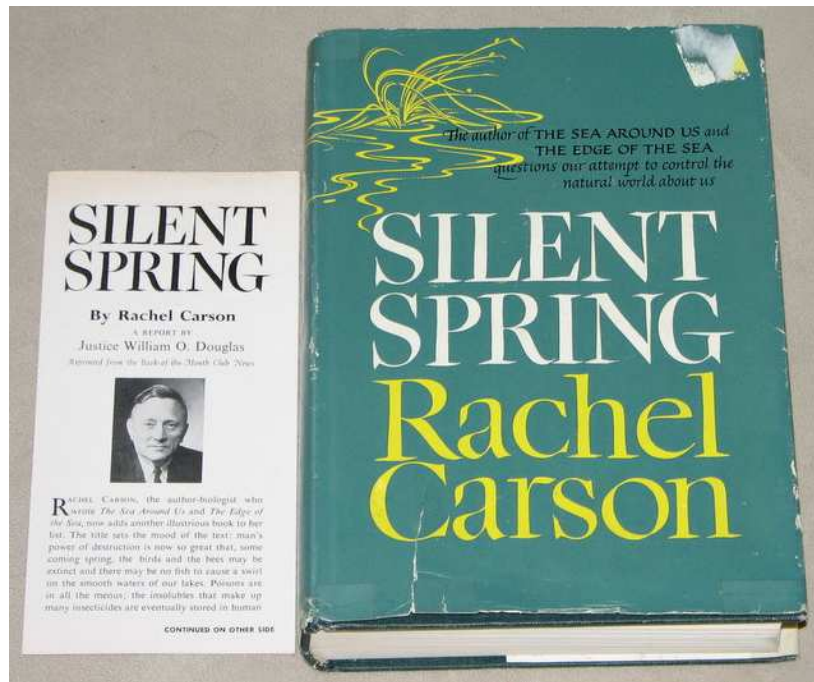


Koncentrace PCB ve vzorcích krve a/nebo tuku odebraných medvědům ledním z různých subpopulací.

UNEP/GRID-Arendal. Polar bear sub-populations and pollution. UNEP/GRID-Arendal Maps and Graphics Library. 2010. Dostupné na: <http://maps.grida.no/go/graphic/polar-bear-sub-populations-and-pollution>. Staženo 8. 11. 2011.

J. Schlaghamerský: Ochrana přírody - degradace biotopů znečištěním prostředí

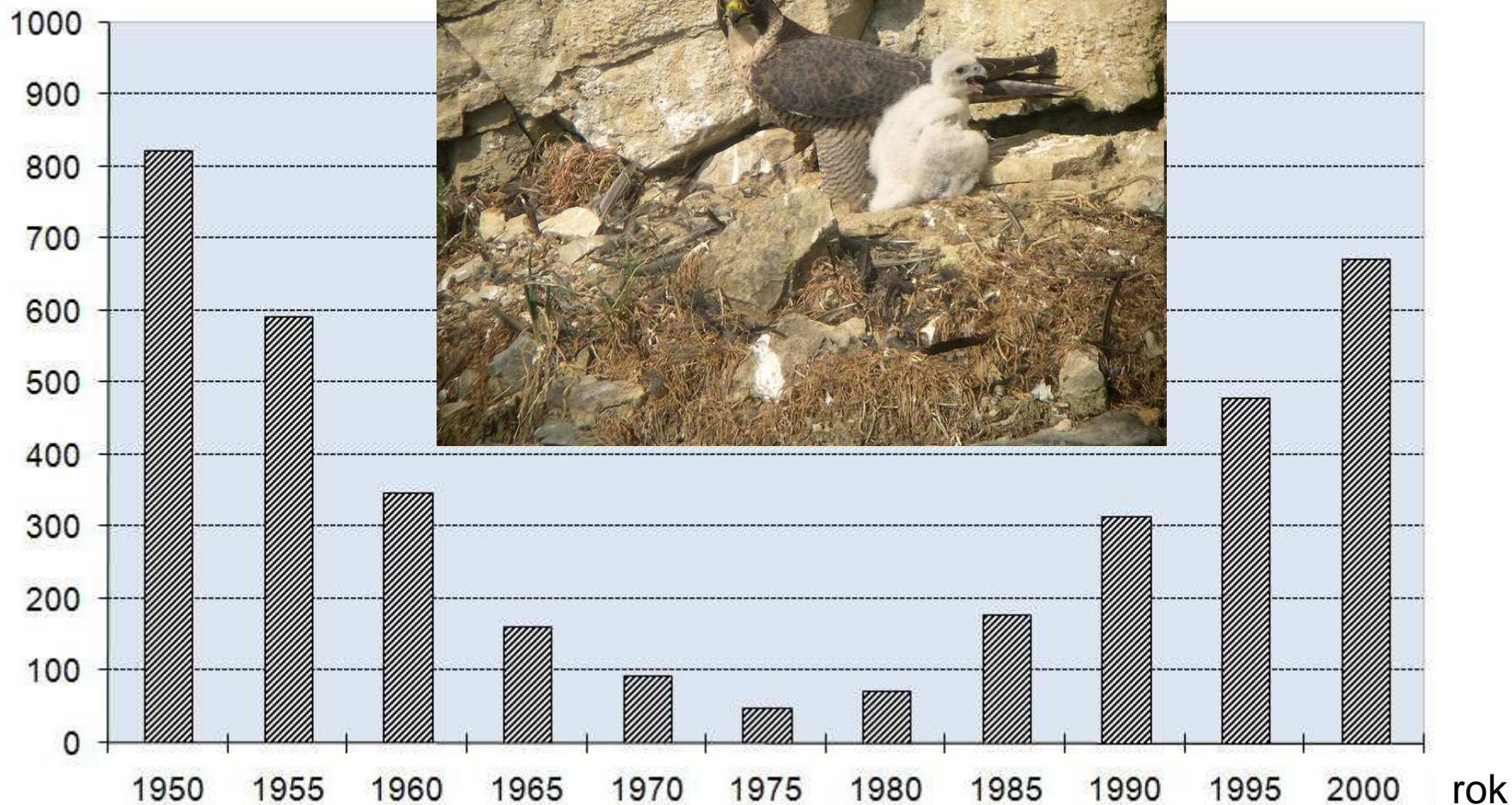
Publikace knihy „Tiché jaro“ (1962), upozornila na negativní vlivy pesticidů (především DDT) na přírodu a lidské zdraví. Vedla k dalekosáhlému přehodnocení způsobu, jakým bylo s pesticidy zacházeno jak v USA, tak i celosvětově.



Rachel Louise Carson
(1907-1964)

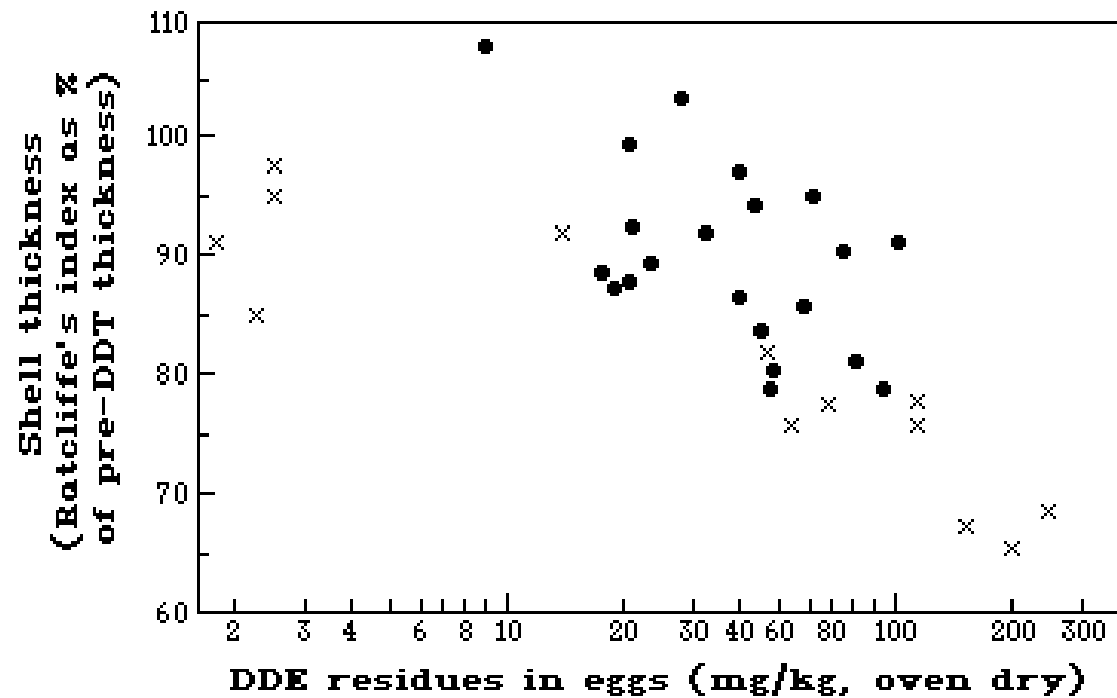
J. Schlaghamerský: Ochrana přírody - degradace biotopů znečištěním prostředí

počet párů



Vývoj počtu hnízdních párů sokola stěhovavého v Německu (SRN + NDR) v letech 1950-2000.

J. Schlaghamerský: Ochrana přírody - degradace biotopů znečištěním prostředí

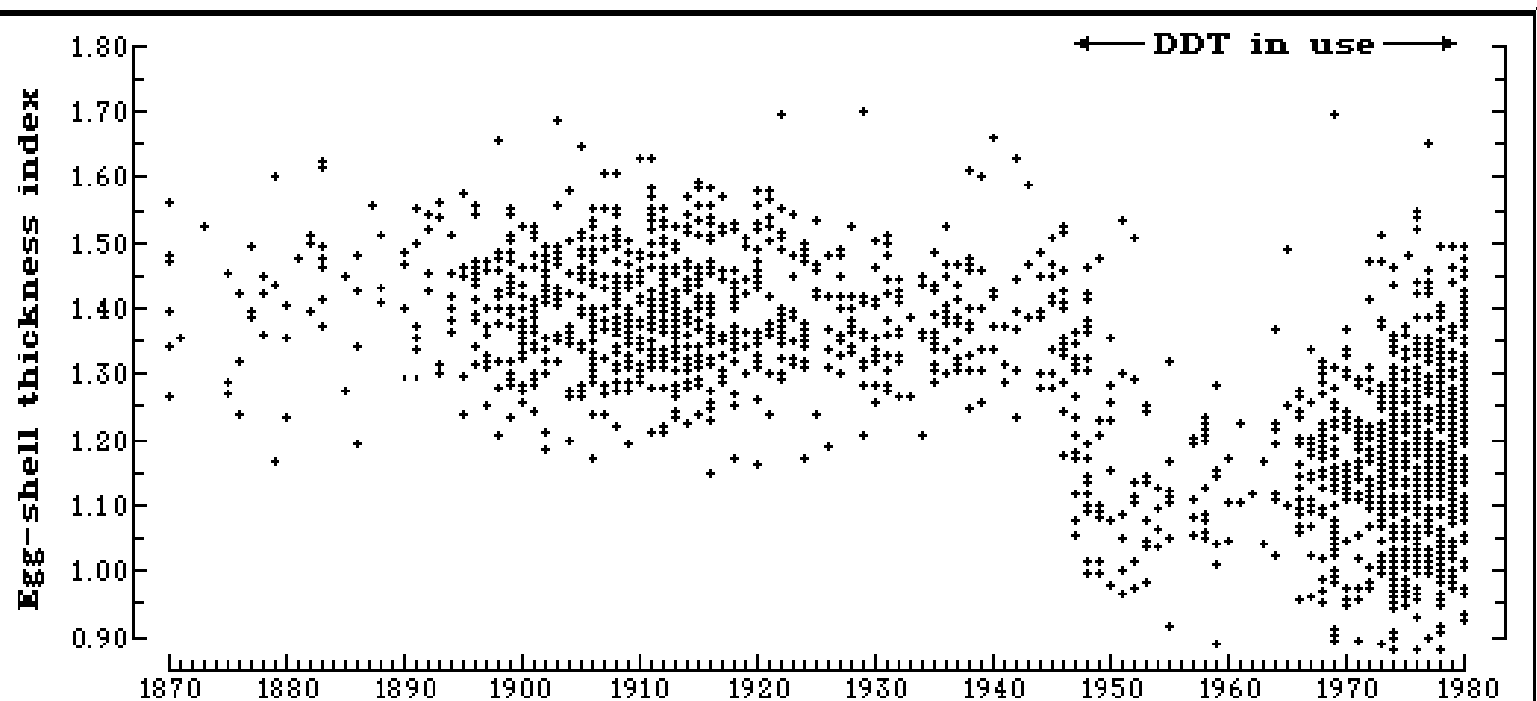


Relationship between mean clutch shell thickness and DDE residue of American kestrel eggs collected in Ithaca, New York during 1970 (●) and the same relationship experimentally induced with dietary DDE (x). From: Lincer (1975).

Vztah mezi průměrnou tloušťkou skořápek snůšky a reziduem DDE ve vejcích poštolky pestré sbíraných v Ithace, New York v r. 1970 (●) a stejný vztah zjištěný pomocí pokusu s DDE podávaným v potravě (x).



J. Schlaghamerský: Ochrana přírody - degradace biotopů znečištěním prostředí



WHO 881111

Shell thickness index of British sparrowhawks, 1870-1980. Shells become thin abruptly from 1947, coincident with the widespread introduction of DDT in agriculture. Each spot represents the mean shell-index of a clutch, and more than 1000 clutches have been represented from all regions of Britain. Shells were made available for measurement from museums and private collections.
From: Newton & Hass (1984).

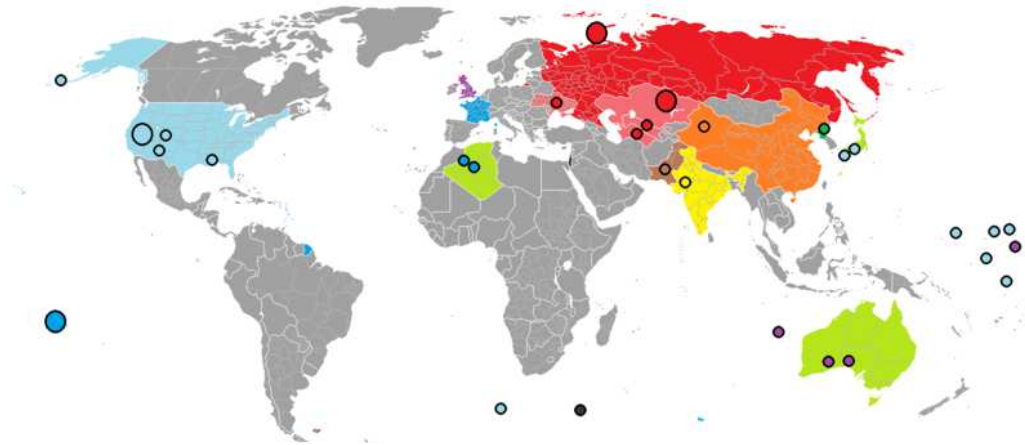


Index tloušťky vaječných skořápek u britských krahujců v letech 1870-1980. Tloušťka prudce poklesla od r. 1947, v době kdy došlo k plošnému zavedení DDT v zemědělství.

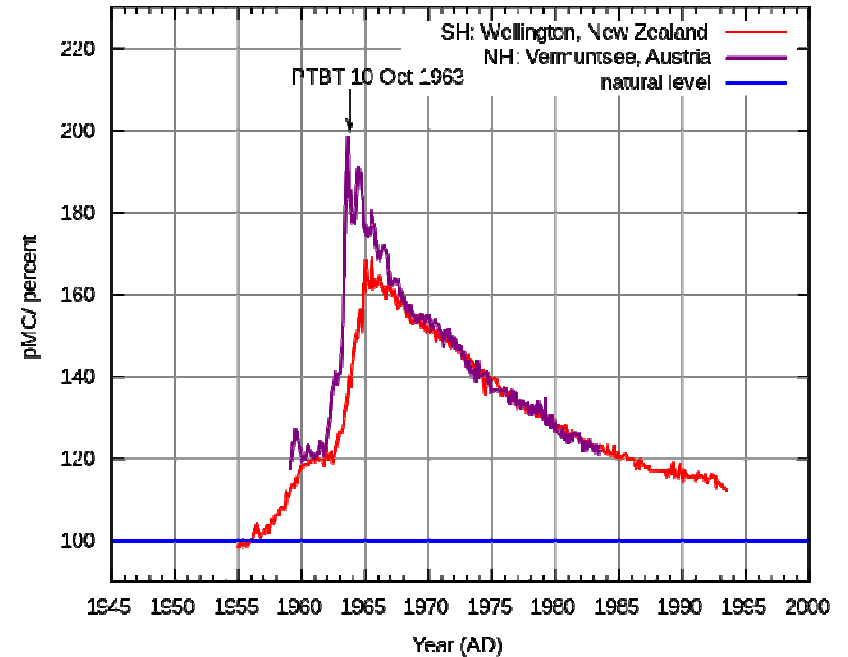
Každá tečka představuje průměrný index pro jednu snůšku, vzorek obsahuje přes 1000 snůšek ze všech oblastí Velké Británie. Skořápky byly poskytnuty pro měření muzei i soukromými sbírkami. Podle Newton & Hass (1984).

J. Schlaghamerský: Ochrana přírody - degradace biotopů znečištěním prostředí

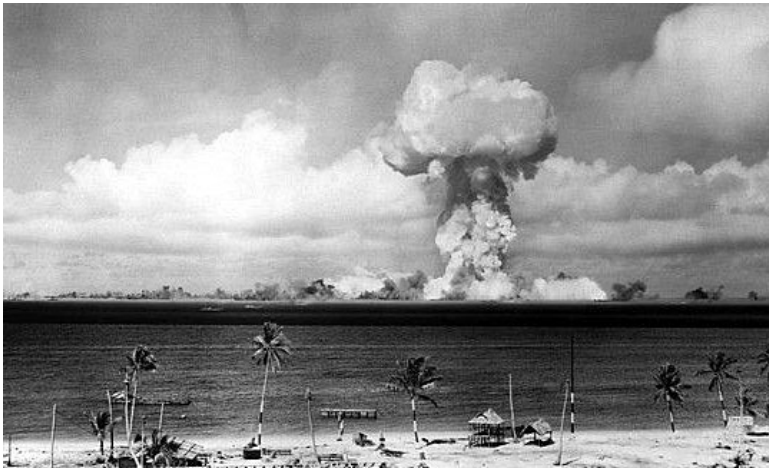
Kontaminace atmosféry nasazením, resp. testováním jaderných zbraní



Místa kde došlo k explozi jaderné bomby a zodpovědné státy (ve stejné barvě koleček, velikost koleček značí relativní početnosti jaderných explozí, světle zelené jsou jiné státy na jejichž území k explozím došlo) (zdroj: Wikipedia, autor: Palli3000)



Relativní změny koncentrace atmosférického radioaktivního uhlíku (poměr $^{14}\text{C}:^{12}\text{C}$) v letech 1954 až 1993 na severní (Vermuntsee, Rakousko) a jižní (Wellington, Nový Zéland) polokouli (zdroj: Wikipedia, autor: Hokanomono)

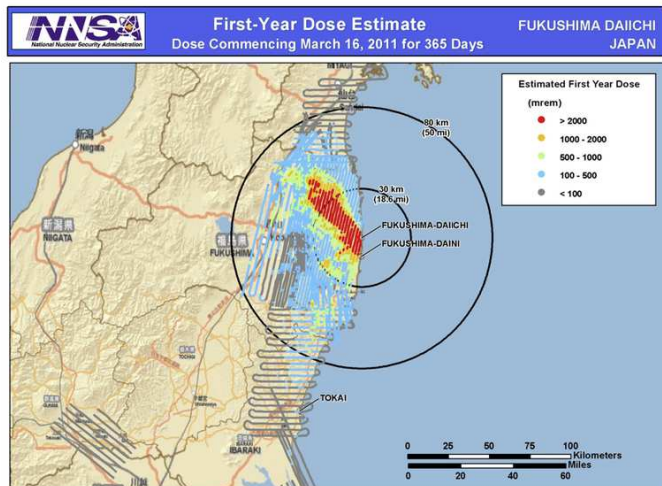


Detonace jaderné bomby Abel v rámci operace Crossroads armády USA v r. 1946 na tichomořském atolu Bikini (zdroj: Wikipedia, autor: U.S. Navy)

J. Schlaghamerský: Ochrana přírody - degradace biotopů znečištěním prostředí

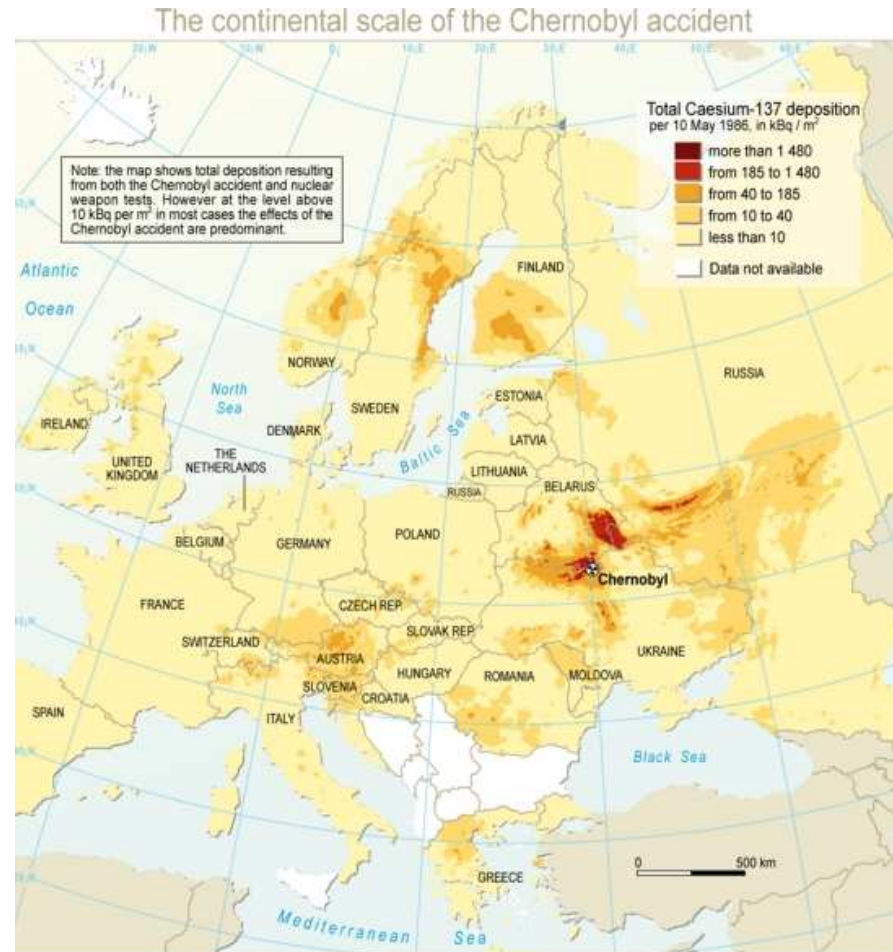


Pohled na Černobyl (jaderná elektrárna v pozadí) ze střechy obce Prip'yat (zdroj: Wikipedia, foto: Jason Minshull, rok?)



Map created on 04092011 1300 JST UNCLASSIFIED Nuclear Incident Team DOE NIT Contact (202) 586 - 8100

Potenciální roční dávka radioaktivity, které by byli obyvatelé vystaveni při setrvání v dané oblasti po havárii jaderné elektrárny u Fukušimy (Japonsko) v březnu 2011. (zdroj: Wikipedia, autor: US Department of Energy)



Source: European Commission, Joint Research Center, Environment Institute, Institute of Global Climate and Ecology (Moscow); Roshydromet (Russia); Minchernobyl (Ukraine); Belhydromet (Belarus). Atlas of Caesium Deposition on Europe after the Chernobyl Accident, 1998.

Map by UNEP/GRID-Arendal, May 2007.

THE MAP DOES NOT IMPLY THE EXPRESSION OF ANY OPINION ON THE PART OF ENVSEC PARTNER ORGANISATIONS CONCERNING THE LEGAL STATUS OF ANY COUNTRY, TERRITORY, CITY OR AREA OF ITS AUTHORITY, OR DELINEATION OF ITS FRONTIERS AND BOUNDARIES.

Celková depozice Caesia-137 po havárii jaderné elektrárny v Černobylu v květnu 1986 (poločas rozpadu cca 30 let) (Zdroj: UNEP/GRID-Arendal. The continental scale of the Chernobyl accident. UNEP/GRID-Arendal Maps and Graphics Library. 2007.

Dostupné na: <http://maps.grida.no/go/graphic/the-continental-scale-of-the-chernobyl-accident/>.)

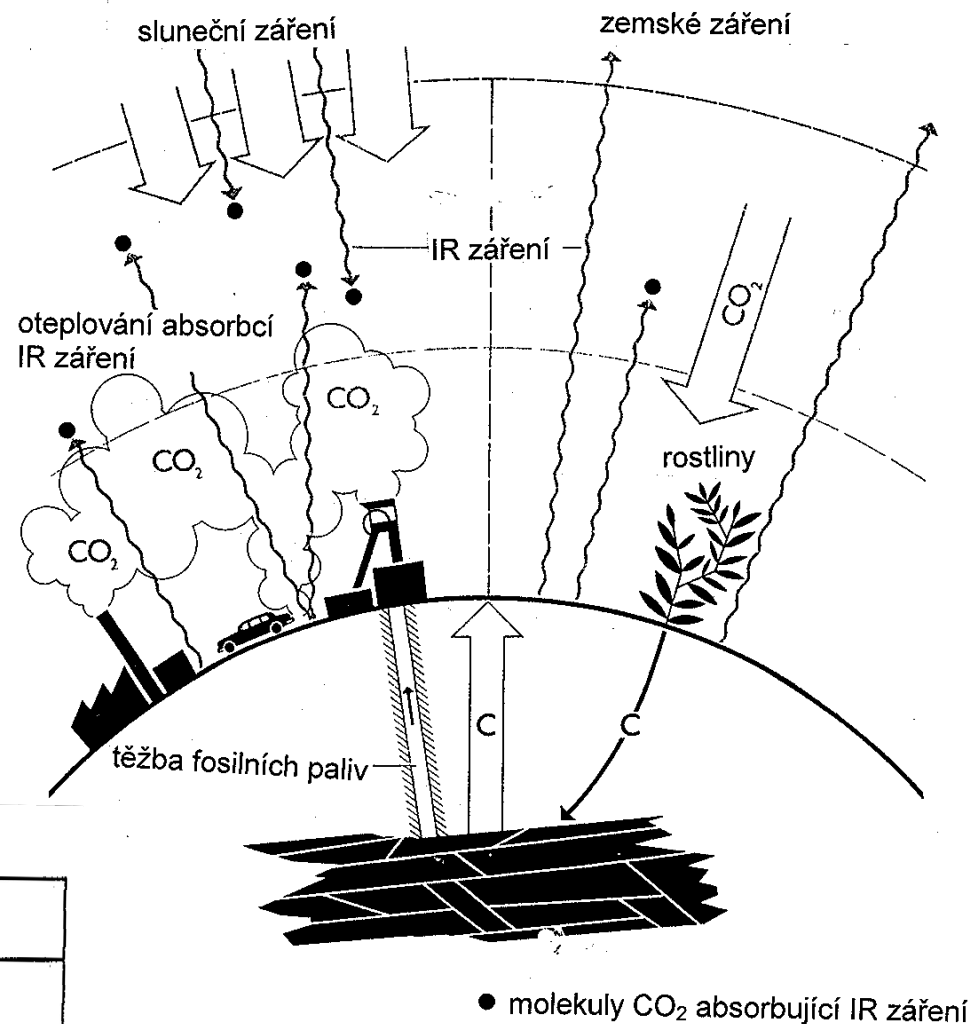
J. Schlaghamerský: Ochrana přírody - degradace biotopů znečištěním prostředí

Radioaktivně zamořené oblasti bývalého Sovětského svazu



Zdroj: UNEP/GRID-Arendal. Nuclear energy is not a clean alternative The legacy of the Soviet Union's nuclear activities. UNEP/GRID-Arendal Maps and Graphics Library. 2009.
Dostupné na: <http://maps.grida.no/go/graphic/nuclear-energy-is-not-a-clean-alternative-the-legacy-of-the-soviet-union-s-nuclear-activities>.

Globální oteplování



Podíl plynů na přirozeném skleníkovém efektu

Plyn	Účinnost [%]
vodní pára	62
oxid uhličitý	22
troposférický ozon	7
oxid dusný	4
metan	2,5
ostatní plyny	2,5

Zdroj: Ahlheim, K.-H. (ed., 1981): Wie funktioniert das? Die Umwelt des Menschen. 2. vydání. Bibliographisches Institut, Mannheim, Wien, Zürich - upraveno

Globální oteplování

Přirozená a nepřirozená produkce skleníkových plynů

Plyn	Přirozená produkce	Nepřirozená produkce
oxid uhličitý	dýchání rostlin a živočichů, rozklad organických látek v půdě, zvětrávání, vulkanická činnost, uvolňování z oceánů	spalování fosilních paliv, odlesňování a vypalování lesů (tropy) a půdní eroze
metan	v mokřadech jako bahenní plyn, tlení, vulkanická činnost	těžba zemního plynu a uhlí, pěstování rýže, chov dobytka, skládky odpadů
oxid dusný	uvolňování z oceánu, pochody v atmosféře, přirozené lesní požáry	spalování fosilních paliv, hnojení dusíkatými hnojivy

Globální oteplování

Celkový obsah uhlíku na Zemi: cca 40 000 Gt (mdl. t).

Z toho:

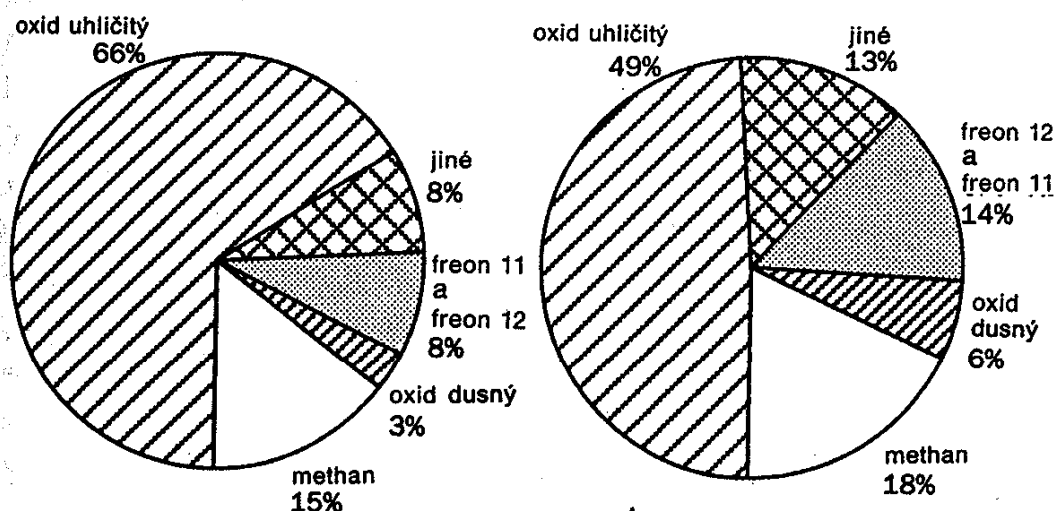
- 35-38 000 Gt rozpuštěný anorg. C v mořských hlubinách
- 3 000 Gt rozpuštěný org. C v mořských hlubinách
- 600 Gt v horních vrstvách oceánů
- 750 Gt v atmosféře (odpovídá cca 353 ppm C; cca. r. 1990)
- 800 Gt v živých organismech – zcela převážně rostlinách (80-90 % lesy)
- přes 1000 Gt odumřelé biomasy (humus, rašelina)

Obrat veškerého C v atmosféře 1 x za 300 let (rostlinami)

Tabulka 1.2 Obsah uhlíku v různých složkách klimatického systému (Gt)

CO ₂ v současném ovzduší	750
CO ₂ v předindustriálním ovzduší	575
Současná roční produkce způsobená spalováním fosilních paliv	> 5
Současná roční produkce způsobená odlesňováním	2
Obsah uhlíku v rostlinstvu	560
Uhlík ve využitelných ložiscích uhlí a ropy	4 000
Uhlík ve výhledově využitelných zásobách fosilních paliv	5 000–10 000

Globální oteplování



Obr. 4.1 Procentuální podíl různých skleníkových plynů na globálním oteplení. a) 1880–1980, b) 80. léta. „Ostatní“ zahrnuje troposférický ozón, halogenované uhlovodíky a stratosférickou vodní páru. Pramen: D. A. Lashof and D. A. Tirpak (eds.), Policy Options for Stabilizing Global Climate, Environmental Protection Agency, Washington, DC, 1989.

Tabulka 1.4 Snížení emisí nutné pro udržení koncentrace skleníkových plynů v atmosféře na současné úrovni

Skleníkový plyn	Snížení o (%) odhad IPCC	Snížení o (%) odhad EPA
CO ₂	větší než 60	50–80
CH ₄	15–20	10–20
N ₂ O	70–80	80–85
freon 11	70–75	75–100
freon 12	75–85	75–100
HCFC-22	40–50	nebylo udáno

„Freony“ (chloro-fluorované uhlovodíky) vedou v atmosféře především ke vzniku ozónových děr nad póly, působí ale také jako skleníkové plyny.

Globální oteplování

Tabulka 14.1 Rozdělení emisí methanu podle zdrojů ($Tg = 10^{12}$ gramu nebo 10^6 tun)

	Lashof/Tirpak	Watson a kol.
Přírodní zdroje (mokřiny)	115–345	100–200
Pěstování rýže	60–170	25–170
Domácí zvířata	65–100	65–100
Těžba fosilních paliv	50– 95	40–100
Spalování biomasy	50–100	20– 80
Skládky	30– 70	20– 70
Termiti		10–100
Světové vodstvo		6– 45
Rozklad hydrátů methanu		0–100

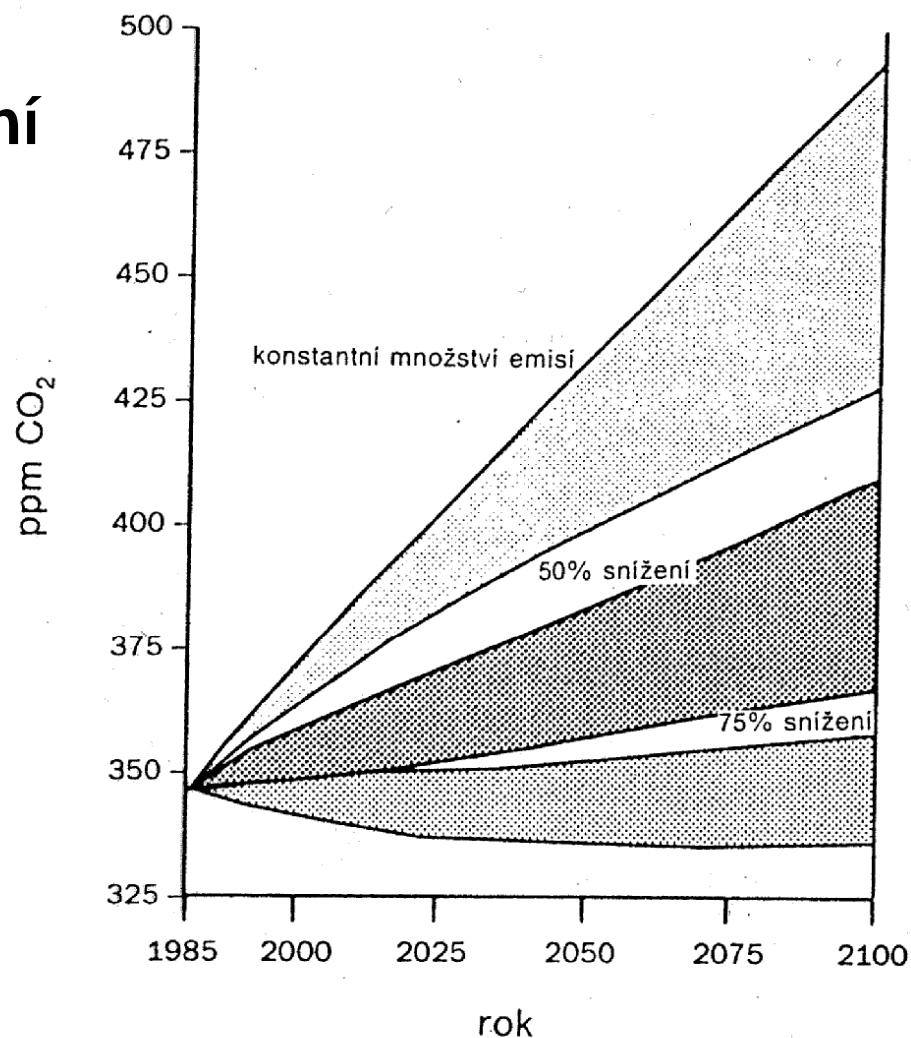
Pramen: D. A. Lashof, D. A. Tirpak (vydav.): Policy Options for Stabilizing Global Climate (EPA, Washington, DC); Watson a kol., pracovní komise č. 1 při IPCC: Greenhouse Gases and Aerosols, hodnocení pro pracovní komisi č. 1 při IPCC ze dne 25, dubna 1990.

Globální oteplování

Tabulka 14.4 Odhadované zdroje a prostředky destrukce oxidu dusného (v Tg dusíku ročně)

Zdroj	
Užívání fosilních paliv	0,1 – 0,3
Oceány	1,4 – 2,6
Půdy (tropické lesy)	2,2 – 3,7
(lesy mírného pásu)	0,7 – 1,5
Pálení biomasy	0,02– 0,2
Hnojiva/podzemní voda	0,01– 2,2
Celkem	4,4 –10,5
Prostředky	
Půda	?
Fotolýza ve stratosféře	7–13
Roční přírůstek	3–4,5

Globální oteplování



Obr. 1.6 Vliv 50% a 75% omezení globálních emisí CO₂ na koncentraci atmosférického CO₂ ve srovnání se zachováním emisí na úrovni r. 1985 (5,9 miliard tun uhlíku ročně). Rozptyl hodnot je způsoben použitím dvou různých modelů pohlcování CO₂ oceány.

Zdroj: Legget, E. (1992): Nebezpečí oteplování Země. Academia, Praha

Globální oteplování

Rámcová úmluva o změně klimatu (Framework Convention on Climate Change)

1992: předložena k podpisu na konferenci UNEP, Rio de Janeiro (podepsalo 155 států)

1993: přistoupila ČR

1994: vstoupila v platnost (ratifikovalo 50 států)

1996 – léto: ratifikovalo cca 160 států

Členské země se mají snažit o stabilizaci koncentrace skleníkových plynů v atmosféře na úroveň, která není nebezpečná celkovému stavu klimatického systému (referenční rok je 1990). Rozvinuté státy se zavazují poskytovat finanční zdroje pro potřeby rozvojových zemí při plnění úmluvy a to zvláště těm, které jsou změnou klimatu nejvíce postiženy. Stálý sekretariát Úmluvy je v Bonnu (Německo).



Rio de Janeiro, Foto: Jens Hausherr, Hamburg (D), Wikimedia Commons

Globální oteplování

Nárůst obsahu C (zcela převážně jako CO₂) v atmosféře vlivem lidské činnosti:

1850-1950: uvolněno do atmosféry navíc 180 Gt C

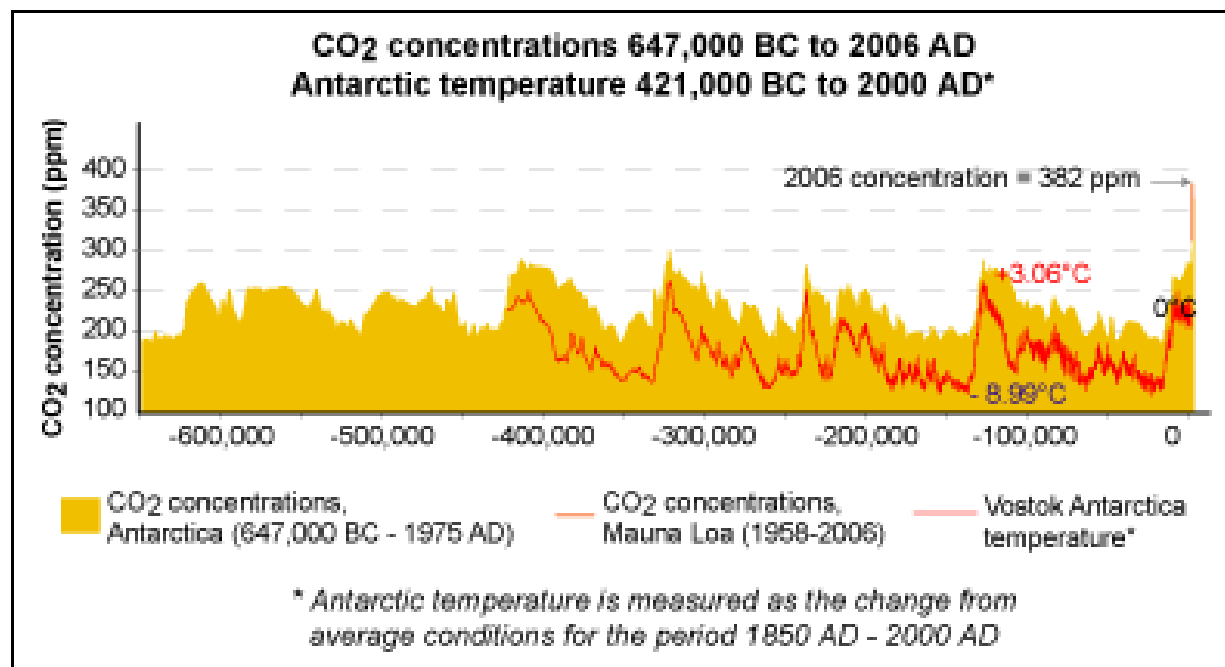
(z toho cca 150 Gt ze spalování fosilních paliv),

z toho asi 1/2 absorbována oceány

(podíl mýcení trop. lesů ohněm – vč. oxidace org. C z půdy (humusu) vystavené slunci)

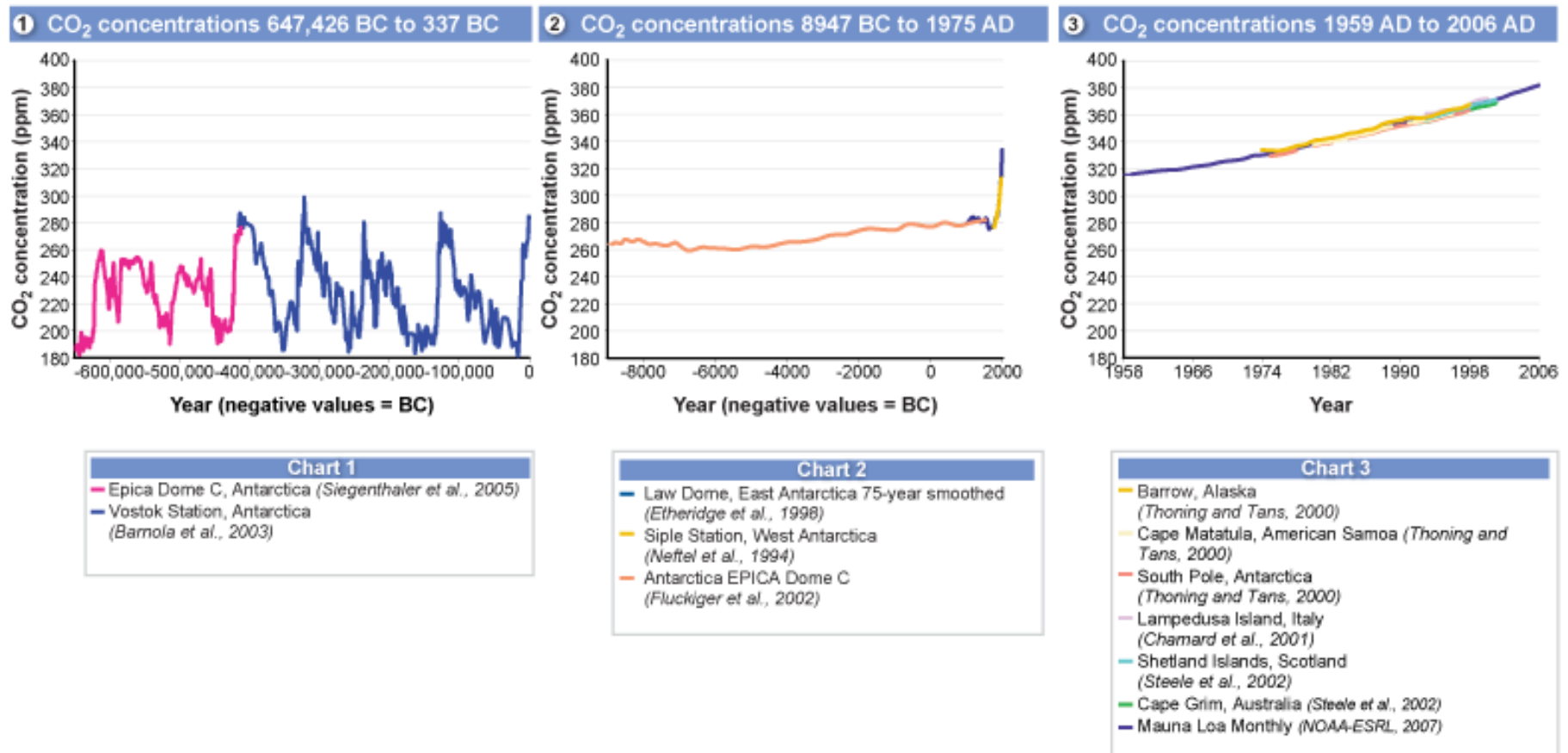
**Růst koncentrace C
v atmosféře:**

1850:	290 ppm
1960:	310 ppm
1980:	330 ppm
1990:	353 ppm
2006:	382 ppm



Průměrná zemská teplota je v současné době o 0,3 – 0,6 °C vyšší než v předindustriální éře.

Globální oteplování: nárůst koncentrace CO₂ v atmosféře



Pozor na různá časová období na ose x!
(Nehodí-li se nám určitý trend, zvolíme „vhodnější“ časovou osu.)

Globální oteplování: nárůst koncentrace CH₄ v atmosféře

4 CH₄ concentrations 648,679 BC to 346 BC

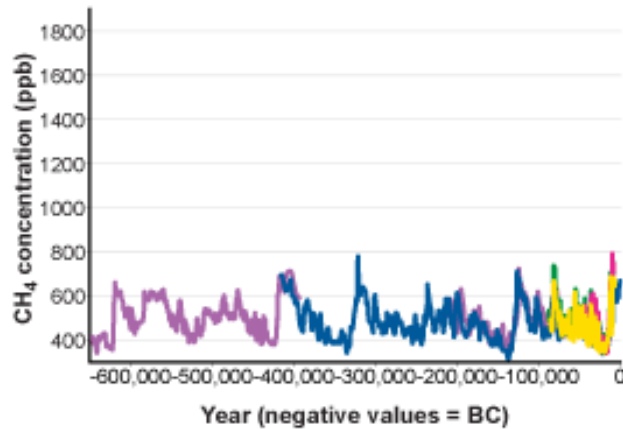


Chart 4

- Vostok Antarctica ice core (*Petit et al., 2001*)
- Greenland GRIP ice core (*Blunier and Brook, 2001*)
- Greenland GISP2 ice core (*Blunier and Brook, 2001*)
- Antarctica Byrd Station ice core (*Blunier and Brook, 2001*)
- EPICA Dome C Antarctica (*Spahni et al., 2005*)

5 CH₄ concentrations 8945 BC to 1980 AD

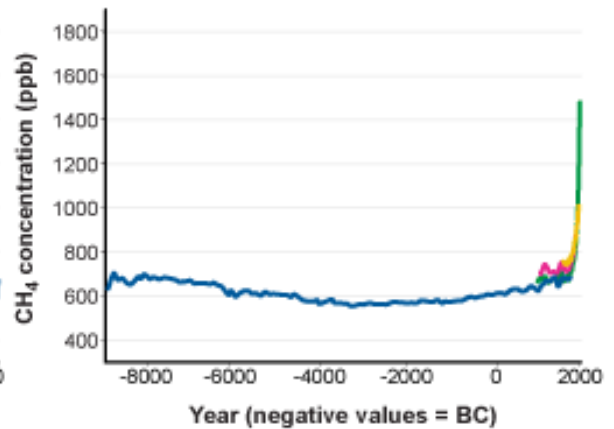


Chart 5

- Law Dome Antarctica (*Etheridge et al., 2002*)
- Various Greenland locations (*Etheridge et al., 2002*)
- Greenland Site J (*WDCGG, year unknown*)
- Antarctica (*Fluckiger et al., 2002*)

6 CH₄ concentrations 1985 AD to 2001 AD

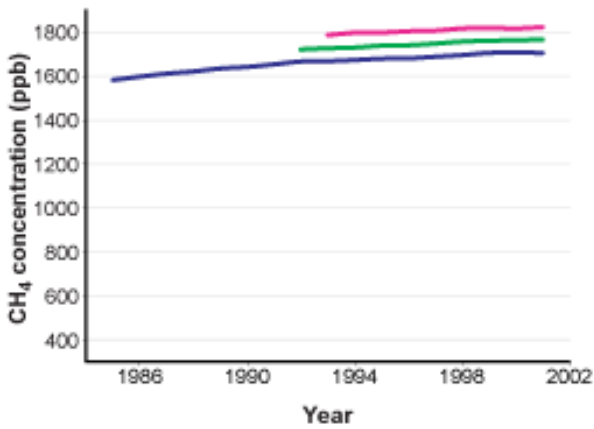
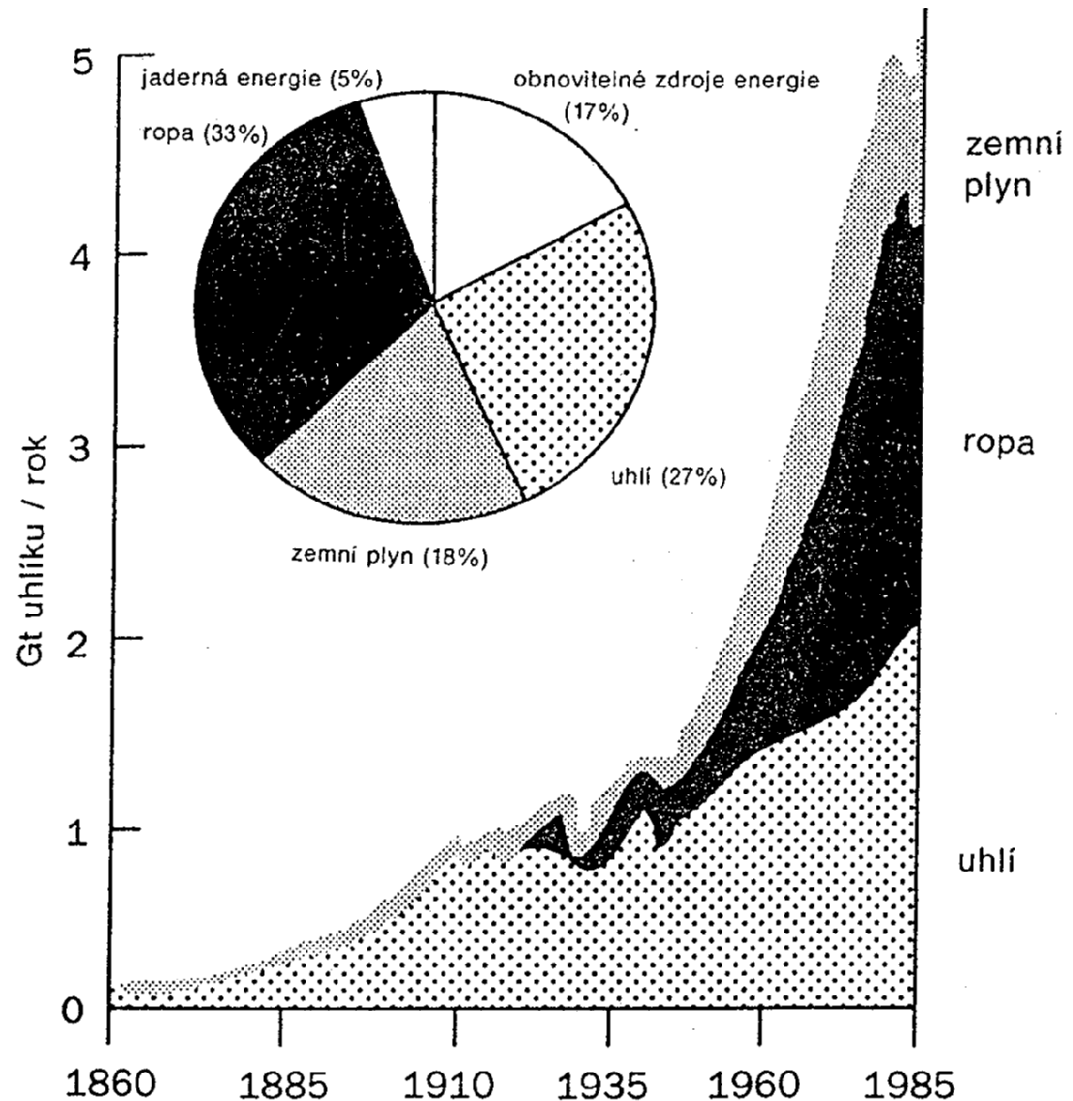


Chart 6

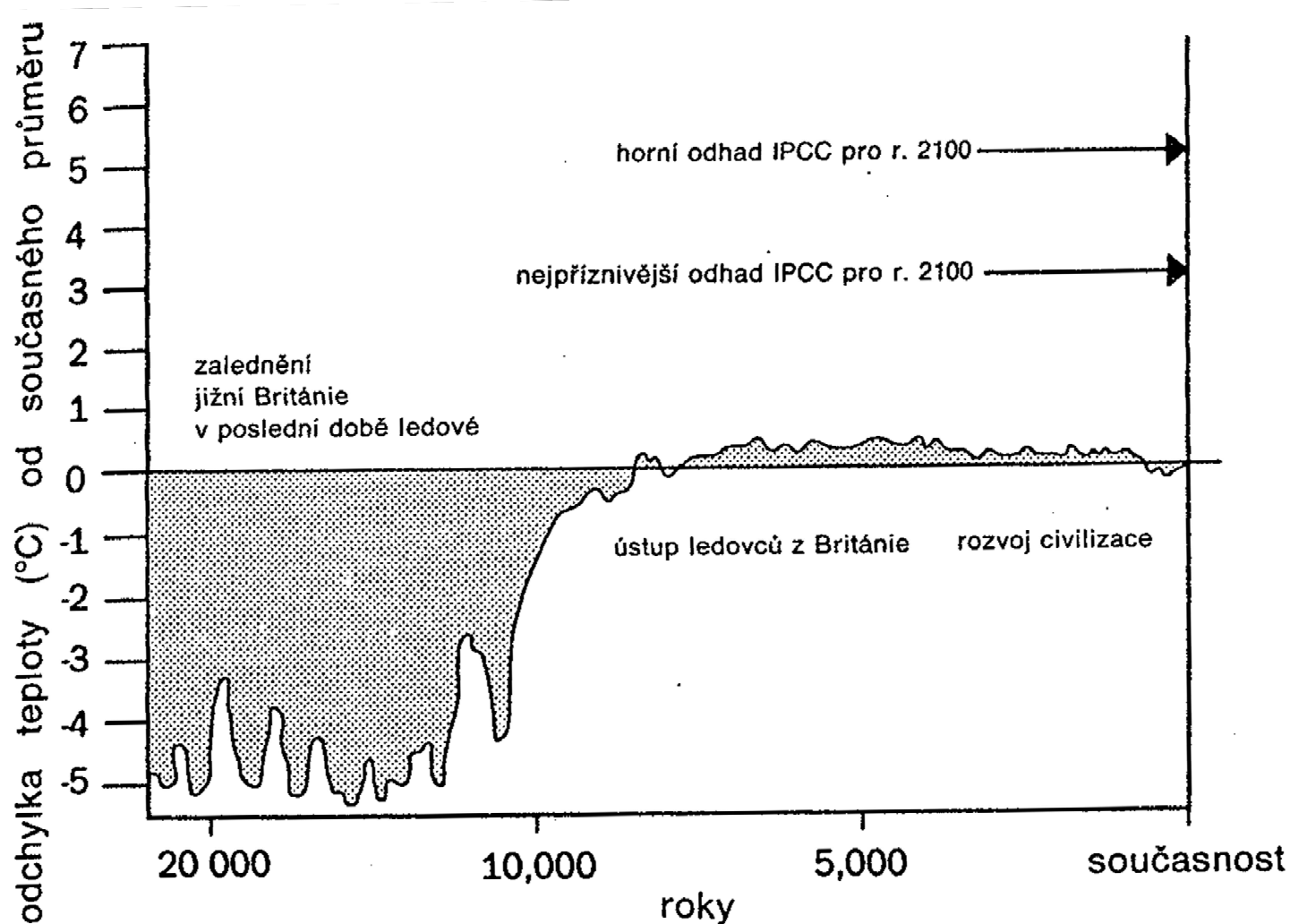
- Cape Grim, Australia (*Steele et al., 2002*)
- Shetland Islands, Scotland (*Steele et al., 2002*)
- Mauna Loa, Hawaii (*Steele et al., 2002*)

Globální oteplování



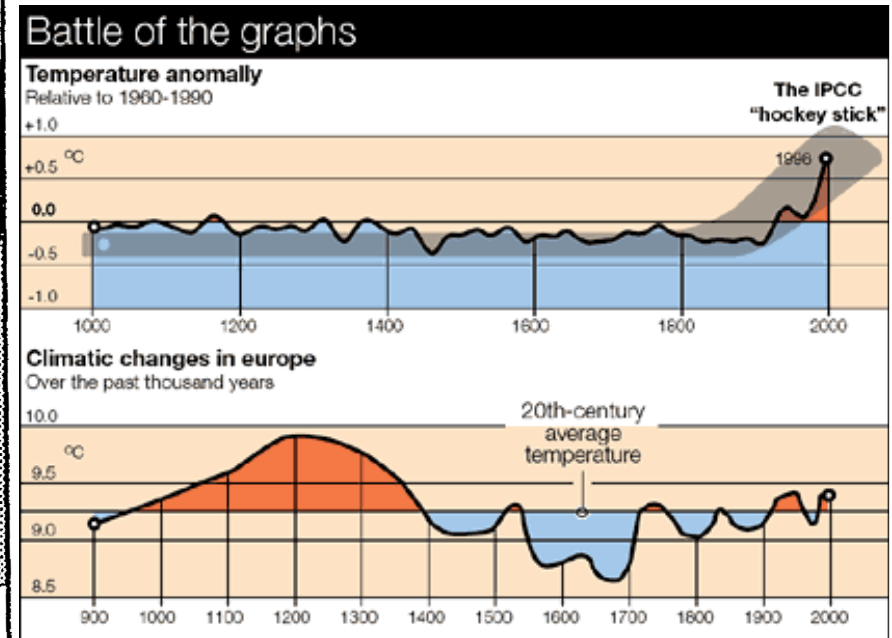
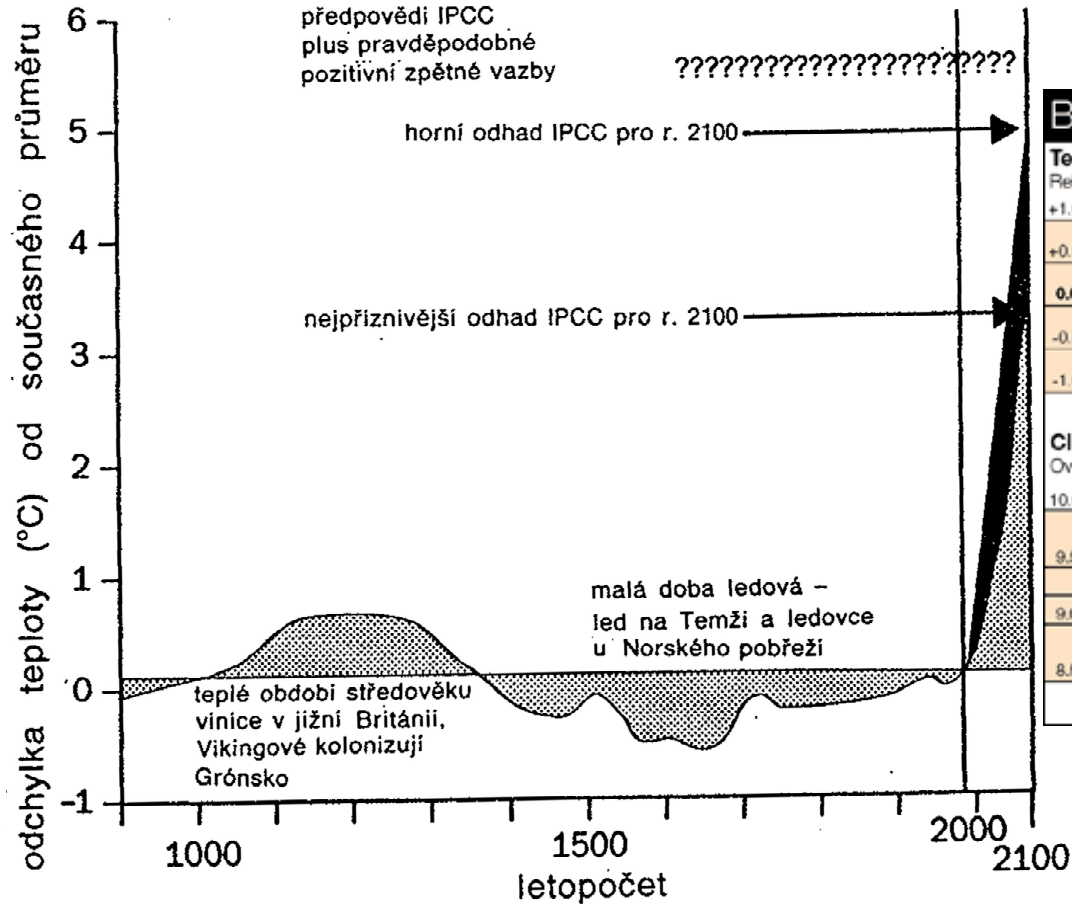
Obr. 1.5 Růst spotřeby fosilních paliv od průmyslové revoluce a současná světová spotřeba energie podle zdrojů.

Globální oteplování



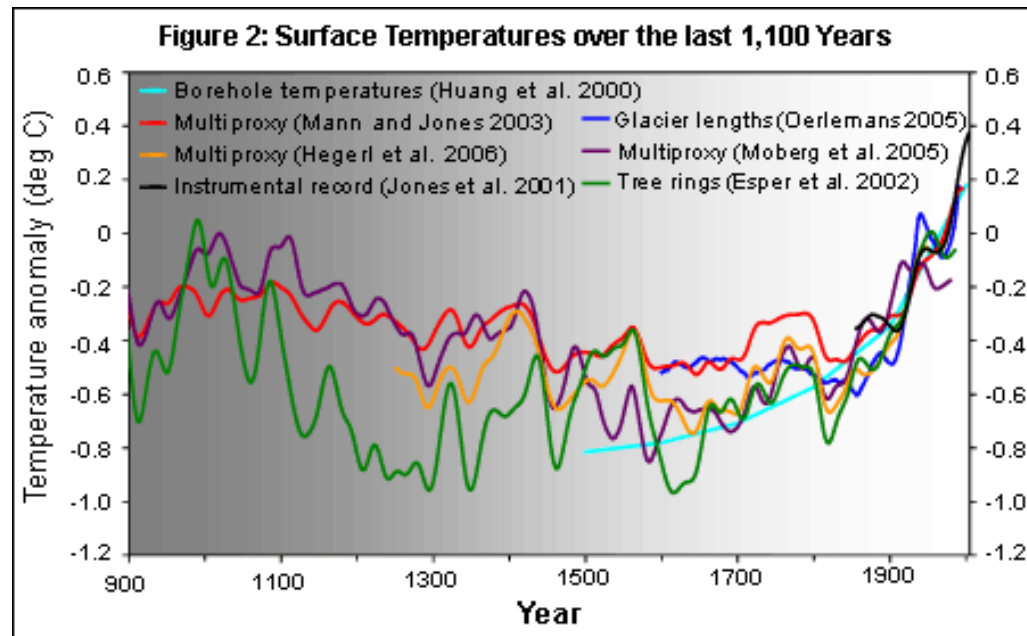
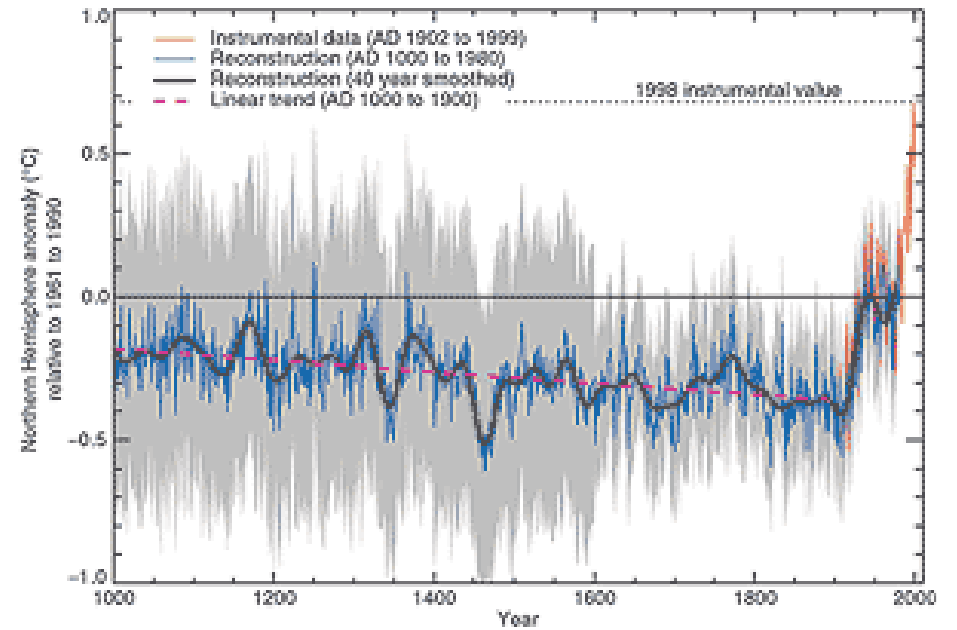
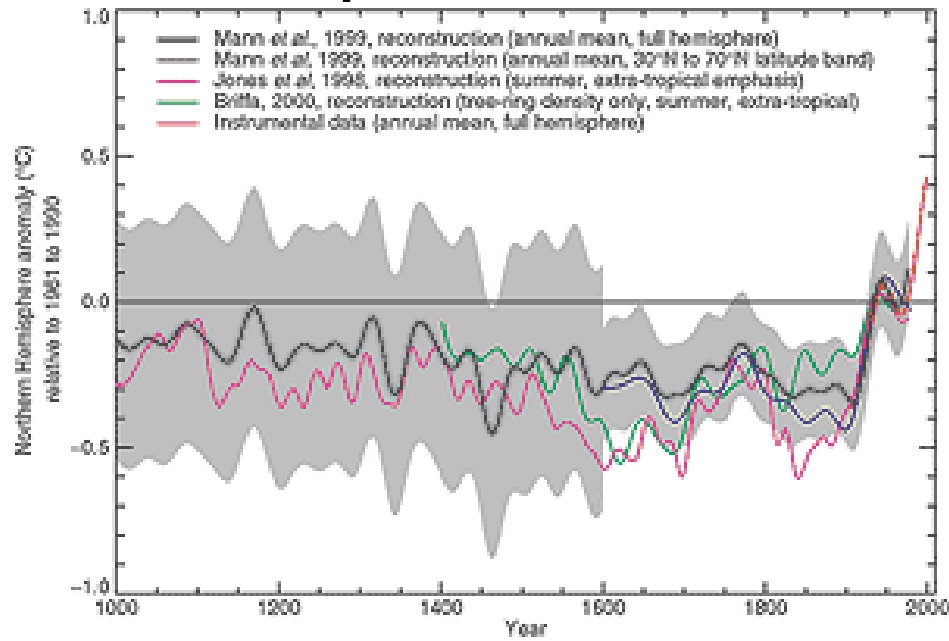
Průběh globální průměrné teploty za posledních 20 tisíc let

Globální oteplování

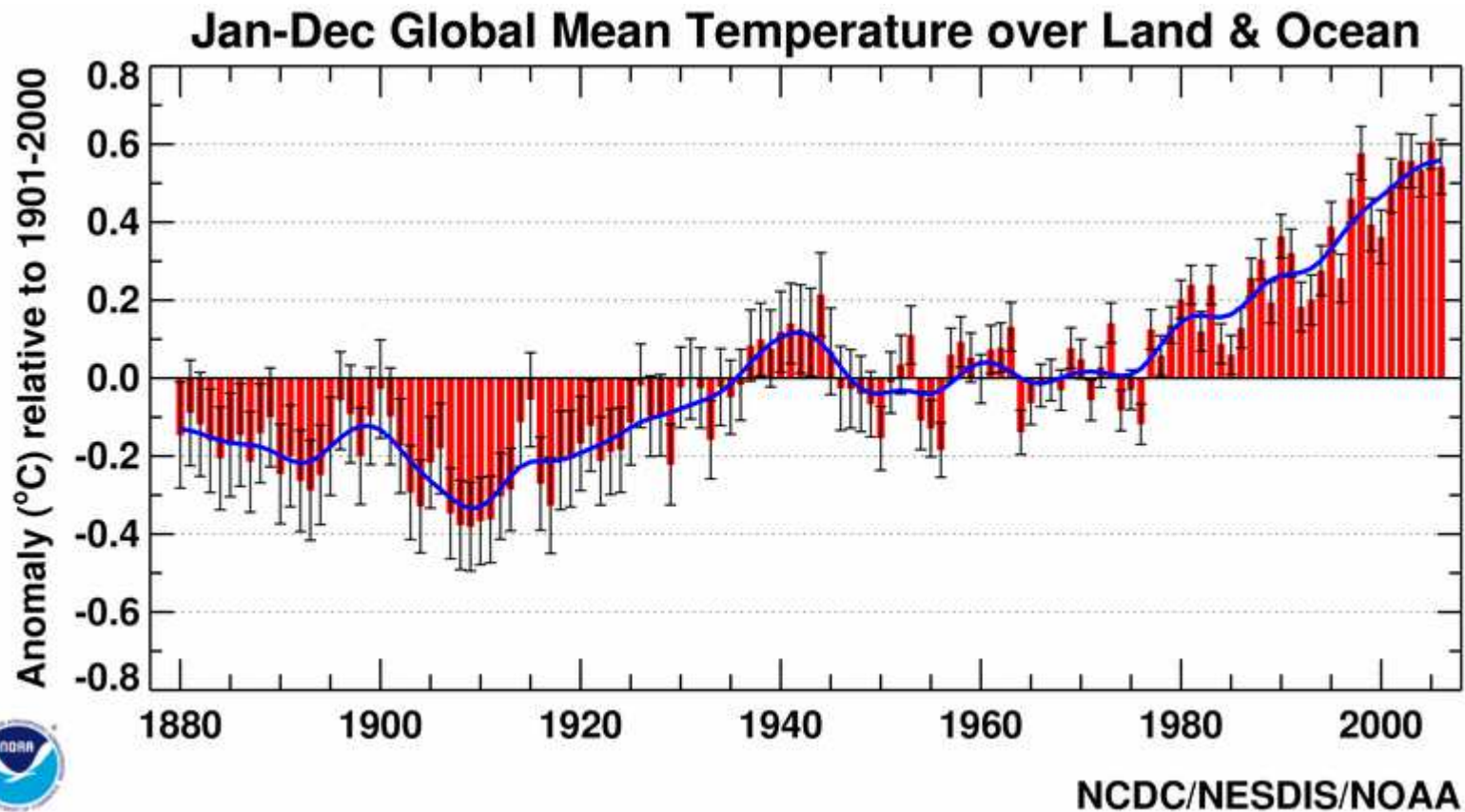
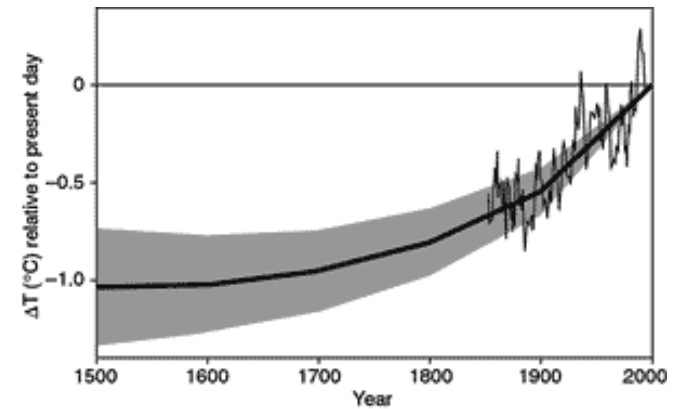


**Průběh teploty během posledního tisíciletí
a očekávaný růst teploty v 21. století**

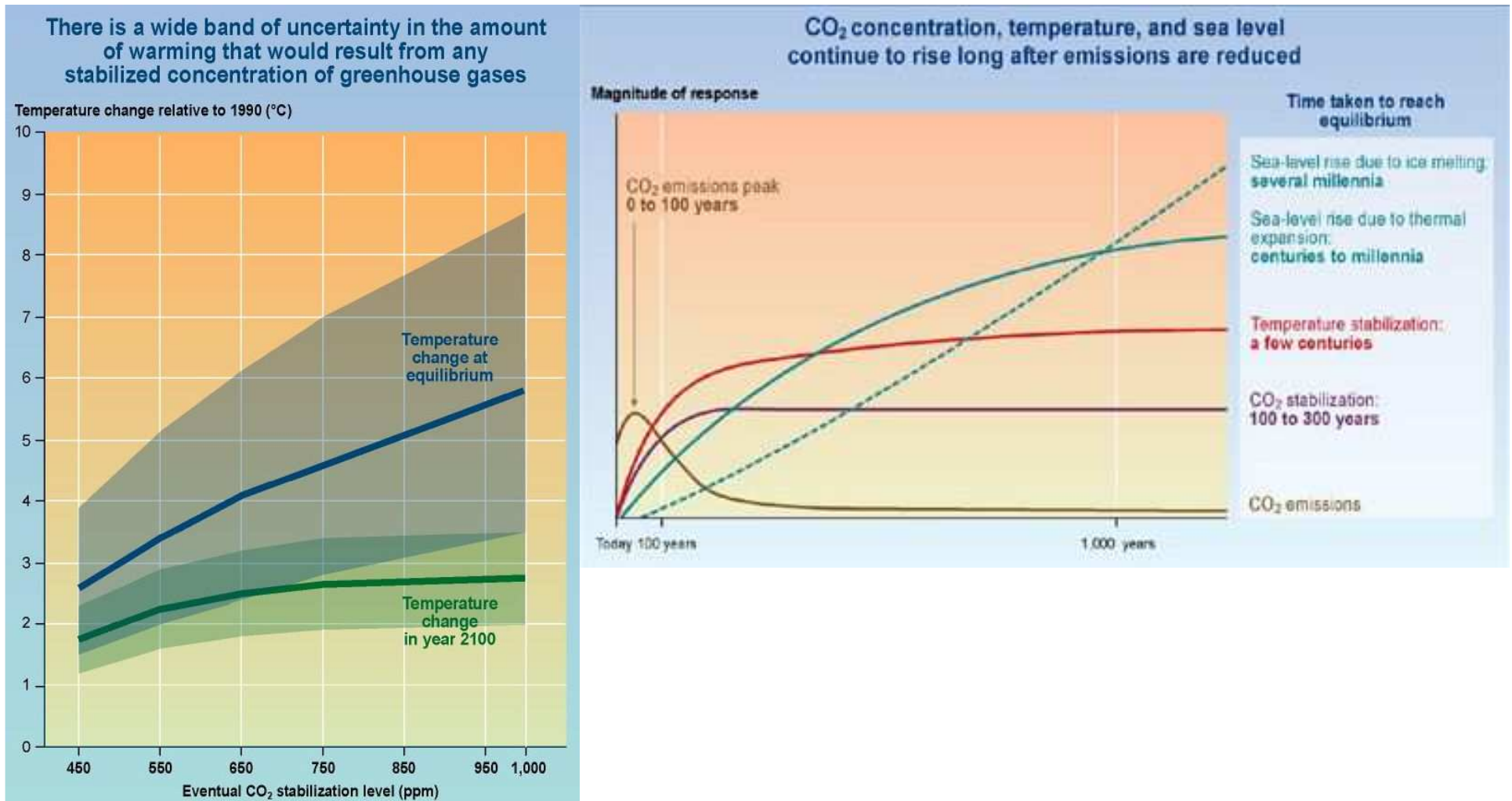
Globální oteplování



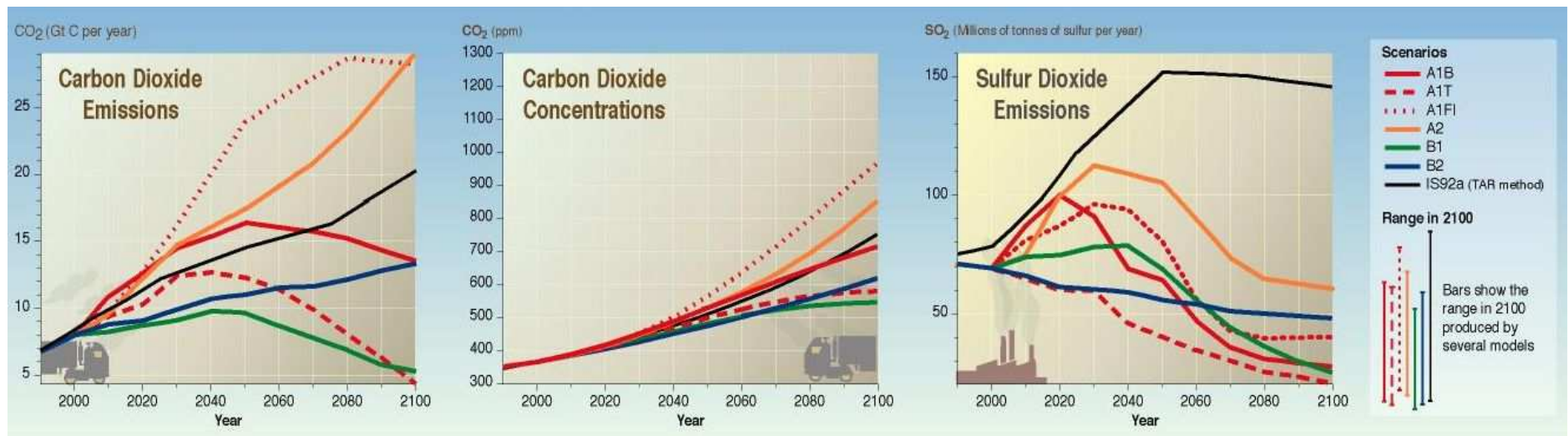
Globální oteplování



Globální oteplování



Globální oteplování: alternativní scénáře vývoje emisí a koncentrací CO₂ a emisí SO₂ do ovzduší



Pozor: emise SO₂ samy o sobě nevedou ke globálnímu oteplování (SO₂ není skleníkovým plynem), působením jako kondenzační jádra v atmosféře mohou molekuly oxidu siřičitého zvyšovat oblačnost a globální oteplování spíše mírnit (ovšem za cenu další acidifikace, smogových situací atd.).

Tabulka 1.3 Hlavní zpětné vazby skleníkového jevu (Zdroj: Zpráva IPCC a dále Lashof: Climatic change, 1989, vol. 14)

	Znaménko vazby (+ nebo -)	Uvažována ve složitých modelech (GCM)	Poznámka
Vodní pára	+	ano	empiricky potvrzena satelity
Led a sníh	+	ano	poměrně dobře prostudována
Oblaka	neznámo	ano	v současnosti je zápornou zpětnou vazbou; potenciálně představuje nejsilnější zpětnou vazbu při globálním oteplování*
Troposférické chemické procesy	neznámo	ne	potenciálně + vazba díky odčerpávání hydroxylového radikálu OH
Aerosolové částice	neznámo	ne	DMS produkovaný fytoplanktonem
Teplota oceánu	+	ano	základní nejistota je v časovém měřítku
Cirkulace oceánu	+	nejnověji ano	potenciálně mohutná a velmi rychlá
Rychlost výměny plynů mezi oceánem a atmosférou	neznámo	ano	patrně nevýznamná
Oceánický biochemický cyklus	neznámo	ne	patrně + vazba
Hnojení CO ₂	neznámo	ne	krátkodobě asi - vazba
Eutrofizace/ toxifikace	-	ne**	
Teplota a respirace rostlin	+	nejnověji ano	potenciálně mohutná
Půdní vlhkost	+ -	ano	znaménko závisí na srážkách a zeměpisné šířce
Distribuce vegetace	neznámo	ne	potenciálně + vazba
Albedo vegetace	+	nejnověji ano	pravděpodobně významná na konci doby ledové***
UV-záření a fytoplankton	+	ne	velké nejasnosti, patrně mohutná

Tabulka 1.3 (pokračování)

	Znaménko vazby (+ nebo -)	Uvažována ve složitých modelech (GCM)	Poznámka
UV-záření a suchozemské organismy	+	ne	rostoucí důležitost s velikostí suchozemského uhlíkového propadu
Rýžová pole	+	ne	půdní vlhkost je neznámou s rozhodujícím vlivem****
Přirozené mokřady	+	ne	patrně nevýznamná****
Methan v permafrostu	+	ne	budoucí hladina spodní vody je hlavní neznámou
Organická hmota v permafrostu	+	ne	mohutnost dána půdní teplotou
Hydráty methanu v permafrostu	+	ne	patrně pomalá, ale mohutná dlouhodobá vazba
Hydráty methanu při mořském pobřeží	+	ne	časově neurčitá, nejspíš mohutná; nevylučuje se rychlá odezva

* Řada vlastností oblačnosti, jako je množství, výška a vodní obsah, se může změnit v průběhu globálního oteplování. Jsou však spolu příliš propojeny, aby mohly být považovány za nezávislé zpětné vazby.

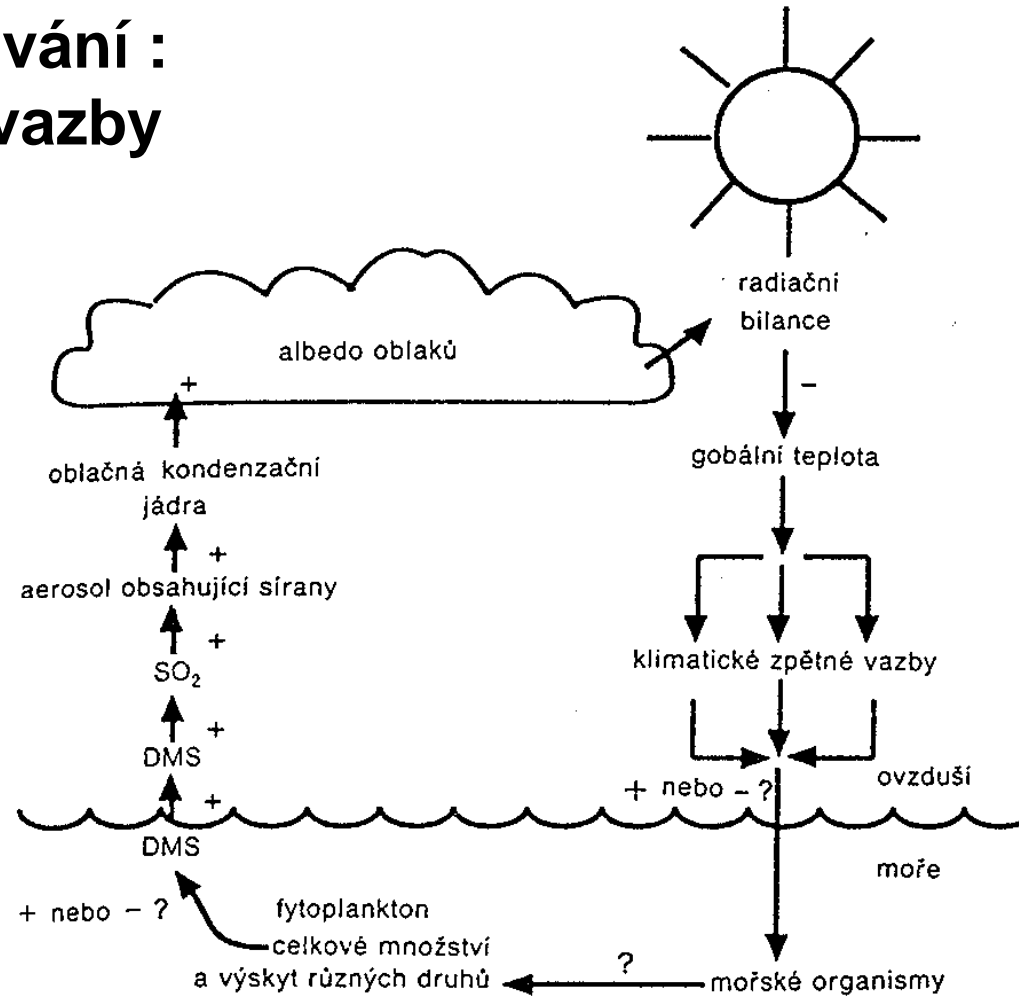
** Jsou zahrnuty v posledních výzkumných modelech (menší měřítko než MGC).

*** Informace pochází z práce Lashofa.

**** Zpráva IPCC se nevyjadřuje ke znaménku zpětné vazby. Pozitivní charakter vychází z údajů v práci Lashofa.

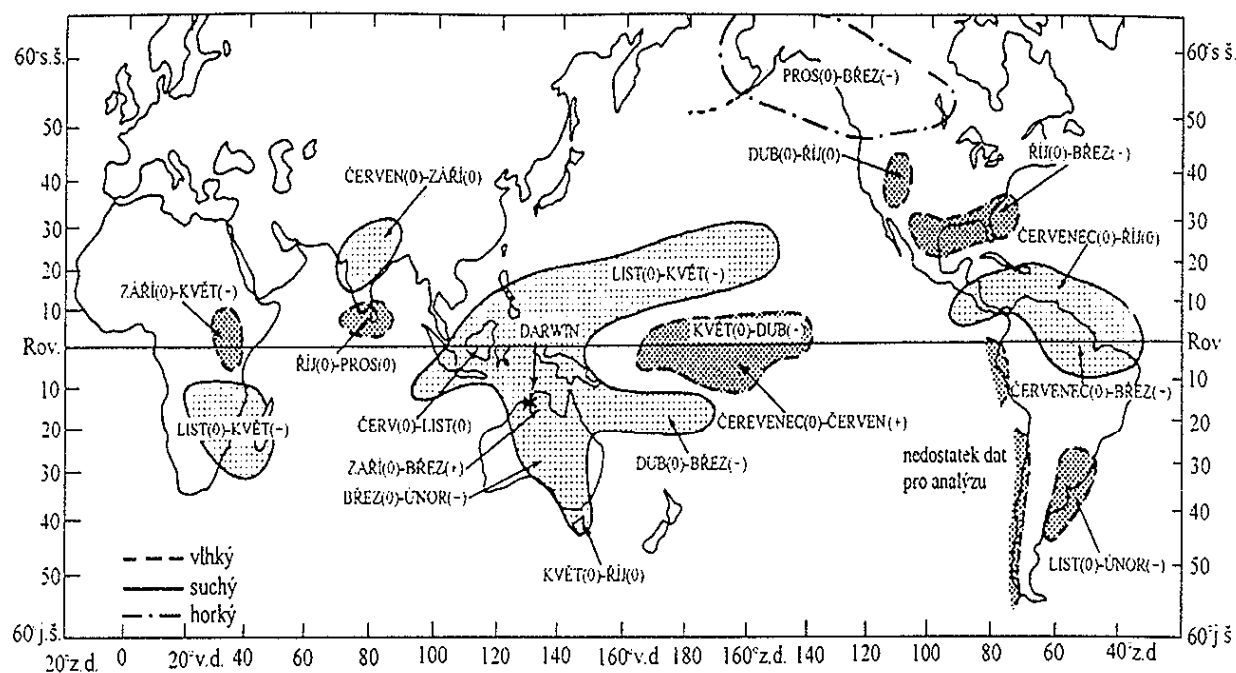
Zdroj: Legget, E. (1992): Nebezpečí oteplování Země. Academia, Praha

Globální oteplování : příklad zpětné vazby



Obr. 3.2 Schematické znázornění zpětné vazby mezi klimatickými změnami a oblačností zprostředkovanou dimethylsulfidem. Povšimněte si závislosti zpětnovazebného cyklu na ekologické odpovědi fytoplanktonu.

Globální oteplování: El Niño – Southern Oscillation (ENSO)



Obr. 1.5.2. Srážkové poměry během typické události ENSO. Plné, resp. přerušované čáry vyznačují relativně suché, resp. na srážky bohaté oblasti. Na obrázku je rovněž vyznačeno přibližné období trvání extrémních srážkových poměrů vzhledem k roku (0) kdy nastává El-Niño. Převzato z [11].

Zdroj: Legget, E. (1992): Nebezpečí oteplování Země. Academia, Praha

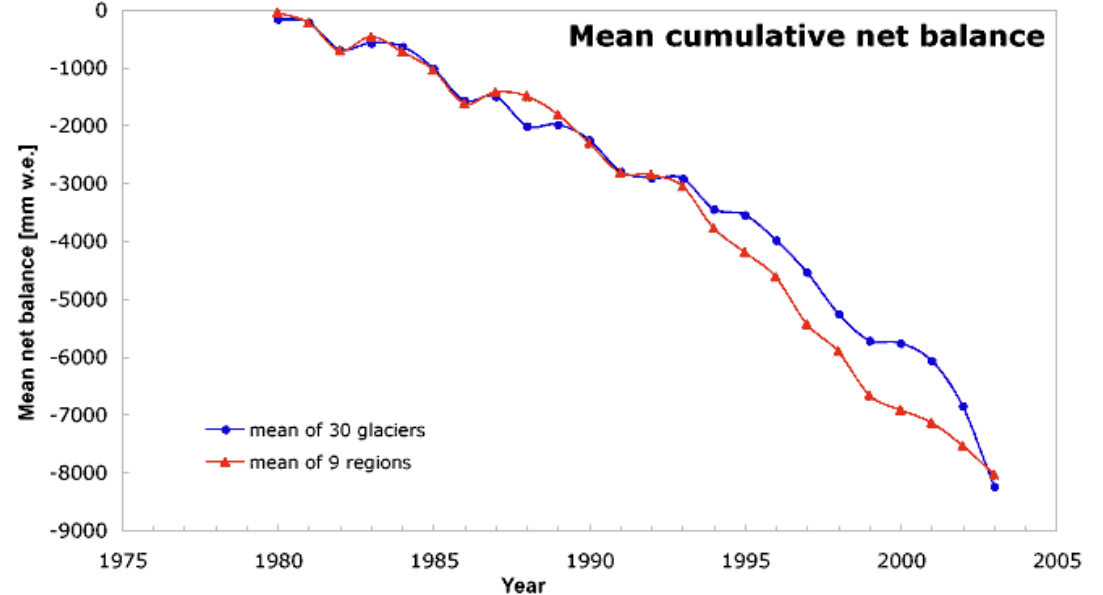
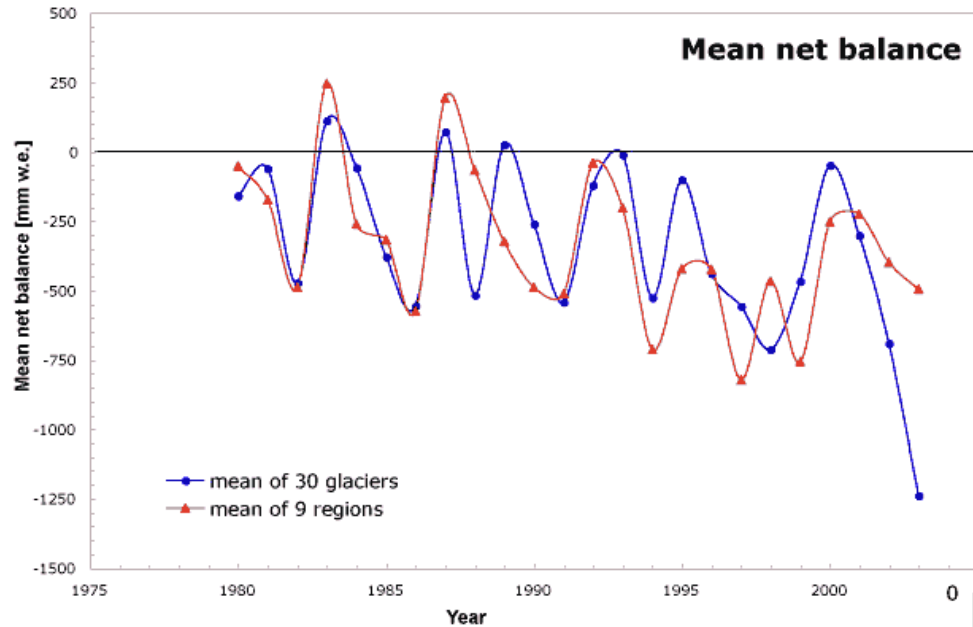
Globální oteplování



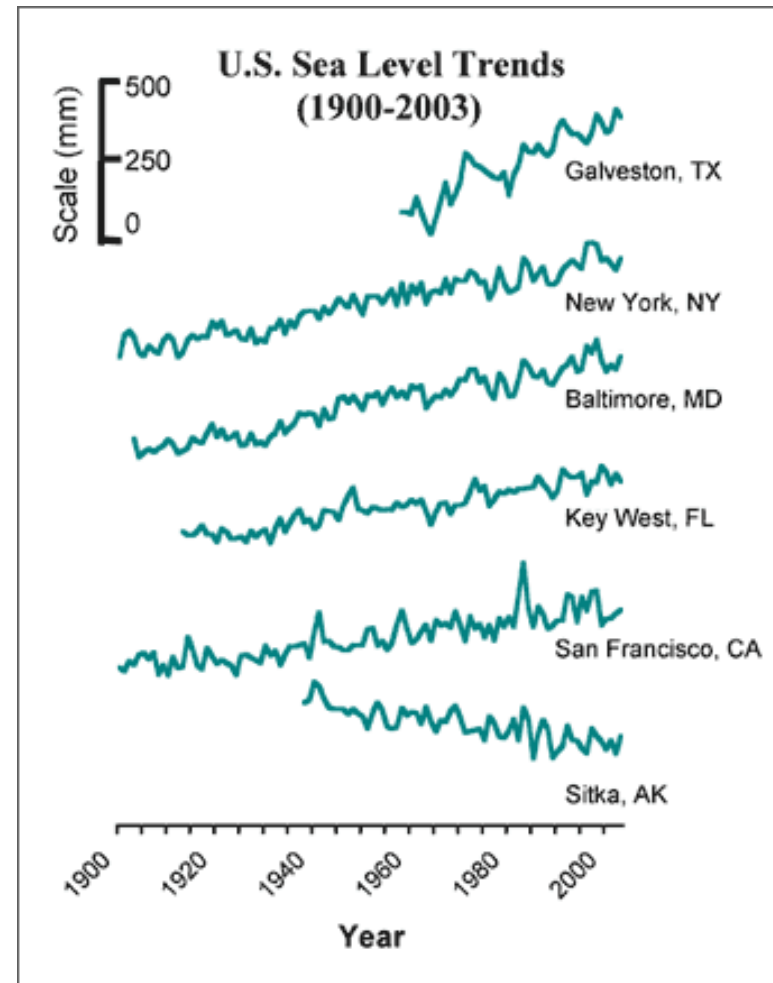
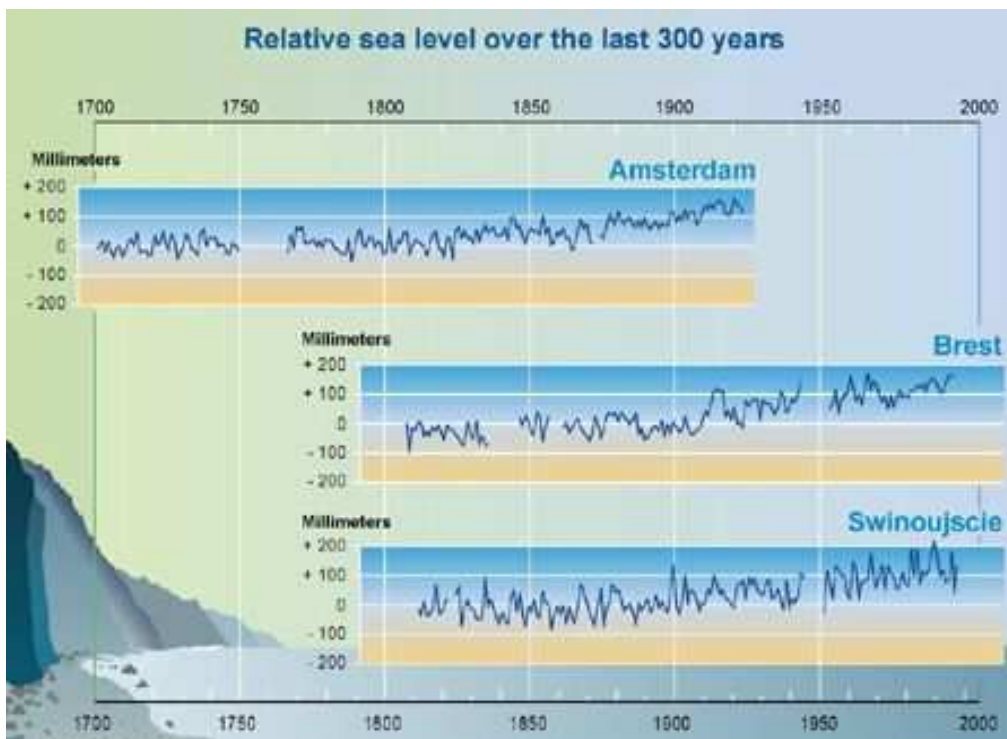
Ústup ledovců lze pozorovat na celém světě. Nahoře: Athabascan Glacier (Jasper National Park, Kanada) a Grinnell Glacier (Glacier National Park, USA).



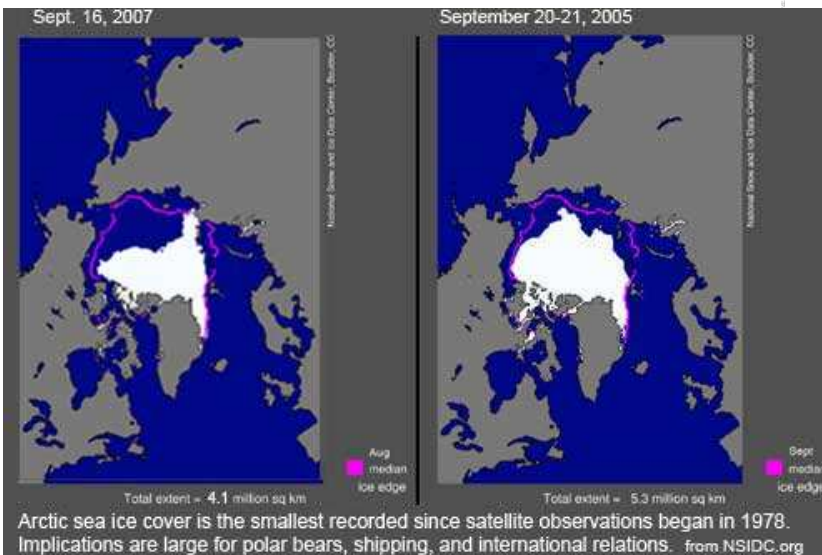
Globální oteplování: tání ledovců



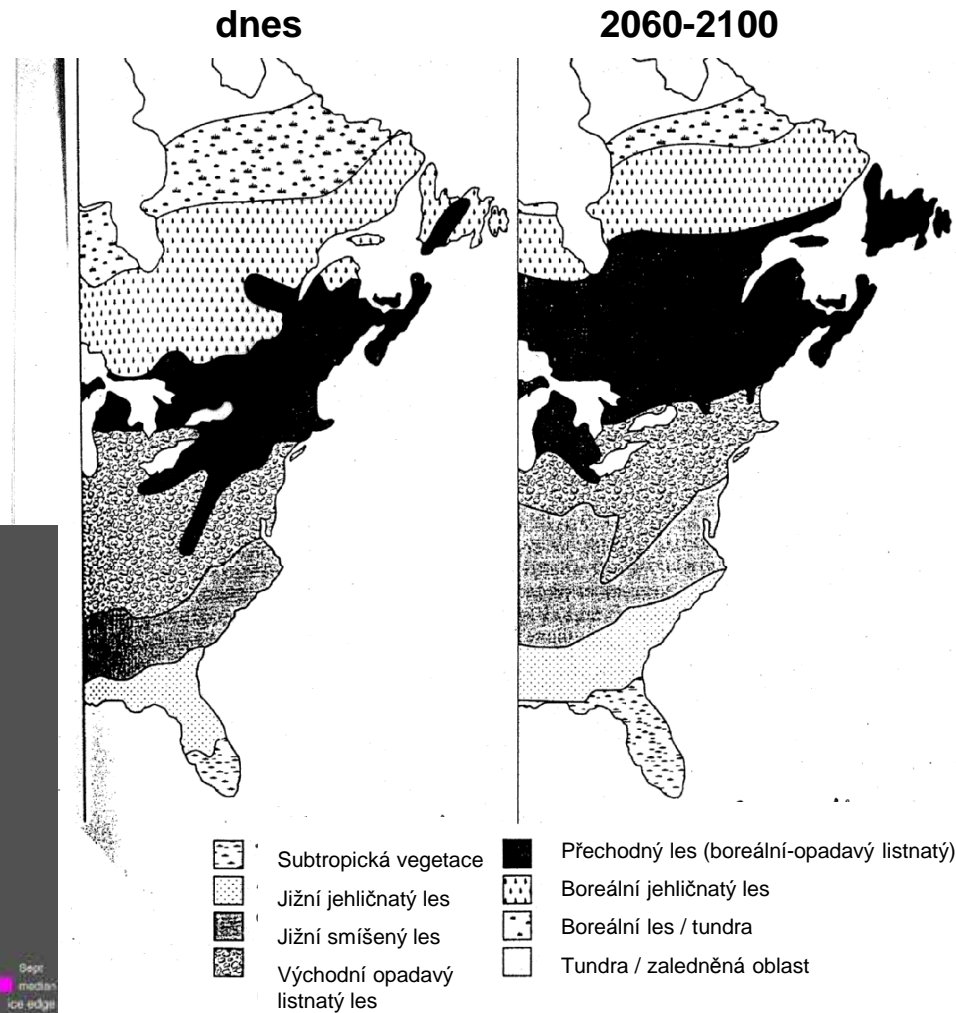
Globální oteplování: stoupání mořské hladiny



Globální oteplování



Zmenšování ledového pokryvu v Arktidě



Předpokládané změny vegetace vlivem globálního oteplování (východ sev. Ameriky)

Zdroj: Primack (1995): Naturschutzbiologie. Spektrum, Akad. Verlag, Heidelberg, Berlin, Oxford; upraveno.

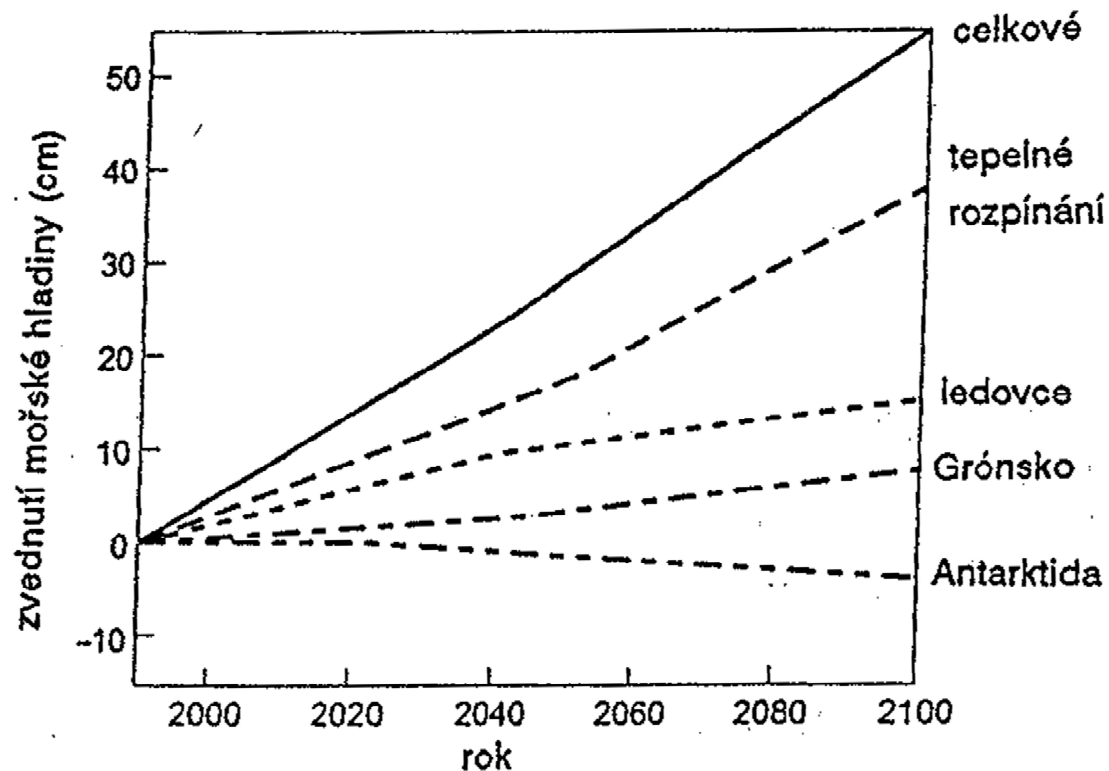
Globální oteplování



Müllerův ledový šelf
na antarktickém poloostrově
se rozpadá



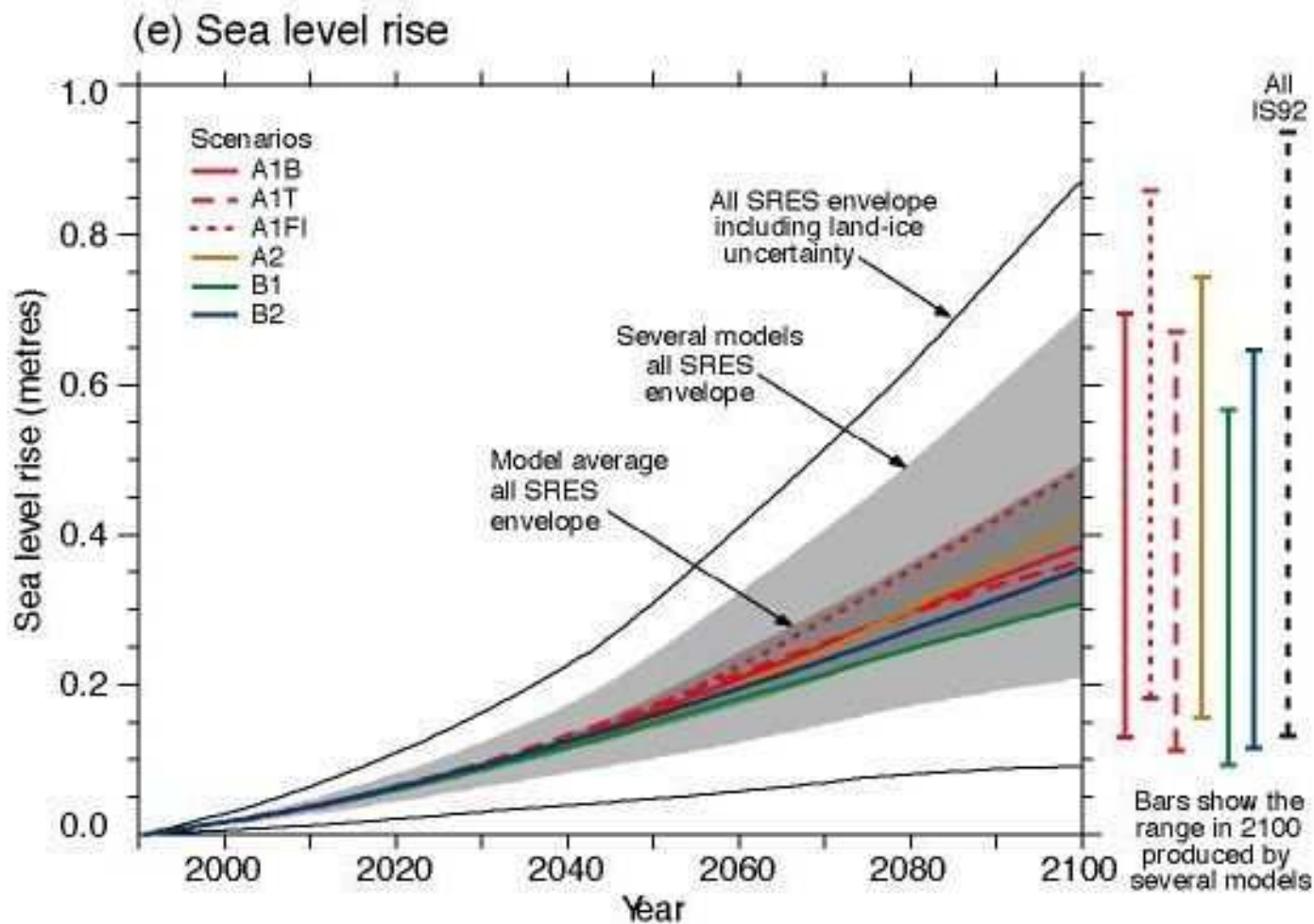
Globální oteplování: stoupání mořské hladiny



Obrázek 7.1 Odhady podílu různých faktorů na zvýšení mořské hladiny v příštím století podle scénáře emisí skleníkových plynů IPCC IS 92a (scénář „dále jako doposud“).³ Domníváme se, že neurčitost odhadů se pohybuje oběma směry v rozmezí dvojnásobku uvedených hodnot.

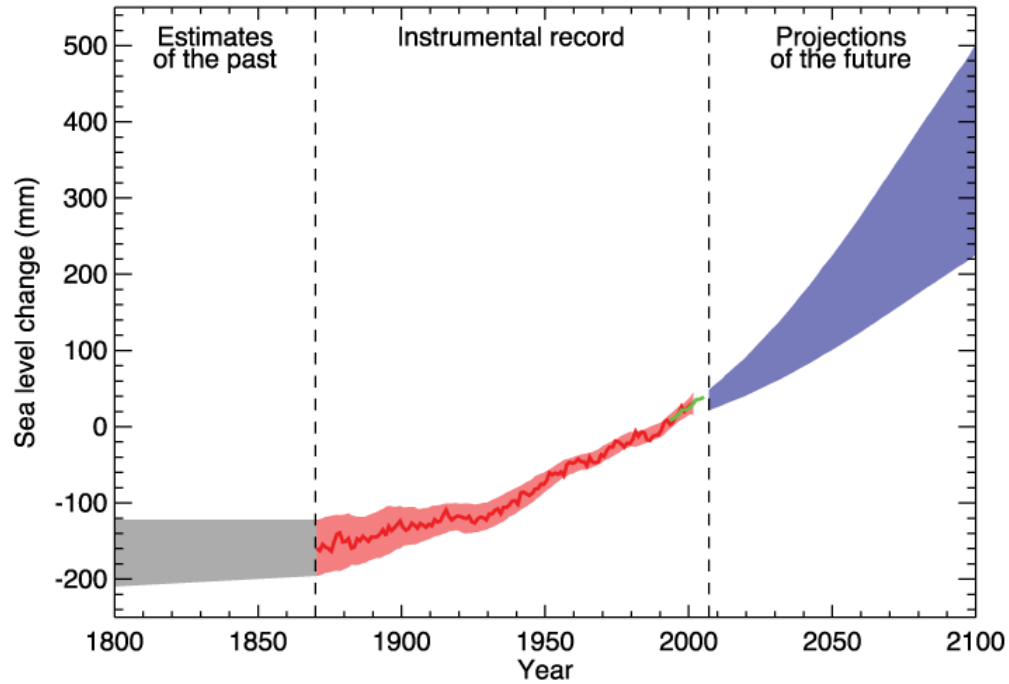
Starší odhady IPCC z r. 1992

Globální oteplování: stoupání mořské hladiny



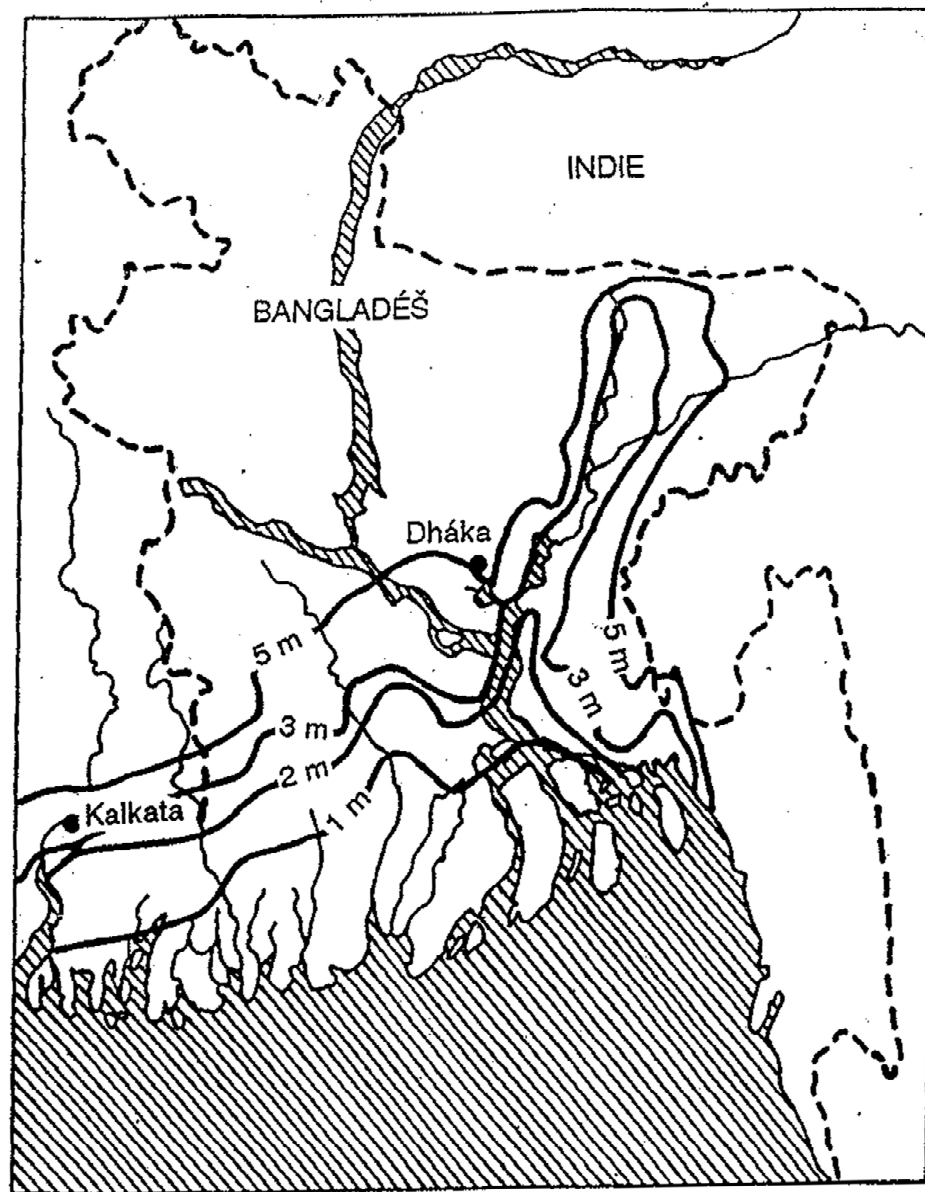
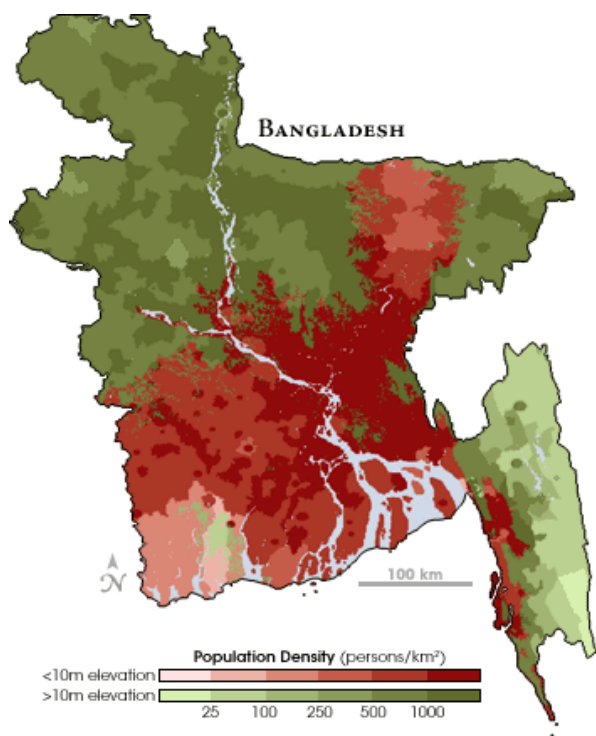
Degradace biotopů znečištěním prostředí

Globální oteplování: stoupání mořské hladiny



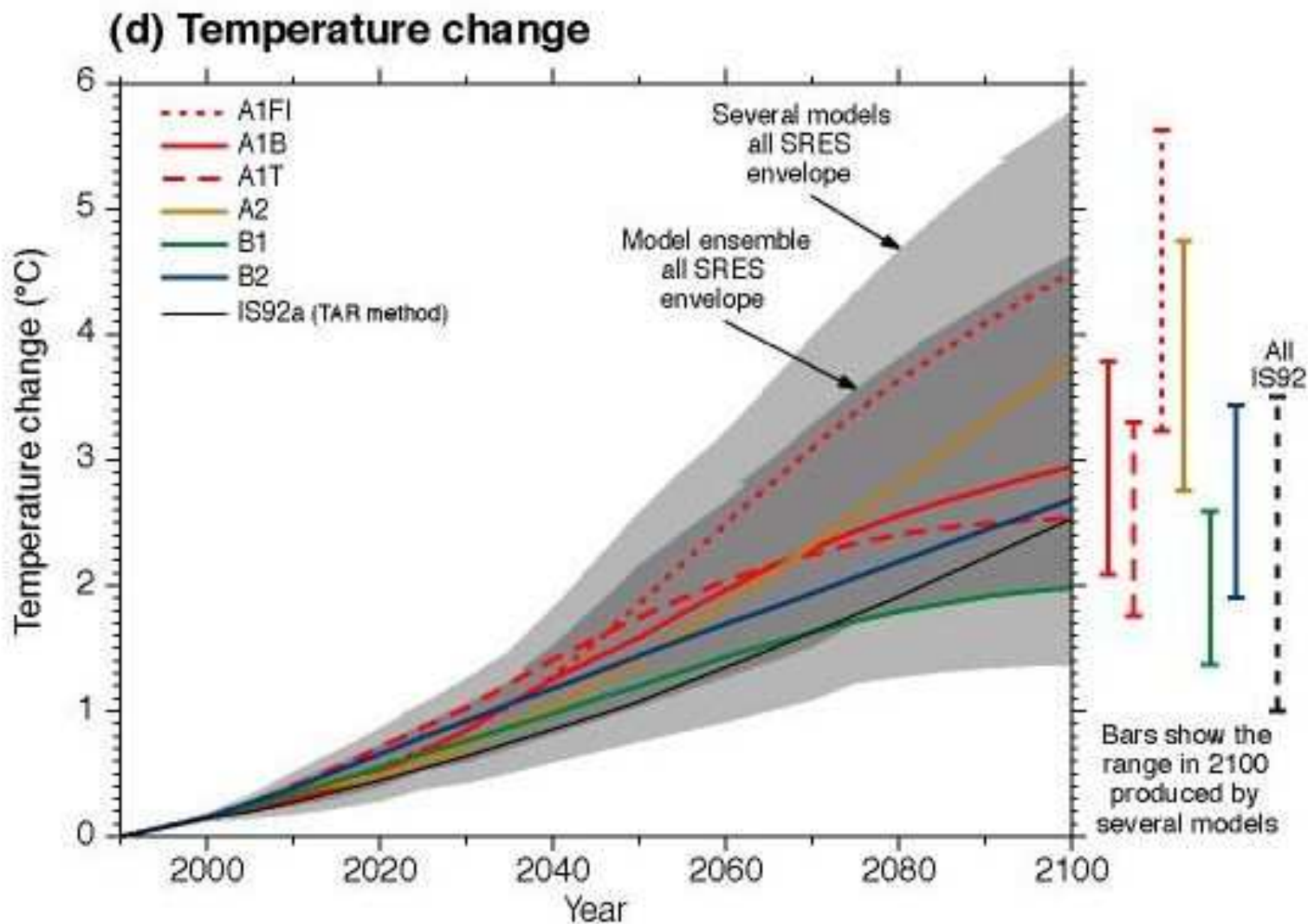
Globální oteplování

Rozsah zatopeného území na mořském pobřeží vlivem stoupající mořské hladiny (rozpínání teplejší mořské vody, tání ledovců) na příkladu Bangladéše.



Pevnina v Bangladéši zaplavená různě zvednutou hladinou moře⁷.

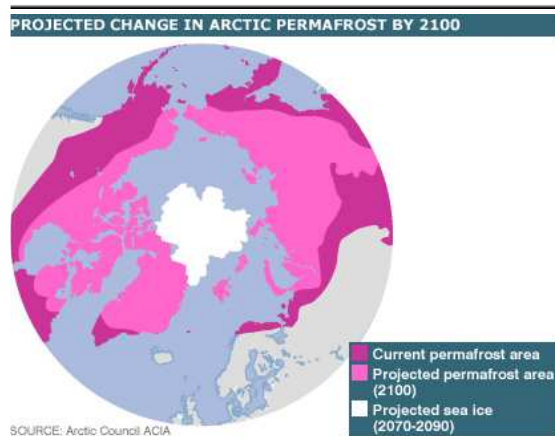
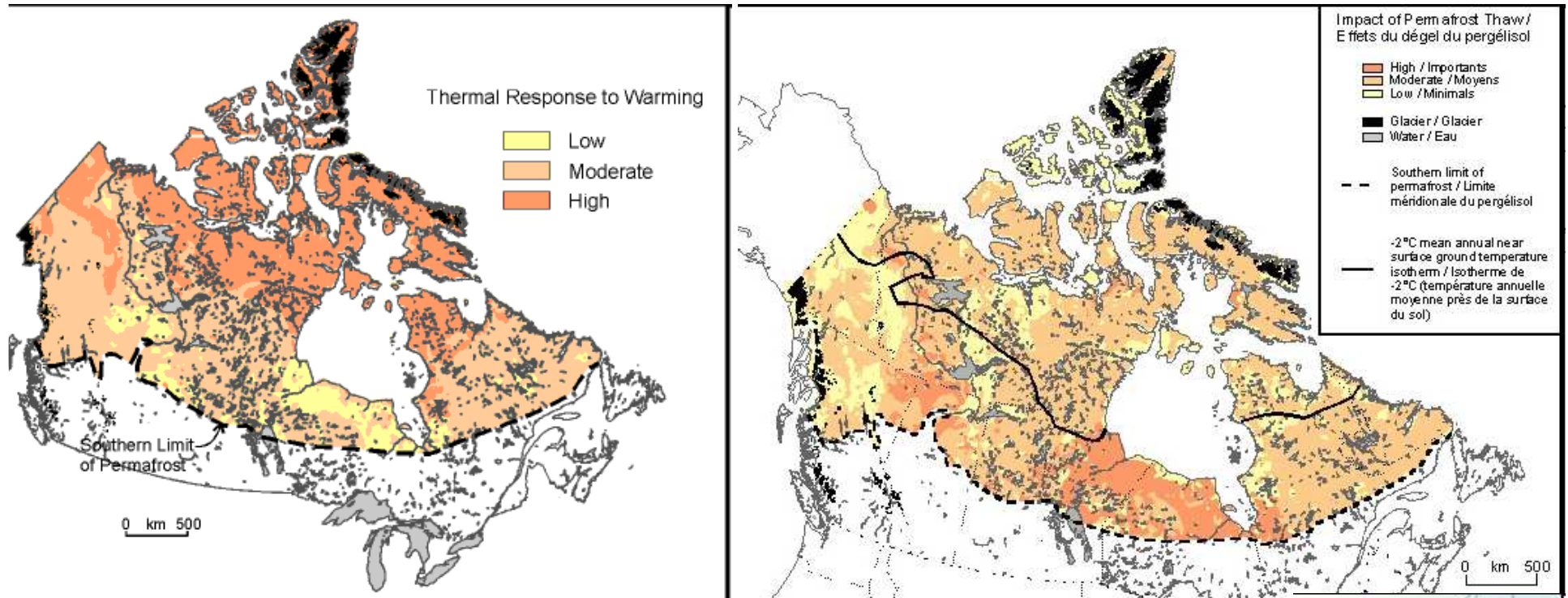
Globální oteplování



Globální oteplování: změny vegetace v tundře a tání permafrostu



Globální oteplování: změny vegetace v tundře a tání permafrostu

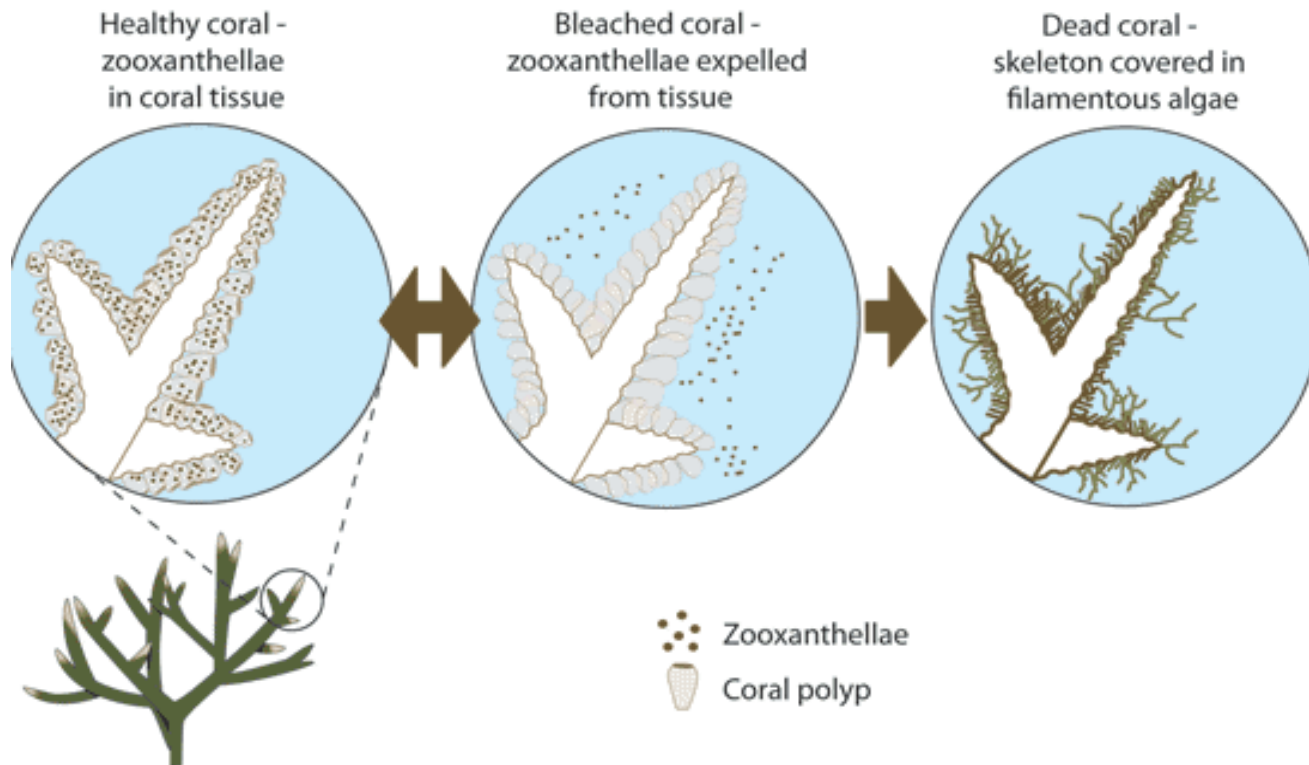


Globální oteplování: bělení korálů



Vybělené korály (*Acropora* sp.) u Heron Island, Great Barrier Reef (21. 1. 2005; Autor: J. Roff)

Globální oteplování: bělení korálů



Polyp korálovce s hnědými autotrofními symbionty - zooxanthelami



Vybělený útes na Great Barrier Reef, Austrálie, 1998

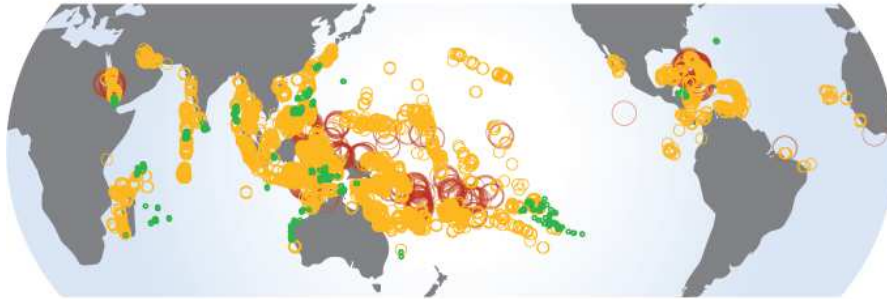


Vybělené korály

J. Schlaghamerský: Ochrana přírody - degradace biotopů znečištěním prostředí

Globální oteplování

HadCM3 model, SRES A2a scenario
2030-2039



2050-2059



PCM-PCM model, SRES A2a scenario
2030-2039



2050-2059



Coral reef thermal stress

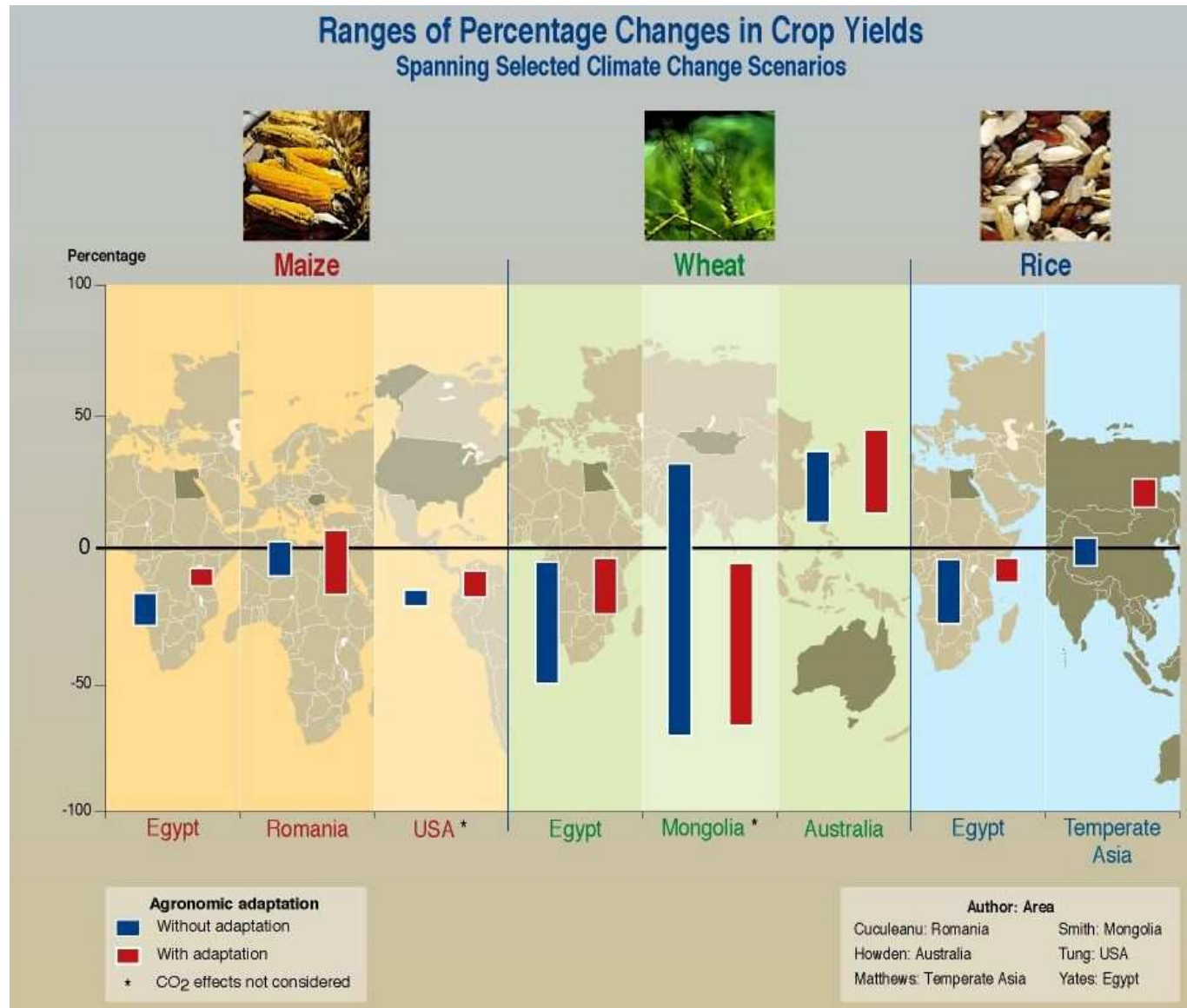


Frequency that annual degree heating month >1

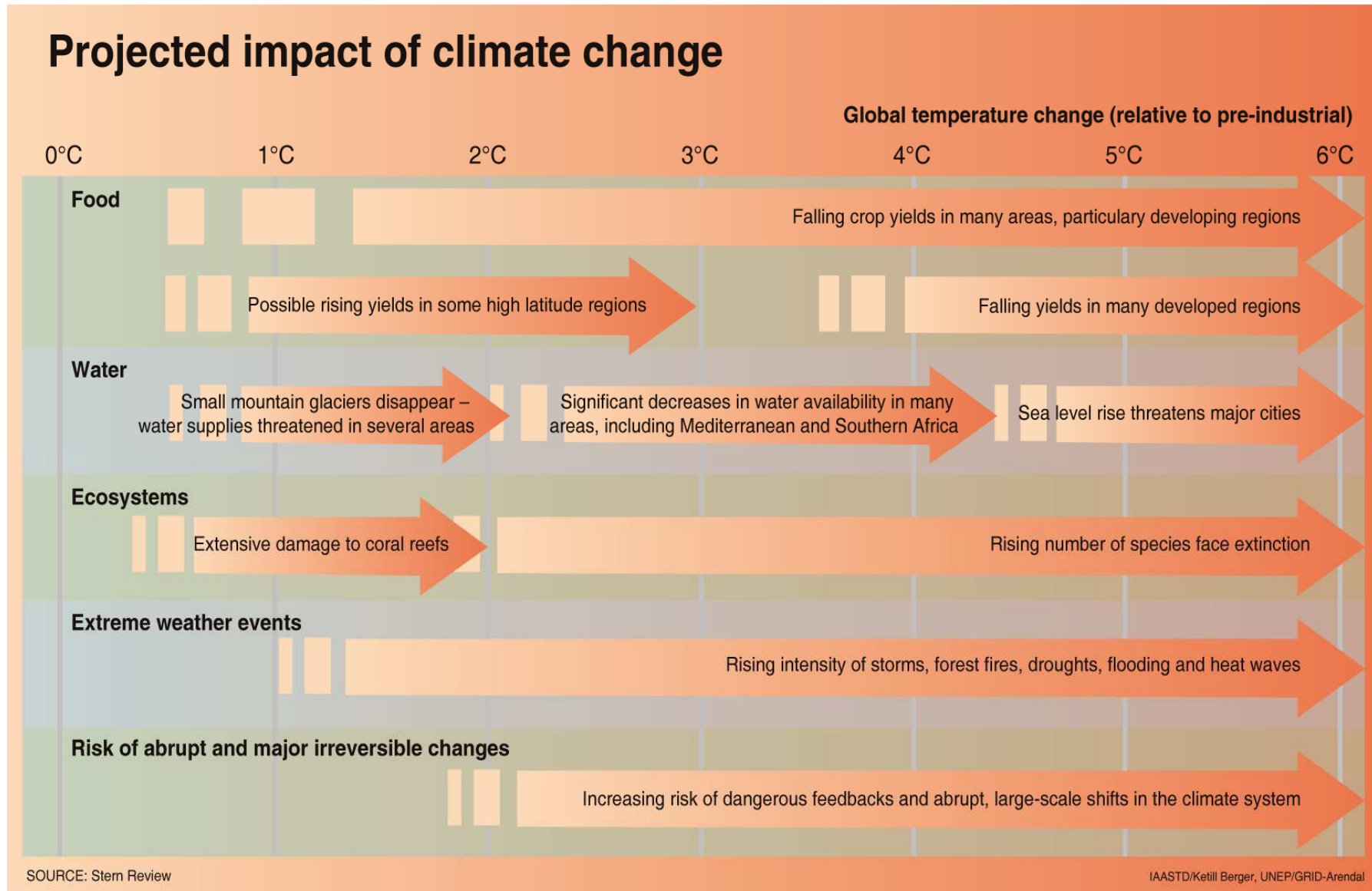
Zdroj: UNEP/GRID-Arendal. Climate change and tropical coral reefs, scenarios for bleaching events. UNEP/GRID-Arendal Maps and Graphics Library. February 2008. Dostupné na:

<http://maps.grida.no/go/graphic/climate-change-and-tropical-coral-reefs-scenarios-for-bleaching-events>. Staženo 8. 11. 2011.

Globální oteplování: rozmezí procentuálních změn v sklizni zrna



Globální oteplování: předpokládáné dopady na člověka i přírodu



Zdroj: UNEP/GRID-Arendal. Projected impact of climate change. UNEP/GRID-Arendal Maps and Graphics Library. 2008. Dostupné na: <http://maps.grida.no/go/graphic/projected-impact-of-climate-change>. Staženo 8. 11. 2011.