



Centrum pro výzkum
toxických látek
v prostředí

Stabilita a chaos v ekologii

**Inovace a rozšíření výuky zaměřené
na problematiku životního prostředí na PŘF
MU (CZ.1.07/2.2.00/15.0213) spolufinancován
Evropským sociálním fondem a státním
rozpočtem
České republiky**

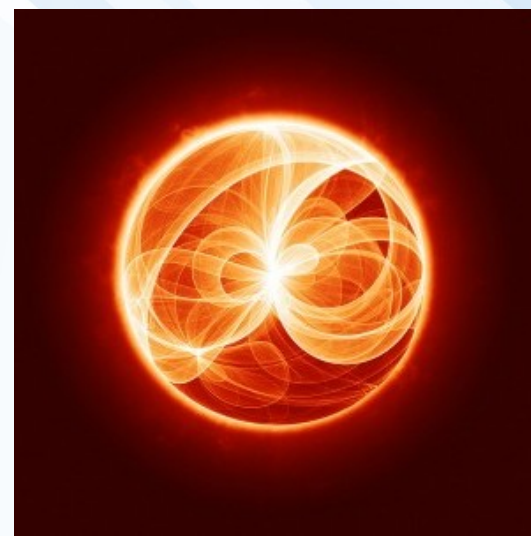


INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



Centrum pro výzkum
toxických látek
v prostředí

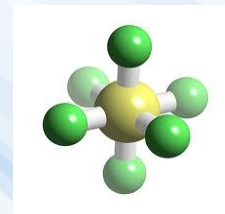
Stabilita v přírodě: obecný úvod



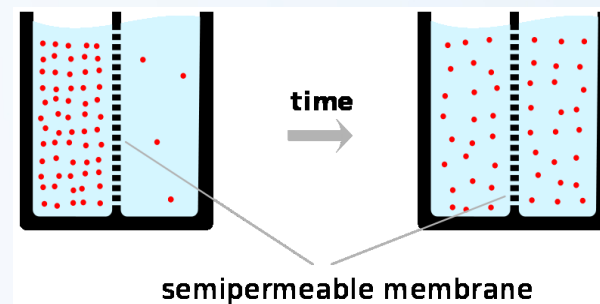
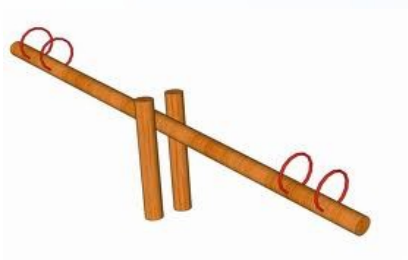
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Stabilita: základní vymezení pojmu

- Stabilita se na první pohled může jevit jako stav s absencí procesů, jako něco rigidního, strnulého, ovšem, jak si ukážeme, stabilita je výsledkem procesů a to dokonce i v případech, které tomu zdánlivě nenasvědčují.



- Tyto procesy mohou samozřejmě dosažení stability předcházet ovšem mohou stabilní stav i udržovat.
- Důležitý z hlediska stability je pojem rovnováha, stabilní stav je stav rovnovážný, například jsou v rovnováze jisté síly, koncentrace atd.



Pokud je stabilita makroskopického systému výsledkem vyrovnání jistých diferencí v systému, nazývá se výsledný stabilní stav **termodynamickou rovnováhou**.



Stabilita je rovněž výsledkem vztahu prostředí a jeho okolí.

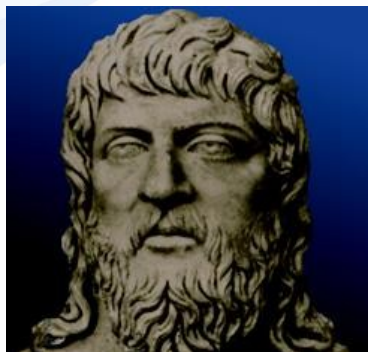
Vidíme tedy, že stabilita úzce souvisí:

- *s rovnováhou*
- *vztahem systému (objektu) s jeho prostředím*



Dá se tedy říci, že systém je stabilní, pokud je rovnováze ze svým prostředím, jelikož prostředí představuje interakční pole, které může systém na základě vzájemného oboustranného působení systém měnit.

- Stabilita tedy úzce souvisí se změnou:



případě zrušení diferencí by vše zaniklo“

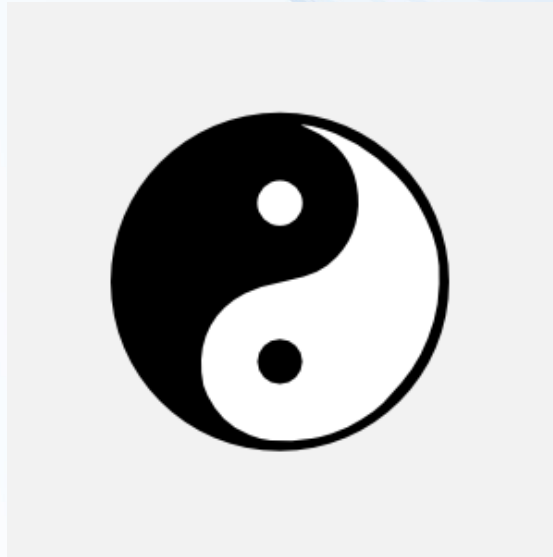
(Hérakleitos A 22; Simplikios, In Categorias comm. 412.26 Kalbf)

„vznik a zánik se děje podle nutnosti, neboť vše si navzájem platí pokutu a pokání za své bezpráví, podle pořadí času“

(Anaximandros B 1; Simplikios, Physika 24, 13)



Abychom správně pochopili určitý jev, je často vhodné studovat jej společně s jevem jemu antagonistickým.

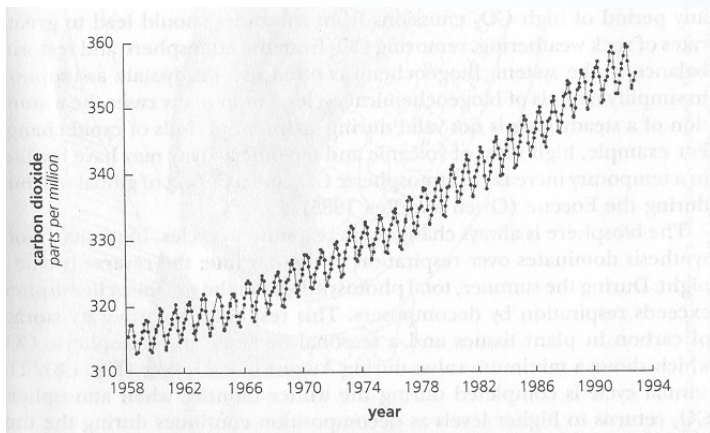
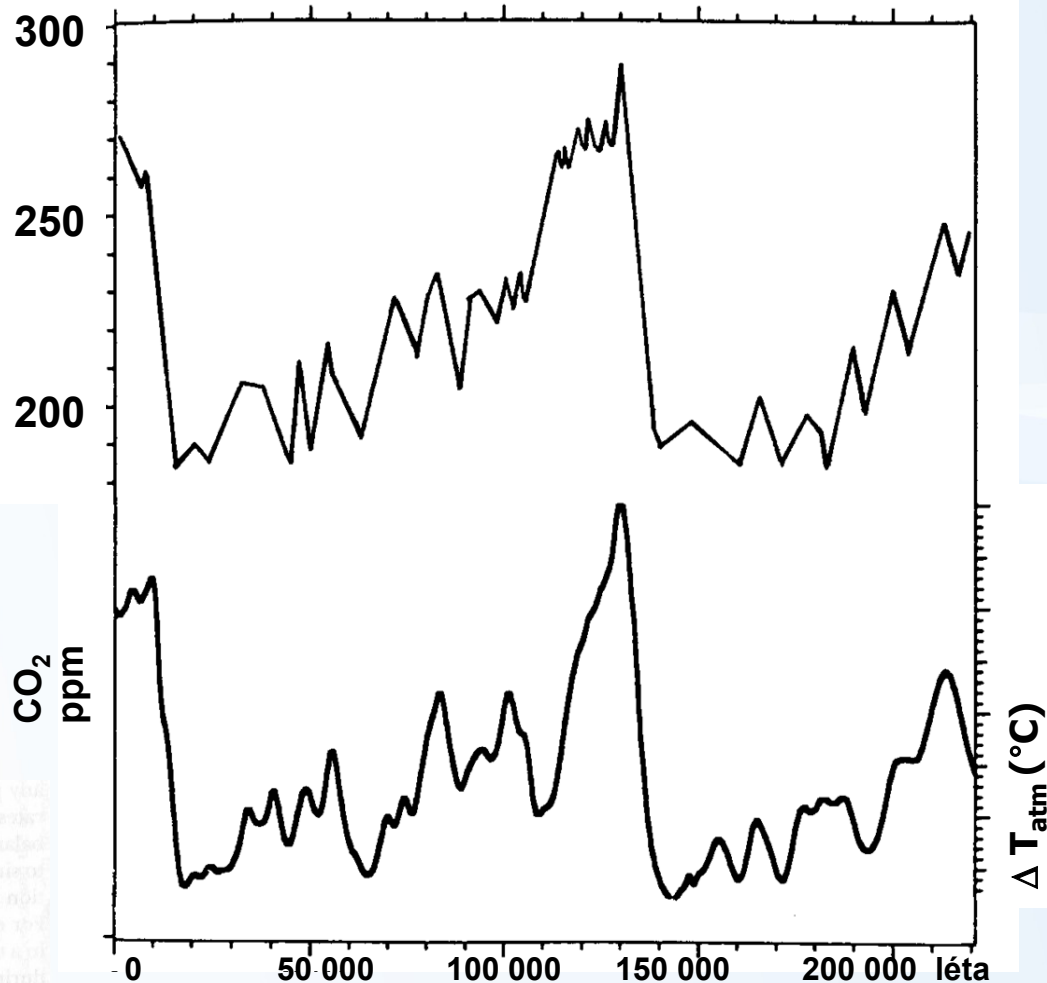


Například ochuzování ekosystémů o druhy je vhodné studovat s procesy růstu biodiverzity, vznik velkých civilizací je vhodné konfrontovat s procesem jejich rozkladu atd.

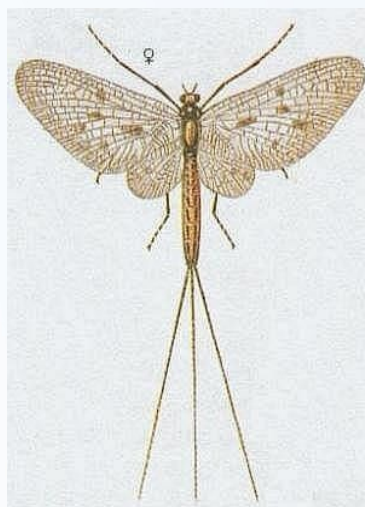
Stabilita a měřítko: obecná část

- Stabilitu je nutno vztahovat k určitému pevně zvolenému časovému a prostorovému měřítku.
- Někdy se události, které probíhají na rozdílných měřítcích, neovlivňují, přestože pokud bychom neuvažovali měřítko, byla by zde možnost vzájemného ovlivnění.
- Rozdíl v měřítku se týká prostorových a časových souřadnic

- Příklad chybného určení příčinnosti jevů na různých časových měřítcích je například výrok, že současné zvyšování koncentrace oxidu CO₂ je výsledkem přirozených pochodů



- Důležitý je vztah měřítka a změn v systému.
- Například organismy jsou stabilní jen po určitou dobu, která odpovídá délce jejich života,
- Člověk má obecně tendenci posuzovat stabilitu právě v řádu délky svého života:



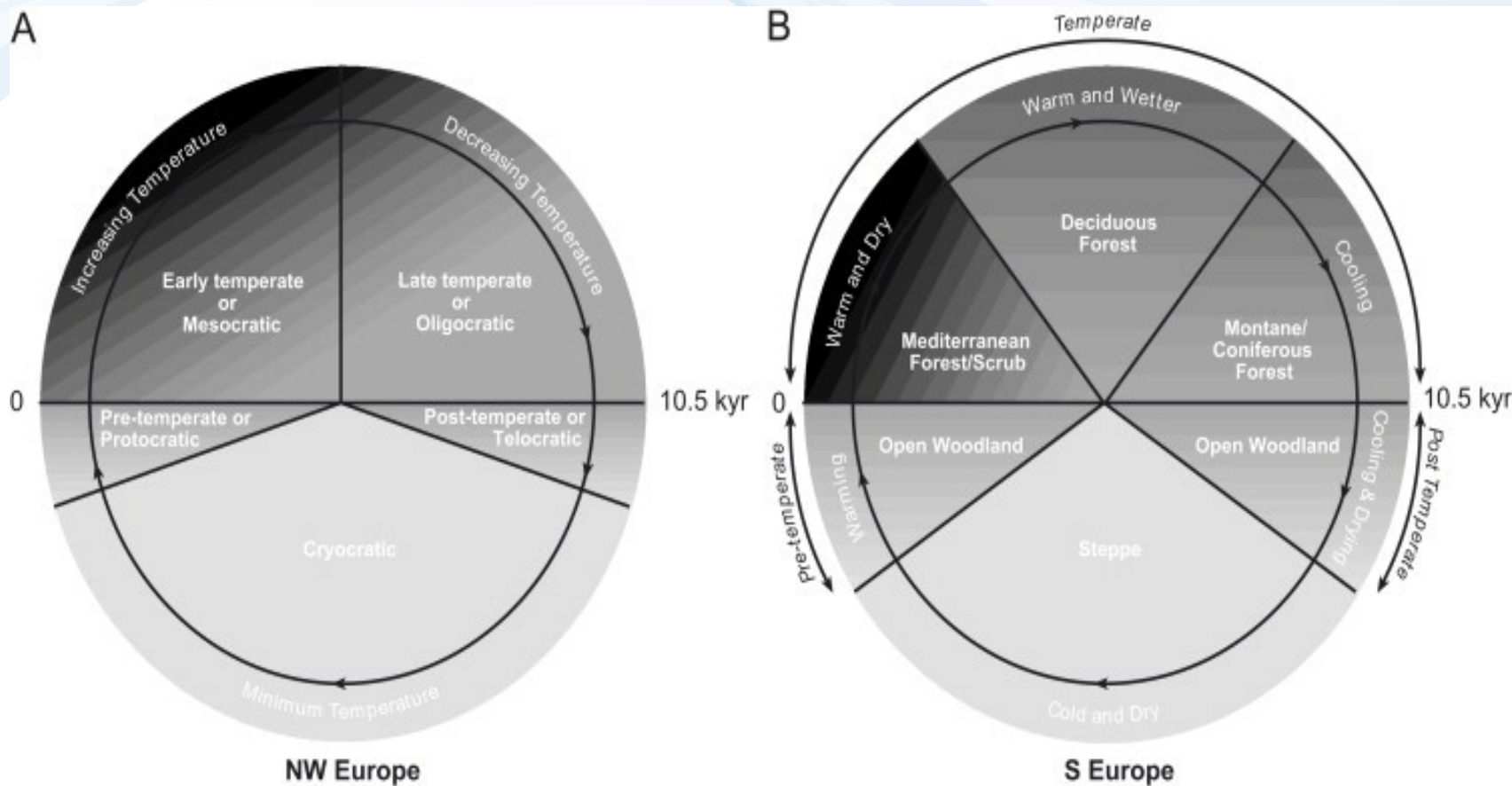
Stabilita-změna-měřítko: několik příkladů z minulosti

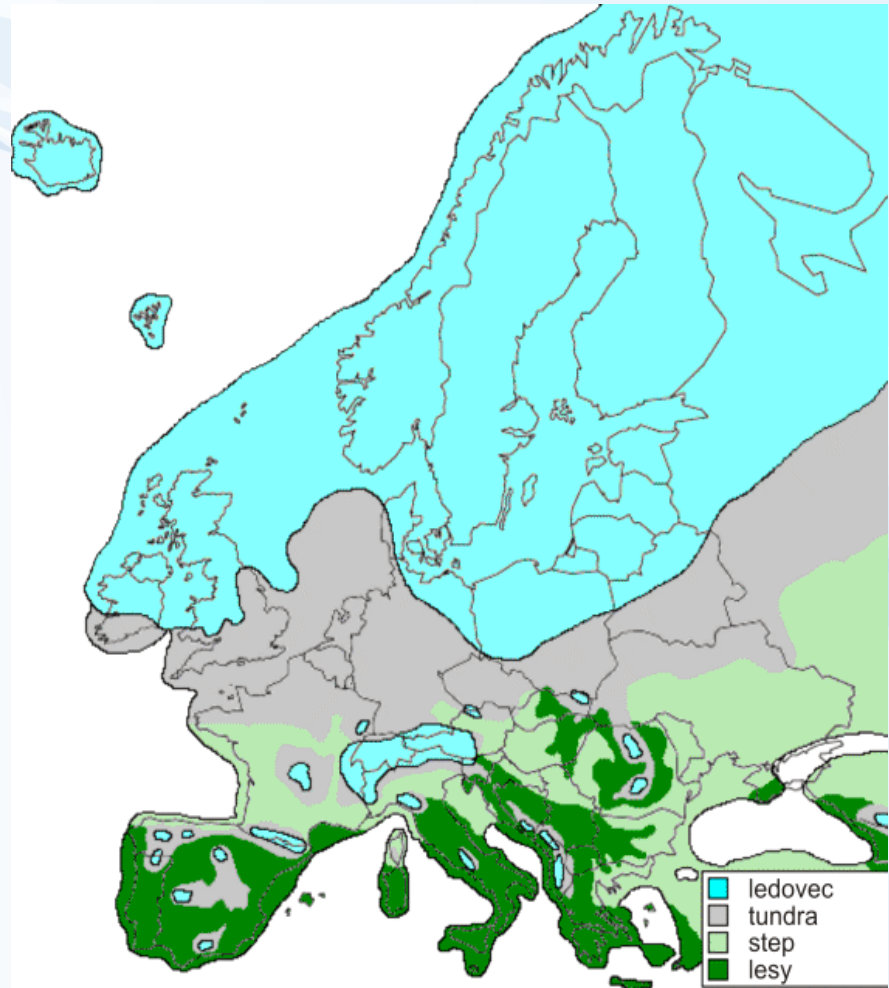
- Středoevropský smíšený opadavý les tvoří pro naše zeměpisné šířky klasický příklad stabilního ekosystému.
- Přesto, vezmeme-li v úvahu časové měřítko v řádu desetitisíců let, nejedná se o stabilní stav, ale pouze o část stabilního vývojového cyklu.



- Jsme totiž na úrovni kvarterního klimatického cyklu, v němž se pravidelně (již nejméně 2,5 miliónu let) střídají ledové doby (glaciály) a meziledové doby (interglaciály)

Tento cyklus se nazývá rovněž Iversenův cyklus. Amplituda glaciálního cyklu byla zhruba 40 000, ovšem s poslední dobou ledovou se změnila na 10 000 let.





- Přestože na první pohled má nástup glaciálu devastující účinky, jedná se o velmi důležitou fázi z hlediska regenerace půd.
- Rozklad opadu mnohých členů lesních ekosystémů totiž okyseluje půdu.



- Naopak v průběhu glaciálu obnaží ledovce půdotvorný substrát a tím se dostanou horniny s ještě nevymytými bázemi k povrchu, proto glaciály přispívají ke stabilizaci poměrů v půdách



- Interglaciály jako období s vydatnějšími srážkami a lesní vegetací naopak přispívají k ochuzování půdních horizontů o bazické ionty.
- Pro první fázi interglaciálu bývají typické úživné půdy, které jsou postupně ochuzovány, což je spolupříčinou změn druhového složení lesů v průběhu interglaciálu.



„Zjermníme“ časové měřítko a podíváme se na poslední interglaciál (holocén).

Období	Přibližně let před dneškem	Klima	Převažující charakter vegetace a lesní dřeviny	Archeologický věk
Subrecent -recent	1 300-0	mírně teplé	lesy silně ovlivněné člověkem, odlesnění/plantáže	historická doba
Subatlantik (SA)	2 700-1 300	relativně chladné a vlhké	buk, jedle, smíšené lesy s bukem	železná doba
Subboreál (SB)	4 000-2 700	mírně chladné	smíšené lesy s dubem a dalšími listnáči, v horách vzrůstající podíl buku	bronzová doba
Atlantik (AT)	8 500-4 000	teplé, mírně vlhké	smíšené lesy s dubem, jilmem, jasanem, v horách s lípou, olší, částečně se smrkem	neolit
Boreál (BO)	10 500-8 500	teplé, suché	líška, borovice, dub	mezolit
Preboreál (PB)	11 500-10 500	chladné, suché	bříza, borovice	
Mladý dryas (DR3)	12 700-11 500	chladné, suché	řídka tajga	
Alleröd Starší dryas Bölling	15 200-12 700	velmi chladné	šíření borovice a břízy	paleolit
Starý dryas	16 500-15 200	velmi chladné	bezlesá tundra, sprašová step	



Příklady boreálních lesů

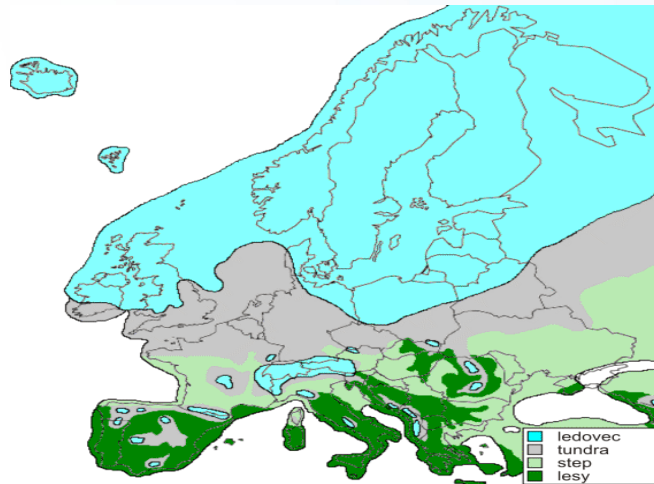


- Do období let 7500–2000 před n. l. spadá největší rozvoj holocenních smíšených listnatých lesů na území ČR.



- Jak je ale možné, že tyto bohaté smíšené doubravy rostly i na dnes extrémně chudých půdách pískovcových krajin ?
- Vysvětlení spočívá v uvážení procesů, které v průběhu posledního glaciálu obohacovaly půdy.

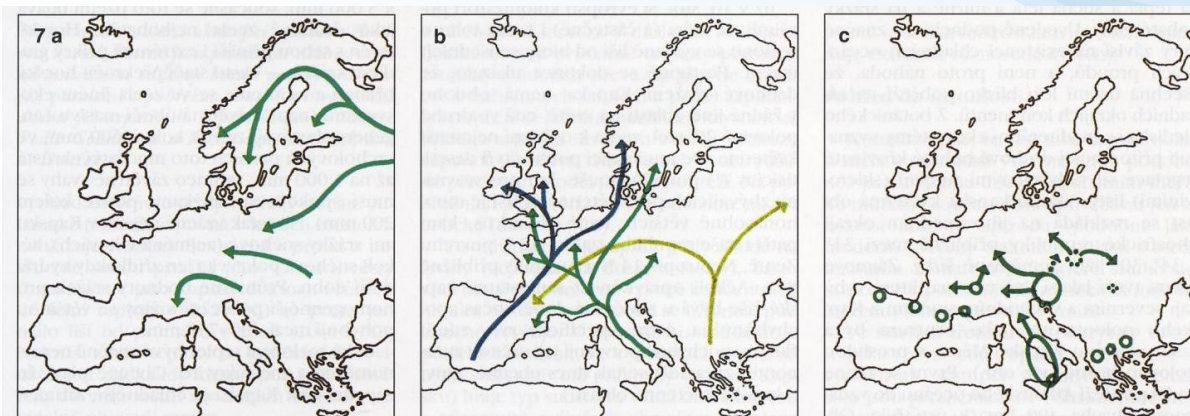
- Dokládá to výskyt reliktních spraší a prachovic (eolických sedimentů), které se tu a tam zachovaly v sedimentačních pastech pod pískovcovými převisy a v meziprostorech balvanitých sutí.



- Opět se tak potvrdil význam glaciálních procesů pro regeneraci půdního prostředí.
- Od konce doby ledové vidíme tedy jisté **kontinuum** vývoje lesních ekosystémů. Ve zvoleném časovém měřítku se les mění, v měřítku lidského života by se jevil jako stabilní.



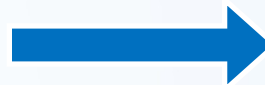
- Pokud je změna jistým postupným kontinuem, systém si během ní uchovává svou stabilitu.
- Důležité je, že tato vlastnost u systémů s autoregulací umožňuje evoluci!
- Důležité „inovace“ jsou uloženy v nové struktuře systému a uchovány v genomu členů tvořících ekosystém.



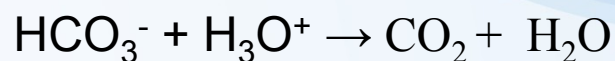
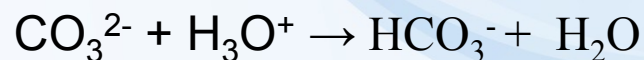
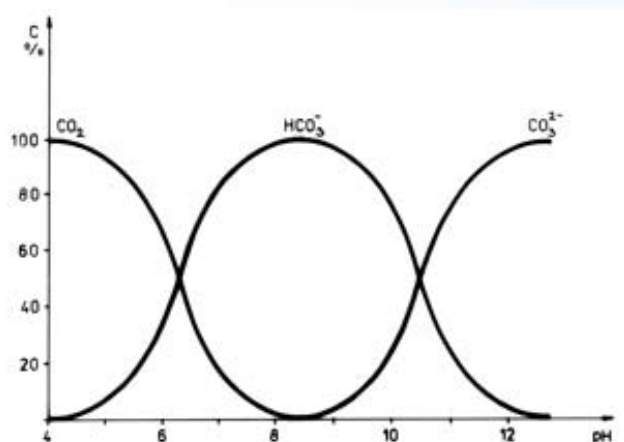
buk k nám začíná pronikat někdy na sklonku subboreálu (2500 př.n.l.)

Lužická krize

- Kontinuum vývoje je přerušeno okolo roku 1000 př. n. l., kdy nastává událost zvaná Lužická katastrofa.
- Souběhem kolísajícího klimatu, předchozího vyluhování půd během vlhkých období (atlantik, subatlantik) a jistého okyselení půd opadem, dojde na chudých půdách ke skokovému úbytku bází, o nichž byla půda obohacena v průběhu glaciálu.



- To, že byla změna náhlá, souviselo s vyčerpáním uhličitanového pufrčního mechanismu v půdách (tlumí výkyvy pH, udržuje půdu mírně zásaditou, drží v půdě důležité bazické ionty).



- Prudká změna podmínek prostředí je čitelná ze společenstev měkkýšů, která se dochovala jako fosilní ulity v souvrstvích opadaného písku pod skalními převisy.



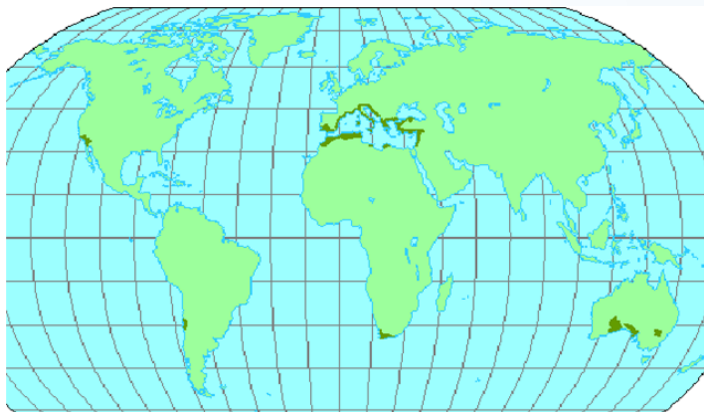
- V některých oblastech Velké Británie byl tento proces ještě rychlejší.
- Kvůli okyselení se uvolnily oxidy železa a přestěhovaly se do půdní spodiny, kde vytvořily nepropustnou vrstvu (půdoznalci ji označují německým termínem *ortstein*).
- Následkem toho se svrchní horizonty zamokřily a posléze vznikly velké plochy rašelišť a vřesovišť.
- Obdělávaná pole se změnila přímo na rašeliště, což svědčí o rychlosti tehdejších změn.



- Z hlediska stability plyne z Lužické krize následující: **přirozený autoregulovaný vývoj nemusí vždy znamenat kontinuum bez katastrof, pokud je tento vývoj ovlivněn nepříznivými vnějšími, či vnitřními okolnostmi.**
- Ne každé stanoviště totiž dlouhodobě umožňuje existenci lesa.
- Uzavřenost cyklu bazických prvků je jedním z důležitých ukazatelů stability v terestrických ekosystémech, jak si později ukážeme.



- Předindustriální ekologické krize způsobené člověkem: příklad středomoří
- V současné době odlesněné a erodované svahy hor středomoří, porostlé pouze trnitou vegetací, byly v první polovině holocénu převážně zalesněny.



původní rozloha 2,7 mil. km² (≈ 2% plochy pevniny)

- Ovšem s rozvojem antický měst, které vzkvétaly především díky obchodu, souvisela rozsáhlá těžba dřeva.
- Mýcení lesů představuje v antice jeden z nejzávažnějších ekologických problémů, který měl nejen nedozírné environmentální, nýbrž i ekonomické a sociální důsledky
- Rozsáhlá deforestace zásadním způsobem proměnila charakter středomořské krajiny.
- Jejím důsledkem byla eroze a s ní související degradace zemědělské půdy i klimatické změny.
- Přímo ukázkovým příkladem bludného kruhu ekologických problémů antického Středomoří je příklad Efezu.



„To, co zůstalo, vypadá ve srovnání s tím, co existovalo dříve, jako kostra nemocného člověka – ubylo tuku i kypré půdy ... Jsou zde hory, ve kterých teď není nic než pastva pro včely, ale není tomu dávno, co na nich rostly stromy ... a ležely bezmezné pastviny. Navíc je každoročně zavlažoval Zeus svým deštěm, jenž se v nich neztratil jako nyní ... přinášel vydatné zásoby pramenité vody v potocích, z nichž se dodnes zachovaly svatyně v místech, kde dříve existovala zřídla.“



Platón, dialog Kratylos



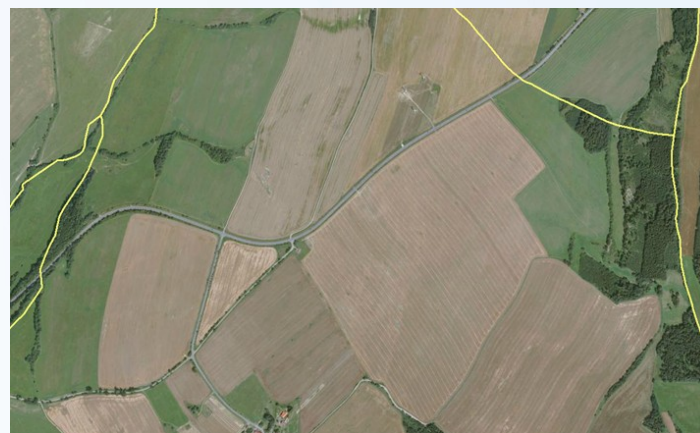
- Odlesnění středomoří provedené už ve starověku je za současných podmínek jevem nevratným.
- Odlesnění vedlo ke vzniku velmi mělkých půd, které jsou zároveň velmi prosychavé, degradované větrnou a vodní erozí a tudíž velmi těžko zalesnitelné.
- Za současných podmínek se tedy jedná o jev nevratný.



- Zmínili jsme změny, odehrávající se v časovém měřítku, které je pro nás postřehnutelné, díky historické paměti.
- Pokud chceme pochopit fungování a stabilitu daného složitého systému je optimální nazírat jej v kontextu jeho přirozené vývojové dynamiky a právě k tomu je nepochybně nutné zvolit správné časové měřítko.
- Právě v tomto vhodném měřítku se jeví například rozpad klimaxových horských smrčín jako součást přirozené vývojové dynamiky těchto porostů.



- Stabilita má vztah nejen k měřítku časovému, ale i k měřítku prostorovému.
- Což můžeme demonstrovat na radikální proměně středoevropské kulturní krajiny.
- Tradiční kulturní krajina vzniklá spolupůsobením člověka a přírodních procesů v holocénu představovala heterogenní mozaiku.
- Tato heterogenita byla zárukou stability krajiny jako celku.



Příklad zániku luk v CHKO
Křivoklátsko v letech 1952
až 2009 (krajina mezi
Bzovou a Točným).



- Jednotlivá zrna mozaiky zahrnovala pole s různými plodinami, louky, pastviny, lesy v různé fázi malého vývojového cyklu atd.
- Jednalo se tedy škálu člověkem různě ovlivněných ekosystémů s autonomní dynamikou, které obsahovaly druhy s různými ekologickými nároky.



- Globalizace obecně vede k zániku této mozaiky, vzniku velkých celků orientovaných pouze na jeden produkt (např. pěstování řepky, kukuřice, rýže, výrobu automobilů, poskytování turistických služeb), což způsobuje výrazné zvýšení nestability subsystémů globálního systému (ať už subsystému globální ekonomiky, který je subsystémem globálního ekosystému nebo dalších subsystémů).
- Peripetie orientace určitého celku na jeden produkt/plodinu/surovinu jasně demonstruje „bramborový“ hladomor v Irsku v letech 1845-1849.
- Změna „zrnitosti“ neboli struktury rozdělení systému do subsystémů, může tedy výrazně ovlivnit stabilitu celého systému.



- Analogie pro konstrukci možných důsledků současné globalizace lze najít například v analýze příčin úpadku Starověkého Říma (např. Lubor Kysučan *Oni a my. Dvanáct neodbytných otázek mezi antikou a postmoderno*)
- Podobně jako pozorovatelova volba časového měřítko může výrazně ovlivnit jeho závěr o stabilitě daného systému, může i pozorovatelova volba velikosti pozorované části systému ovlivnit jeho závěr o stabilitě.
- Například většina ekosystémů má mozaikovitou strukturu, kde v rámci jednoho zrna mozaiky může být pozorována diskontinuální (kolapsová) dynamika, přestože systém jeho celek má dynamiku kontinuální.

Hlavní závěry z první přednášky tedy jsou:

- Stabilita je esenciálním předpokladem existence živých i neživých objektů (systémů) ve vesmíru a rovněž esenciálním předpokladem pro možnost je pozorovat.
- Stabilita se u živých systémů často doplňuje se změnou (např. postupné přizpůsobování se systému podmínkám prostředí), přičemž kontinuální autoregulovaný vývoj systému, tedy jeho velmi postupná změna, umožňuje systému uchovat si jeho stabilitu.

- **Pozorovatelova volba časového měřítka, ve kterém bude provádět popis vybraného systému, může výrazně ovlivnit jeho závěr o stabilitě daného systému.**
- **Pozorovatelova volba prostorového měřítka, ve kterém bude provádět popis vybraného systému, může výrazně ovlivnit jeho závěr o stabilitě daného systému.**
- **Změna prostorové struktury systému (např. velikosti subsystémů: zrnitosti) výrazně ovlivní stabilitu systému.**



- **Změna časové struktury procesů v ekosystému (např. rychlosti metabolických procesů, délky cyklu glaciál/interglaciál, změna rozložení srážek v čase) výrazně ovlivní stabilitu systému.**
- **Ani vývoj přirozeného systému nemusí být kontinuální, pokud se prostředí ekosystému změní více, než unesou stabilizační mechanismy v ekosystému.**

