

Doc. RNDr. Jiří Matyášek, CSc.

Prof. RNDr. Miloš Suk, DrSc.

ANTROPOGENEZE V GEOLOGII

Masarykova univerzita

Pedagogická fakulta, Katedra biologie

Přírodovědecká fakulta, Ústav geologických věd

Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy České republiky

FRVŠ - projekt 472/2009

Dílo je součástí řešení výzkumného záměru PdF MU

„Škola a zdraví pro 21. století“ – MSM0021622421



Obr. 1 Stopy pravěkého člověka (cca 6000 let) v horké lávě. Mexiko.

Člověk jako geologický činitel

Anotace:

Aktivity člověka se staly jedním z nejvýznamnějších geologických činitelů a v dnešní době všestranně ovlivňují příští vývoj Země. Geologická antropogeneze se tak stává jedním z nejdůležitějších aspektů geologických věd.

OBSAH

1. Úvod

1. 1 Hlavní etapy geologického vývoje Země a princip aktualizmu
1. 2 Ovlivňování geologických podmínek lidskou činností v pravěku, starověku, středověku a novověku (antropogenní geologie)

2. Člověk mění Zemi (antropogenní geologie)

2. 1 Antropogenní tektogeneze
(vliv člověka na gravitační a seizmická pole)
 2. 1. 1 Zemětřesení indukovaná a umělá
 2. 1. 2 Poklesy
 2. 1. 2. 1 Pohyby způsobené poddolováním
 2. 1. 2. 2 Tlaky pod velkými městy dosahují až 6 Mpa
 2. 1. 3 Svahové pohyby – sesuvy
 2. 1. 4 Vrásové deformace
 2. 1. 5 Umělé poruchy
2. 2 Změny v migraci tepelné energie (ovlivnění geotermálního pole Země)
2. 3 Ovlivnění elektrického a magnetického pole a anomálních zón
2. 4 Změny georeliéfu pevnin a změny v rozmístění vodstva
2. 5 Antropogenní petrogenese
 2. 5. 1 Zvětrávání
 2. 5. 2 Eroze
 2. 5. 3 Desertifikace
 2. 5. 4. Antropogenní transport látek
 2. 5. 5 Antropogenní sedimentace
2. 6 Antropogenní minerály a horninové materiály, biolity a technolity
2. 7 Změny ve složení litosféry, horninové prostředí
2. 8 Antropogenní změny v koloběhu prvků, výměna látek mezi geosférami, geochemické cykly
2. 9 Vliv člověka na vývoj ostatních organizmů

3. Vlivy získávání a využívání přírodních energetických zdrojů

3. 1 Zdroje energie
 3. 1. 1 Solární energie
 3. 1. 2 Ropa
 3. 1. 3 Uhlí
 3. 1. 4 Zemní plyn
 3. 1. 5 Recentní biopaliva
 3. 1. 6 Větrná energie
 3. 1. 7 Energie oceánů
 3. 1. 8 Tepelná energie Země
 3. 1. 9 Jaderná energie

4. Příklady komplexního ovlivňování litosféry lidskou činností

- 4. 1 Důsledky těžby a zpracování nerostných surovin
- 4. 2 Vlivy průmyslové činnosti
- 4. 3 Vlivy zemědělských aktivit
- 4. 4 Vlivy dopravy a cestovního ruchu
- 4. 5 Vlivy tzv. „velkých staveb“
- 4. 6 Důsledky válečných konfliktů
- 4. 7 Vliv člověka na vznik záplav
- 4. 8 Vlivy velkých měst
- 4. 9 Antropogenní tvorba krajiny

5. Kosmické vlivy na Zemi a jejich minimalizace

6. Geologie – jeden z klíčů k budoucnosti lidstva

Literatura

Seznam obrázků

1. Úvod

1.1 Hlavní etapy geologického vývoje Země a princip aktualizmu

V historii Země došlo postupně k několika mezním událostem, které rozhodujícím způsobem ovlivnily její další vývoj:

- před 4,6 – 4,5 miliardami let v důsledku podmínek ve vesmíru vzniká Země, čímž byla odstartována předgeologická etapa, haedean
- přibližně před 4 miliardami let se začala vyvíjet litosféra a vznikat prvotní atmosféra a hydrosféra. Kromě kosmických vlivů se začínají uplatňovat procesy, které formují vnitřní stavbu Země. To je protogeologická etapa - archaikum (azoikum).
- před cca 3,7 miliardami let vzniká ve vodním prostředí život a následně se začíná uplatňovat desková tektonika a subdukční procesy, diferencuje se oceánská a kontinentální litosféra. Tuto etapu označujeme jako proterozoikum.
- před 680 miliony let je dosaženo Ureyho hladiny kyslíku v atmosféře, který vytváří ochranu před smrtícím zářením z vesmíru, takže se může vyvíjet život i na kontinentech. Začíná fanerozoikum.
- před cca 1 milionem let se v geologickém vývoji Země začíná uplatňovat činnost člověka (rod *homo*). Probíhají antropogenní geologické procesy, technogeneze. Etapu proto označujeme jako antropozoikum či antropocén.

V rámci každé z těchto etap probíhají procesy podobného typu, které ji odlišují od etap ostatních. V každé etapě proto platí „princip aktualizmu“, podle něhož určují vývoj Země v dané etapě shodné kombinace geologických činitelů (obr. 2).

Pro předgeologickou etapu vývoje je charakteristický zcela převládající vliv vesmíru a zejména jeho nejbližší části - sluneční soustavy. Ať již přijmeme jakoukoliv teorii o vzniku (např. „chladná“ a „horká“) je nepochybné, že pro tuto etapu jsou důležité vnězemské vlivy energetické i látkové, předpokládá se např., že veškeré zlato a jiné prvky byly na vznikající Zemi přineseny z vesmíru (meteoritový déšť), takže Země fungovala jako vysavač. Současně ovšem probíhaly i nukleární reakce, které byly zdrojem dalších prvků.

V protogeologické etapě (archaiku) převažovaly vlivy vnitřní diferenciace Země, vznikají látkově rozdílné „slupky“, zemské jádro a zemský plášť a probíhá výměna hmoty mezi nimi. Jako vnější slupky vznikají zemská kůra a prvotní primitivní atmosféra a hydrosféra v důsledku výronů lehčích hmot na povrch. Koncem této etapy se pomalu a postupně diferencuje i zemská kůra, vznikají převážně vulkanogenní bazické zelenokamové pásy, které jsou základem pozdější oceánské kůry a granitoidní jádra jako základ zemské kůry kontinentálního typu. Tato prvotní, stále ještě jednotná kůra, se označuje jako Protogea.

Před přibližně 3,7 miliardami let se ve vodním prostředí začíná rozvíjet život, nejspíše v důsledku specifických chemických reakcí nebo víceméně náhodným zanesením meteority z vesmíru.¹ Organismy postupně začínají ovlivňovat výměnu prvků mezi povrchovými geosférami a spouští tak procesy deskové tektoniky.

Prvotní jednotný superkontinent - Vaalbara - se rozpadá na několik menších, které se po asi 0,5 miliardě let opět spojují v superkontinent - Rodinii. Po jeho vzniku nastává období zalednění (Země se stává

¹ Podle nedávných pokusů mohou mikroorganismy přežít v meteoritu patřičné velikosti průlet atmosférou. Život lze považovat za vlastnost hmoty. Tomu odpovídá skutečnost, že nejstarší organismy byly chemotrofní v horkých pramenech, kde oxidovaly např. mangan a železo a teprve později produkovaly kyslík fotosyntézou. Tím byla ovšem vychýlena rovnováha mezi geosférami a odstartovaly tak subdukční procesy.

„sněhovou koulí“). Po oteplení nastává intenzivní rozvoj organismů („exploze biodiverzity“), v atmosféře

je proto dosaženo tzv. Ureyho hladiny kyslíku (tj. asi 0,001 % dnešního obsahu). Tím je umožněn nástup organismů na kontinenty.

Superkontinent Rodinia se rozpadá na několik menších (Holoarktis, Antarktis a Equatoris). Přibližně před 600 miliony let, v časovém rozhraní mezi svrchním proterozoikem a starším paleozoikem, existují na severní polokouli kontinenty Erie, Baltika a Angara (tzv. starý červený kontinent) a na jižní polokouli Amazonia, Gondwana a Antarktika. Ty se postupně zase spojují na jednotný kontinent, Pangeu, který se v mezozoiku (trias) postupně rozpadá na dnešní kontinenty (obr. 3). Kromě vesmírných vlivů a vlivů vnitřního vývoje zemského tělesa se začínají v geologických procesech stále více uplatňovat vlivy organismů. Etapu souhrnně označujeme jako *fanerozoikum*. Ve vývoji života se objevují významné výkyvy související zčásti s výměnou prvků mezi geosférami (např. rozsáhlé převedení uhlíku z atmosféry do litosféry mohutným rozvojem vápnitých organismů v oceánech nebo rostlinstva v karbonu a terciéru, vždy po významném zalednění) nebo i s vesmírnými vlivy. Např. před 250 miliony let došlo k rozsáhlému vymírání v oceánech, kde zmizelo až 95 % druhů organismů. To je vysvětlováno dopadem ohromného meteoritu v té době v Antaktidě, kde byla objevena pod ledem struktura, interpretovaná jako meteoritový impakt o průměru až 480 km. Před 13 miliony let se vyvíjejí první předchůdci člověka, kteří však po dlouhou dobu do vývoje Země nezasahují.

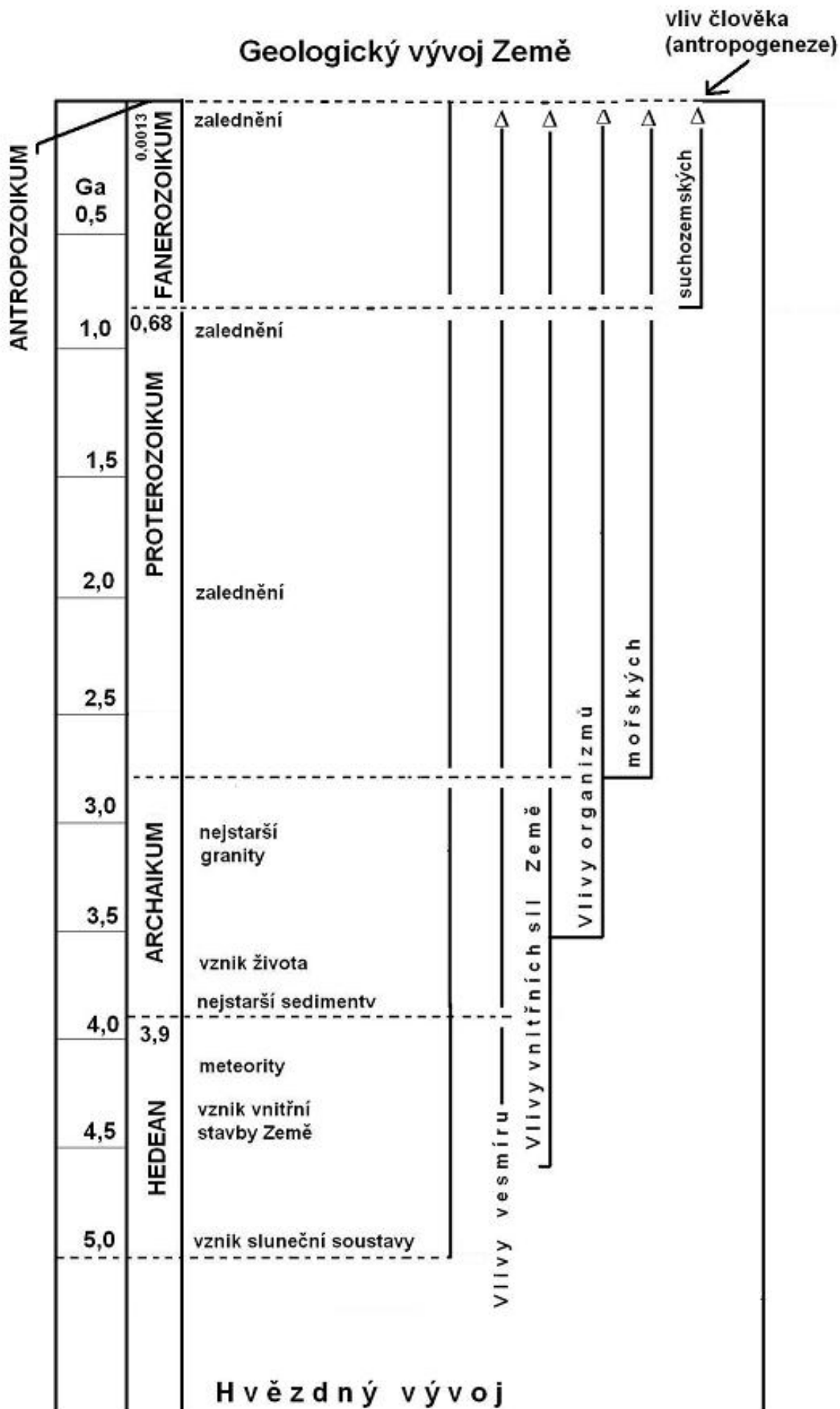
Teprve před 1 milionem let člověk začíná významněji ovlivňovat geologické procesy (např. mýcením lesů) a začíná nová etapa ve vývoji Země - etapa antropogenní či technogeneze.² Dnes se ve vývoji Země uplatňují vlivy vesmíru, vlivy vnitřních sil (zdá se že rozpad Pangey byl ukončen a dnešní kontinenty se pohybují po křivkách vedoucích ke spojení v nový superkontinent, Geosii, tomu odpovídá uzavírání moří (např. Středozemního) i vyhasínání riftů), vlivy organismů a v posledním milionu let i vlivy člověka (antropogeneze), (obr. 2).

Antropogenní geologické procesy působí jednak přímo, jednak nepřímo ovlivněním faktorů, které jsou na nich nezávislé a způsobují změny v dalších přírodních geologických procesech. Většina antropogenních vlivů je adekvátní přírodním geologickým pochodům, může s nimi probíhat paralelně a tím je zintenzívnit či urychlit, nebo proti nim a tím je brzdit.

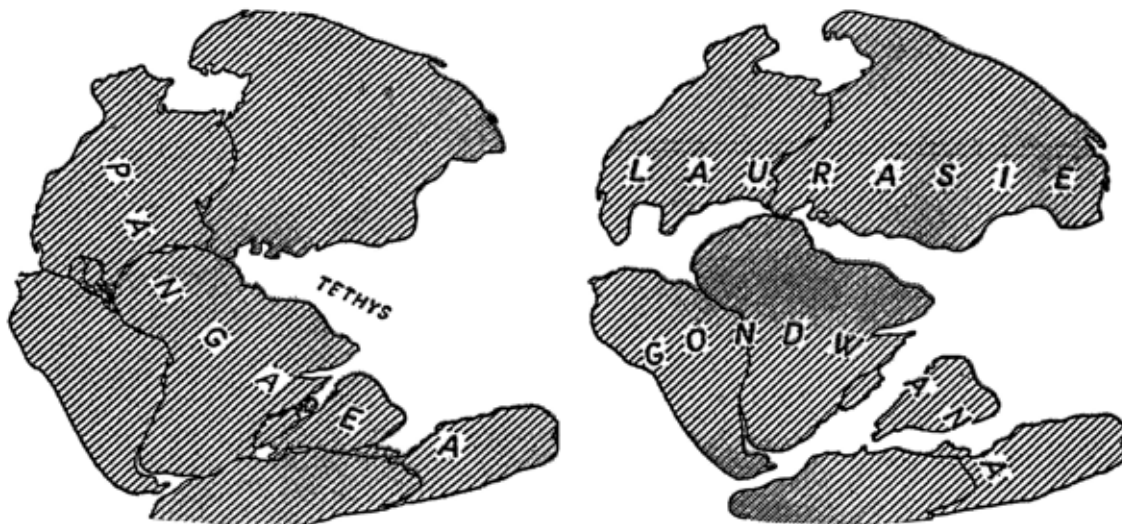
Geologický vývoj neustále probíhá a většinou se dnes na něm velmi všestranně člověk podílí, většinou však nelze rozhodnout jakou měrou. Nicméně se antropogeneze v mnoha ohledech přirozeného vývoje liší: zatímco přírodní procesy mají shodné tendence v různých dobách i shodný průběh (princip aktualizmu), antropogenní vlivy se vyvíjí a stupňují, antropogenní procesy se neřídí přírodními zákony a často směřují spíše k jejich narušení, dosahují intenzity přírodních, ale jsou mnohem rychlejší a drastičtější, např. antropogenní eroze a denudace je až tisíckrát rychlejší, stejně jako antropogenní pohyby a transport horninového prostředí, k ovlivnění geologických podmínek dochází často v místech, která nejsou pro to vhodná (např. umělé otřesy v aseizmických oblastech, sesuvy výkopů v rovinách).

Pouze dokonalým poznáním této mnohotvárnosti můžeme podpořit to, co k udržení přírodních podmínek přispívá a potlačit skupinové zájmy, které těží z obecné neznalosti přírodních zákonů nebo z možností obohacování zneužíváním přírody, pohádkové příjmy z využívání nevhodných zdrojů energie nebo ze znečišťování lito-, hydro- i atmosféry.

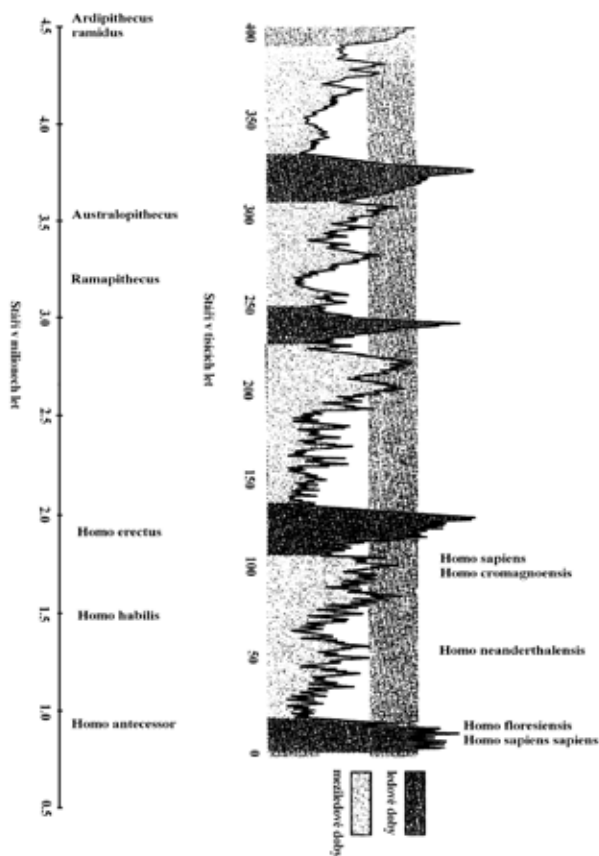
2 Termín byl navržen A. P. Pavlovem již v 19. stol. a později použit Rankamou a Sahamou (1948) a Fersmanem. Do české literatury ho zavedl Kettner (1956).



Obr. 2 Přehled vlivů jednotlivých činitelů na geologický vývoj Země.



Obr. 3 Příklad rozpadu kontinentů.
Rozpad Pangei na Laurasii a Gondwanu a následně dnešní kontinenty.



Obr. 4 Vývoj teplot v ledových a meziledových dobách a vznik předchůdců člověka.
Doplňeno V. Cílek in Ottův historický atlas, Praha, 2007.

1.2 Ovlivňování geologických podmínek lidskou činností v pravěku, starověku, středověku a novověku (antropogenní geologie)

Na vznik života na Zemi existuje velké množství více či méně pravděpodobných názorů. Většinou jde o jen nedostatečně doložené teoretické možnosti. Podle dnešních znalostí se zdá nepochybné alespoň to, že život mohl vzniknout před zhruba 3,7 – 3,8 miliardami let, jak v důsledku příznivé kombinace pozemských podmínek, tak i zanesením z vesmíru. První možnost by mělo jít ověřit zjištěním, zda vzniká i v současnosti, kdy jsou pro různé způsoby vzniku podmínky ještě příznivější (podle V. Cílka je život vlastností hmoty). Na přínos z vesmíru pak ukazují nálezy aminokyselin v meteoritech (např. v tzv. washingtonském meteoritu bylo nalezeno více než 120 těchto sloučenin). K ověření této možnosti jsou nyní vysílány i speciální družice.

Samotný vznik člověka vývojem je výzkumy mnoha generací antropologů poměrně hodnověrně doložen. Když se podařilo uvést na pravou míru různé podvrhy (piltdownský člověk) a vyloučit padělky a doplnit vývojové řady novými kosterními nálezy, je vývojová linie lidí i její délka celkem jasná (obr. 6). Počátky člověka jako samostatného druhu živočichů lze klást do období před cca 70 miliony let, kdy vznikly vzpřímené druhy stále ještě s převládajícími znaky opic. S nadsázkou se dá říci, že od předchůdců dnešních opic, kteří byli chytří a zůstali na stromech a jsou dnes spokojeni, se odlišili ti hloupí, kteří slezli na zem a musí dnes pracovat (viz podíl práce na polidštění opice), jsou chudí a nespokojeni.

Nejstarší přímí předkové člověka jsou známi z jižní polokoule, Afriky, hlavně z Etiopie a Namibie z pohoří Otavi, kde žili před 13 ± 1 milionem let. Po dlouhou dobu byli tyto předkové lidí (*Ardipithecus ramidus*, *Australopithecus*, *Paranthropus aethiopicus* aj.), spolu s ostatními živočichy součástí přírodních společenstev, jejichž strukturu a vývoj jen málo ovlivňovali. Lidské aktivity se však od zvířecích liší tím, že nejsou stále stejné, vyvíjí se a stupňují. Kdy hominidé začali výrazněji zasahovat do přírody, zatím nevíme. Více vyvinuté druhy, které uměly využívat oheň a vyrábět primitivní nástroje, se objevují na počátku kvartéru (*Homo habilis* a *Homo antecessor* 1,8 milionu let). Před 650 tisíci lety se rozšířil druh *Homo erectus* a po několika desítkách tisíců let dochází k ochlazení a době ledové (günz). V meziledové době mindel-riss je doložen *Homo heidelbergensis* a z další meziledové doby riss-würm, odpovídající starší době kamenné, již známe existenci *Homo sapiens neanderthalensis*, který byl nakonci své existence paralelní s naším druhem rodu *homo* - *Homo sapiens sapiens*. Současná meziledová doba, holocén, počínající v mladší době kamenné (neolitu) ve střední Evropě cca před 10 000 lety, je vyznačena rozvojem moderního člověka (*Homo sapiens sapiens*), k němuž patřil v Evropě především člověk cromagnonský. Významné je, že je velmi nápadná souvislost vývoje člověka se střídáním ledových a meziledových dob.

Zdá se, že změny podnebí v Evropě v současném holocénu, které byly přisuzovány klimatickým změnám, byly ve skutečnosti způsobeny v mezolitu a neolitu aktivitami tehdejších obyvatel. Podle názoru Goudie (2006) nejde jen o vypalování lesů, ale i o vznik bažin, vyhynutí některých rostlin, zasolení půd nevhodným zavlažováním mořskou vodou (to vedlo ve svých důsledcích k pádu mocných říší Blízkého Východu), o podzolizaci půd, zvýšení eroze a o vznik záplav. Vypalování lesů bylo např. prokazatelně příčinou rozsáhlé ekologické katastrofy před 4500 lety na celém Iberském poloostrově (agarská kultura).

Nejstarší, člověkem úmyslně založené ohně, mohly způsobit nástup ledových dob (Westbroek, překlad V. Cílek 1993, str. 197 - 8): „*Počátek žárového hospodářství způsobil změnu obrovských rozloh tropických pralesů v savanu. Tím byla značně urychlena eroze a produkty zvětrávání bohaté na živiny byly splachovány do oceánu, kde způsobily rozvoj vodních řás. Ty odebíraly z atmosféry CO₂ a tím ovlivnily klimatický systém*

natolik, že nastoupila ledová doba. Na první pohled se zdá nepravděpodobné, že by něco takového mohlo rozpoutat pár divochů z tropů, ale co můžeme vědět? Příčin ledových dob mohlo být více, ale raný rozvoj lidské kultury byl jednou z nich. Třeba představoval onu kapku, díky které vědro přeteklo“ (obr. 4, 8).

Další intenzifikaci vlivů člověka na vývoj přírody znamená zemědělské obdělávání počínaje mladší dobou kamennou, neolitem.

Člověk zasahoval do přírody organické (např. snižování stavů lovné zvěře, podíl na vyhubení mamutů), rozšíření užitkových a šlechtěných plodin, tak i neživé přírody. Lidé si vytváří umělá stanoviště, vysekávají lesy, obdělávají pole a vytváří pastviny i na místech pro zemědělství zcela nevhodných. To se zcela vymyká přírodnímu trendu, který v meziledových dobách směřuje k zalesnění. První zemědělci zastupují i rozsáhlá území, na nichž vzniká umělá (tzv. „kulturní“) step, která se od přirozených postglaciálních stepí výrazně liší. Přirozená step měla hustý drn, chránící svrchní vrstvy půdy, v kulturních stepích orba a sešlap dobyt看em uvolňují erozi a vytvářejí zcela odlišné typy půd. První zemědělci tak nemění jen složení biocenóz, ale uvádí v chod dlouhodobé geologické děje, odnos a akumulaci v odlesněné krajině s obnaženou půdou. Případný nástup další doby ledové nastane proto za zcela odlišných podmínek.

V mladší době kamenné začali lidé výrazněji ovlivňovat také živou přírodu a tím i další geologické děje. Dochází ke snižování počtu druhů živočišstva (vyhubení mamutů však patrně nesouvisí jen s aktivitou člověka, ti vyhynuli i v neobývaných oblastech např. na Sibiři), ale hlavně s klimatickými změnami. Významná je domestikace užitkových druhů a šlechtění rostlin.

V té době dochází i k první surovinové krizi. Ve Středomoří byla brzy vyčerpána známá ložiska snadno tavitelných kovů mědi a cínu na výrobu bronzu a jako náhrada bylo nalezeno železo. Začíná tak doba železná, která vlastně trvá dodnes.

Další zvýšení vlivu industriální společnosti na přírodní děje je charakteristické pro středověk. Kromě rozvoje zemědělství, stálého zvyšování potřeby dřeva, dochází k rozvoji těžby a zpracování nerostných surovin. K dalšímu významnému zvýšení vlivů lidské společnosti na přírodní děje dochází ve středověku ve Středomoří (obr. 9).

Speciální vrty v ledovcích, kde je možné přesně datovat změny teploty a čistoty ovzduší na základě izotopického rozboru přírůstkových zón v ledu, dokazují, že k prvotnímu znečištění ovzduší olovem došlo všestranným využíváním tohoto kovu v antice.³

Významné bylo také kácení lesa již nejenom k získání úrodné půdy, ale ve Středomoří i k využití dřeva k průmyslovým účelům. Enormní byla spotřeba dřeva pro stavbu obchodních lodí. Následky odlesnění např. v Řecku a u Jaderského moře jsou v této oblasti patrné dodnes.

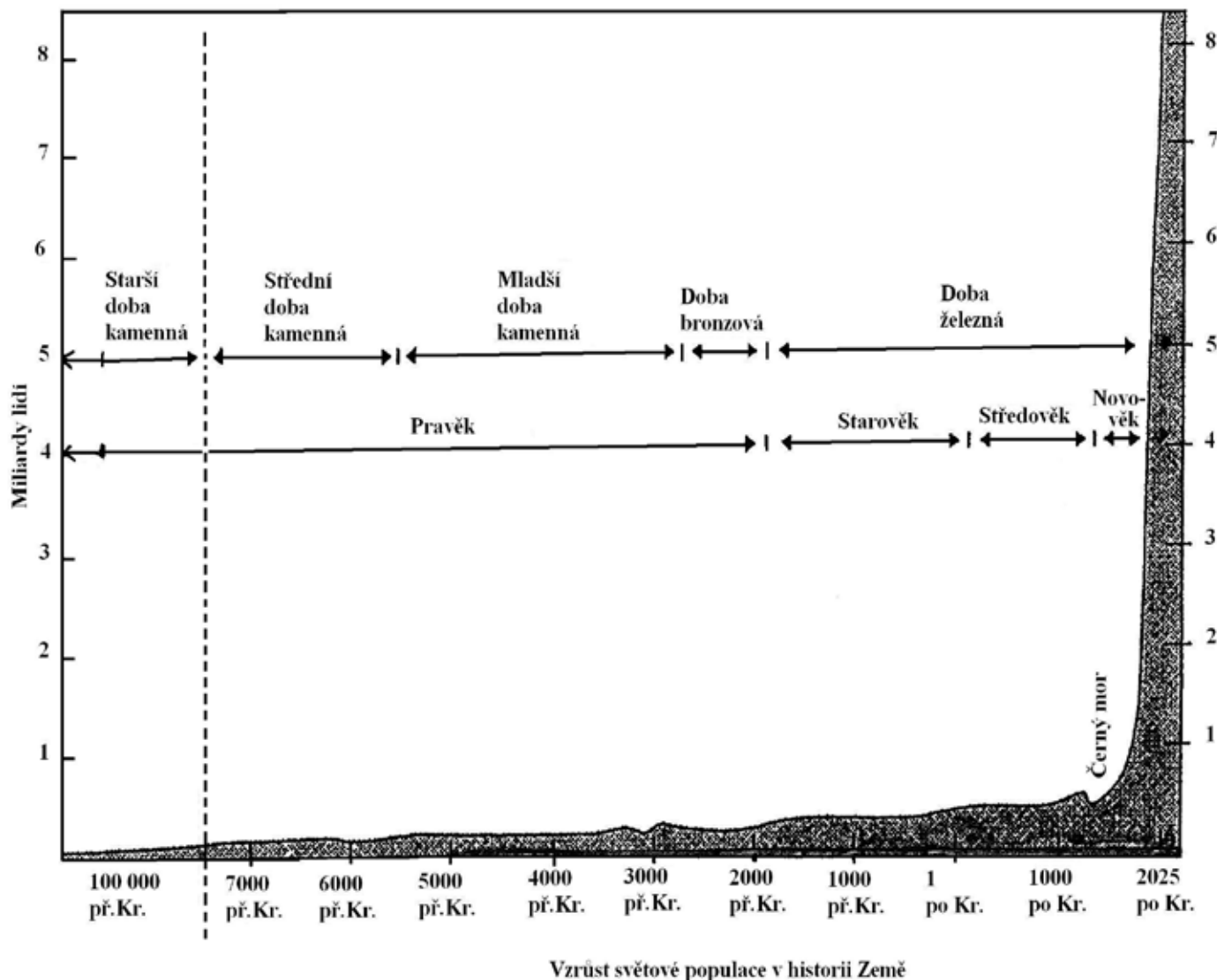
K rozsáhlému odlesňování docházelo i na jižní Moravě. V době hradištní to vedlo ke vzniku rozsáhlých záplav, které tam zničily prosperující hradiště.

Další intenzifikace uvedených změn znamená průmyslová revoluce v novověku a růst počtu obyvatel (obr. 5). Zásahy do přírody jsou stále rozsáhlejší a komplexnější a na rozdíl od procesů ryze přírodních jsou katastroficky rychlé. Mýcení lesů (zejména tropických deštných pralesů), znečištění ovzduší, vodstva

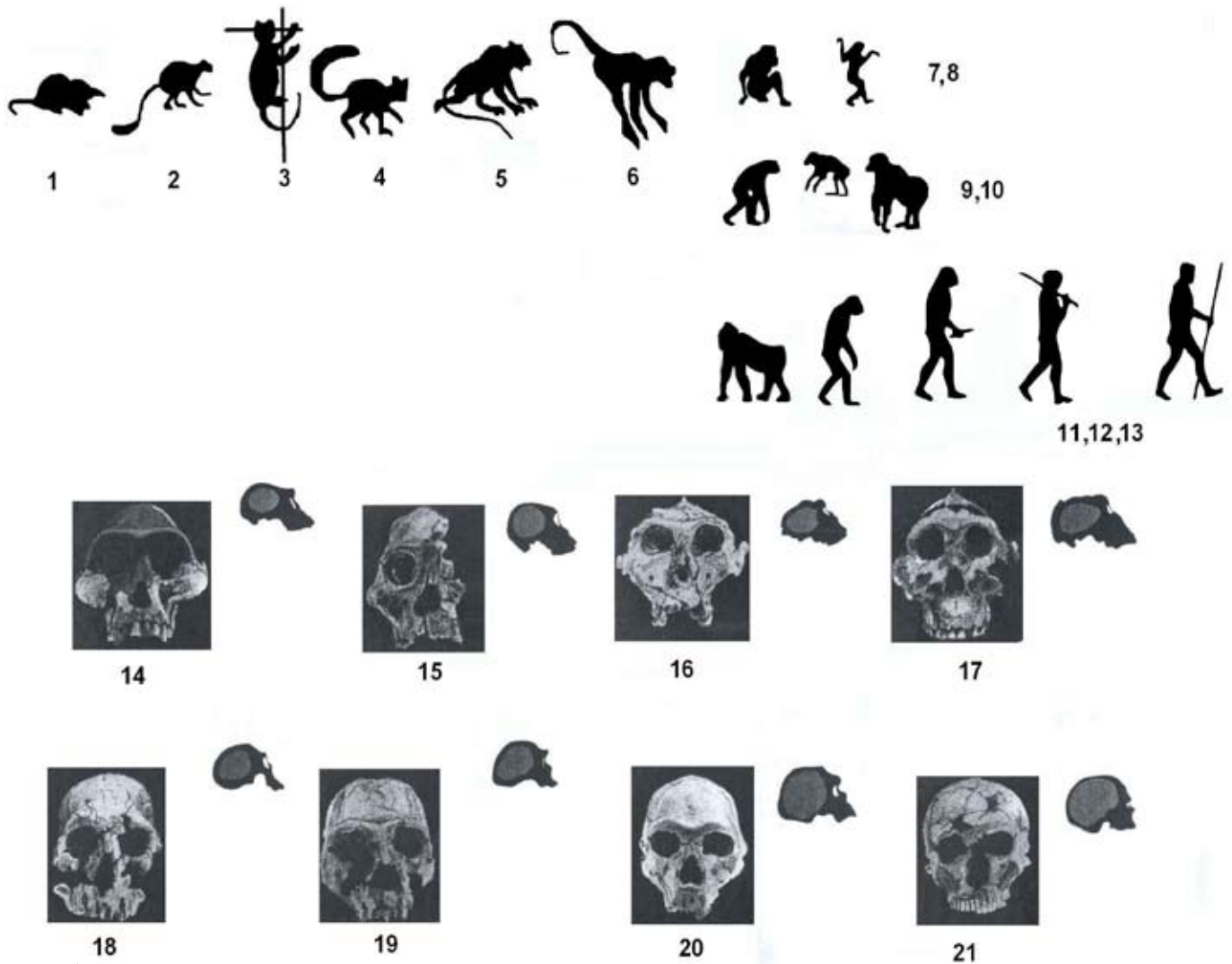
³ K významnému vzniku aerosolů olova docházelo např. i v mincovnách a při výrobě tzv. oloveného cukru (odpařováním vína na olovených pánvích vznikaly i bílé krystaly, které se pak používaly v patricijských rodinách ke zlepšení chuti vína. Výsledkem byla mj. latentní otrava olovem, degenerace a s ní spojené oslabení moci vládnoucí vrstvy, které ve svých důsledcích vedlo k rozpadu a zániku římské říše.

i samotné zemské kůry se zvyšuje nebývalým tempem. S tím souvisí mnoho společenských problémů. Těží se 30 miliard tun surovin za rok (tj. asi 7 tun na člověka), zdroje jsou však využívány izolovaně, z cca 30 % jsou dostupné zdroje využívány dokonce v neprospěch lidstva (k vojenským účelům), dochází ke ztrátám úrodné půdy (urbanizací, industrializací, desertifikací), ke změnám ekosystémů zemědělskou činností, ke ztrátám vodních zdrojů.

S bouřlivým rozvojem vědy a průmyslu dostává lidská společnost do rukou prostředky, které umožňují měnit tvář Země a pronikat i do vesmíru. Člověk, jako geologický činitel, může být tvůrcem nových hodnot, ale stále ještě směřuje spíše k úplnému zničení přírody.



Obr. 5 Vývoj růstu lidské populace v posledních 100 000 letech.



A

plesidapsis (1, 2) lemurovití (3) nártouni (4, 5)
anthropoidea (malé opice): platyrhini (6) catarhini (7, 8)
hominoidea (velké opice): proconsul (9) sinapithecus, orangutan (10 a)
dryopithecus, šimpanz, gorila (10 b)
ouranopithecus (12) gigantopithecus (13) australopithecus (13)

B

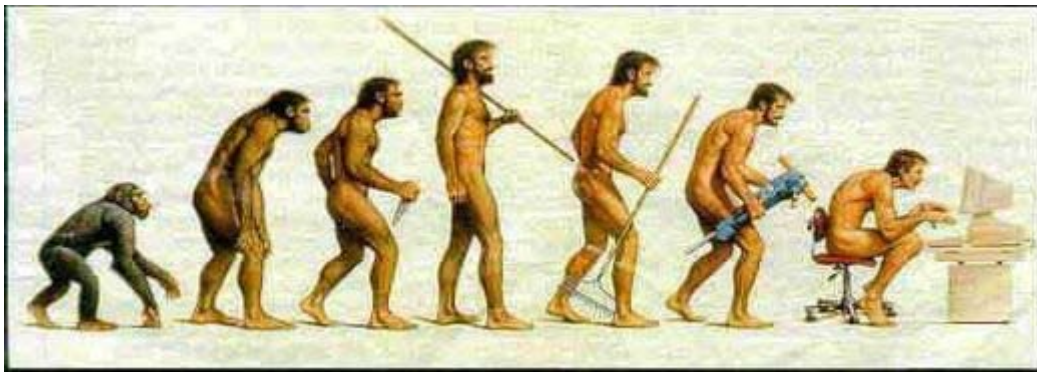
Vývoj jejich lebeční kapacity:

	<i>kapacita mozkovny v cm³</i>	<i>stáří v tisících let</i>	<i>výskyt</i>
australopithecus afarensis (14)	380	2300	střední Afrika
australopithecus africanus (15)	450		jižní Afrika
australopithecus robustus (16)	530		jižní Afrika
australopithecus boisei (17)	530		Olduvai, Tanzánie
homo habilis (18)	750		východní Afrika
homo erectus (19)	až 1250	1870	Afrika, Asie
homo sapiens neanderthalensis (20)	více než 1300	700	Evropa, Asie
homo sapiens sapiens (21)	1000 – 2000		

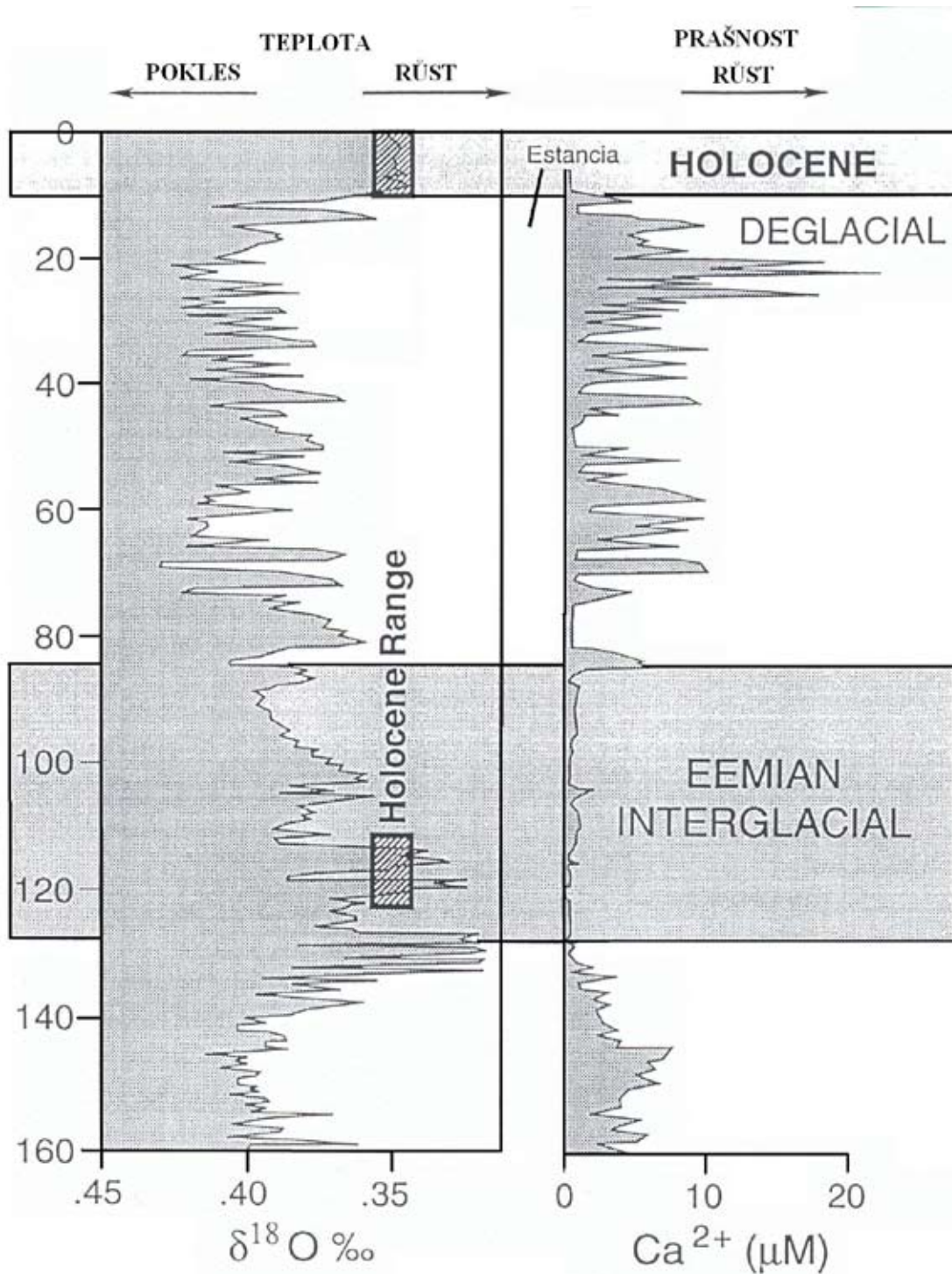
C

Vývojové řady předchůdců člověka

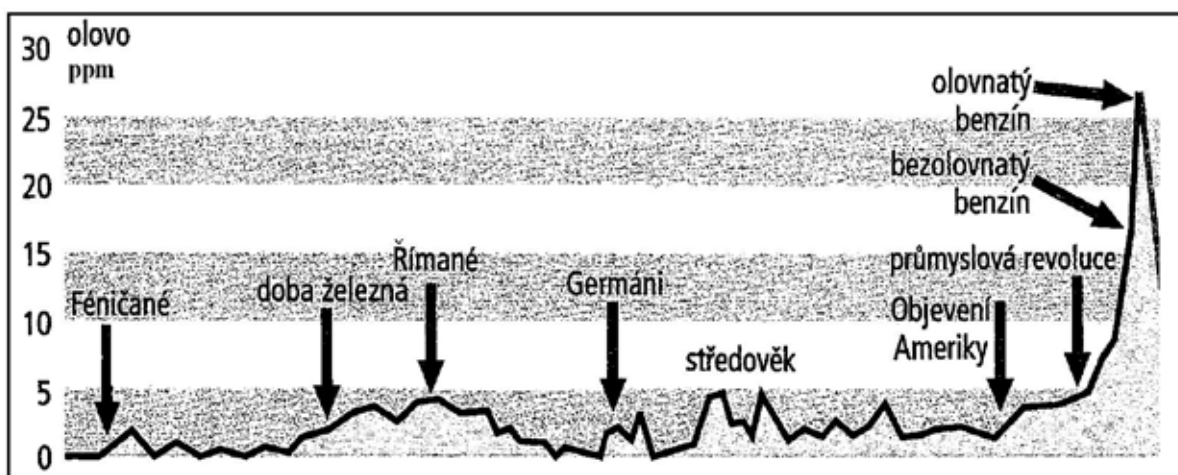
Obr. 6 Vývoj a vzájemné genetické vztahy primátů – vč. předchůdců dnešního člověka:
Upraveno podle Buffétaut E. et al., 1993, české vydání



Obr. 7 Mírně ironický pohled na současný vývoj moderního člověka.



Obr. 8 Vývoj složení a teplot klimatu v zemském interglaciálu a v současnosti podle izotopového složení přírůstkových zón v grónském ledovci.



Obr. 9 Obsahy olova v ovzduší (v ppb) od starověku podnes.
 V. Cílek, in Ottův historický atlas, 2007.

2. Vlivy člověka na geologický vývoj Země

2.1 Antropogenní tektogeneze (vliv člověka na gravitační a seizmická pole)

K přírodním pohybům zemského povrchu patří zejména seizmické pohyby při zemětřeseních, izostatické pohyby, poklesy při propadech podzemních dutin, pohyby na aktivních zlomech, deformace povrchu spojené se sopečnou aktivitou a gravitační pohyby (svahové pohyby - sesuvy, bahnotoky, skalní řízení).

K obdobným jevům dochází i působením lidských aktivit nebo jsou jimi přímo iniciovány.

2.1.1 Antropogenní zemětřesení

Geologická stavba litosféry je překvapivě citlivá na otřesy. Moderní seizmografické přístroje umožňují např. zjistit, že slon svolává své družky dupáním, které se projevuje až do vzdálenosti 30 km. Zaznamenávají i četné dopady meteoritů atd.

Antropogenní zemětřesení se dělí na:

indukovaná, způsobená nejčastěji důlní činností, zatížením povrchu vodními díly, injektáží či naopak odčerpáním kapalin z horninových masívů, odpalem v lomech, dopravním provozem, či provozem strojních zařízení,

umělá, která vznikají jednak jadernými výbuchy, jednak seizmickým průzkumem.

K jisté podobě umělého zemětřesení je třeba počítat i pokus realizovaný ve Velké Británii v létě r. 2001. Žáci anglických škol v určenou dobu po tři minuty poskakovali a způsobili tím „zemětřesení“, které citlivé seizmografy spolehlivě zaznamenaly, ačkoli šlo o územně nesoustředěný impuls.

Příkladem citlivosti přístrojů může být monitorování jaderných pokusů na celém světě. Systém provozovaný Ústavem fyziky Země brněnské Masarykovy univerzity např. zaznamenal spolehlivě jaderné pokusy v Pákistánu a Indii.

Seizmografy byly zjištěny (na pevnině přes oceán) nepravidelnosti v provozu agregátu na Farallonských ostrovech, díky tomu byl agregát opraven dříve, než došlo k havárii.

Otřesy způsobené silniční dopravou znemožňují provoz citlivých vědeckých přístrojů ve městech, ale v roce 1973 přispěly seizmografy k ukončení egyptsko-izraelské války. Seizmická měření zajistila kontrolu nad pohyby vojenských vozidel natolik, že účastníci konfliktu na tajné porušení uzavřené mírové dohody nemohli ani pomyslet.

Příčinou slabých zemětřesení může být také zatížení stavbami. Tlaky vznikající pod přehradami se jimi vyrovnávají.

V České republice jde vesměs o téměř zanedbatelná antropogenní mikrozemětřesení. Ta nelze svým původem zaměňovat za přírodní, tektonická, tzv. zemětřesné roje v Podkrušnohoří, která ovšem rovněž

nemají podstatnější destrukční význam pro obyvatelstvo a stavby. Měření mikroseizmiky sleduje mj. okolí Orlické přehrady pro potřeby zajištění bezpečnosti jaderné elektrárny Temelín. Významnější jsou otřesy jen v poddolovaných územích (Ostravsko, Příbram, Podkrušnohoří), jsou to vesměs zemětřesení říťivá.

Poněkud kuriózní je případ momentálně druhé nejvyšší budovy světa v Tchaj-pei na Taiwanu, která je vysoká 508 m. Budova byla postavena tak, aby odolala otřesům půdy přesahujícím sedm stupňů Richterovy stupnice. To si však vyžádalo konstrukci ocelobetonové kostry, která nadměrně zatěžuje základy a způsobuje vznik četných mikrootřesů.

Ovšem ani seizmologové nejsou neomylní. Je znám případ, kdy seizmografy zaznamenaly sérii pravidelně následujících otřesů, které zpravidla předchází větším zemětřesením. Bylo proto vydáno varování obyvatelstvu, protože v té oblasti v historické době k velkým otřesům došlo. Ukázalo se však, že jde o otřesy umělé, způsobené prováděným seizmickým průzkumem.

2. 1. 2 Poklesy

K antropogenním poklesům dochází zejména čerpáním vody, podzemní těžbou ropy a zemního plynu, zatížením stavbami, poddolováním, zatížením přehradami, k výzdvihům zejména odlehčením těžbou a funkcí podzemních zásobníků.

Přírodní poklesy jsou zpravidla menší než 0,5 mm za rok.

Nejrychlejší známý pokles pánve Ventura v USA je 3 mm za rok, antropogenní poklesy způsobené těžbou ropy činí až 740 mm ročně (Wilmington, Florida), vody až 100 mm za rok (Houston) a zatížením městy (např. v Tokiu pokles o 450 cm za léta 1950-1990).

V důsledku těžby ropy poklesl Apšeronský poloostrov v Kaspickém moři až o 31,5 mm/rok (Surachany) a zejména na počátku těžby docházelo i k propadání a z vrtů byl spolu s ropou vynášen i písek (až 3 800 m³ písku z jednoho vrtu). Oblast Long Beach na jihu USA poklesla v letech 1937-1950 o 2,7 m (5 cm za měsíc) a v příbřežní oblasti San Jacinto v Texasu došlo v důsledku těžby ropy k poklesu a zatopení území 4 x 2 km (obr. 12, 13).

Nadměrné čerpání podzemní vody vedlo k poklesům města Mexico City. V letech 1850 až 1955, kdy bylo používání těchto vrtů zakázáno, byla subsidence 35 cm za rok, pak se zvyšovala a v letech 1940 - 1955 došlo k poklesu o 7,5 m, jak ukazují odkryté pažnice z vrtů z roku 1940 (Matula 1979). V Delanu (Calif.) došlo k poklesu 52 000 ha v letech 1902 - 1940 o 1,5 m a k poklesu hladiny podzemní vody ve studních o 60 cm. Obdobné údaje jsou z Bangkoku, Londýna (čerpání vody z artézských studní) a Holandska.

Na Long Beach (Los Angeles) probíhá těžba ropy od roku 1936 a již po pěti letech vznikly poklesy spojené s deformacemi budov. V roce 1962 dosáhla subsidence 7,8 m a pokles na ploše 65 km² 60 cm, vznikly seizmické otřesy a posuny až 3 m směrem k centru klesající oblasti. Různá opatření byla bezvýsledná, nepomohla ani zeď, chránící přístav proti moři vybudovaná nákladem 100 mil. dolarů. Výsledek byl dosažen až tím, že do vytěžených vrtů byla vháněna mořská a ropná voda pod tlakem 140 atm., a tím se poklesy zastavily a dokonce území zvedlo o 15 %.

Zatížení území vodou v přehradních nádržích způsobuje po napuštění poklesy dosahující několik desítek

mm i decimetrů. Vznikající napětí ve skalním masívu se uvolňují místními (antropogenními) zemětřeseními, sedáním apod. Na několika přehradách došlo v důsledku tohoto následného zatížení ke katastrofám.

Při projektování přehrady Hoover na řece Colorado se předpokládalo po napuštění vodou prohyb povrchu až 78 cm. První otřesy se projevíly již po napuštění na 100 m vodního sloupce a po úplném napuštění došlo k zemětřesení 5° Richterovy stupnice.

Přehrada Koyna v Indii byla vybudována v původně seizmické oblasti. Po napuštění 103 m vysoké přehrady v roce 1964 došlo k otřesům 6,4° Richterovy stupnice a k protržení hráze, které si vyžádalo 117 lidských obětí.

Při napouštění přehrady Kariba v Zambii (hráz vysoká 128 m) bylo zaznamenáno při napouštění na 2 000 otřesů s hypocentry pod jezerem a po doplnění na maximum vody došlo k otřesu o síle 5,8° Richterovy stupnice.

Na přehradě Fontana dam (Tennessee) v roce 1944, která je vysoká 147 m, bylo provedeno detailní měření. Poklesy dosáhly 12,7 mm a projevilo se zatížení hrází a naopak žádný pokles nebyl zaznamenán v blízkosti hráze v místě odlehčení lomem, v němž bylo vytěženo 4 mil. m³ zemin pro stavbu.

Z přehrad bývalého Československa byly zaznamenány poklesy na Oravské přehradě v roce 1955, které činily do 500 m od hráze až 10 mm a na Orlické přehradě (do 1 roku po napuštění až 11 mm, hlavně jižně a východně od hráze).

Na přehradě Boulder dam (Colorado), která je vysoká 222 m a má objem 38 mil. m³, byl zaznamenán pokles do 30 km až 20,3 mm (obr. 14).

Podobné poklesy jsou známy z přehrad Lake Mead (Colorado) 1935 a Hsinfenkiang (Čína) 1962.

2. 1. 2. 1 Pohyby způsobené poddolováním

Při podzemním dobývání jsou na povrchu ohroženy oblasti vymezené zálomovým úhlem, který je kolem 20° od svislice, ovšem poruchy se mohou objevit i mimo takto vymezenou oblast (obr. 15). Většinou dochází k poklesu, tím se i zvýší výškové rozdíly proti okolí a to je impulsem k sesouvání.

Příkladem je vznik sesuvu na dole Doubrava u Orlové (1998), do něhož zapadla i těžební věž, anebo katastrofa na dole Lessing u rakouského Grazu (Štýrského Hradce), v němž se těžil mastek. Po dlouhotrvajících deštích došlo k sesuvu do úvodní jámy, vytvořil se kráter 50 m hluboký o průměru 100 metrů, v němž bylo pohlceno několik budov a zahynul celý tým záchranářů.

Specifické jsou podmínky při povrchové těžbě uhlí, důležité např. v Severočeském hnědouhelném revíru. Projevuje se malá hmotnost uhlí, takže se velmi výrazně uplatňuje vztlak vody a malá smyková pevnost uhelných jílu. Svahy dočasných skrývkových řezů jsou z technologických důvodů těžby často strmější, než se připouští v jílech ve stavebně inženýrské praxi.

V ostravské oblasti činily poklesy v letech 1981 - 1990 až 1,5 m a přes útlum těžby budou doznívat ještě mnoho let. Celkový pokles je odhadován až na 20 m. Ve frýdecko-místecké oblasti je poškození krajiny menší (poklesy v letech 1981 až 1990 do 1 m), zato v karvinské oblasti, kde je velká mocnost těžných slojí, až 6,5 m. Krajinný georeliéf je silně poškozen, velmi nízká lesnatost, dochází k zatopení a zamokřování. Kolem kostela sv. Petra dosáhly poklesy až 23 m. Jedním z důsledků je i změna režimu podzemních vod v okolí jímacích vrtů jódových lázní Darkov. Před další těžbou je nutné vymezit ochranné piliře města Karviná i

lázní. Zkušenosti z Rosických černouhelných dolů ukazují, že k prvním poklesům dochází po půl roce po zahájení těžby, velmi intenzivní jsou po 1 - 2 letech a pokračují až 30 let po ukončení těžby.

2. 1. 2. 2 Tlaky pod velkými městy dosahují až 6 MPa

Sedání staveb je nejčastější na jílech nasycených vodou, protože voda je vytlačována zatížením z porů mezi zrny. Velkou stlačitelnost však mají i úlomkovité zeminy, které jsou až 40x stlačitelnější než jemný písek. Poklesy za 20. století dosahují několika desítek cm (Londýn, Denver), nebo i několika metrů (Tokio, Ósaka, Šanghai, Houston, New Orleans).

New Orleans vzhledem k mořské hladině klesá průměrně o 8 mm ročně. Dnes je o 1 m níž než před čtyřiceti lety. Z toho důvodu zde měl tak ničivé účinky hurikán Catrina v roce 2005.

Nejznámějším příkladem je Mexico City, kde je v důsledku ssedání mnoho šikmých budov a stále jsou poškozovány kanalizační sítě a silnice. Příčinou je nerovnoměrné zatížení vysoce stlačitelných jílu těžkými stavbami (Basilica de Guadeloupe, Palacie de Belles Artes) v kombinaci se subsidencí způsobenou snižováním hladiny spodní vody. Španělské budovy ze 17. století mají první patra vesměs na úrovni dnešních ulic.

Šikmá věž v Pise od roku 1370 ssedla o 250 cm a odklonila se o 6°. Je postavena na píscích (10 m mocných) pod nimiž je 30 m stlačitelných jílu. Přetížení činí 5 kg/cm², tj. 0,5 MPa). Dnes by byly přípustné méně než poloviční hodnoty.

K poklesům došlo i po dostavění Moskevské univerzity (8 cm) a ve Slovenské republice k náklonu jaderného reaktoru v Jaslovských Bohunicích (tolerance jen 1,5 mm) a v roce 1965 k deformaci širokorozchodné železniční tratě ve východoslovenské pánvi, v místech kde podloží násypu byly potrhane sarmatské jíly s posuny až 1,4 m, jak uvádí Nešvara, 1967. Zatížením navážek došlo k náklonu ocelové nádrže ve Strakonících, injektováním podloží navážek byla nádrž za 14 dnů vrácena do původní polohy.

K významným pohybům dochází při provozu podzemních zásobníků plynu.

Např. na zásobníku akviferového typu Hrušky u Hodonína vystoupí po naplnění vesnice Hrušky až o 10 cm a po vypuštění opět pozvolna klesne. Pohyby tak vytváří víceméně pravidelnou sinusoidu.

2. 1. 3 Svahové pohyby - sesuvy

Antropogenní svahové pohyby mohou být způsobeny:

- změnou sklonu svahu jeho úpravou či podkopáním,
- změnou výšky svahu v důsledku výkopových prací či těžby,
- zatížením násypy, haldami a skládkami. Zatížení způsobuje vzrůst smykových napětí,
- otřesy a vibracemi způsobenými stroji, odpaly, výbuchy trhavín,
- změnami obsahu vody v horninách: nabobtnáním v důsledku zvýšení obsahu vody,
- změnou výšky hladiny podzemní vody, vysušením hornin a tím změnou jejich objemu,
- změnami ve vegetačním pokryvu.

K nejznámějším historickým případům patří skalní řízení u Elmu ve Švýcarsku v roce 1881, způsobené porušením svahu neodborně založeným lomem s úklonem pokrývačských břidelic po svahu. Zřítlo se více než 10 mil. m³ skalního materiálu, který sjel na vzduchovém polštáři rychlostí 180 km/hod do údolí, kde zakryl plochu 90 ha do výšky 10 - 20 m a zavalil 83 domů a 115 lidí.

Lomy na mastkové břidlice způsobily skalní sesuv svahu italské hory Monte Conto (severně od Lago di Como), při němž bylo v roce 1618 zcela zničeno město Pleurs a zahynulo více než 2000 jeho obyvatel.

Několik současných případů je známo z Kanady: V roce 1987 v lomu UEL v Albertě při těžbě sloje 6,5 m uhlí ve strmém rameni synklinály došlo k sesuvu ve svahu 170 m vysokém, který byl zabezpečen kotvami. Těžba musela být zcela zastavena. K sesuvům došlo i v dolech na měď v East Jersey Pit (Britská Kolumbie), kde byl svah 125 m vysoký se sklonem 580 a Gibraltar Pit (Britská Kolumbie), kde bylo nutno zmírnit svah z 450° na 270°.

Ve městě Agren (Uzbekistán) se sesulo 700 milionů m³ na ploše 8 km² na svahu 15 - 20°. Příčinou byl zával prostorů uvolněných mělce pod povrchem těžbou uhlí podzemním spalováním. Pohyb byl zastaven násypem na úpatí sesuvu, do něhož bylo uloženo 15 mil. m³ skrývky z nedalekého povrchového dolu.

V údolí řeky Dřevnice na Zlínsku byly těženy hlíny a suti pro cihelnu. Podkopáváním svahu byla porušena stabilita a vzniklý sesuv se každoročně zatrhával proti svahu, až ohrozil základy několikapatrové budovy vzdálené 140 m od původní hrany hlinišť. Neopatrným pracovním postupem byla způsobena velká škoda. Byly totiž znehodnoceny stavební pozemky nad cihelnou, bylo proto nutno podchytit základy objektu, zastavit práci v cihelně a sanovat celý svah.

Ve Švýcarsku a Bavorsku v Alpách vzrostla nestabilita svahu změnou původních lesů na monokultury smrků a jedlí a v důsledku holoseči vznikajících při těžbě dřeva. V Goldau v roce 1906 se sesulo až 20 mil. m³ zemin a zahynulo 457 lidí. Ve švýcarské Rondě (Zermatt) se v roce 1991 sesulo postupně až 100 000 m³. Protože však kantonální geolog včas rozhodl o evakuaci, nikdo nezahynul, ale materiální škody byly značné. Jedinou nápravou je návrat k původní skladbě lesů.

Příkladem z poslední doby (2006) je katastrofa na filipínském ostrově Leyte, kterou zavalila šestimetrová masa hlíny a kamenů a zahubila na 1 500 lidí. Sesuv zavalil mj. i místní školu při vyučování, v níž bylo v okamžiku neštěstí na 250 školáků a celý učitelský sbor. Hlavní příčinou bylo vykácení lesů, po silných deštích byly svahy hory promáčené a nebyly drženy kořenovým systémem lesů.

Údolí bývají porušena také tzv. **bulgingem** (tj. vytlačováním měkkých hornin), které bylo u nás pozorováno při stavbě přehrady na řece Lucině na Ostravsku (Záruba, Mencl 1987), kde těžké bloky těšinitů a porcelanitů vytlačují nepřeměněné plastické jílovité břidlice. Stabilita svahu je porušena také při výstavbě přehrad, kdy je nutno provést hluboké výlomy na svazích i na dně údolí, kterými mohou být porušeny i pevné horniny.

Příkladem je stavba Dalešické přehrady na řece Jihlavě. Výlomem pro přivaděč při úpatí vzdušného lice přehrady byl způsoben skalní sesuv na mylonitové zóně na hranici amfibolitů a granolitů. Když základová jáma dosáhla hloubky 20 metrů pod úroveň údolí, došlo k posunutí bloku amfibolitu 150 metrů po smykové zóně v mylonitech. Sanace byla provedena úpravami svahu, zabetonováním a kotvením (Mencl 1977).

K mnoha sesuvům došlo i na březích našich nádrží.

Nejvíce je postižena Nechranická nádrž, napuštěná v roce 1967, kde navíc vznikly velké devastované plochy těžbou písků pro sypanou hráz. Ve směru větrů k SV vzniká vlnobití a na březích se vytváří abrazní sruby, abrazní plošiny a sesuvy (při jednom byl odkryt střezovský zlom).

Podobná situace je na Lipenské přehradě (Chábera 1978) a hlavně na Oravské přehradě ve Slovenské republice. Ta byla napuštěna v roce 1953 a za 30 let břehy ustoupily místy až o 45 metrů a abrazní plošiny až o 20 metrů.

Rozsáhlá devastace krajiny sesuvy provází i výstavby kanálů.

K obrovským sesuvům došlo např. při stavbě Panamského průplavu.

Při projektování kanálu Dunaj-Labe ve vrcholovém úseku evropského rozvodí u České Třebové (Jelenice), byly zjištěny rozsáhlé sesuvy jak fosilní uklidněné, tak aktivní recentní v křídových sedimentech. Projektovanou trasu bylo proto nutné změnit.

Svahovými pohyby jsou ohroženy také liniové stavby, zejména komunikační, železnice, dálnice, tunely. Význam má již volba trasy tak, aby nebylo nutné vytvářet umělé zářezy v nebezpečných horninách a aby byly v rovnováze násypy a zářezy.

Při stavbě dálnice na Českomoravské vrchovině byly např. „pro jistotu“ budovány zářezy s menším sklonem svahu než bylo projektováno. Tím se ovšem neúměrně zvýšily náklady a vznikl problém, kam uložit přebytečnou rubaninu. Velmi složité bylo budování silničního tělesa v Bílých Karpatech, kde charakter hornin flyšového pásma a hydrogeologické poměry vytváří podmínky pro vznik svahových pohybů.

Velmi často vznikají svahové pohyby (sesuvy) v místech, kde na základě průzkumu nebyly očekávány, protože poruchy a zlomy bývají odkryty až při stavbě zářezu či tunelu.

Při výstavbě násypů je nutné podrobně zhodnotit geologické podmínky podloží. Nejčastějším případem je malá únosnost hornin podloží násypů (např. holocenních náplavů v údolních nivách, v nichž navíc zatížení násypem způsobuje v podloží vzrůst tlaku vody v pórech hornin). V jílech vyšší tlaky násypů mohou způsobit vláčné chování hornin. V těchto případech je často neúčinné odvodnění vrty.

Záruba (1987) řešil sesutí silničního násypu u Buchlovic u Uherského Hradiště. Koruna násypu poklesla o 1,6 m. Vrstvu písku, podle níž se vytvořila skluzová plocha, se nepodařilo odvodnit ani dvaceti vodorovnými vrty. Násep se po dosypání znovu porušoval a nakonec bylo nutno snížit jeho niveletu o 2,5 m. Vliv vzlaku vody se projevil při stavbě násypu nové silnice u Vizovic. Po sesutí části násypu průzkum ukázal, že voda pochází ze skalního podloží. Podle toho byly situovány odvodňovací vrty a svah opatřen násypnou patou. Navrhovaná sanace pilotovou stěnou pak nebyla nutná.

Nejznámějším příkladem od nás jsou sesuvy, které zavalily povltavskou silnici i u Vraného a Štěchovic, kde svrchnoproterozoické břidlice jsou ukloněny kolem 40° do údolí a svah navíc porušen starými lomy. V počátcích provozu na dálnici D1 mezi Prahou a Brnem docházelo k vyjždění klínů, posunům po plochách odlučnosti, vyklánění bloků, odpadávání balvanů a sesuvům ve zvětralinách.

Podobně jsou postiženy železniční tratě. V údolí Suchomastského potoka došlo v roce 1959 k sesuvu v liteňských vrstvách, který byl způsoben nesprávným provedením skalního odřezu při stavbě vlečky, v roce 1978 byla sesuvem porušena železniční trať u Semil a trať Žabokliky-Březno postavená v roce 1873 byla pro

ohrožení sesuvy opuštěna již v roce 1879. K zavalení alpského tunelu došlo např. u Salzburgu (Untersteinský tunel 1875). Na Novém Zélandu byl v roce 1935 opuštěn tunel proto, že pohyby sesuvu činily 2 - 7 cm za měsíc, v Japonsku byl v roce 1970 zničen sesuvem tunel Takabajama. Jeho zavalení bylo na základě propočetů stability předpovězeno.

Mnoho případů ukazuje, jak se nevyplácí nerespektování geologických podmínek. Mnoho měst se muselo přestěhovat, protože byla postavena v místech neodpovídajících geologickým podmínkám.

Např. Aklavik na Aljašce postavený na permafrostu, Smolen v Bulharsku, který byl založen na akumulacním území sesuvu proudového tvaru, který je dlouhý 7 km, široký přes 1 km s výškovým rozdílem 800 m a stále v pohybu a thajský Bangkok, postavený na bažině, který v důsledku odčerpání vody a zatížení stavbami klesá ročně o 10 cm, takže jeho část leží již pod úrovní mořské hladiny. Slovenská jaderná elektrárna Jaslovské Bohunice byla bez geologického posudku postavena v blízkosti tzv. vídeňské zeměměřné linie apod.

Naši dávní předkové zřejmě tato rizika do určité míry znali a také šetrně chránili úrodnou půdu. Vyhýbali se inundačním územím (údolní nivy), a proto např. staré vesnice v jižních Čechách jsou postaveny na výchozech krystalinika, a tím úrodné půdy třeboňské a budějovické pánve byly ušetřeny pro obdělávání. Také většina našich měst je založena na dostatečně úrodné základové půdě. Teprve při překotné výstavbě od konce 19. století se začaly zastavovat i údolní nivy a málo stabilní svahy i proto, že vlhké a na povrchu zvlněné pozemky nebyly vhodné pro zemědělské obdělávání, a byly proto levně k dostání.

Názorným příkladem jsou některé zahradní čtvrti města Turnova, založené na svazích údolí Libuňky a Stébenky. Staré sesuvy se tu dostávají v období větších srážek do pohybu a některé objekty tím byly tak poškozeny, že je bylo nutné zbořit.

Dobré zkušenosti jsou s využitím ohrožených území na výstavbu chatových a zahrádkářských osad, protože osadníci se sami starají o odvodnění a sanaci jednoduchými prostředky. Nebezpečné jsou v horských oblastech suťové proudy také proto, že výstavba měst je zpravidla prováděna odlesněním.

Z těchto důvodů bylo postiženo např. město Port Alice u Vancouveru v Kanadě, zavalené suťovými proudy v letech 1973 a 1975 a bylo nutné vybudovat ochranné valy, nebo Alma-Ata v Kazachstánu, které bylo již mnohokrát těžce poškozeno. K ochraně města byla zřízena 140 metrů vysoká vodní hráz, která, ještě nedokončená, v roce 1973 zadržela suťový proud o objemu 4 milionů m³.

Sídliště Bystrc v Brně je zčásti postaveno na svahu v neogenních jílech, které byly postiženy několika hlubokými sesuvy podél zakřivených smykových ploch. Sesuvy bylo nutno stabilizovat soustavou odvodňovacích vodorovných vrtů a objekty zakládat nákladně na pilotách (Mencl et al. 1977). Katastrofální průběh měly blokované sesuvy ve městě Alžír v letech 1845, 1929, 1942, 1943 a poruchy v senzitivních jílech v Anchorage na Aljašce v roce 1964 zaktivizované zeměměřením, ve městě Nicolet na východě Kanady v roce 1955 byl sesuv způsoben malým umělým zásahem do břehu řeky. V Praze záleží stabilita svahů na směru a sklonu vrstev vzhledem ke sklonu svahu. Jestliže je silnice souhlasná se směrem vrstev ukloněných po svahu, je stavebními pracemi snadno porušena rovnováha svahu (Pod Vlachovkou v Libni, Smíchov, Jinonice, Budňanská skála 1965, 1987, Hlubočepy), k sesuvům došlo v Podolí (plavecký stadion), u Tetína. V Praze se

v roce 1941 sesula stráň na Letné a zavalila silnici a v roce 1965 petřínská stráň (z provozu byla vyřazena petřínská lanovka a Nebozízek). Ve flyšovém pásmu Karpat na Moravě patří k historickým sesuvy v Lyském průsmyku, Bludivce u Nového Jičína, Příluky u Zlína, Elčice u Vsetína (1919) a antropogenní sesuvy v zářezích silnic v Bílých Karpatech. Stovky sesuvů menšího rozsahu byly aktivizovány velkými záplavami na Moravě a ve Slezsku v r. 1997, v následujícím podzimním a jarním období na Vsetínsku (Hutisko, Jarcová) a v podhůří Hrubého Jeseníku (např. Hanušovice, obr. 18).

2. 1. 4 Vrásové deformace

Vrásové deformace v oblastech povrchové těžby jsou způsobeny vesměs hornickou činností a mají mnoho genetických forem.

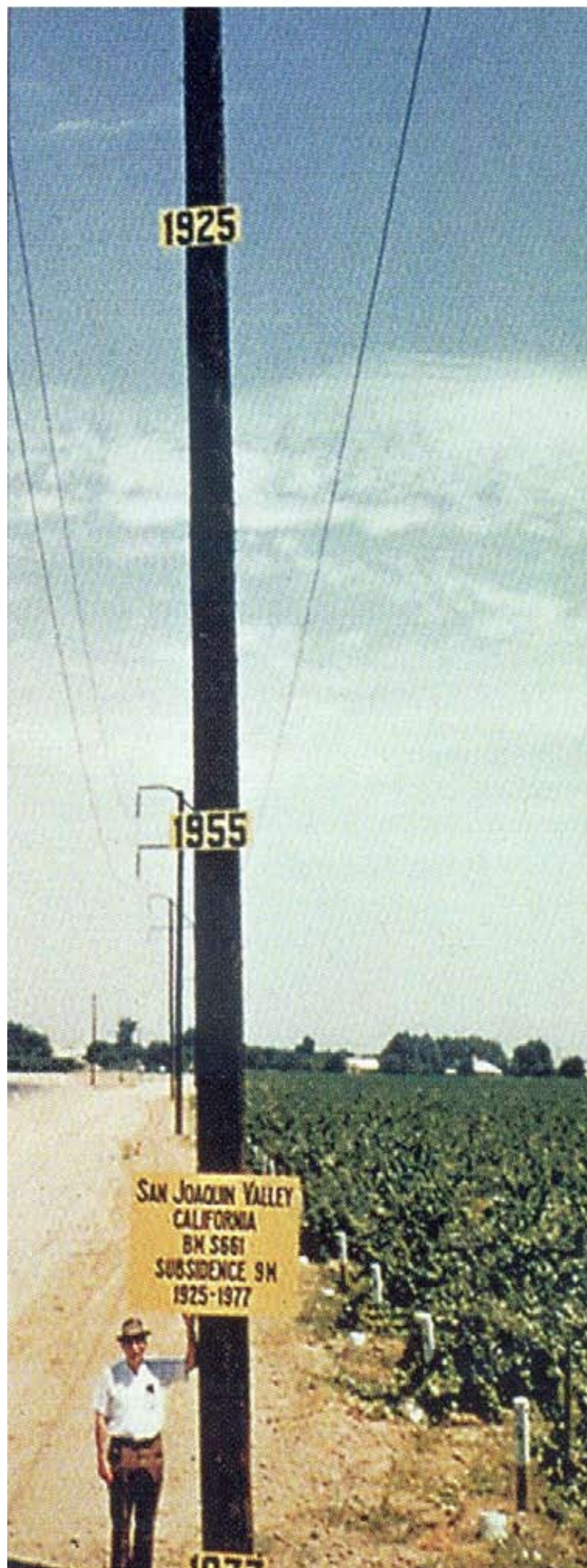
Např. Rybář a Dobr (1966) popsali ze severočeské pánve (Březno u Postoloprta, důl Hrabák u Mostu a důl Merkur u Přezletic):

- vrásové deformace způsobené pohyby (poklesy) v důsledku poddolování,
- gravitační pohyby (plastické shrnování, sesuvy) jílových hornin a uhlí a deformace sloje na okraji sedimentačního prostoru,
- vytlačování jílu zpod terasových štěrků za spolupůsobení mrazu,
- deformace v jílech vypálených zemními požáry,
- glacigenní deformace (Hrádek nad Nisou).

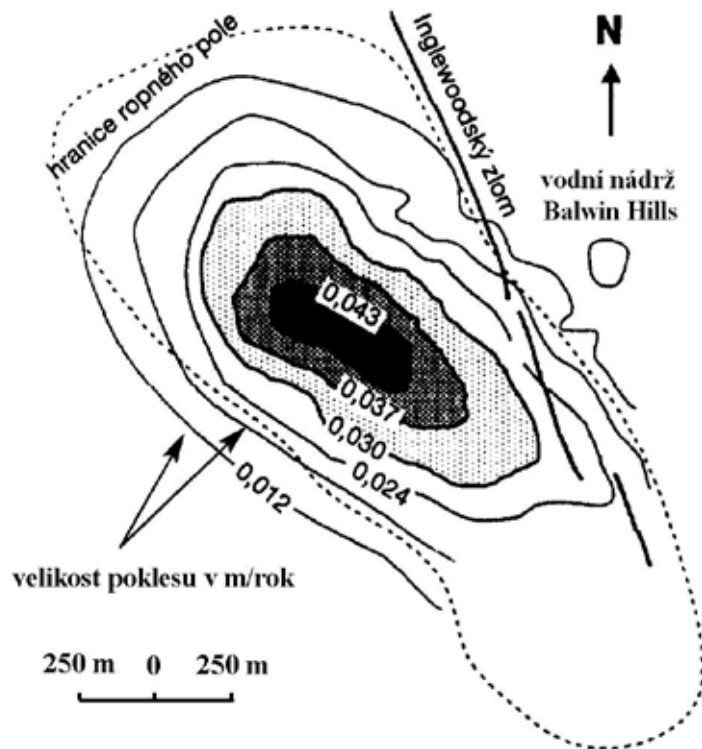
Z lomu Vršany popsal Hurník (1992) antropogenní vrásy, které jsou produktem nátržné střelby při těžbě (antiformy s amplitudou 1 m). Vrásy vznikají také na okrajích skládek z vytlačených vrstev těsnící hmoty a indikují možnost znečištění podzemní vody pod skládkou.

2. 1. 5 Umělé poruchy

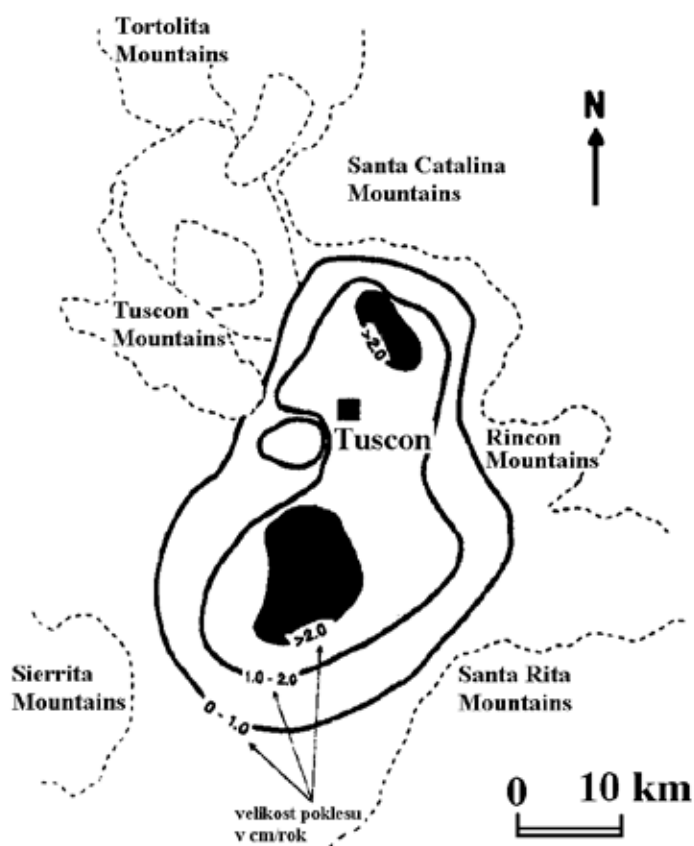
Antropogenní poruchové zóny vznikají při podzemním štěpení hornin. To se provádí nejčastěji odpalem trhavin ve vrtech, nebo hydraulicky tlakovou kapalinou ke zvýšení produktivity vrtu na ropu a plyn a na vrtech k využití suchého tepla hornin (např. pokus u Los Alamos v Novém Mexiku). Délka poruchové zóny může být i několik desítek metrů a plocha stovky m².



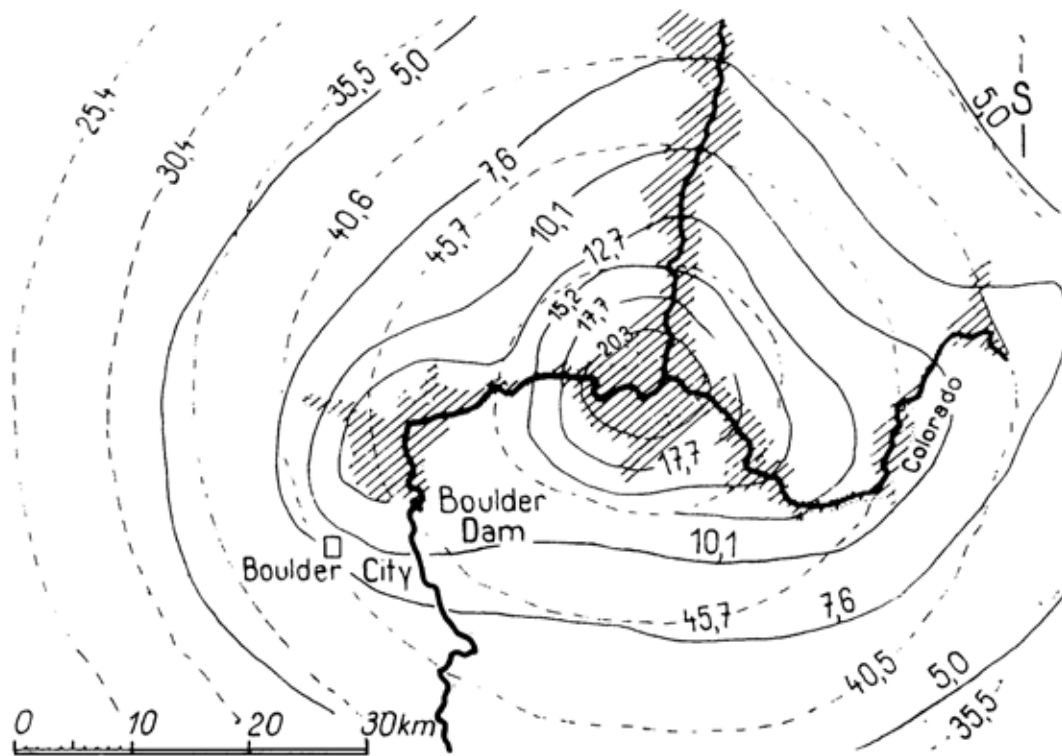
Obr. 10 Pokles v údolí San Joaquin v Kalifornii od r. 1925 podle potrubí ve vrtu.



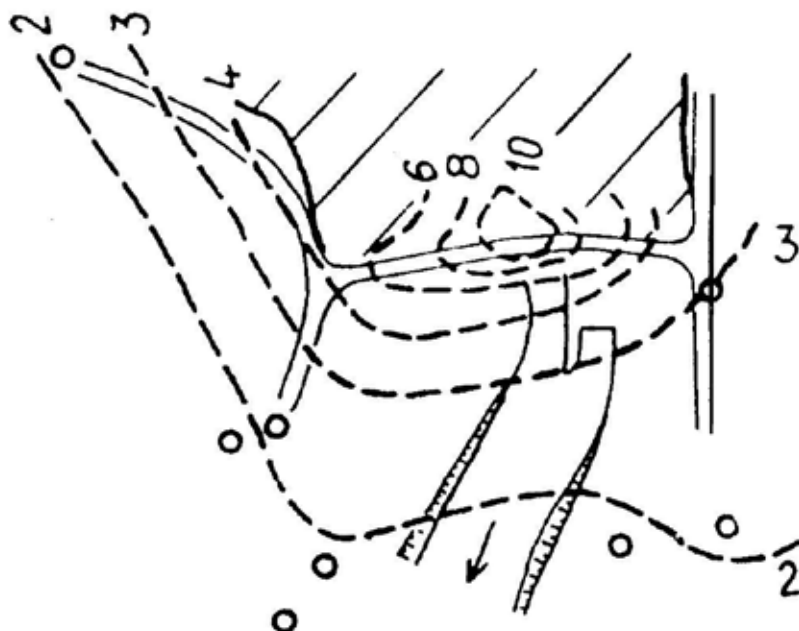
Obr. 11 Poklesy v Balwin Hills v důsledku těžby ropy.
 Inglewoodské ropné pole u Los Angeles.
 Murck et al., 1996.



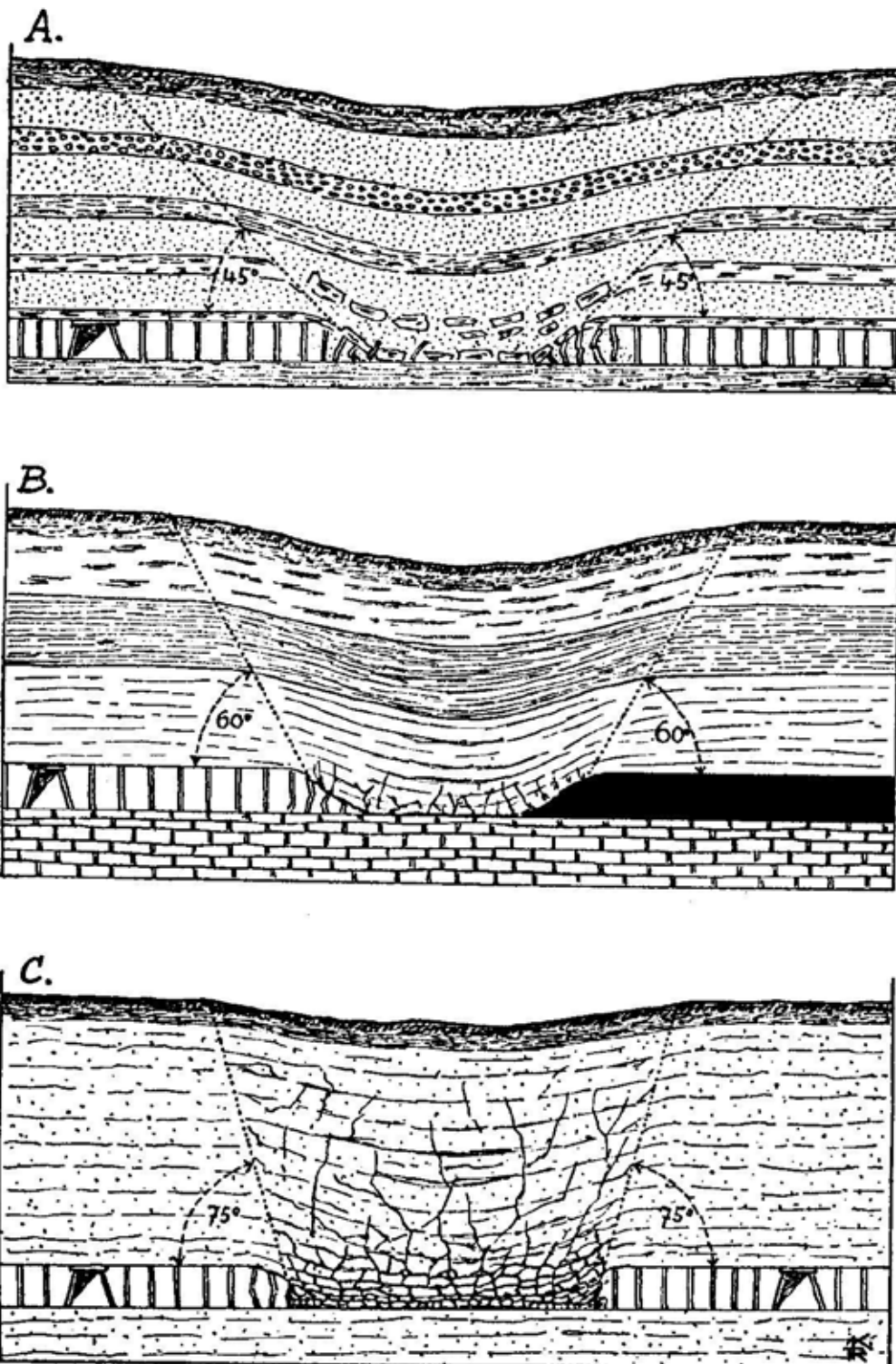
Obr. 12 Poklesy v Tucsonu v důsledku čerpání vody.
 Murck et al., 1996.



Obr. 13 Poklesy způsobené těžbou ropy.
 Inglewoodské ropné pole u Los Angeles.
 Murck et al., 1996.



Obr. 14 Boulder Dam. Sedání území po napuštění přehrady. Izolinie poklesů v mm/rok.

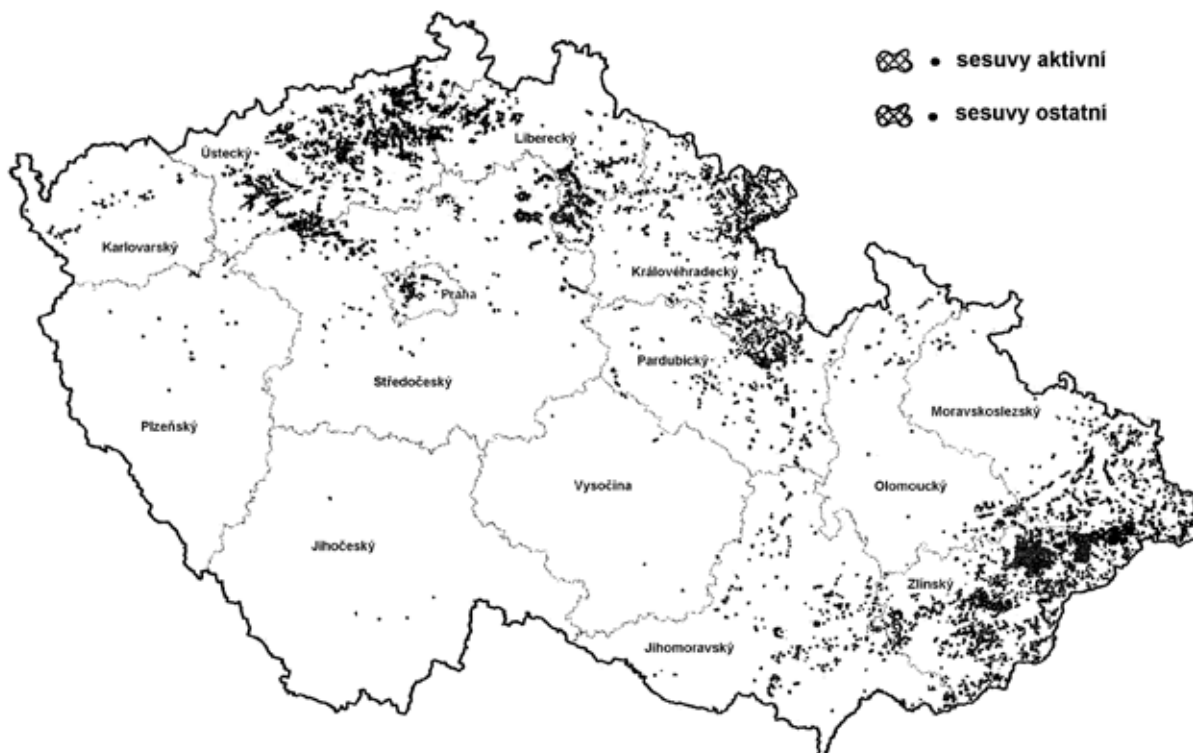


Obr. 15 Závislost mezního zálomového úhlu na horninovém prostředí: a) v sypkých horninách, b) v měkkých plastických horninách, c) v pevných horninách. R. Kettner podle Goldreicha, 1956.

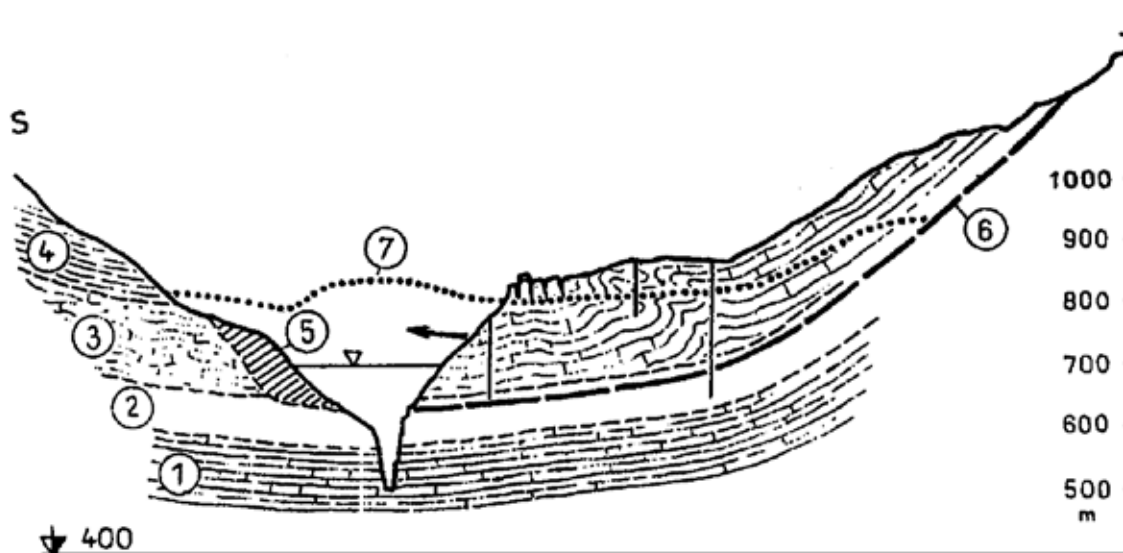


Obr. 16 Sinkhole, Guatemala. Propadání po povodni 2008. V jámě zmizelo nejméně 10 domů.
Foto ordena.com.

Sesuvy a jiné nebezpečné svahové deformace na území ČR k 1.1.2007



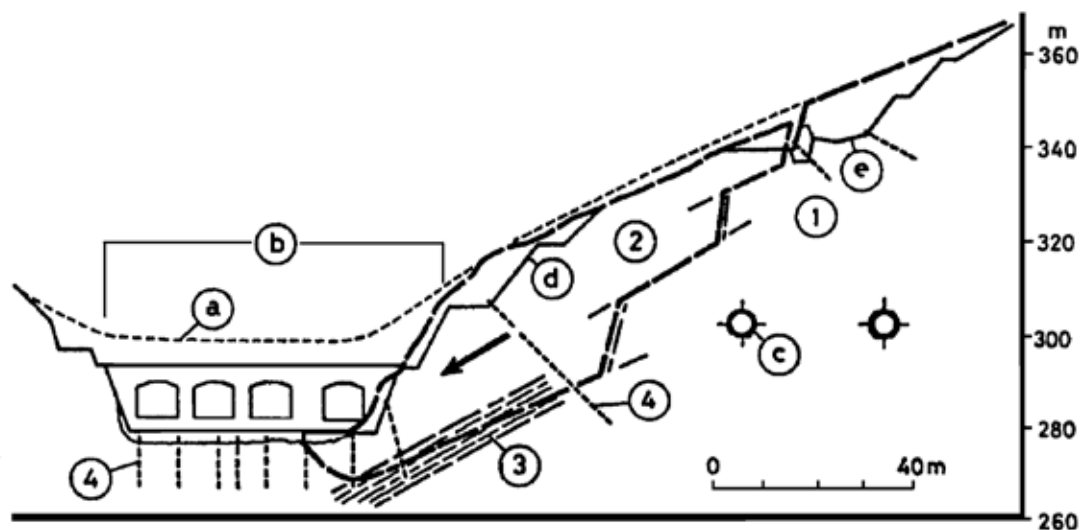
Obr. 17 Sesuvy a jiné nebezpečné svahové deformace na území ČR k 1. 1. 2007.
Ročenka MŽP, 2007, podle ČGS.



Obr. 18 Situace a profil sesuvem do nádrže Vaiont v r. 1963:

- a) přehrada, b) obrys odlučné oblasti, c) plochy zasažené přílivovou vlnou,
- d) jezero, e) obrys akumulární oblasti.

1/ lavicové vápence, stáří dogger 2/ tence deskovité vápence a slínovce, stáří malm, 3/ lavicovité vápence s rohovci, stáří křída, 4/ slítnité vápence, stáří křída, 5/ zbytek starého sesuvu, 6/ skluzová plocha, 7/ údolí zavalené sesuvem. Selli, Trevisan, 1964.



Obr. 19 Profil skalním sesuvem pod přehradou Dalešice.

1) granulit, 2) sesutý blok amfibolitu, 3) mylonitová zóna, 4) předpjaté kotvy.

a/ původní povrch, b/ výlom pro vtokové tunely, c/ obtoková štola,

d/ povrch svahu po úpravě, e/ výlom pro přepadový kanál.

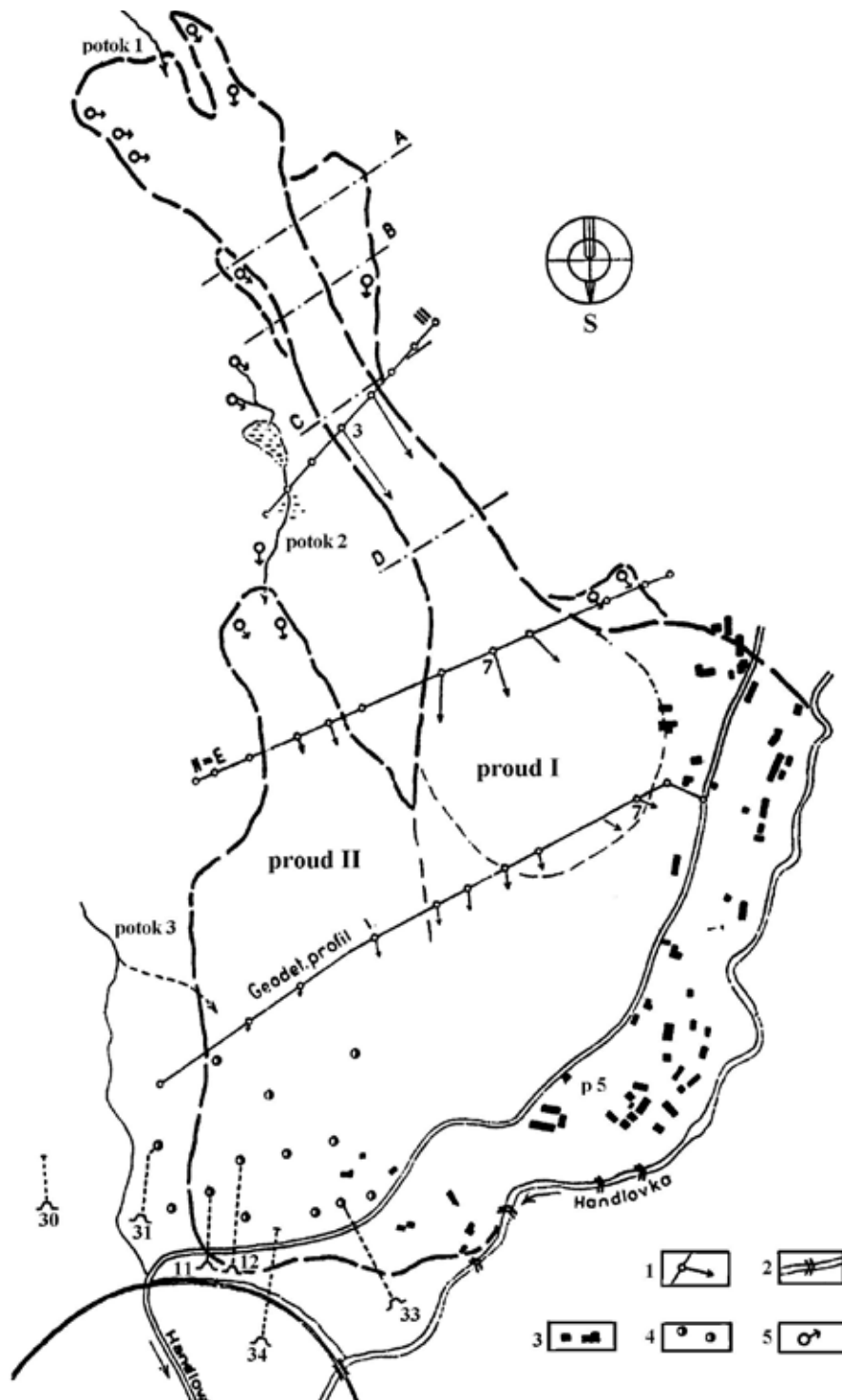
Mencl, 1977.

Plošná rozloha sesuvů v České republice - stav k 1.1.2003-2007

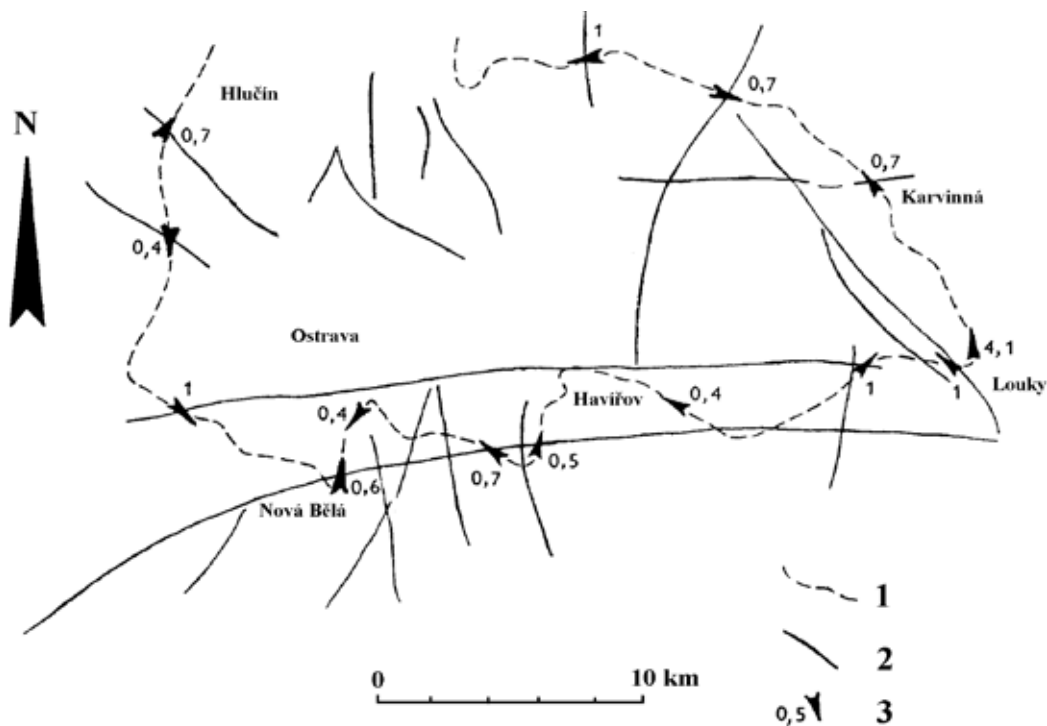
Typ sesuvu	Rozloha [ha]				
	2003	2004	2005	2006	2007
Aktivní	7 854,34	7 925,51	8 011,16	8 022,20	7 730,00
Pohřbený	150,52	150,52	150,52	147,52	150,00
Potenciální	23 990,72	24 703,27	24 979,80	25 476,04	25 980,00
Stabilizovaný	2 784,72	2 786,31	2 865,44	3 846,63	3 880,00
Ostatní	158,62	158,62	158,62	158,62	160,00

Obr. 20 Plošná rozloha sesuvů v České republice, stav v letech 2003 – 2007.

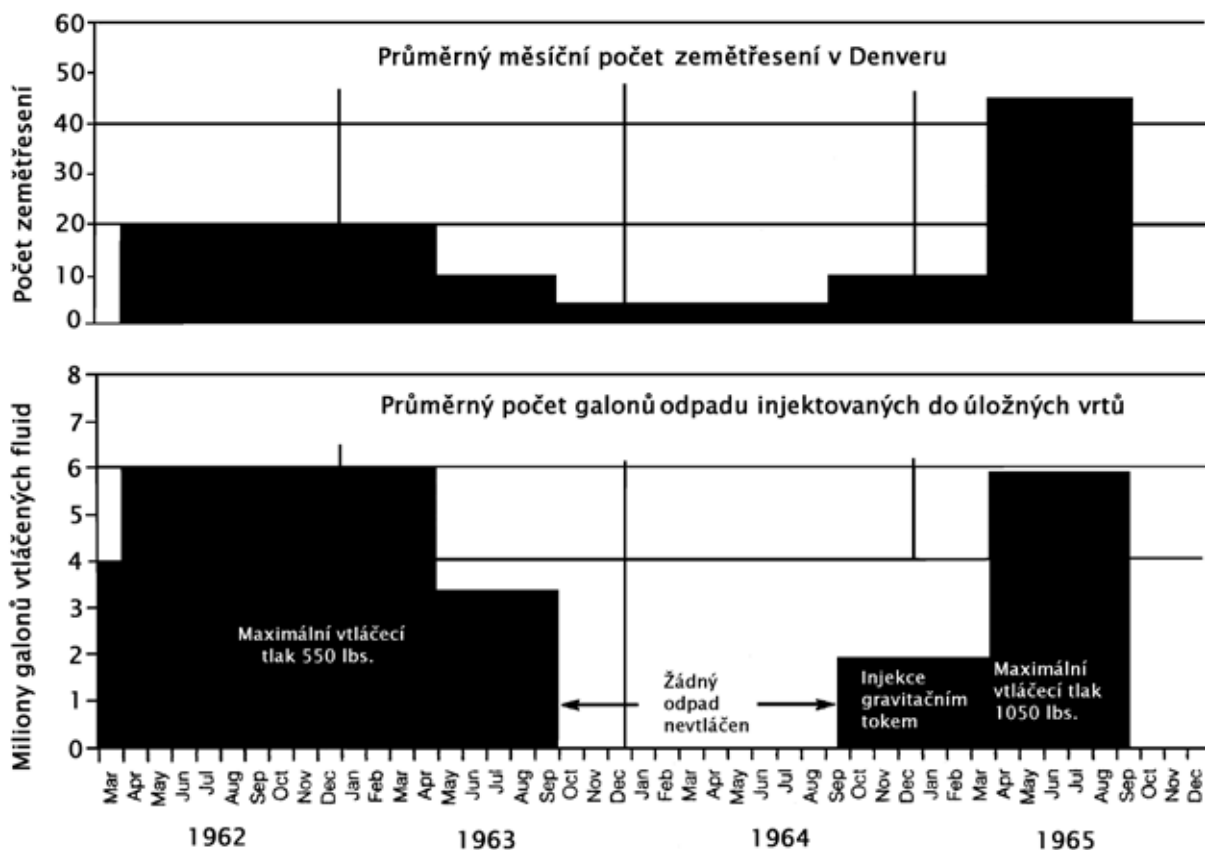
Ročenka MŽP, 2007, zdroj ČGS-Geofond.



Obr. 21 Sesuvy způsobené zatížením území haldami. Handlová v r. 1961. Záruba, Mencl, 1987.



Obr. 22 Pohyby v poddolovaném území se šíří podél zlomů. OKR.
P. Vyskočil, 1984.



Obr. 23 Otřesy v Denveru (počet) v závislosti na pumpování odpadů do úložného vrtu.

2.2 Změny v migraci tepelné energie (ovlivnění geotermálního pole Země)

Lidské aktivity přispívají ke změnám teploty zemského povrchu (resp. povrchu litosféry) jednak snižováním, jednak - a hlavně - zvyšováním.

Ke **snížování teploty povrchu** dochází při změně půdního albeda obděláváním, které vede zpravidla ke snížení počtu půdních bakterií a tím exotermních reakcí v půdě nebo odlesněním (ve studeném klimatu, v teplém znamená naopak oteplení). Ve studeném klimatu dochází zvýšením půdního albeda ke snížení účinků energie slunečního záření. Důsledkem je zvětšení hloubky promrzávání, snížení hladiny spodní vody apod.

Ke zvyšování teploty povrchu přispívají např.:

- výroba tepelné energie spalováním fosilních paliv či biomasy, přeměnami energie vodní, větrné a využíváním geotermálních zdrojů či podzemním spalováním uhlí. Tím se ovšem snižuje vnitřní tepelná energie Země a urychluje entropie geologických procesů (přibližuje se tak „tepelná smrt“ Země),
- termické meliorace - využití zbytkového tepla k zahřívání polí,
- průmyslové ohřátí vod a jejich vypouštění do vodotečí,
- rozšiřování městských aglomerací. Cihly, beton a asfalt ve městech pohlcují více slunečního tepla než vegetace, které je ve městech málo. Vzniká tak tzv. „městský tepelný ostrov“.

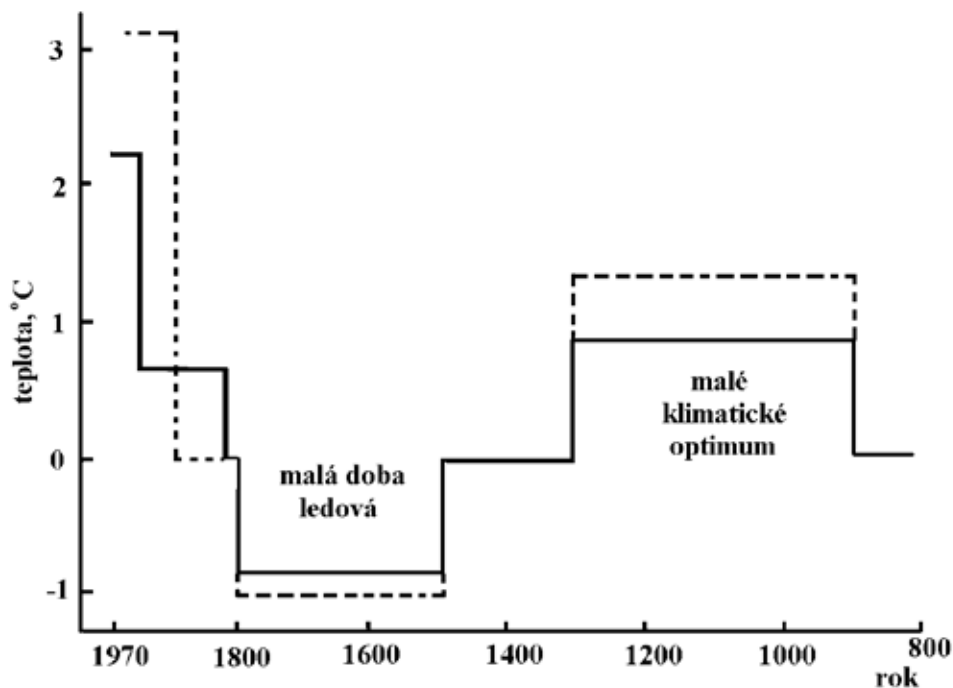
Uvádí se (na základě pokusů v Manchesteru), že vysazováním stromů, budováním vodních ploch a zesvětlením staveb lze dosáhnout snížení teploty až o 10 °C.

Podle shodných údajů o změnách teploty zemského povrchu, dosažených různými metodami panuje shoda, že se z lidského hlediska dlouhodobě zvyšuje (obr. 37). Méně už je jasné, co je příčinou tohoto jevu. Nejpopulárnější je skleníkový efekt.

Sluneční záření ve viditelném spektru je zčásti absorbováno zeminami a vodou v oceánech, část se vrací zpět do kosmu odraženo reflexními plochami, sněhem, ledem, mrazem a atmosférickým prachem. Do kosmu se vrací také část dlouhovlnného vyzařování Země. Část je pohlcována tzv. skleníkovými plyny (vodní pára, CO₂, metan) a způsobuje tak ohřívání atmosféry a zemského povrchu. S rostoucí koncentrací těchto plynů se teplota zvyšuje (obr. 37).

Ke zvyšování teploty přispívá i tzv. samo zesilující efekt. Při ústupu ledovců stále větší relativně tmavé plochy mořské vody či skal, odkrývané ustupujícím ledovcem bílým, přijímají daleko více radiční energie. Moře či skály se proto ohřívají tím rychleji, čím více ledu odtaje. Další možnou příčinou jsou výkyvy zemské osy a eliptická oběžná dráha kolem slunce. Uvažuje se též o vlivu intenzity kosmického záření.

K podobným výkyvům teploty docházelo i v dávné minulosti zřejmě bez přičinění skleníkového efektu. Na základě údajů o průběhu teplotního gradientu ve vrtech doložil Čermák (1980), že skutečně existovalo tzv. „malé klimatické optimum“ v letech 900 – 1300 n. l. a „malá doba ledová“ v letech 1500 - 1800 n. l. (obr. 37). Vlivy změn povrchové teploty lze ve vrtech vystopovat až do hloubek kolem 250 m.



Obr. 24 Průměrné změny teploty v letech 800 – 1970 n. l. podle údajů z vrtů v Kanadě podle měření odchylek od teploty geotermálního stupně. V. Čermák, 1996.

2.3 Ovlivnění elektrického a magnetického pole a anomálních zón

Magnetosféra Země má výrazně asymetrický tvar, je protažena na noční straně Země v důsledku působení slunečních sil. Stav magnetosféry ovlivňuje cirkulační procesy v atmosféře a tak určuje charakter počasí, chrání biosféru před zhoubným působením tzv. slunečního větru (stálý tok nabitých částic protonů a elektronů vysílaných Sluncem) a ovlivňuje geologické procesy. Litosféra je z hlediska vodivosti heterogenní (Gruntorád 1993), jednak vzhledem k rozdílné vodivosti hornin, zejména v důsledku existence vysoce vodivých, tektonicky oslabených zón, jejichž účinnost je srovnatelná s vlivy kovových technických sítí (elektrifikované železniční tratě, tramvajová doprava, metro, ocelová potrubí apod.), která ovlivňují elektromagnetické pole Země do vzdálenosti několika metrů, ale častěji několika set metrů až desítek kilometrů. Vznikající bludné proudy ovlivňují migraci vody (projevy elektroosmózy a elektroforézy), zesilují korozi a právě jejich prostřednictvím se v industrializovaných krajinách uplatňuje ovlivnění celkového elektromagnetického pole.

Na poruchových zónách je výrazně snížen měrný odpor v důsledku ionizace pronikajících roztoků. V elektromagnetickém poli způsobuje výrazné změny antropogenní znečištění.

Např. znečištění ropnými látkami, unikajícími ze Slovnaftu v Bratislavě do písků a pískovců Žitného ostrova, způsobuje do obsahu 10 - 20 % váhových ropných látek pokles elektrického odporu a při vyšším znečištění roste. Při nižším obsahu ropných látek dojde patrně k zahuštění elektrického náboje a při vyšším k přerušování vodivých cest a zvýšení vodivosti horniny.

Ke zvýšení vodivosti dochází také s rostoucím časem v důsledku degradace ropných látek biodegradními procesy.

Umělé kladné magnetické anomálie vznikají v magnetickém poli v průmyslových centrech (koncentrace strojů) nebo záporné (např. vytěžením kovů). K výraznému ovlivnění dochází ve městech v souvislosti s výstavbou železobetonových staveb a železných konstrukcí vůbec, které vytvářejí tzv. Faradayovu klec.

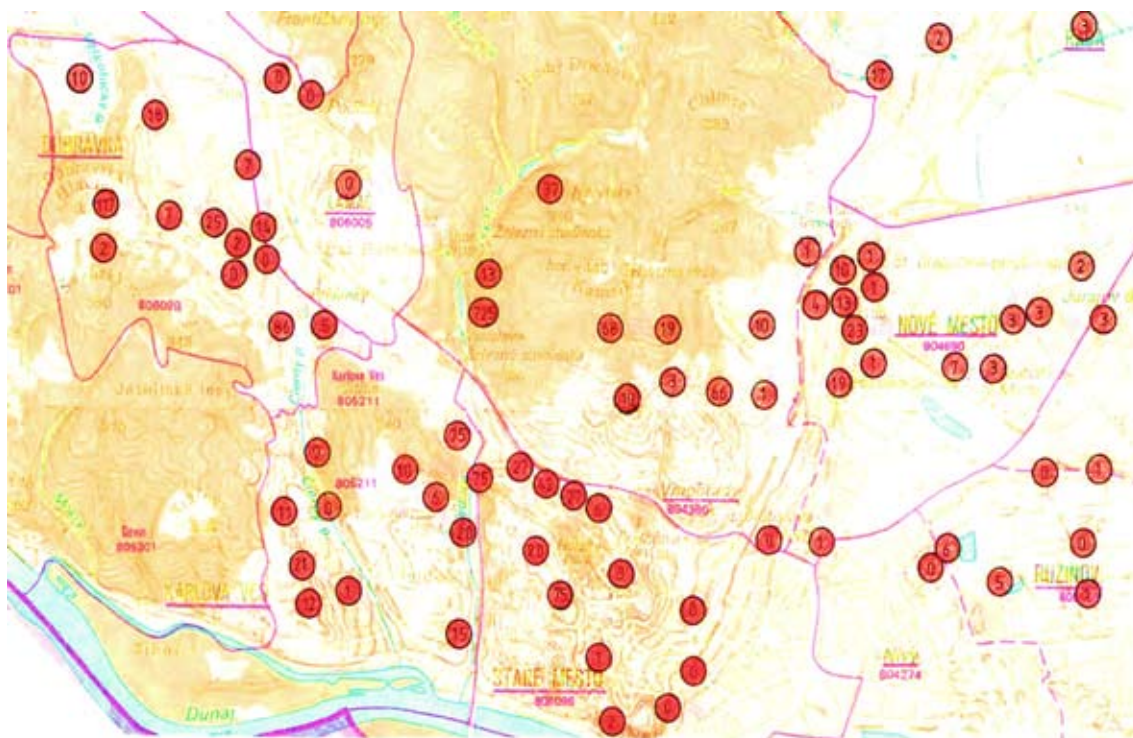
Na porušení elektromagnetického pole se významným způsobem v průmyslových centrech podílí i znečištění půd magnetickými částicemi. Dokazuje to výzkum magnetické susceptibility půd ostravské aglomerace (obr. 51).

Umělé elektromagnetické anomálie se souhrnně označují jako elektromagnetický smog.

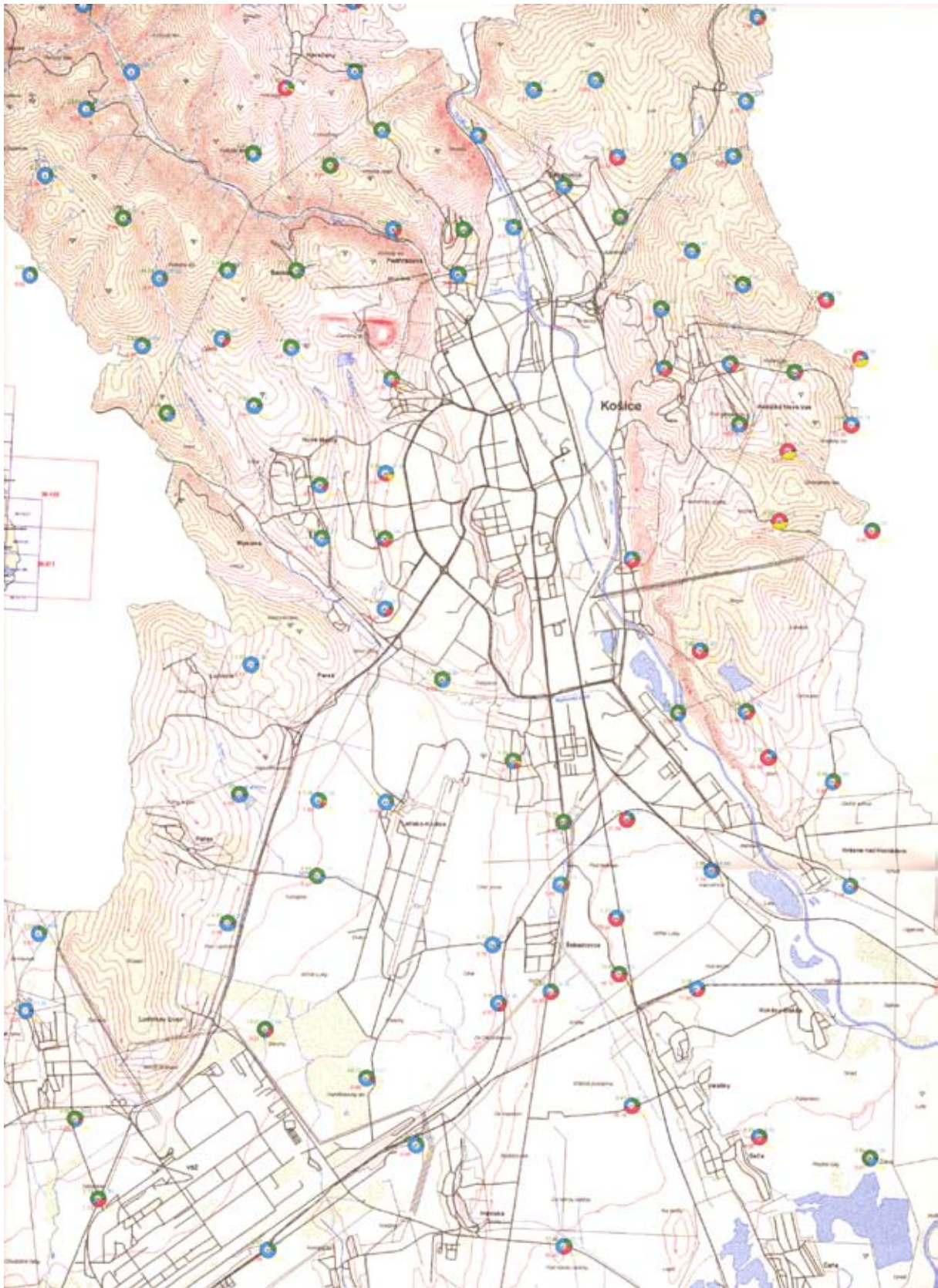
Mapy intenzity umělého magnetického pole a úrovně elektromagnetického smogu sestavuje Geokomplex a. s. Bratislava.

V Bratislavě byla maximální intenzita Z-složky vektoru magnetického pole způsobena městskou elektrickou dopravou v oblasti Starého města. Zde dosahuje hodnot nad 100,0 nT. Maximální hodnoty úrovně elektromagnetického smogu, způsobené činností radiových vysílačů UKV a VKV na televizní věži Kamzík, jsou v oblasti Dúbravky, Železnej Studienky a v sev. části Starého města (Hricko, Šefara, Vozár 1995). Nadlimitní hodnoty jsou v oblastech Železná Studienka, severní část Mlynskej doliny, Dúbravka.

Porušením elektromagnetického pole a vznikajícími anomálními zónami (nesprávně označovanými jako geopatogenní) dochází ke vzniku anomálních podmínek životního prostředí. Je prokázáno např. zvýšení počtu srdečních onemocnění, poruchy navigace ptáků, anomální chování ryb a některých savců a dokonce výrazné zvýšení nehodovosti. Není ovšem jasné, do jaké míry se na tom podílí přirozené změny elektromagnetického pole a anomálních zón, např. při elektromagnetických bouřích či při zemětřeseních a nakolik jsou jeho změny způsobené lidskou činností.



Obr. 25 Hodnoty úrovně $V \cdot m^{-2} \cdot h$ a ozáření v % VKV vysílače v centru Bratislavy. J. Gricko, 1994.



Obr. 26 Hodnoty úrovně $V \cdot m^{-2} \cdot h$ a ozáření v % VKV vysílače v Košicích.
J. Gricko a Geokomplex Bratislava, 1994.

2. 4 Změny georeliéfu pevnin a změny v rozmístění vodstva

K nejvýznamnějším změnám v georeliéfu Země patří změny, k nimž dochází na styku moří a souše a na mořském pobřeží. Také zde není vždy zřejmé, do jaké míry se na nich podílí člověk.

Pro lidstvo má nejvýznamnější důsledky stoupaní hladiny světového oceánu, které může být cyklickým projevem ve vývoji Země, nebo důsledkem globálního oteplování s pravděpodobným výrazným podílem industriální společnosti.

Na obr. 31 jsou znázorněny nejvíce ohrožené oblasti. V Evropě k nim patří východní pobřeží Anglie, Holandsko a východní Pobaltí, v Americe jihovýchod Spojených států a v Asii Bengálský záliv. Tam dokonce po roce 2006 byly zatopeny dva obývané ostrovy v národním parku Sunderbans na hranici Indie a Bangladěše a ohrožena je celá delta Gangy. Současné zvyšování úrovně mořské hladiny může vést ke stoupaní hladiny moří v tomto století i o 85 cm.

Nepochybně antropogenní jsou poklesy pobřežních úseků v důsledku těžby vody či ropy (viz kap. 2. 1.) nebo i destrukcí ostrovů. Po II. světové válce byl tak ze strategických důvodů podstatně zmenšen německý ostrov Helgoland.

Rozšiřování pevniny je vesměs ovlivněno antropogenně. Dochází k němu vysoušením příbřežních bažin a budováním hrází.

Nejnámějším příkladem je projekt DELTA v Holandsku, kde jedna třetina území leží pod úrovní mořské hladiny. Velmi časté je zasypání bahnitých pobřeží v okolí velkých pobřežních měst. Tak bylo rozšířeno San Francisko, Petrohrad, Sydney, v Hongkongu a v Keykyře na Korfu vybudována umělá letiště. Ojedinělý projekt se připravuje v Benátkách, kde byla postavena umělá bariera a napumpováním mořské vody do hornin v podloží město vyzdviženo o 30 cm. Buduje se nebo připravuje výstavba umělých ostrovů při pobřeží. Cílem je získání prostoru pro obyvatelná sídliště (Maledivy, Izrael, Singapur), kde jiné rozšíření není možné, ochrana pobřeží před stoupající mořskou hladinou (v Holandsku se připravuje výstavba umělého ostrova podél pobřeží, který má mít symbolickou podobu tulipánu nebo i vytvoření turistické atrakce a rekreačních možností. Spojené arabské emiráty tak vybudovaly Palmové ostrovy (obr. 30), zahrnující tři ostrovy ve tvaru palem a na 300 malých soukromých ostrůvků, Dubai buduje souostroví tvořící schematickou mapu světa a Ruská federace u Soči v Černém moři ostrovy ve tvaru tohoto státu. Velmi realistický je zejména izraelský projekt, který počítá s výstavbou ostrovů kolem pobřeží, včetně letiště, které by bylo propojeno podmořskými tunely. Singapur si vytváří soustavu umělých ostrovů z komunálního odpadu (spalitelného i nespalitelného). Pozoruhodné je, že se na těchto ostrovech dobře daří běžným i vzácným rostlinám a živočichům.

Ke změnám v rozsahu hydrosféry je třeba dále počítat ubývání ledu a vysychání mnoha jezer. Ubývání ledovců má globální charakter. Porovnání jejich rozsahu v uplynulých desetiletích to dokazuje v Grónsku v Arktidě i Antarktidě. V Arktidě např. za 30 let (od roku 1980) ubylo na 3 miliony km² ledovce.

K nejnámějším příkladům vysychání jezer patří Aralské jezero v Ruské federaci, Čadské jezero v Africe (obr. 29), kde příčiny jsou vesměs antropogenní, a Mrtvé moře na Blízkém Východě, kde příčiny nejsou zcela jasné.

Velký rozsah mají antropogenní změny georeliéfu, které ohrožují polovinu souše nepokryté ledem.

Podle původu se rozlišují:

- montánní tvary,
- zemědělské formy,
- sídlištní formy,
- průmyslové a dopravní formy,
- umělé změny georeliéfu krajiny.

Montánní tvary mají nepochybně největší rozsah. Patří k nim morfologické tvary vytvořené povrchovou těžbou (povrchové doly, pískovny, lomy a hliníky), haldy, výsypky hlušiny, haldy odpadu z podzemních prací, sejpové pahorky, zemníky (propady poddolováním, pinky) a také haldy úpravárenské a odkaliště (obr. 105, 106, 107, 108).

Povrchové doly dosahují délky stěny až dvacet kilometrů a hloubky zpravidla až 300 m (diamantové doly i hloubka tisícimetrová). *K nejrozsáhlejším patří povrchové doly na měď v Severní i Jižní Americe, povrchové doly na železnou a manganovou rudu v Ruské federaci, v Austrálii a na Ukrajině a těžba uhlí ve střední Evropě (Podkrušnohoří, Sasko). Např. u nás v Podkrušnohoří se přemístí ročně asi 300 milionů tun zemin.*

Montánní formy podrobně popisuje Zapletal (1969). Značný problém představují velkolomy v chráněných oblastech nebo na jejich okraji. V Českém středohoří byly již odtěženy celé kopce (např. bazaltový 200 m vysoký Chlum u Haber).

Těžba kameniva u nás po roce 1989 sice klesla zhruba na polovinu, ale řada velmi problematických lomů zůstává v provozu. Těžební plány předpokládají odtěžení celých kopců (např. v Českém středohoří Vršetín u Třebenic, Tlustec, Libouchec nad Labem), tvořených surovinou, která splňuje přísné požadavky např. na železniční štěrk.

I když v mnoha případech by bylo možné neobnovitelné zásoby kamene nahradit druhotnými surovinami, je ekologicky stále výhodnější využívat neobnovitelné přírodní zdroje než odpadové suroviny. Je to dokladem, že ruka trhu sama o sobě přírodu neochrání.

Problematické zbytky po těžbě jsou u nás na Plzeňsku (Hromnice po těžbě kamenečných břidlic, Chvaletic (po těžbě manganových rud), Krušné hory (sejpy po těžbě cínu), údolí Otavy (po těžbě zlata) a Třebenice (granátů). Podrobně jsou zdokumentovány haldy a pinky po středověké těžbě rud u Ratibořic a Staré Vožice (Chábera, Ouředníková 1979) a Rudolfova po těžbě uhlí (Chábera 1978).

• Zemědělské formy georeliéfu mají často značný rozsah, ale nevytváří takové rány do tváře Země jako formy montánní. Patří k nim např. terasy a meze, které se vytváří často i neúmyslně, dlouhodobým obděláváním (obr. 132, 133). Časté je také zarovnání povrchu pro snazší využití mechanizace v zemědělství.

• Sídlištní a průmyslové formy zahrnují všechny úpravy zemského povrchu v městských aglomeracích. Jde zejména o změny povrchu navážkami nebo odklizem, případně propadáním.

• Dopravní formy jsou zejména železniční a silniční (resp. MHD) průkopy, násypy a sruby. Ty často zcela mění charakter krajiny. Zatímco přirozenou páteří krajiny je říční síť, vytváří komunikace nový systém. Na Moravě je říční síť vytvářena systémem převážně severojižního směru. Komunikace všeho druhu však mají převládající směr kolmý, západ-východ, založený již před II. světovou válkou pro potřeby spojení západní a východní části tehdejší republiky. Nechtěným důsledkem jsou záplavy způsobené násypy silnic a železnic.

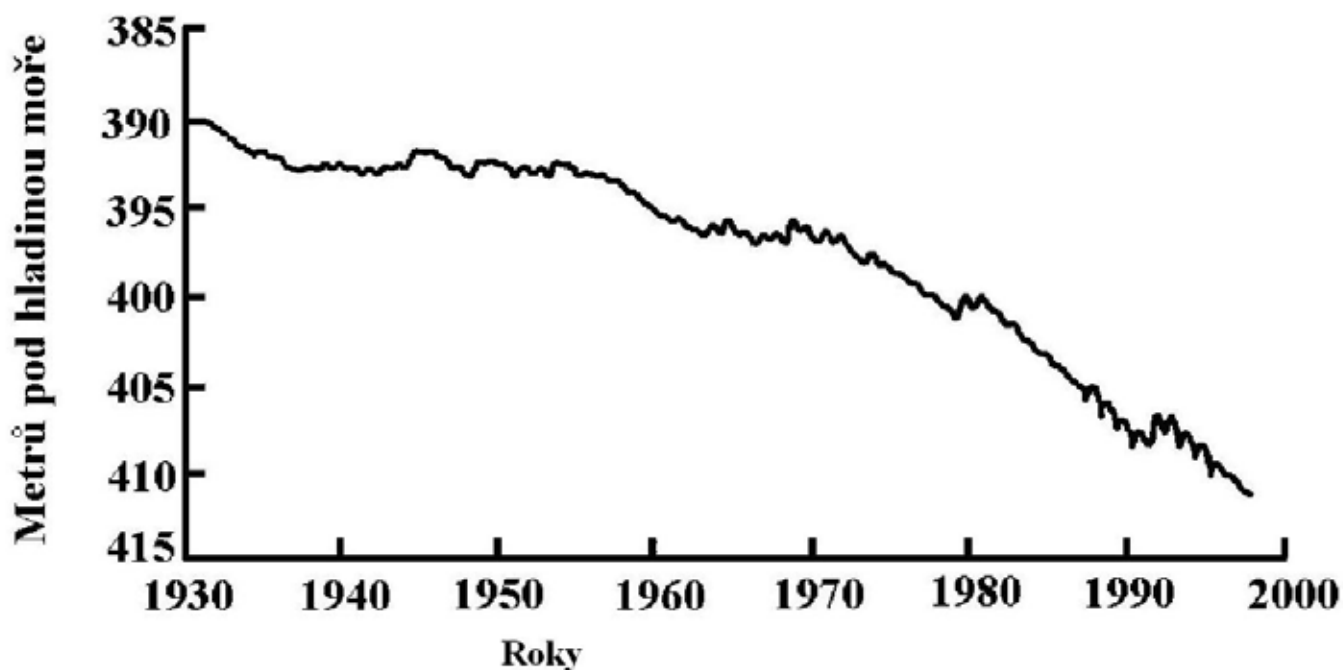
• Vojenské formy jsou zejména krátery po výbuších, zákopy a okopy.

• Umělé změny krajiny jsou různého původu: Patří k nim např. mohyly a mohylová pole, únikové násypy

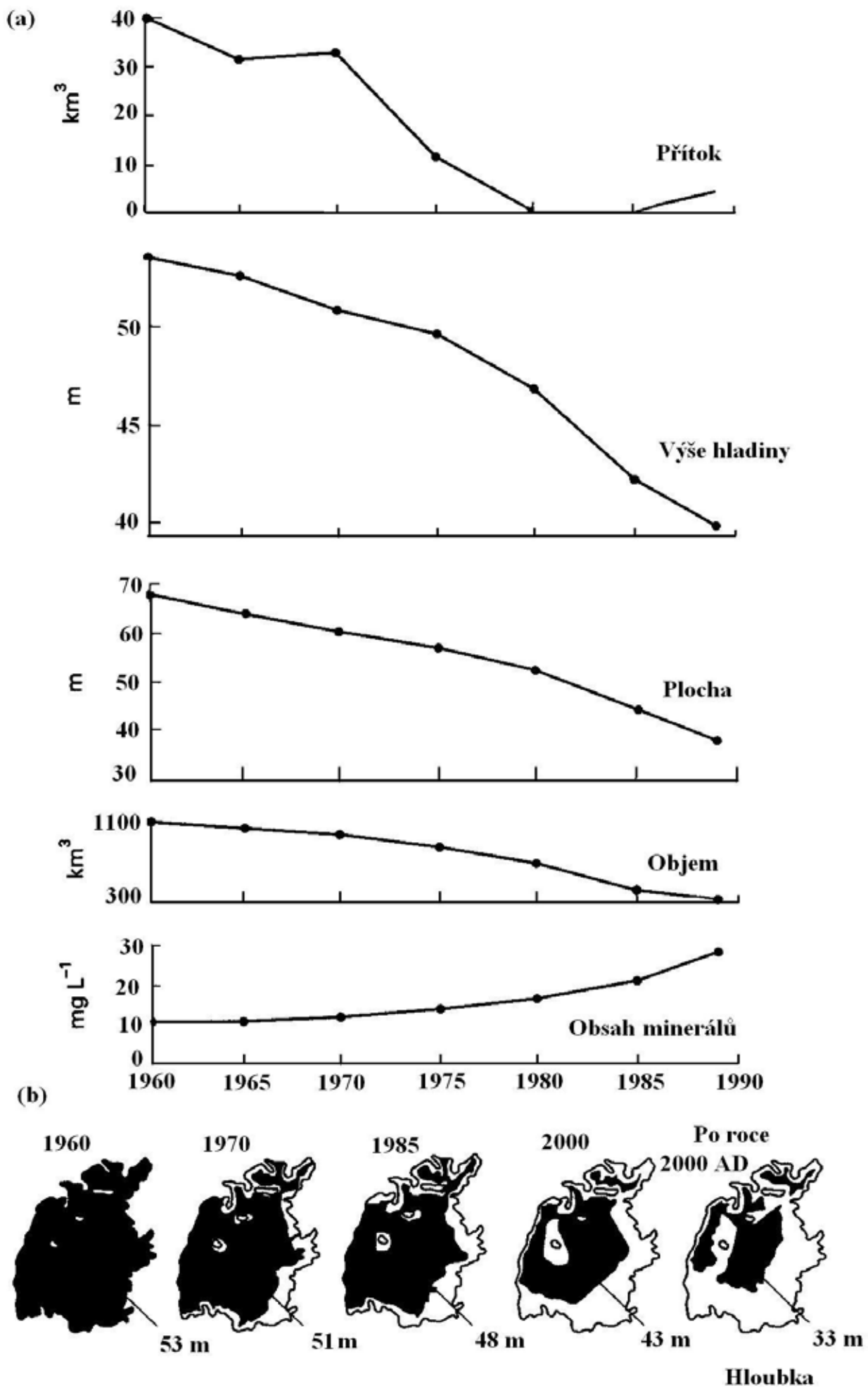
pro zvěř v lužních lesích nebo vytvořené jako útočiště pro lidi při záplavách (mají velký význam v Číně). K antropogenním formám patří dále úpravy terénu pro sportovní zařízení (umělé svahy pro lyžování, úpravy terénu pro auto- či moto- závody či pro výstavbu speciálních stadionů, např. v kazašské Alma Atě). Velkoplošné změny krajiny jsou umělé parky (např. Lednice, Versailles).

Důležitou formou ovlivnění geomorfologie jsou změny v rozmístění povrchových vod. Jde zejména o překládání vodních toků např. pro potřeby těžby (ve středověku Biala v Jeseníkách, v současnosti Bílina v Podkrušnohoří), jejich regulace a vodohospodářské úpravy k odstranění záplavových změn (to si v některých případech vyžádá i značné úpravy krajiny na ploše několika set km²). Vznikají umělé toky, průplavy a kanály (Baťův kanál a jiné) nebo umělá jezera (nejčastěji přehradní) a rybníky, které mohou zcela pozměnit ráz krajiny. Dokumentuje to např. rybníční středověká soustava v jižních Čechách i změny v okolí Slapské, Orlické a Lipenské přehrady.

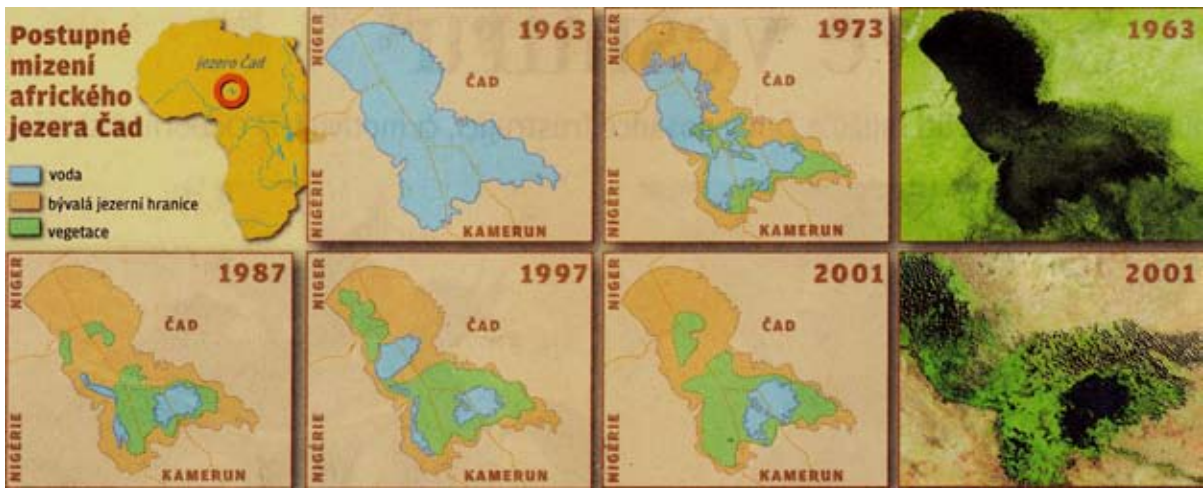
Oteplování a tání ledovců přinese v budoucnosti zřejmě i další změny v rozmístění vod. Odhady připouštějí zvýšení hladiny světového oceánu o několik metrů a zaplavení rozsáhlých příbřežních oblastí, např. v Bangladéši. Je ovšem nejasné, do jaké míry je to ovlivněno lidskými aktivitami, k rozsáhlému kolísání mořské hladiny docházelo velmi často i v geologické minulosti, bezpochyby z přírodních příčin (obr. 28).



Obr. 28 Kolísání mořské hladiny v geologické minulosti.



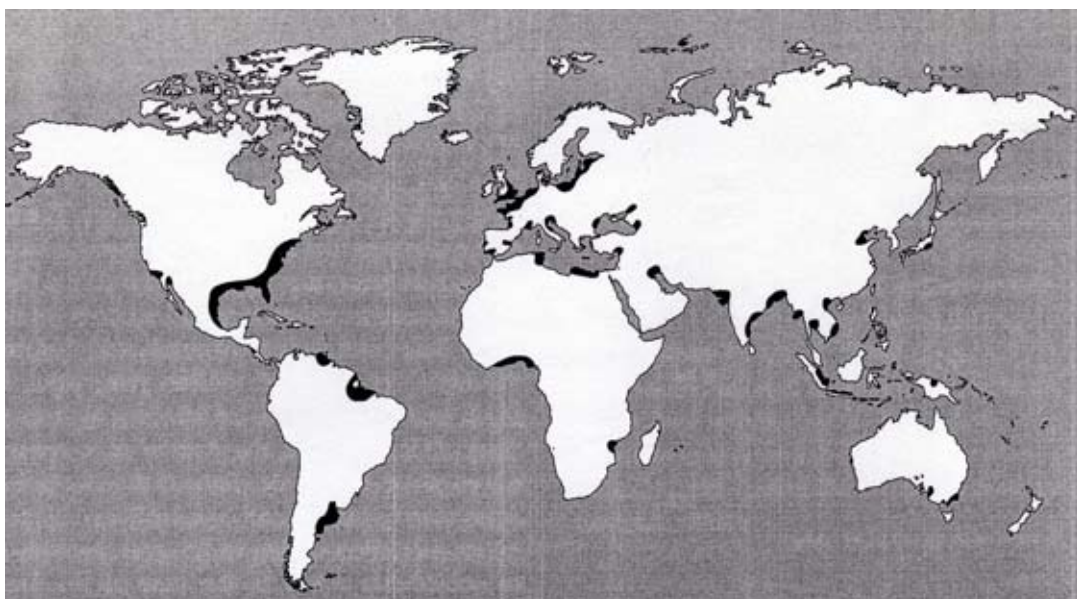
Obr. 27 Změny v rozsahu Aralského jezera po roce 1960. Goudie et. al., 2006.



Obr. 29 Postup vysychání jezera Čad v Africe v letech 1963 – 2001. Lidové noviny 2. 11. 2005.



Obr. 30 Umělé Palmové ostrovy ve Spojených arabských emirátech slouží jako turistická atrakce.



Obr. 31 Území nejvíce ohrožená zaplavením v důsledku poklesů pevniny nebo zvýšení hladiny světového oceánu.

2.5 Antropogenní petrogeneze:

Industriální společnost stále víc ovlivňuje svými aktivitami petrogenetické procesy, a to jak exogenní tak i endogenní. Dosah těchto vlivů je zatím stále ještě podceňován, např. ve srovnání s vlivy na klimatické změny. Je však jen otázka času, kdy se pokračující stále intenzivnější působení člověka na petrogenetické procesy negativně projeví v rozvoji lidstva.

Ovlivňovány jsou všechny exogenní procesy: zvětrávání a eroze, desertifikace, vznik půd, transport, sedimentace.

Významně jsou však ovlivňovány i endogenní procesy, zejména ve svrchní části kůry do hloubek přesahujících 10 kilometrů.

Přímé vlivy vyplývají z toho, že každé použití přírodních hmot - hornin, minerálů i vody, stejně jako tvorba umělých minerálů a hornin a využívání energetických zdrojů litosféry je zásahem do petrogenetického cyklu. Značná část těchto vlivů působí nepřímě, zprostředkovaně. Jde např. o ovlivnění složení a teploty podzemních vod, působení podzemních jaderných výbuchů či hlubinný průzkum a dobývání.

2.5.1 Zvětrávání

Zásadní petrogenetickou změnou je antropogenní ovlivnění procesu zvětrávání hornin. Od zvětrávání v geologické minulosti se v důsledku změn ve složení atmosféry a povrchových vod liší tím, že základní reakce, např. živce → jílový minerál probíhají vzhledem k celkovému okyselení s odnosem hliníku.

Tento rozdíl činí až tisícinásobné překročení dlouhodobého geochemického normálu. V zemědělsky exploatovaných územích proto vzniká 1 cm zvětralin zpravidla za 5 let, zatímco v neporušené krajině v našich podmínkách za 100 - 500 let. Ani tak velké urychlení zvětrávacích procesů ovšem nestačí nahradit úbytek horninové hmoty erozí. Zásahy člověka v tomto ohledu převyšují všechny ostatní faktory ovlivňující zvětrávání (klima, geologické a geografické faktory).

2.5.2 Eroze

Celková eroze je odhadována na 10 cm/1000 let, největší je v Asii, Africe a Severní Americe, nižší hodnoty má Evropa a Austrálie. V menších celcích jsou značné rozdíly, které závisí na vegetačním krytu, nadmořské výšce a stupni ovlivnění člověkem.

V Českém masívu zjistili Pačes a Moldán (1977) v lesních povodích erozi 8,5 - 12,3 mm/1000 let, v hospodářsky obdělávaných 38 - 130 mm/1000 let. V Tatrách dosahuje 86 - 95 mm a v Moravském krasu 25 mm za 1000 let. Asi 40 % se na ní podílí sesuvy a bahnotoky.

Přímá ztráta hmoty v našich podmínkách se odhaduje na 500 tun ročně z jednoho hektaru. Rychlost eroze ovlivňují klimatické a hydrogeologické podmínky (např. srážky, teplota, sluneční svit, odpar, síla větrů), územní poměry (tvar svahu, členitost, expozice), půdní poměry (druh a typ půdy, obsah humusu), biologické

faktory (vegetační kryt, geologický stav půdy (obr. 32, 33, 34) a hospodářsko-technické faktory, například užívání a obhospodařování půdy, meliorační zásahy, výstavba komunikací.

Ve Spojených státech do roku 1900 postupovala eroze rychlostí 2 mm/1000 let. Po intenzivním obdělávání počátkem tohoto století rychlostí 100 mm/1000 let a v posledních létech poněkud poklesla v důsledku snížení rozlohy obdělávaných ploch.

V Krušných horách (Pačes et al. 1983) okyselení způsobuje zrychlení chemické a v důsledku toho i mechanické eroze. Koncem 19. století postupovala rychlost 100 mm/1000 let, dnes už 300 mm/1000 let.

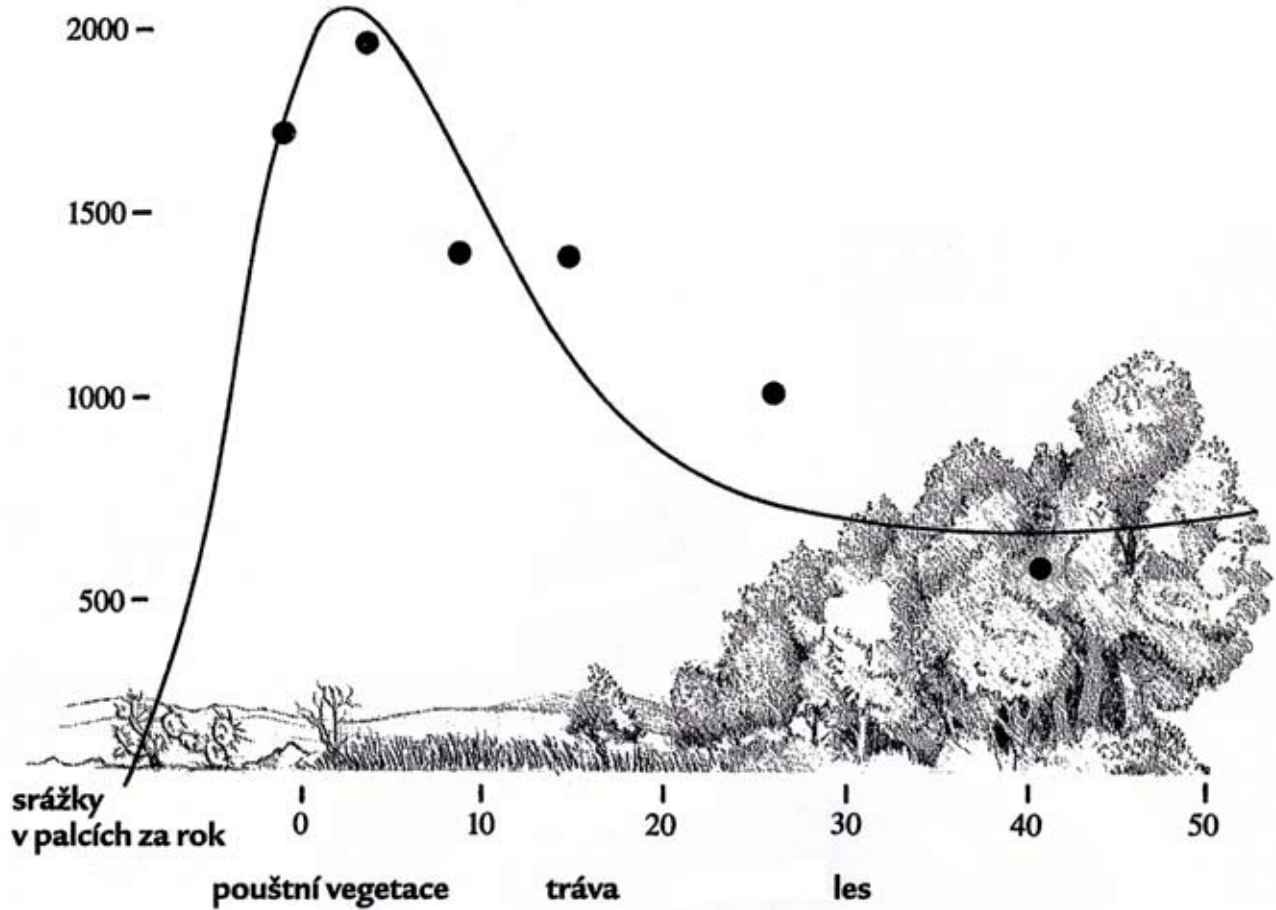
Zásahy člověka mají stále větší význam, jen ve 20. století se zvýšily nejméně 3x a lidské ovlivnění tak překrývá všechny ostatní vlivy. Eroze je zrychlována kácením lesů a probíhá i tam, kde by bez zásahu člověka k ní docházelo jen v nepatrné míře.

V Krkonoších bylo prokázáno, že na pěších cestách a trasách je eroze až 100x rychlejší než v místech se zachovaným souvislým vegetačním krytem. V USA bylo vypočítáno, že se ztrácí ročně 9 - 12 tun půdy z ha. Protože vznik nové půdy je jen 1,5 t na ha ročně, znamená to vážné ohrožení zemědělské produkce. Ve státě Washington bylo vypočteno, že rychlost eroze v 19. století, kdy byl pokryt borovým lesem, činila 2 mm/1000 let, počátkem století po prudkém rozvoji farem dosáhla až 100 mm/1000 let a v roce 1950, kdy značná část polí byla nahrazena pastvinami, rychlost eroze klesla na 50 mm/1000 let.

Zatímco v přírodě v důsledku eroze a denudace jde zpravidla o velkoplošné přemísťování zemních hmot (v důsledku denudace se Alpy nebo Tatry snižují v průměru o mm ročně), antropogenní přemísťování hmot je soustředěno na velmi malé plochy (v Podkušnohoří se přemísťují ročně v průměru 100 milionů tun na 1 km²).

V Rusku je větrnou a vodní erozí postiženo asi 2/3 celkové plochy orné půdy, a proto dávají o 10 - 70 % nižší úrodu, 0,5 mil. orné půdy se ztrácí ročně záborem pro průmysl, erozí větrem a vodou je ročně zničeno 1,7 mld tun půdy a desítky milionů ha jsou znehodnoceny průmyslovými hnojivy s jedovatými chemikáliemi. To je jednou z hlavních příčin nízké zemědělské produkce v Rusku.

transport materiálu
v tunách na čtvereční míli za rok



Obr. 32 Odnos horninových hmot v různých typech krajiny. Westbroek, české vydání, 2003.



Obr. 33 Půdní eroze v zemědělsky obdělávané krajině. Ostroměř u Jičína. Gojda, 2000.

2. 5. 3 Desertifikace (vznik pouští)

Vznik pouští má převážně geologické příčiny, i když se na jejich rozšiřování v mnoha případech nepochybně podílí člověk. V historické době se stala poušť úrodná krajina mezi Eufratem a Tigridem. Příčinou bylo zasolení v důsledku zavlažování mořskou vodou. Povrch pevné Země dnes pokrývají pouště z 23 % a území se semiaridním a aridním klimatem se rozprostírá na 35 % pevniny.

Podle složení se rozlišují typy pouští:

- skalní a kamenitá, např. pohoří Ahagar na Sahaře (rozpad skal, účinky oslunění a rozdílů teploty ve dne a v noci),
- poušť písečná, např. Gobi,
- poušť tvořená aluviálními uloženinami. Patří sem šterkové sedimenty občasných toků, výplně sníženin a aluviální kužely,
- poušť tvořená uloženinami občasných jezer,
- poušť tvořená spraší,
- poušť s různými eluviálními povrchy,
- poušť s durikrustou (saltkrusta, gypskrusta, kalkkrusta).

Vznik pouští závisí na klimatické zonalitě a jejích změnách. Rozmístění zón se mění pohybem pólů, proto v minulosti mohly být podmínky příhodné pro vznik pouští i jinde. Podstatný význam má pohyb litosférických desek: pokud se pevniny dostávaly mezi 20. až 25. rovnoběžku severní a jižní šířky byly pod vlivem aridního klimatu. Rychlost desertifikace je z hlediska geologické historie okamžitý proces: Sahara se za 50 let zvětšila o 650 000 km², duny z Lybijské pouště se šíří k Nilu rychlostí 1,3 km za rok. Podporuje ji i lidská činnost (spásání vegetace, kácení stromů, mechanické urychlování eroze).

Hodnocení podílu lidských aktivit na vzniku pouští je zatím možné jen přibližně odhadnout. Může jít o 25 – 40 %.

2. 5. 4 Antropogenní transport látek

Přemísťování přírodních hmot nabývá v moderní industriální společnosti až oblundných rozměrů. Jde především o transport přírodních hmot v důsledku těžby, výstavby i zemědělského obdělávání a také o vlivy na přírodní procesy látkové migrace.

V důsledku těžby dochází podle kvalifikovaných odhadů na celém světě k přemístění 40 miliard tun zemních hmot, v České republice pak 300 milionů m³ (Fediuk 2007). To se rovná objemu 12 Řípů a za 5 let přemístění celých Krušných hor.

Vlivy na přírodní procesy látkové migrace se projevují zejména v transportu vodou a větrem.

Transport látek vodními toky je ovlivňován regulací (zrychlení), stavbou hrází (rozsah a délka) a hlavně změnami složení vod (ovlivnění druhu a množství přenášených látek, druh diferenciacie při transportu, složení přenášeného materiálu).

Podle Kukala (2000) hodnoty desetiletého průměru transportu látek našimi vodními toky:

Labe v Hřensku odnáší za rok 440 934 tun suspendovaného materiálu,

Morava ve Strážnici 270 000 tun,

Odra v Bohumíně 160 00 tun.

Celkový odnos (včetně materiálu v roztoku) se z našeho území blíží dvěma milionům tun ročně.

Potenciální ohrožení půd vodní a větrnou erozí na území ČR v roce 2006

Stupeň ohrožení erozí	Plocha zemědělské půdy			
	Vodní eroze		Větrná eroze	
	ha	%	ha	%
Bez ohrožení	179 112	4,2	3 305 052	77,5
Půdy náchylné	1 189 818	27,9	396 606	9,3
Půdy mírně ohrožené	1 104 527	25,9	243 082	5,7
Půdy ohrožené	767 625	18,0	230 287	5,4
Půdy silně ohrožené	430 723	10,1	76 762	1,8
Půdy nejohroženější	592 777	13,9	12 793	0,3
Celkem	4 266 582	100,0	4 264 582	100,0

Transport větrem je negativně ovlivněn větrolamy a také velkými městy (obr. 42). Hodnota činí v Evropě průměrně 4 cm za 1000 let, ve městech je podstatně vyšší.

Např. v Praze cca 600 cm za 1000 let, v Bagdádu se usadí 200 cm za 100 let (vliv pouště), v Mostě až 1400 cm (vliv znečištění ovzduší v průmyslové krajině, Kukul 1990).

Zajímavým projevem látkového transportu, aktivizovaného lidskou činností jsou úniky důlních plynů, pohyb zvodněných písků (kuřavky) v důsledku dobývacích prací a řízení důlních děl. Do této kategorie patří také úniky plynu (metan, CO₂, vodní pára, helium a jiné) při využívání geotermální energie a realizaci vrtných prací.

V roce 2006 došlo v Indonésii severně od Yogyakarta k výronu bahna ze zkušebního vrtu a tento stále silící únik z původních 50 000 m³ se zvýšil za pět měsíců až na 125 000 m³. K podobnému výronu horké vody a písku došlo, v menším rozsahu, při geologickém průzkumu v roce 1956 na Karlovarsku. Ve svém souhrnu by takové případy mohly zřetelně ovlivnit složení svrchní části litosféry..

2. 5. 5 Antropogenní sedimentace

Zatímco rychlost přírodní sedimentace je v průměru velmi nízká, řádově v milimetrech za rok a jen v jednotlivých případech (např. při opakovaných záplavách činí i více metrů), antropogenní zvětrávání, eroze a ovlivnění transportu způsobuje její mimořádné zrychlení.

- Antropogenní uložení mají výraznou stratifikaci a rozlišují se podle původu a složení (komunální, průmyslové, stavební), v mapách podle mocnosti (5 - 10 m, 2 - 5 m, 1 - 2 m), nebo podle odkrytí:
 - a) vizuálně sledovatelné
- odpady na skládkách s výraznou stratifikací,
- účelové (součást inženýrských děl, hráze, násypy, podklady vozovek),
- související s těžbou (haldy, odvaly),
- související s výrobou energie (popely, škváry, výsypky elektrárenských popílků),

- speciální (např. mohyly),
 - b) zakryté (zpravidla v centrech měst, různého stáří a původu).

V České republice bylo v roce 2006 vyprodukováno celkem 28 066 000 tun odpadu, podle oborů se na tom podílí:

1	odpad stavební a demoliční	8 684 000 tun
2	odpad průmyslový	6 575 000 tun
3	ostatní odpady	4 605 000 tun
4	komunální odpad	3 979 000 tun
5	odpad z energetiky (mimo radioaktivního)	2 047 000 tun
6	odpad z čištění měst	1 369 000 tun
7	odpad ze zemědělství a lesnictví	1 304 000 tun
8	odpad z dolování a těžby	459 000 tun
9	odpad z úpravy a rozvodu vody	413 000 tun

Z celého množství odpadů bylo 1 455 000 tun nebezpečných, přičemž průmysl jich produkoval nejvíce (655 000 tun).

K antropogenním uloženinám patří také sedimenty umělých vodních nádrží, které vznikají většinou rychleji než obdobné sedimenty přírodní (rychlost sedimentace v přehradách bývá až 50 cm/rok, ve Slapské přehradě je to 4 cm/rok).

Některé vodní nádrže jsou po zanesení zcela vyřazeny (Austin v Coloradu, Cismon v Itálii, Pont du Loup ve francouzských Alpách), nebo jejich provoz omezen (Prachatice). Nádrž Lake Mead zanáší řeka Colorado ročně 700 000 tun nánosů, zato na krásné písčité pláži jižní Kalifornie se v důsledku toho nyní písek dováží. K antropogenním uloženinám počítáme též základkové směsi, haldy a další. Antropogenní vlivy na magmatické a metamorfni procesy jsou většinou nepřímé.

Příkladem ovlivnění sopečné činnosti je sopka Kelud v Indonézii, která má rozsáhlé kráterové jezero (40 mil. m³ vody) a při erupcích způsobovala na úrodných a hustě obydlených svazích ohromné škody. Často při nich zahynulo více než 1000 lidí, protože voda z jezera po stoupnutí hladiny smíšená s popelem jako lahar, zaplavovala a demolovala osady. Proto nizozemská koloniální správa se rozhodla vybudovat tunel, který by při erupci odváděl z jezera stoupající vody. Celkem bylo vyraženo od roku 1920 sedm tunelů, voda klesla na 1,8 mil. m³ a hladina se ustálila. Systém úspěšně plnil ochranný úkol do erupce v roce 1951, kdy byl zničen. Novým tunelem z roku 1967 bylo však jezero definitivně odvodněno a nebezpečí snad již nehrozí.

V roce 1951 při výbuchu vulkánu Nihara v Japonsku systém hráze a umělého odtokového kanálu úspěšně odvedl lávu od obydlí do neobydlené části svahu.

Při výbuchu vulkánu Helgafjell v roce 1973 vznikla SZ - JV puklina, z níž vytékal lávový proud na město Vestmanayear, postupně po dobu pěti měsíců zaplavil jv. část města a blížil se k přístavu. Dobrovolníci začali pumpovat vodu na čelo příkrovu a jeho pohyb se tím výrazně zpomalil. Na základě toho vláda vyslala na místo katastrofy loď Sunday, která na lávový proud, směřující k přístavu, pumpovala 12 000 l vody/hod. Další mohutná čerpadla pumpovala 4 500 tun vody za hodinu. Teplota lávy tak poklesla o 200 °C a proud se zastavil.

Myšlenka ochladit čelo proudu nebyla nová. Při erupci Kilauea na Hawai v roce 1960, když velitel hasičů

v městečku Kapoho přikázal pumpovat proudy vody na čelo pohybujícího se proudy, aby ho ochladil a spoluobčané se tomu smáli.

Úspěšné mohou být přírodní nebo umělé zábrany (při výbuchu Kilauea 1955 byl lávový proud příhodně odkloněn starým železničním násypem), nebo se staví účelově za pomoci těžké techniky.

Při erupci Mauna Loa na Hawai v roce 1935 směřoval lávový proud na město a přístav Hilo. Čelo proudu bylo letecky bombardováno, proud se roztekl do šířky a postupně zatuhl.

K antropogenním metamorfním změnám hornin může docházet tlaky pod velkými městy, které dosahují až 6 MPa, odvodněním a vysoušením a také podzemními jadernými výbuchy, či technologickými procesy, které napodobují přírodní přeměny: tavení hornin (petrurgie), tavení sklářských písků na výrobu skla a krystalizací kovů z tavenin (metalurgie)

Oblast	Rychlost eolické sedimentace (cm za 1000 let)
New York	110
Mnichov	90
Londýn	30
Bagdád	2000
Kuvajt	100
Praha (celoroční průměr)	600
Podkrušnohoří (celoroční průměr)	1400
Průměr pro Severní Ameriku	6,5
Průměr pro Evropu	4,0
Průměr pro všechny oceány	0,01-0,1

Přehradní jezero	Rychlost sedimentace (cm za rok)
Hooverova přehrada, USA	50
Jezero Mead, USA	20
Násirovo jezero, Asuánská přehrada	15
Baudeney, Porúří	10
Slapy	4
Lipno	2
Nechranice	20

Obr. 34 Rychlost eolické sedimentace ve městech a sedimentace v přehradních jezerech. Kukul, 1990.

Lokalizace nejvýznamnějších anomálií atmosférové depozice na Ostravsku

Složka depozice	Oblast	Dosažená hodnota ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^2\cdot 30 \text{ dní}^{-1}$)
Prach	Karviná 2 – Důl ČSA	10 000
	Bohumín – Skřečoň	5 500–6 000
	Petřvald	6 500
	Český Těšín	5 500
Kadmium	Bohumín – Skřečoň	>100
Olovo	Český Těšín	>1 400
Arzén	Petrovice u Karviné	>150
Chrom	Petřvald – Orlová	>700
	Bohumín – Skřečoň	600–650
	Petrovice u Karviné	550–600
Rtuť	Bohumín – Skřečoň	>27,5
	Petrovice u Karviné	>25
	Dětmovice	>22,5
Nikl	Bohumín – Skřečoň	>1 000
Zinek	Petrovice u Karviné	10 000
	Bohumín – Skřečoň	10 000

Obr. 35 Lokalizace nejvýznamnějších anomálií atmosférové depozice na Ostravsku. D. Matýsek, 1996.

Produkce odpadů v ČR v rozdělení podle původu odpadů (v 1 000t)

Původ \ Rok	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Odpady ze zemědělství	8124	7175	7499	5935	5811	5281	3877
Odpady z dolování a těžby	600	2351	2566	2285	597	689	685
Odpady z energetiky	10409	4941	9704	8891	6425	6602	5306
Průmyslové odpady	8900	8867	7778	9040	9510	7938	7879
Stavební odpady	-	-	-	-	5924	6632	9145
Jiné	-	7937	8805	8300	4261	3744	6786

Obr. 36 Produkce odpadů v České republice v letech 1998–2005 v tisících tun. Tomas, 2006.

2.6 Antropogenní minerály a horninové materiály, biolity a technolity

Jako antropogenní se označují ty minerály a horninové materiály, na jejichž vzniku či vývoji se jakýmkoliv způsobem podílel člověk, i když jejich vznik probíhal alespoň zčásti jako přírodní proces. Podle této definice k nim patří:

Biolity: antropogenní hmoty vznikající bez úmyslného zásahu člověka, např. patologické konkrementy či produkty rozkladu kosterních zbytků. Jako biolity je ovšem nutno označovat i hmoty, vznikající působením rostlin (jantar, rašelina, uhlí, ropa) nebo živočichů (organogenní vápence, diatomity, guána).

Technolity, které vznikají působením nebo vědomým spolupůsobením člověka. K nim patří minerály a horniny vznikající:

- přemístěním přírodních hornin (haldy, výsypky, náspy, hráze, podklady vozovek, letištních ploch, umělé pláže, mohyly),
- přírodními procesy; v důsledku lidské činnosti (sedimenty umělých vodních nádrží, odkališť, spad ve městech, usazeniny z využívaných termálních vod, minerály vznikající v důsledku těžby na stěnách důlních děl, na haldách a hořících haldách a v odkalištích, krápníky a výkvěty na omítkách),
- vznikající lidskou činností (uměle upravené půdy v zemědělství, skládky, strusky, popely a popílky, hrudy vznikající zvětráváním stavebních materiálů a v důsledku průmyslových aktivit, při spalování uhlí, minerály na stěnách metalurgických a sklářských pecí a tavných van, vinný kámen),
- přírodní minerály a horniny účelově upravené,
- změnou objemu (bobtnání či vysoušení),
- změnou barvy (uměle zbarvené ke stavebním či dekoračním účelům nebo k zemědělskému využití),
- změnou struktury (změna orbou, změna pórovitosti, výběr určité zrnitostní frakce, abraziva, slévárenské písky, zpevnění injektáží či kolmataží, tavením při podzemních jaderných výbuších),
- změnou složení (přimíšením jílu do písků a naopak hnojením, čerpáním živin pěstovanými rostlinami, žáruvzdorné hmoty),
- materiály uměle vytvořené napodobením přírodních procesů: krystalizace kovů z tavenin, monokrystaly, umělé drahé a průmyslové kameny, skla a vodní skla, stavební pojiva, základkové směsi a vypalované hmoty (hrnčářské a keramické) a vypalované stavebniny,
- teoretické horniny k modelování geologických procesů (např. amfibolit a pyrolit).

Uměle vypěstované krystaly jsou využívány v mnoha oborech (sklářství, metalurgie, elektrotechnika, jemná mechanika, optika a zdravotnictví). Velký význam má krystalizace kovů (růst krystalů z kovové taveniny, růst v kovovém drátu plastickou deformací nebo druhotnou rekrystalizací, růst z plynné fáze vznikající při rozkladu kovových halogenidů nebo karbonylů a růst pomocí elektrolyzy). Problémem je získání vyšší koncentrace roztoku, než je hodnota nasycení. Dosahuje se toho různými metodami, založenými buď na odstraňování rozpouštědla konstantní rychlostí při téže teplotě, nebo snižováním teploty pod hodnotu nasycení roztoku u látek, jejichž rozpustnost s teplotou stoupá nebo zvyšováním teploty u látek s opačným koeficientem teploty. První látkou, jejíž krystaly byly cílevědomě pěstovány, byla Segnettova sůl - vinan sodno-draselný.

Od čtyřicátých let 20. století se pěstují: kyselý fosforečnan amonný (ADP Amonium Dihydrogen phosphate), křemen, křemík, boritan hlinitý (jeremějevit), fosforečnan hlinitý, kyselý fosforečnan draselný (KDP Kaliumdihydrogenorthophosphat), turmalin, granáty, analogické arzénichnany, etylendiamintetrát (EDT), vinan draselný (DKP), křišťál, záhněda, diamant (v ČR dříve v Prametu Šumperk), germanium.

K optickým monokrystalům patří chlorid sodný (halit), bromid draselný, fluorid vápenatý, dvojlomný

kalcit je nahrazen dusičnanem sodným. Vyrábí se o velikosti až několika desítek centimetrů. Pro detekci gama-záření je využíván wolframan vápenatý (scheelit), vyrábí se také fluoroflogopitová slída, baryový flogopit, korund (přidáním CrO se získává syntetický rubín a TiO_2 s Fe_2O_3 syntetický safír), spinel ($\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{MgO}$), přidáním CrO vzniká zelený spinel, CoO syntetický akvamarín.

Na haldách vznikají novotvořené minerály zvětráváním, reakcemi s mořskou vodou nebo zahořením. Například minerály hořících hald na Kladensku jsou ryzí síra, selen a salmiak. Při zvětrávání pyritu na haldách po těžbě kamenečných břidlic vznikají sulfáty, oxidy železa a síra. Minerály obsahující natrium vznikly v řeckém Laurionu, kde odpad po těžbě byl sypán do moře. Při využívání termálních vod vznikají inkrusty tvořené karbonáty (aragonit, kalcit, travertin).

Zajímavý příklad minerálů, které vznikají v důsledku antropogenních procesů, popsala Gregerová (1995) ze Zbrašovských aragonitových jeskyní v Lázních Teplice u Hranic na Moravě. V důsledku vymýcení lesního porostu nad jeskyněmi do nich proniká kyselá dešťová voda a způsobuje nahrazování (zatlačování) unikátního aragonitu v krápnících sádrovcem.

V popílcích z elektráren (Dvůr Králové, Přerov n. L.) byly zjištěny sklo, křemen, mullit, magnetit, hematit, metakaolinit, rutil, plagioklas, sillimanit, hercynit a vzácně i další minerály Pb, Zn, Ni, W, As (Sulovský 1995). Podobné složení mají i popílký ze spaloven, v nichž se v důsledku praní kouřových spalin ve vápenném mléce objevují také chlorid vápenatý, siřičitan a síran vápenatý.

Horniny, jejichž vlastnosti byly uměle změněny: např. při kolmataži se ucpávají spáry v hornině jílovými částicemi a organickými koloidy a při injektáži vhaněním cementu, jílových částic či některých chemikálií se horniny zpevňují. Vznikají tak z písků pevné horniny. Z bazaltů se vyrábí tavením horninové sklo, čedičová vata a tavený čedič. Čedičová vata má mimořádně výhodné vlastnosti tepelně izolační, odlitky z taveného čediče jsou zase velmi odolné proti otěru i korozi.

Umělé horniny (kameny) se vyrábějí kompresí za vibrací ve vzduchoprázdnu (Bohemia stone, Jablonec) z přírodních materiálů (mramor, granit nebo křemité písky) a pojiva (portlandský cement nebo polyesterová pryskyřice).

Vypalované stavebniny (beton, cihly, pokrývačské tašky) výrobky z kameniny a keramické výrobky můžeme také považovat za produkty umělých přeměn, stejně jako kovokeramické hmoty (cermenty), expandity, expandovaný grafit, dinas a mnohé jiné. Vypalováním vznikají silikáty, hlinitany a železitany, které se označují alit ($3 \text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$), belit ($2 \text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$), felit, celit (= brownmillerit) a periklas, známé např. z cementárenských slínek.

Základkové směsi slouží k zaplňování vytěžených důlních prostorů. Dříve se vyráběly ze směsí cementu jako pojiva a podřadného kameniva jako plniva. Dnes se využívají hlavně odpadové materiály (Rovnaníková 1994). Jako plnivo slouží úlety z cementářských pecí a mlýnů, použité slévárenské a tryskačské písky, jako pojivo jemně mleté popílký, škváry a vysokopecní strusky. Jako inertní materiál se používají různé odpady, nevhodný je sádrovec a uhelné kaly. Směs musí splňovat požadavek na pevnost v tlaku minimálně 1,5 MPa. Pokročilá metodika přípravy těchto směsí (Daněk 2007, Thomas 2008) způsobuje, že použití základkových směsí se stává nejracionálnější způsobem ukládání odpadů do podzemních prostor (Slivka et al. 2007).

2.7 Změny ve složení litosféry, horninové prostředí

Jako horninové prostředí se označuje část litosféry v dosahu lidské činnosti, tzn. asi 15 km svrchní části zemské kůry, kam umožňují dosáhnout současné technické prostředky (vrty nebo hloubené šachty). Horninové prostředí ovlivňuje hodnotu krajiny (spoluvytváří georeliéf), určuje zákonitosti oběhu hlubinných vod a jejich složení, vytváří geologická rizika (např. svahové pohyby, šíření zemětřesení ovlivnění eroze), má určující význam pro stavebnictví (bezpečná lokalizace výstavby nových objektů, podzemní úložiště, dopravní stavby, tunely apod.), vytváří fyzikální pole a anomálie (magnetické a elektrické, tíhové, geotermální) a také geochemické pole, které ovlivňují lidstvo daleko více, než si uvědomujeme.

Podle Kukala a Reichmanna (2000) je horninové prostředí nejsvrchnější část zemské kůry, kde se projevuje nebo může projevit lidské činnosti. Je tvořeno pevnými horninami, nezpevněnými zeminami, půdou a vším co se v nich nachází, tedy nerostnými surovinami, podzemní vodou a plyny v pórech hornin a půd.

Antropogenní procesy způsobují globální změny právě v nejcitlivější zóně interakce litosféry, atmosféry, hydrosféry a biosféry.

K antropogennímu ovlivnění litosféry v této zóně dochází:

Nepřímo, znečišťováním vzduchu, jehož prostřednictvím se látky dostávají přes půdy do litosféry a mění složení její svrchní části.

Např. emise CO_2 od roku 1991 dosahují 6 mld. tun ročně a v důsledku toho roste průměrná teplota na světě. V roce 1994 byla zatím nejvyšší 15,32 °C. K mírnému ochlazení došlo jen v roce 1991 po erupci sopky Pinatubo na Filipínách. Koncentrace Pb v atmosféře podle měření v sedimentech švédských jezer a ve vrtech v grónském ledovci rapidně vzrostla v 6. stol. př. n. l. a držela se na vysoké hladině do 4. stol. n. l. Až čtyřnásobné zvýšení obsahu olova v té době bylo způsobeno tavbami stříbrných rud v antických mincovnách (obr. 8, 9). K dalšímu výraznému zvýšení došlo z obdobného důvodu v 15. a 16. století a v 19. století v době technické revoluce. Další zvýšení přinesl rozvoj automobilizmu ve dvacátých letech 20. století. Nejasná je příčina náhlého zvýšení obsahu olova v atmosféře kolem roku 1870. Tzv. „skleníkové plyny“ z lidských zdrojů jsou nyní složeny z CO_2 60 %, metanu 20 %, NO_2 6 % a halogenových sloučenin 14 %.

Velmi významné pro další vývoj jsou ztráty kyslíku spalováním fosilních paliv, zejména v tepelných elektrárnách. Jsou provázány přínosem oxidů síry do atmosféry a devastací ozónové vrstvy. Jedním z důsledků je okyselování půd a vod. Proto je snižování emisí SO_2 , SO_4 apod. prvořadým úkolem (obr. 55, 110).

Při stavbě metra v Kyjevě v roce 1969 ražením štol došlo k provzdušnění. Tím byl umožněn rozvoj thiofilních bakterií, koroze pyritu v horninách a vznikající agresivní vody poškozovaly beton stavby.

Prostřednictvím atmosféry se dostává do litosféry také spad popílků (atmosférický transport a sedimentace znečišťujících látek, obr. 35, 38).

Nepřímo, vstupem člověka do koloběhu vody, změnami hydrogeologické pozice, změnami teploty a znečištěním.

Přímé znečištění litosféry je způsobeno zejména průmyslovými a komunálními odpady a zemědělskou činností, zasolením a antropogenním vznikem umělých anomálií prvků.

Pod velkými městy založenými na prosáklých horninách zasahuje znečištění litosféry do hloubky až 10 000 m.

Zdroje antropogenních změn horninového prostředí jsou:

- **bodové:** nejčastěji stavby živočišné zemědělské výroby a havárie cisteren a nákladních aut, průmyslové podniky, sklady apod. Hlavním zdrojem znečištění bývají chemické závody, které produkují emise a vypouštějí odpady znečišťující podzemní vody,
- **lineární:** ropovody a plynovody, produktovody všeho druhu,
- **plošné:** zemědělská rostlinná výroba, letiště, velkosklady, atmosférický spad, průmyslové exhaláty apod.

Abiotické znečištění je nejčastěji:

- acidifikace,
- kontaminace kovovými prvky,
- kontaminace ropnými látkami,
- kontaminace organickými sloučeninami.

Acidifikace prostředí

Okyselování povrchových vod a půd bylo poprvé prokázáno ve skandinávských jezerech v 50. letech 20. století. V Kanadě a na SV USA bylo zjištěno, že jeho příčinou je spad SO_4 a NO_x při kyselých deštích. Toto okyselování, přes filtraci půdou a vegetačním pokryvem, zpomaleně a se zpožděním, ale zcela prokazatelně postihuje těž podzemní vody. Proces okyselování má několik fází, z nichž pokles pH je až fází konečnou. Zpočátku je indikován poklesem koncentrace HCO_3 a růstem obsahu siřných kyselin.

V Norsku klesla za pět let alkalita o 10 %, ve Švédsku koncentrace HCO_3 klesla ze 189 mg/l v roce 1960 na 153 mg/l v roce 1980. V České republice pH Černého jezera na Šumavě kleslo z 6,5 až 7,0 v roce 1936 na 4,5 - 4,8 v roce 1976. V Labi byl zjištěn pokles alkality a růst obsahu aniontů silných kyselin. Stejná tendence jsou v pramenech Krušných hor (Hrkal 1991), kde pokles HCO_3 a vzestup NO_3 oproti období 1955-1959 v letech 1980 - 1990 je až 10-ti násobný. Enormní vzestup NO_3 byl vysvětlován kácením lesů, ale v nadmořské výšce nad 800 m jsou změny kupodivu malé a zato koncentrace HCO_3 je tak vysoká, že klesá pH.

Okyselující emise SO_2 jsou více než 10x vyšší v Krušných horách než na Českomoravské vrchovině. Okyselování oxidy dusíku je v Krušných horách asi třikrát větší, než je tomu na Českomoravské vrchovině.

Zvýšené koncentrace anionů SO_4 a NO_3^- v odtékající vodě jsou vyrovnávány kationy bazických kovů, které se vyplavují ze sorpčního komplexu půd. Nadbytečné protony okyselují jak vodu, jejíž pH klesá pod hodnotu 5, tak půdu, která se stává nenasyčenou bazickými kationy.

Velký rozdíl je v množství nitrátů, které z těchto oblastí odtéká a množství dusíku, které je spotřebováno stromy.

Zatímco v Krušných horách odtéká ve formě NO_3^- 12 kg (N) . ha⁻¹ . rok a 2,5 kg (N) . ha⁻¹ . rok⁻¹ dusíku je vázáno v dřevní hmotě, je tento poměr v lesích Českomoravské vrchoviny obrácený. Nitrátů zde odtéká pouze 0,58 (N) . ha⁻¹ . rok⁻¹, zatímco je spotřebováno stromy 8,7 kg (N), ha⁻¹ . rok⁻¹.

Vlastní kyselý déšť je jen malým příspěvkem k okyselování vod a půd v krušnohorské oblasti a příliš se neliší od referenční oblasti poměrně čisté Českomoravské vrchoviny. Rozpouštění hydroxidu hlinitého z amorfních alumosilikátů v půdě působí jako neutralizační proces v krušnohorské oblasti a spotřebovává 13 mmol (H⁺) . m⁻² . rok⁻¹. Tato neutralizace je však škodlivá, protože se při ní uvolňuje hliník do roztoku, kde může působit toxicky na ryby a po absorpci v půdě může spolupůsobit při odumírání smrků. Na Českomoravské vrchovině rozpouštění hliníku působí ústrojně a vodíkové ionty spotřebovává. Tento jev je způsoben tím, že rozpuštěný hliník v odtoku o pH nižším než 5 je v roztoku převážně přítomen ve formě Al^{3+} a $\text{Al}(\text{OH})^{2+}$, kdežto v odtoku s vyšším pH než 6,5 je ve formě anionu $\text{Al}(\text{OH})^4^-$.

V důsledku kyselých dešťů má v České republice až 60 % půd kyselou reakci. Proti okyselování půd a jeho následkům (pokles obsahu hořčíku v půdě) se používá posyp mletým dolomitem, který slouží k ochraně lesů před emisemi oxidu siřičitého a používá se i k neutralizaci povrchových půd. Půdy je nutno hodnotit i z hlediska odolnosti proti acidifikačním vlivům. Ukazateli jsou pufrční kapacita půdy a křivka ACN (kyselinotvorná neutralizační kapacita).

Kontaminace kovovými prvky

Také největší část znečištění půd kovy pochází z atmosférového spadu (Hg 91 %, Pb a As 82 %, Cd a Ni 60 %). Zdrojem kovů v atmosféře jsou hlavně zařízení využívající fosilní paliva (teplárny, kotelny) a mobilní zdroje (automobilová a železniční doprava). Proto jsou postiženy základové půdy ve velkých městech (v Praze byl spad v zimě 1987 za 1 měsíc až 3,7 t . km⁻²). Jen menší význam mají půdy s hnojivý (s výjimkou Cr, který je asi 2x vyšší než vstupy z atmosféry). Kovy se koncentrují jednak v nejsvrchnějším půdním horizontu, jednak v horizontu podzolů.

Zdroje znečištění prvky jsou velmi rozdílné.

Znečištění vápníkem způsobují převážně úlety z cementáren, síra a arzén pochází z úletů z uhelných elektráren, kadmium může pocházet z důlních odpadů ve vodotečích (v Japonsku způsobuje nemoc itai-itai), u nás jsou nejdůležitějším zdrojem odpady z akumulátoroven a galvanoven (např. Praha-Gbely, Motorlet u Jinonic), stejně jako v USA a Kanadě (ústí řeky Hudsonu). V Japonsku se na znečištění kadmiem podílí továrny na elektronická zařízení (Hitachi u Tokia).

Ale ani fosfátová hnojiva nejsou zanedbatelným zdrojem. V uplynulých desetiletích se obsah kadmia v ledvinách obyvatel jižní Moravy zvýšil 10x, zřejmě potravinovým řetězcem v důsledku hnojení zahraničními fosfátovými hnojivý. Zdrojem olova je převážně automobilová doprava (olovnatý benzín), o tom svědčí anomální koncentrace kolem dálnic a frekventovaných silnic, ale i sklárny (např. v 19. století a

dřívějších letech odpady ze sklárny v Chlumu u Třeboně znečistily písky třeboňské pánve natolik, že v okolí sklárny dosahují dodnes obsahy olova až 3 000 ppm). Obsah olova v ovzduší se od počátku devadesátých let 20. století u nás snižuje, snad v souvislosti s rozvojem využívání bezolovnatého benzínu v zemích Evropské unie.

Člověk ve městě produkuje asi 1 kg odpadků denně, v nichž je 65 000 ppm olova a 1500 ppm kadmia. Klark kadmia je 15 ppm, obsah v půdách ČR 40 ppm, světový průměr je 10 ppm, v Praze je průměr 496 ppm a místy v Praze (Gbely) je světový průměr převyšěn až 500x. Pražské půdy, zejména v Holešovicích a na jižním okraji Tróje, obsahují i vyšší obsahy dalších prvků, převyšujících přípustné koncentrace: Zn (1,5 kg na tunu zeminy), Cu (2,5 kg), Pb, Cr a V (obr. 46 - 53). V souvislosti s jinou skladbou průmyslu jsou anomální koncentrace v Bratislavě odlišné: jde hlavně o Ag, Zn a Hg (1 020 ppm), B 1 060 ppm a Pb 1 718 ppm, pocházející hlavně ze spaloven a sklárny.

Obsah těžkých kovů v jemných říčních sedimentech, který je hlavním ukazatelem znečištění vod stopovými prvky je způsoben asi z poloviny současnou průmyslovou činností a z druhé poloviny výtoky důlních vod a splachy z hald.

Překvapivé je především značné znečištění stříbrem, které často převyšuje přirozenou koncentraci až 10x. Nejvyšší obsahy (20 - 40 mg/kg) byly v 80. letech 20. století zjištěny pod Hradcem Králové v Labi, což naznačuje, že příčinou je především použití sloučenin stříbra při zpracování filmů a fotografií (bývalý podnik FOMA). Podobně vysoké je i znečištění kadmii, pocházejícím jednak ze starých důlních děl dolní tok Litavky, vodoteče v Krušných horách, jednak odpady z pokovovacích lázní (Lužická Nisa, Vinořský potok v roce 1986 až 0,2 % Cd). Znečištění řek rtuť je způsobeno odpady z průmyslových závodů (Labe pod Pardubicemi, Bílina, Ohře) a silná znečištění olovem a arzénem jsou následky starých hornických aktivit (Ohře), zpracování olovnatého skla (Sázava) a chrom, jako odpad kožedělného průmyslu (Oslava, Úpa a Labe pod Jaroměří). Nejvyšší obsahy uranu byly zjištěny v Ostrovské Bystřici a Ohři, v Blanicích u Vlašimi, cínu v Kyjovce u Svatobořic-Mistřína u Kyjova a v Metuji, mědi ve Svatavě, Lužické Nise a Osoblaze, zinku v Odře pod Ostravou a zlata v Jihlavce, Otavě, Lužické Nise a Vltavě pod Prahou. Plošné znečištění po roce 1980 pozvolna klesá.

Významné je zjištění, že velikost anomálií přírodního původu se ani po patnácti letech nemění, zatímco rozsah znečištění kovy antropogenního původu a velikost anomálií doznává význačných změn. Bylo to prokázáno na Českomoravské vrchovině, kde byly zopakovány analýzy 12 kovů prováděné v rámci šlichové prospekce po 15 letech.

Např. koncentrace chrómu v řečištních sedimentech říčky Brtnice za 15 let stoupla na dvojnásobek v důsledku kontaminace ze skládky kožedělné výroby.

Litosféru znečišťují také látky používané k extrakci kovů z rudniny v úpravárnách. Dostávají se do prostředí vyluhováním z nesprávně umístěných skládek úpravárenského odpadu nebo při haváriích.

Katastrofální dosah měla havárie na dole Omai v jihoamerické Guayaně (1995), kde kyanid, používaný k těžbě zlata v objemu 3 mil. m³ unikl do vodoteče a došlo tak k zamoření rozsáhlého území.

Kontaminace ropnými produkty

K malým kontaminacím půd a horninového prostředí dochází prakticky stále při zemědělském

obdělávání v důsledku využívání mechanizace. Větší znečištění hrozí u skladů benzínu, letišť, ropovodů i při dopravních nehodách cisteren. Na rozsah znečištění lze soudit z geofyzikálních údajů (např. atmogeochemie) a změny rostlinných společenstev. Snižuje se diverzita zasažených porostů a druhy citlivé vůči znečišťující látce ustupují.

Ze změn lze dokonce usuzovat na druhy znečištění:

- plyn: i velmi slabé účinky se projeví změnou odstínu listové zeleně, sterilitou a nanizmem, spojenými s kyslíkovým deficitem v půdním vzduchu,
- ropné látky: mizí petroleofóbní druhy (bříza bílá, ostružiník, ježiník, psineček výběžkatý), usychá jehličí na borovicích.

Kontaminace organickými sloučeninami

Pesticidy jsou většinou aplikovány postřikem, přesto se i po několika letech mohou dostat do podzemních vod. Velmi nebezpečné jsou úniky koncentrovaných pesticidů na manipulačních plochách, ve velkoskladech, při přepravě, mytí techniky apod. Z vody se prakticky nedají odstranit, proto je třeba asanace již v půdách. Může probíhat dvojnásobem. Buď se provede skrývka, znečištěná zemina se odveze a vypálí, anebo se provede rozklad na místě. Pozůstává z promísení s rozkladnými látkami (humus, hnůj, rašelina), provzdušnění a závlah, zvýšení alkality půdy vápnem a nutriety (dusíkatá hnojiva).

K havárii došlo např. ve svratecké klenbě v roce 1984, kde na ploše 100 ha byla znečištěním 0,35 mg/l fenoxycarbonovými kyselinami vysoce překročena schopnost půdního komplexu sorbovat herbicidní přípravky.

Ostatní znečišťující látky

Horninové prostředí ohrožují hlavně polycyklické aromatické uhlovodíky PCD, PAH a PCB (polychlorové bifenyly), jejichž limit byl překročen už i v jeskynních sedimentech Moravského krasu.

Polycyklické aromatické uhlovodíky vznikají při přeměně organické hmoty na grafit nebo pyrolytickými reakcemi. Do přírodního prostředí se dostávají v důsledku antropogenního spalování uhlí (91,7 %), lesními požáry (8,2 %) nebo v důsledku vulkanické činnosti a přeměny organické hmoty (asi 0,1 %). Ve městech způsobuje zvýšení jejich obsahu provoz spalovacích motorů a topení oleji. *V roce 1991 - 1992 byl v Brně naměřen Českou geologickou službou až čtyřnásobek limitu, ve Zlíně úroveň limitu a v Praze na frekventovaných křižovatkách 7 - 10ti násobek limitu. Poměr mezi přirozenou a antropogenní produkcí PAH je 1 : 13 (obr. 44).*

K chemickému znečištění je třeba řadit i solení půd, které znemožňuje jejich hospodářské využití. Sporadický výskyt solných půd na jižní Moravě je přírodního původu, ale jinde ve světě se zasolením ztrácí až 125 000 ha orné půdy ročně. K zasolování dochází zavlažováním mořskou vodou, zimním solením komunikací, nevhodným způsobem zavlažování s vysokým odparem a vypouštěním agresivních vod. Za příhodných podmínek se mohou běžné vody změnit na agresivní.

K přímé kontaminaci litosféry přispívá i podzemní skladování. Jde zejména o problémy spojené s ukládáním radioaktivního odpadu do vrtů a štol.

Běžně se používají vytěžená ložiska zemního plynu a ropy k ukládání různého druhu odpadů, které

mohou být přes veškerá opatření příčinou rozsáhlého znečištění hornin i podzemních vod.

Příkladem může být ukládání oxidu uhličitého do litosféry natlačením do vrtů. V některých zemích byl tento postup státními orgány schválen (USA, V. Británie aj.) přesto, že pokus v USA v roce 2004 (Frio Brine Pilot Experiment), při němž bylo v hloubce více než 1500 m uloženo 1600 tun CO₂, nepřinesl zcela jednoznačné výsledky. Uskladněný plyn sice zůstal na místě v okolních pískovcích, ale velmi silně ovlivnil okolí. Snížil pH slané vody na 3,0 a vzniklý roztok vyluhoval z hornin značné množství zejména uhličitaniů, železa a manganu. Vzniká tak reálné nebezpečí, že plyn a vznikající roztoky by mohly znehodnotit podzemní vody i horninové prostředí. O zavedení této technologie se nyní uvažuje i u nás (ČEZ, MND).

Změny ve složení vod

Mořská voda je ohrožena hlavně znečištěním ropnými látkami. Těžké kovy (Fe, Mn, Zn, Pb, Hg) se zčásti sráží a koncentrují v tzv. manganových konkrecích, zčásti jsou sorbovány organismy, takže z Japonska jsou známy otravy masem ryb, které absorbovalo rtuť. Např. mořský plankton sorbuje uran, bakterie *Pseudomonas fluorescens* a *Citrobacter* akumulují olovo, řasy (*Chlorella vulgaris* a *Scenedesmus acutus*) až 70 % ve vodě přítomného kadmia, manganu, zinku a kobaltu.

Z poškozených tankerů (při havárii tankeru Torrey Canyon u portugalského pobřeží v roce 1967 uniklo do moře 120 000 tun ropy) a při těžbě ropy z mořského dna se dostává do moře asi 10 milionů tun ropy ročně, takže asi 1/3 povrchu moře je již pokryta tenkou vrstvou ropných látek. Tím se snižuje vypařování o 60 %, dochází k ohřevu hladiny a snížení obsahu vodních par v atmosféře. Jeden litr ropy snižuje obsah kyslíku ve 40 000 litrech vody. Obsah kyslíku v mořské vodě od roku 1960 klesl o 15 % a výrazně se rozšířily oblasti kyslíkem ochuzené. Nejvíce jsou znečištěny pobřeží Evropy, v Irském moři, Severním moři a v pobřežních oblastech USA, Číny, Japonska a Indie. Ropa se z moře těží asi na 1 800 ložiscích 3 000 vrtných souprav a havárie jsou proto časté.

Katastrofální následky pro mořskou biosféru měla v roce 1977 exploze plošiny Bravo v Severním moři. Při explozi, zaviněné nedbalostí, se každou hodinu z vrtu vylilo do výšky asi 60 m 170 tun ropy a zemního plynu a za několik dní pokrývala moře olejovitá skvrna o rozloze 500 km², kterou mořské proudy unášely ke kontinentu, takže ohrozila pobřeží Dánska a Norska.

Většina zdrojů znečištění moří je na pevnině, ale 1,6 mil. tun ročně se do moře dostává z lodí, především z výplachových nádrží. Do moří je též ukládán radioaktivní odpad. To bylo sice mezinárodními dohodami z roku 1983 (pro Atlantský oceán) a roku 1986 (pro Tichý oceán) zakázáno, ale nepochybně tajně pokračuje.

Mořská voda je ohrožována také stavební činností na pobřeží a zemědělstvím. Antropogenní znečištění mořské vody dosahuje dnes rozměrů, že způsobuje vymírání některých mořských organismů (korálů, bakterií, různých druhů ryb aj.), takže se může název populární knihy parafrázovat jako „špinavá, nikoliv modrá planeta“.

Povrchové a podzemní vody jsou znečišťovány především kyselými dešti a průmyslovými emisemi, odpadními vodami vypouštěnými do povrchových vod, úniky, hlavně ropných produktů a aplikací chemických látek v zemědělství. Znečištění povrchových vod z ovzduší dokládají i výzkumy grónských ledovců a švédských jezer, v nichž bylo prokázáno zvýšení obsahu olova v období před 2600 lety. Ovšem stejný objem olova, jaký se v nich akumuloval cca do roku 1800, se nashromáždil i za dvě poslední století. Povrchové vody obsahují složky léčiv (buď v původní formě nebo jako tzv. metabolity, pozmeněné v tělech

lidí či zvířat). Obsahy jsou sice nízké (nanogramy až jednotky mikrogramů v litru), ale při dlouhodobém působení mohou působit nepříznivě na organizmy. Do vod se tyto látky dostávají z farmaceutických továren, z nemocnic, z domácností a také z ilegální výroby narkotik.

Ke znečištění vod přispívají neřízené (divoké) skládky odpadů. V důsledku biochemických procesů v nich dochází k výraznému okyselení pronikajících srážek, které rozpouští materiál skládek za vysoké spotřeby kyslíku. Výluh má až 60 000 mg rozpuštěných organických a anorganických látek a tendenci pronikat k hladině spodní vody.

V České republice byla havarijní situace znečištění horninového prostředí způsobena pobýtem sovětských vojsk v letech 1968 - 1991. Poprvé se to projevilo ohrožením zdrojů podzemních vod pro vodovod v Káraném v roce 1973 znečištěním z prostoru Milovice. Pak následovaly četné další havárie: Janská, Proboštov, Mimoň - Hradčany, Olomouc, Bruntál a jiné (Švoma 1991). Ve všech případech je to masivní znečištění ropnými látkami, které tvoří až deseticentimetrové povlaky na hladině spodní vody. Jde především o letecký petrolej, motorovou naftu a benzín, méně jsou zastoupeny topné a mazací oleje a odmašťovadlo trichlóretylén. Rusové připustili i možnost znečištění dalšími látkami (dichlóretan, chlórpicrin, dichlóramin, chladicí kapaliny, raketové palivo). Tyto chlórové látky jsou těžší než voda a kontaminují vodní kolektor v celé mocnosti.

Na znečištění životního prostředí se podílí i uhynulá zvířata a taktéž polychlorbifenyly (příměs z hydraulických systémů bojových vozidel). Nejzákeřnější jsou četné mnohasložkové skládky, které obsahují nejrůznější materiály, včetně munice. Přenáší se v něm i choroboplodné bakterie (cholera, tyfus). U řízených skládek je proto třeba vytvořit izolační vrstvy jílu, sběrný drenážní systém na povrchu a pozorovací vrty (nejméně 3, dva po proudu, jeden proti). U hornických hald, zejména pokud obsahují sulfidy, je nutné snížit toxicitu přidáváním mletého vápence.

*Příkladem průmyslového znečištění vod je otrava ryb v Mušovské nádrži v roce 1984, která byla způsobena odpady z chemické továrny v Pernhofenu (výroba kyseliny citrónové), která vypouští odpad do řeky Pulkavy a tím se dostává do Dyje. Zdrojem dusíkatých látek jsou také jatečné odpady. K jejich pročištění je možné použít denitrifikační bakterie (např. *Paracoccus denitrificans*), nejčastěji ve formě biologických filtrů. Zdrojem uhlíku a energie je přitom metanol.*

Zvýšené používání dusíkatých hnojiv v 60. – 70. letech 20. století se projevuje se zpožděním ve znečištění podzemních vod, které v ČR ukazují dlouhodobý nárůst dusičnanů. Hlavní podíl zemědělské činnosti dokazuje i to, že v lesních oblastech je toto znečištění jen v jednotkách mg/l v orných desítky a nejvyšší ve vinařských oblastech. Charakteristická je vertikální stratifikace znečištění kolektoru s koncentrací dusičnanů ve svrchní části. Sanace je dlouhodobá a obtížná, a proto by měly být podporovány všechny tendence ke snižování spotřeby dusičnanů v zemědělství.

V důsledku solení komunikací došlo počátkem roku 1997 k znehodnocení vod v Olomouci a okolí, např. v Radíkově. Studniční voda zhořkla, stala se nepoživatelnou a vznikly škody na vodovodních instalacích, bojlerech apod. V lednu 1997 byly v této oblasti limity obsahu chloridů a dusičnanů v pitné vodě překročeny o více než 40 %.

Na dvacet území bylo již vyhlášeno za chráněné oblasti přirozené akumulace vod. Patří k nim Beskydy, Jeseníky, Jizerské hory, Krkonoše, Orlické hory, Šumava, Žďárské vrchy, Brdy, Jablunkovské medzihorie, Krušné hory, Novohradské hory, Vsetínské vrchy, Žamberská pahorkatina, chebská pánev, polická pánev, třeboňská pánev, česká křídová pánev, kvartér řeky Moravy.

Ochranou jsou mechanické prostředky (norné stěny, filtry), elektrochemické a desinfekční odstranění škodlivých látek a hlavně biologické prostředky. Např. lze dosáhnout odstranění sloučenin síry redukcí bakteriemi *Desulfovibrio desulfuricans*. Dále lze využít čistících účinků stromu *Strychnos potatorum*, který dokonce dokáže likvidovat i radioaktivní látky (roste v Indii, na Srí Lance a v Barmě). Při havárii ropných látek jsou ohroženy hlavně povrchové vody (říční toky) a horninové prostředí. Je třeba nejprve zabránit šíření hydraulickou clonou. Pak se čerpá znečištěná voda, kterou je možno čistit v sapexových sanačních stanicích a k dočištění použít biodegradace bakteriemi.

Tento postup byl úspěšný na lokalitě Motorlet u Mladé Boleslavi, kde v roce 1989 uniklo z prasklého potrubí 10000 m³ leteckého petroleje. Z původního obsahu ropných uhlovodíků 2,59 mg/l se jejich obsah po sanaci za rok snížil na 0,02 mg/l (Čížek et al. 1991).

K únikům ropných látek i v ČR dochází téměř denně.

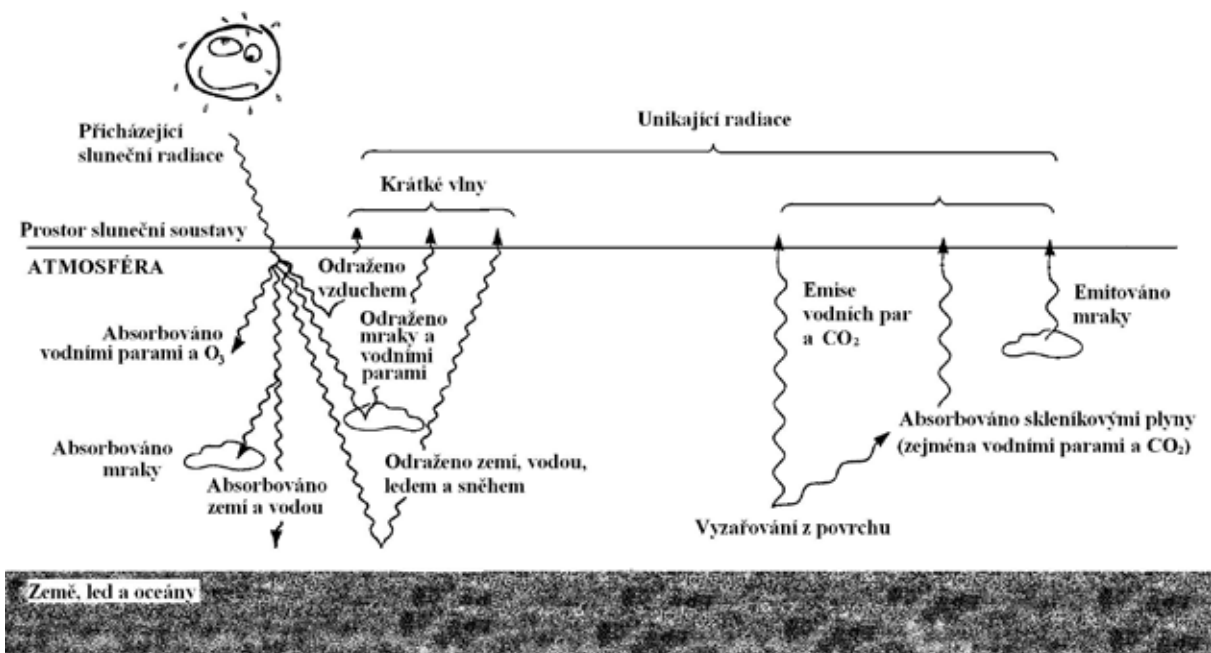
K nejvýznamnějším patří:

- 9. 11. 1986 - únik 20 tun mazutu do řeky Ostravice z cementáren;*
- 9. 12. 1987 - 32 tun topného oleje uniklo z nemocnice v Bohumíně do řeky Odry;*
- 22. 7. 1988 - 30 000 l nafty uniklo z Benziny v Jablonci n. Nisou do řeky Nisy;*
- 20. 1. 1995 - 40 tun benzínu se rozlilo v areálu Chemopetrolu Litvínov;*
- říjen 1996 - tisíce litrů nafty z potrubí v Kopistech zamořilo Mračný potok;*
- červenec 1997 - kolem 500 tun ropných látek vyteklo do Černého potoka ze zatopené ostravské firmy Ostramo-Vlček.*

Kontaminace vzdušnými emisemi

Půdy a svrchní část litosféry je významně ovlivňována i vzdušnými emisemi. Ty jsou zčásti přírodního původu (pouštní prach je v okolí Gobi, Sahary a dalších zanášen na značné vzdálenosti, saharský prach je běžně zanášen do střední Evropy, obr. 42). Popel z velkých výbuchů sopek zase ovlivňuje klimatické podmínky na celém světě. Emise, které vznikly při výbuchu Černobylu, krátkodobě ovlivnily značnou část Evropy. Ty už ovšem musíme řadit k antropogenním.

Antropogenní popílek (10 mikrometrů) a polétavý prach (2,5 mikrometru) ohrožují zejména obyvatele větších měst a jsou významnou součástí městského spadu. Emise z tepelných elektráren v severních Čechách a v Sasku jsou zanášeny větrem přes Německo až do Švédska.



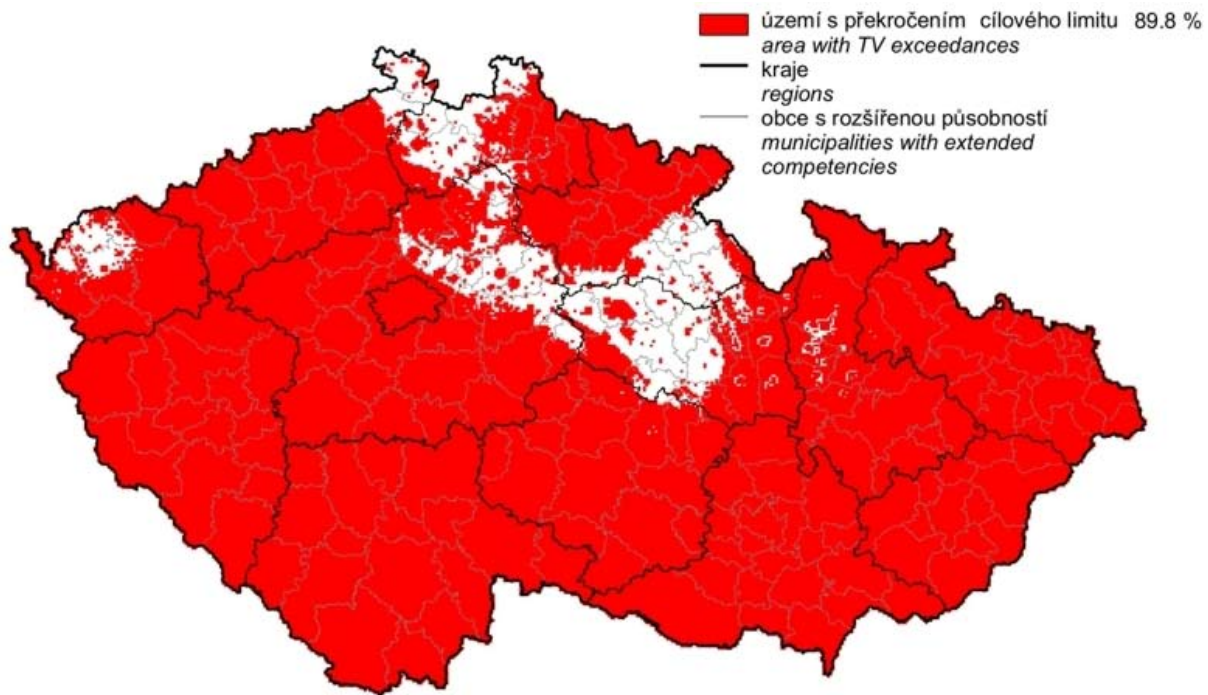
Obr. 37 Schéma vzniku skleníkového efektu a význam skleníkových plynů.

Upraveno podle Goudie et al., 2006.

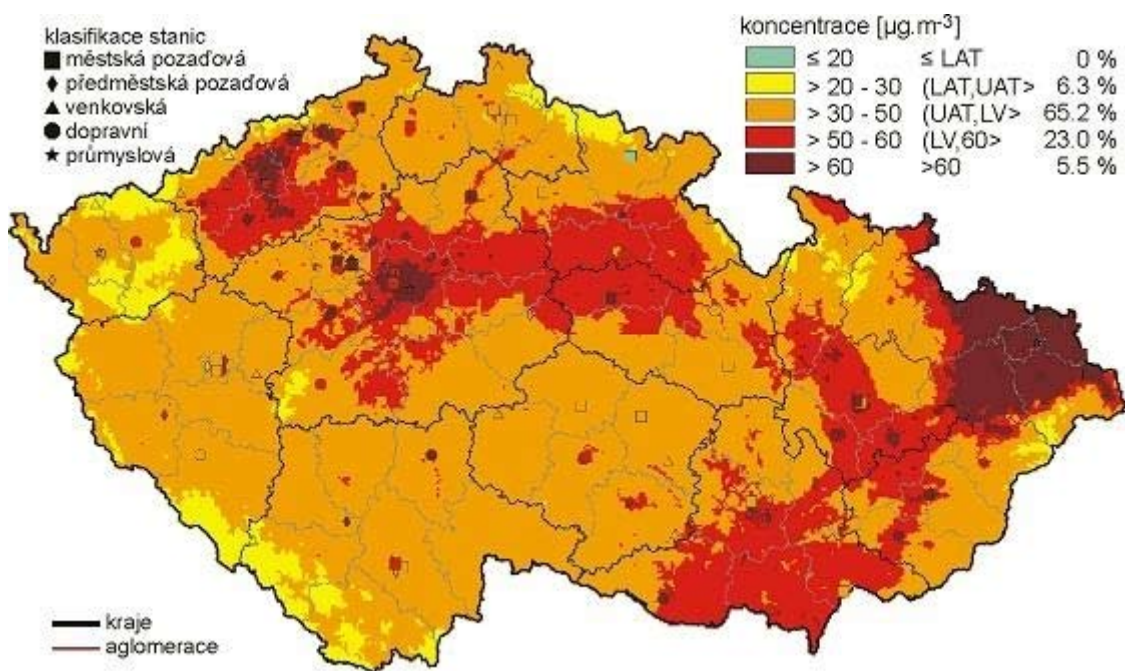
Znečišťování ovzduší v ČR

Látka	tun v r. 2002	tun v r. 2006
Tuhé emise	14 298	53 247
Oxid siřičitý	194 436	197 961
Oxidy dusíku	147 297	143 665
Oxid uhelnatý	151 263	113 692
Těkavé org. látky	8 047 (v roce 2003)	15 966
Těžké kovy	6	130
Amoniak	3 265	10 365
Polycykl. arom. uhlovodíkv	1	4

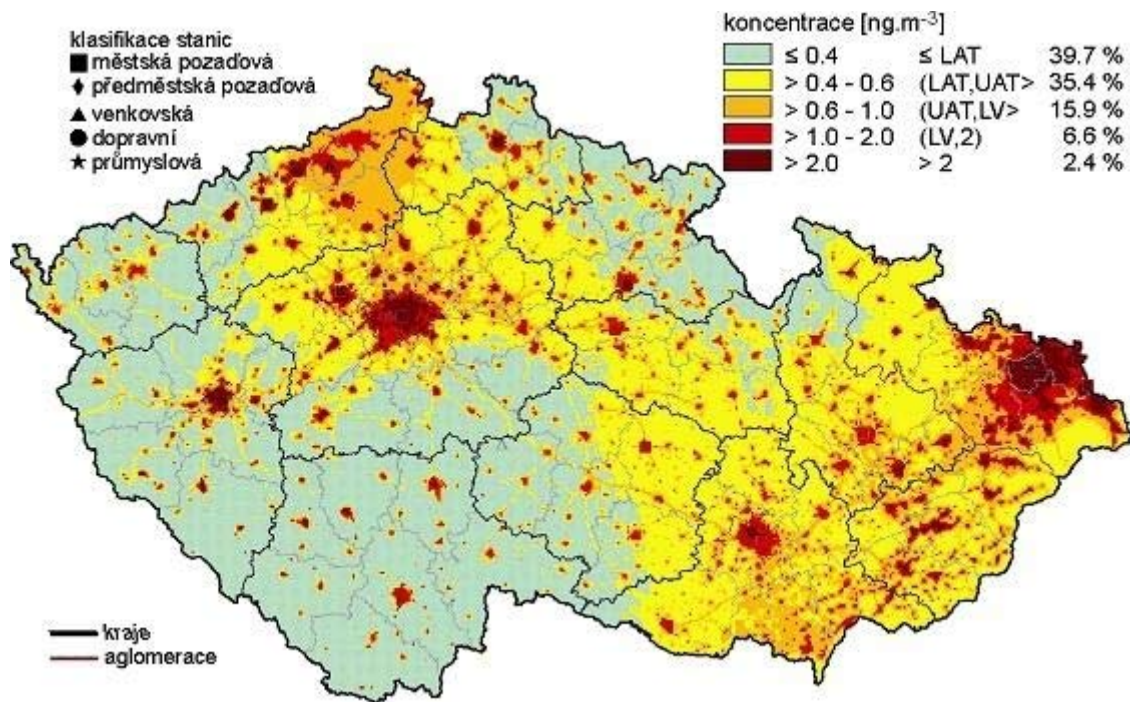
Obr. 38 Znečišťování ovzduší v ČR v r. 2002 a v r. 2006. Ročenka MŽP, 2007.



Obr. 39 Situace znečištění ovzduší na území ČR. Celkové znečištění s překročením cílového limitu 89,8 %. Ročenka MŽP, 2007.

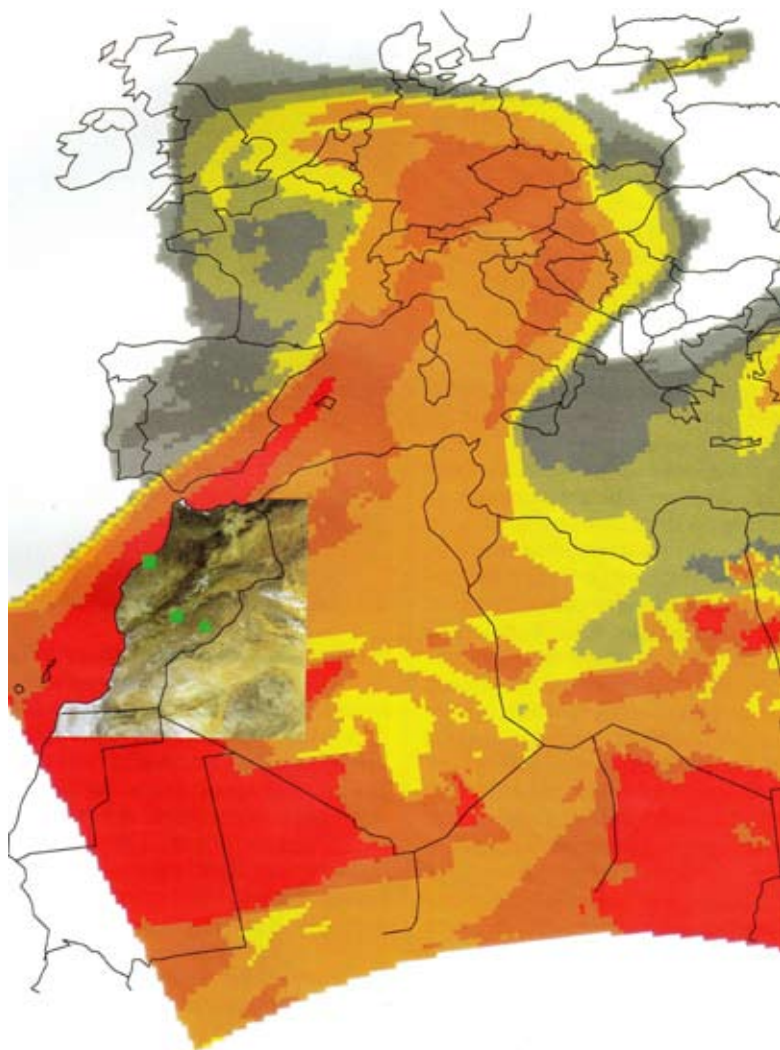


Obr. 40 Situace znečištění ovzduší na území ČR. Koncentrace prašného aerosolu. Ročenka MŽP, 2007.

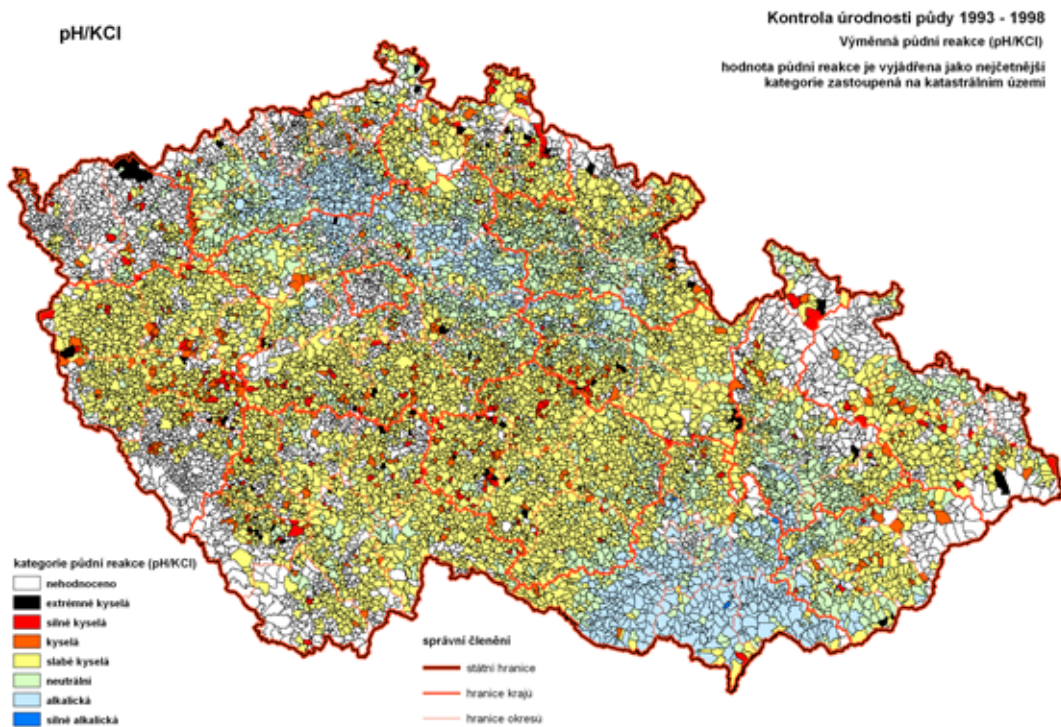


Obr. 41 Území s překročením cílového limitu přízemního ozónu.

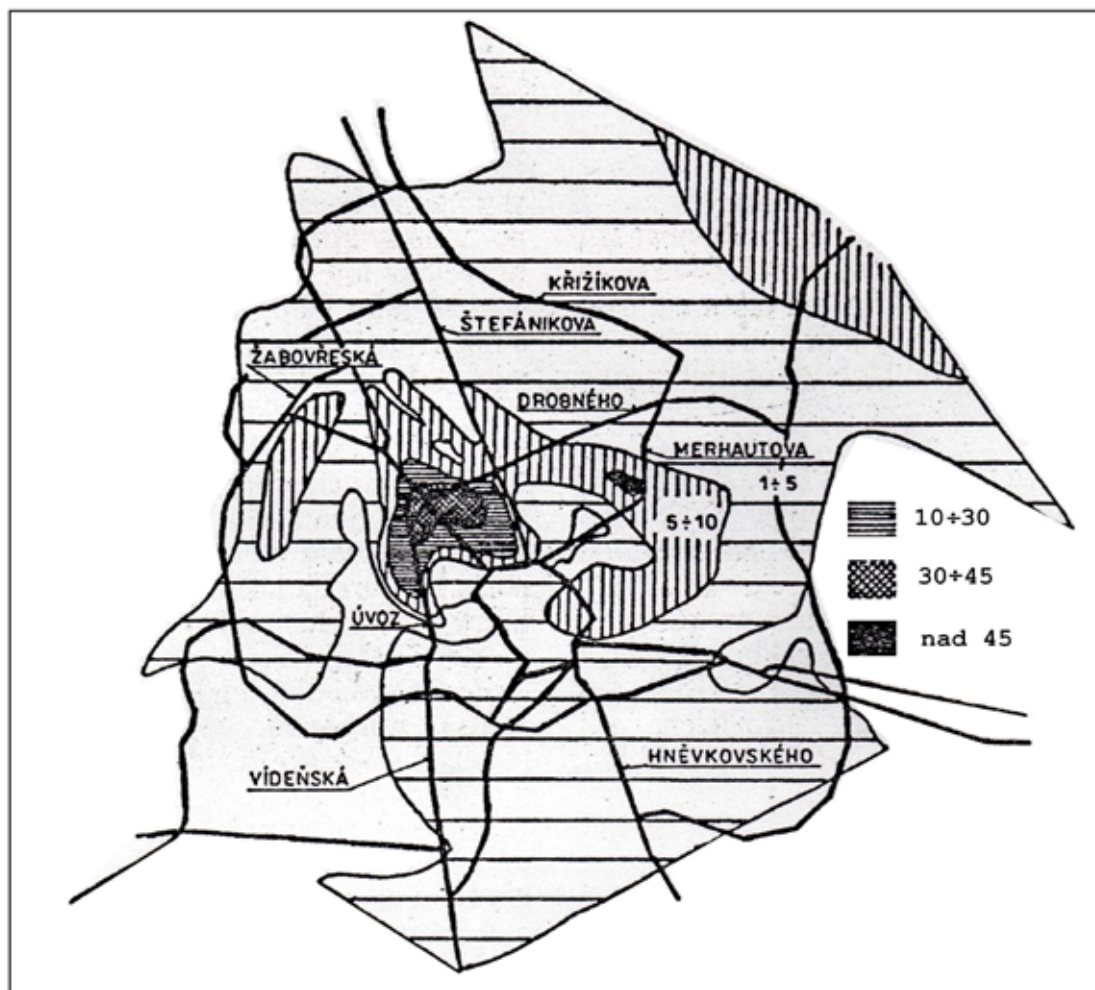
Ročenka MŽP, 2007



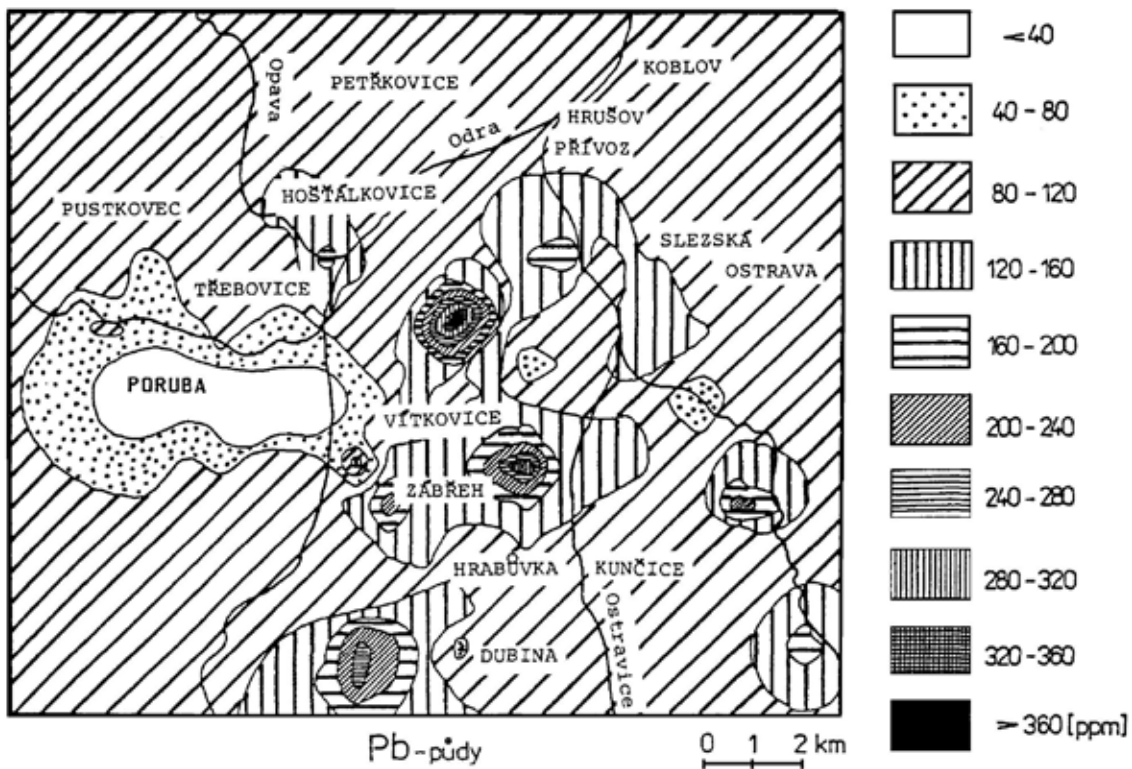
Obr. 42 Eolický transport saharského písku do Evropy. Heitzenberg, 2007.



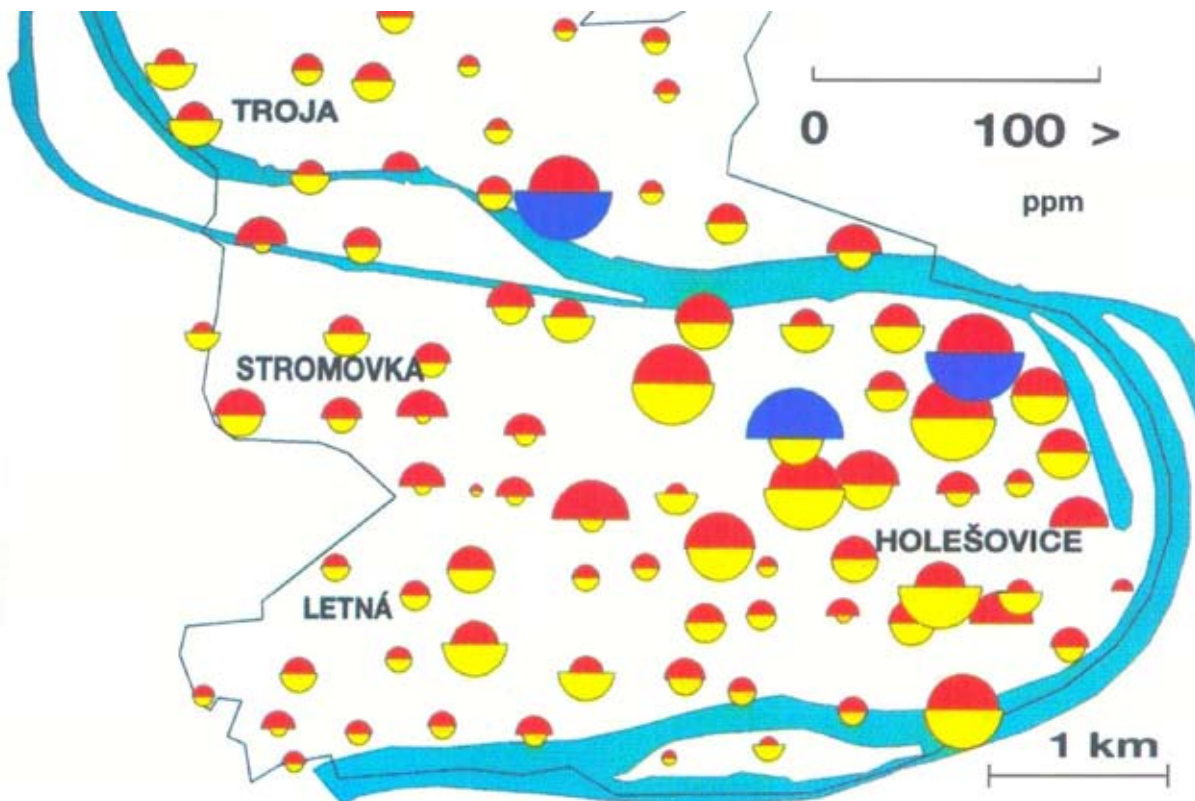
Obr. 43 Kyselost půd ČR podle půdní reakce pH / KCl. Česká zemědělská inspekce, 1993 – 1998.



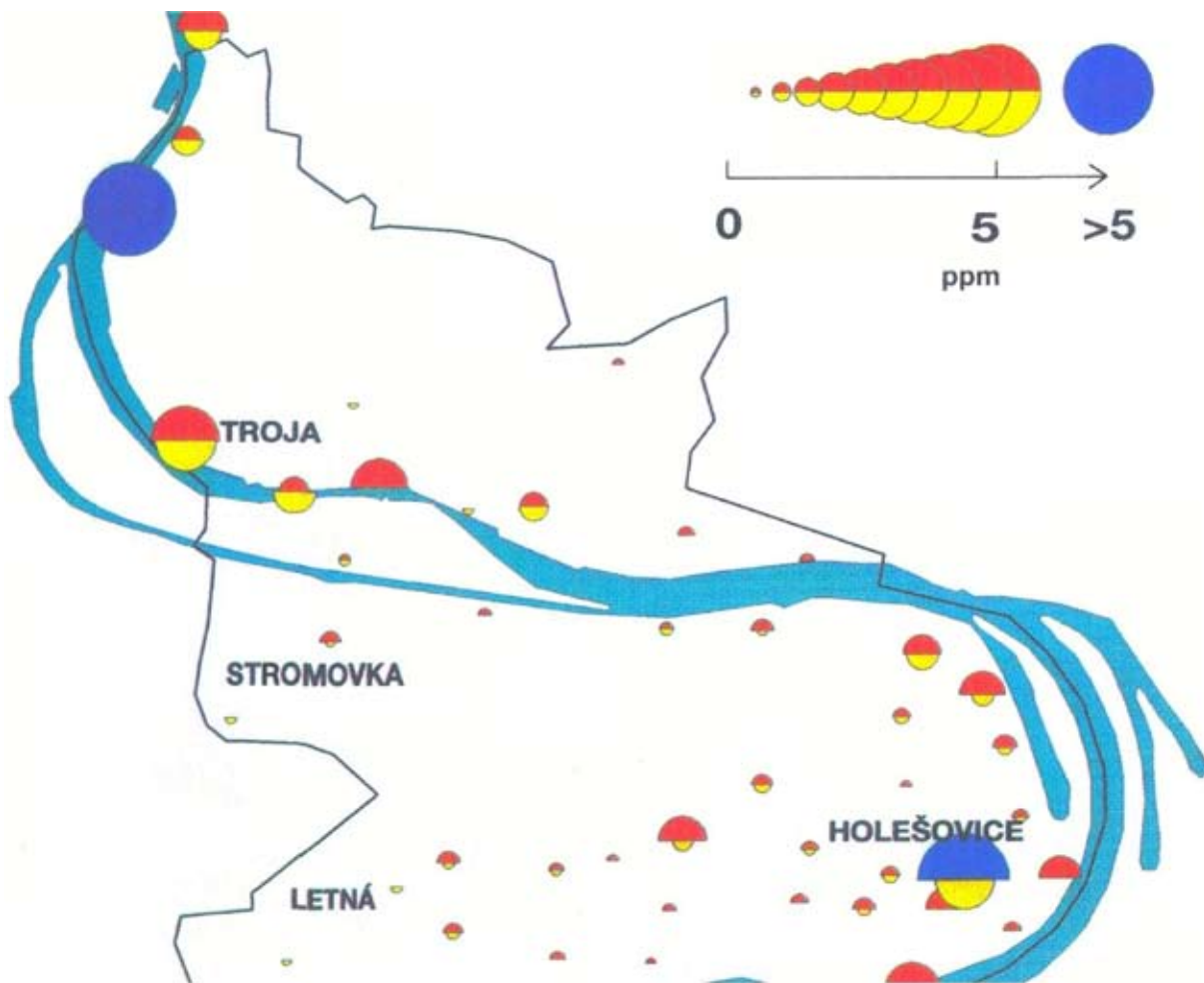
Obr. 44 Obsahy PAH v půdách Brna. Hodnoty v ppm. PřF MU.



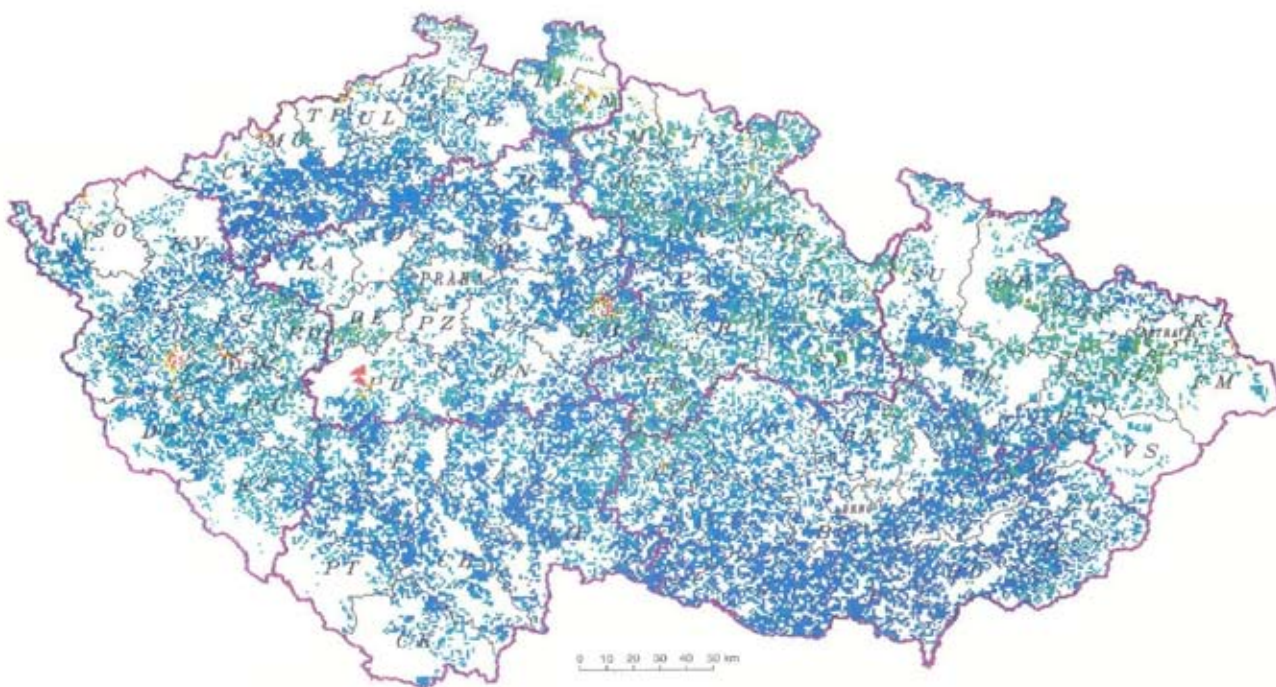
Obr. 45 Obsahy olova v půdách Ostravy v ppm s výraznou koncentrací v okolí průmyslových závodů. Matýsek, 1996.



Obr. 46 Obsahy olova v půdách Prahy v ppm. Česká geologická služba, 1995.

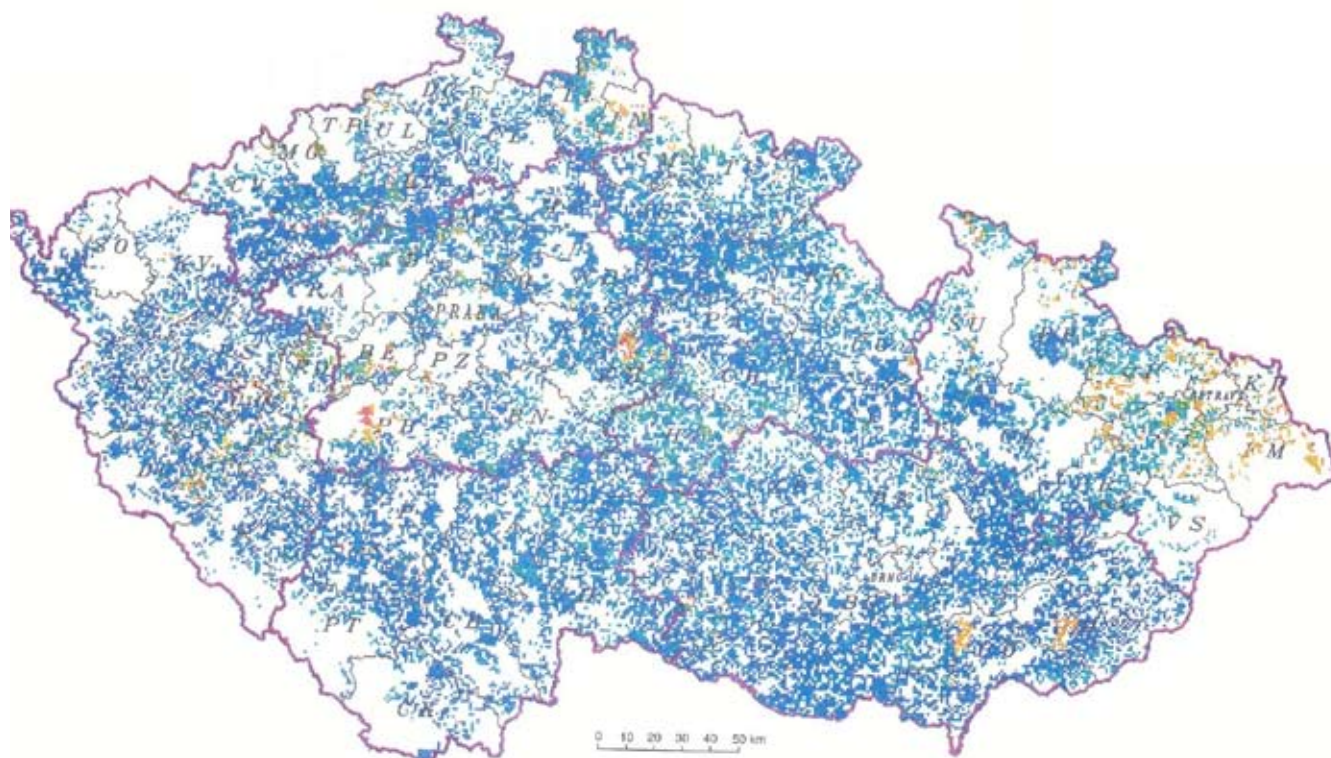


Obr. 47 Obsahy kadmia v půdách Prahy. 0 – 5 ppm, více nežli 5 ppm. Česká geologická služba, 1995.



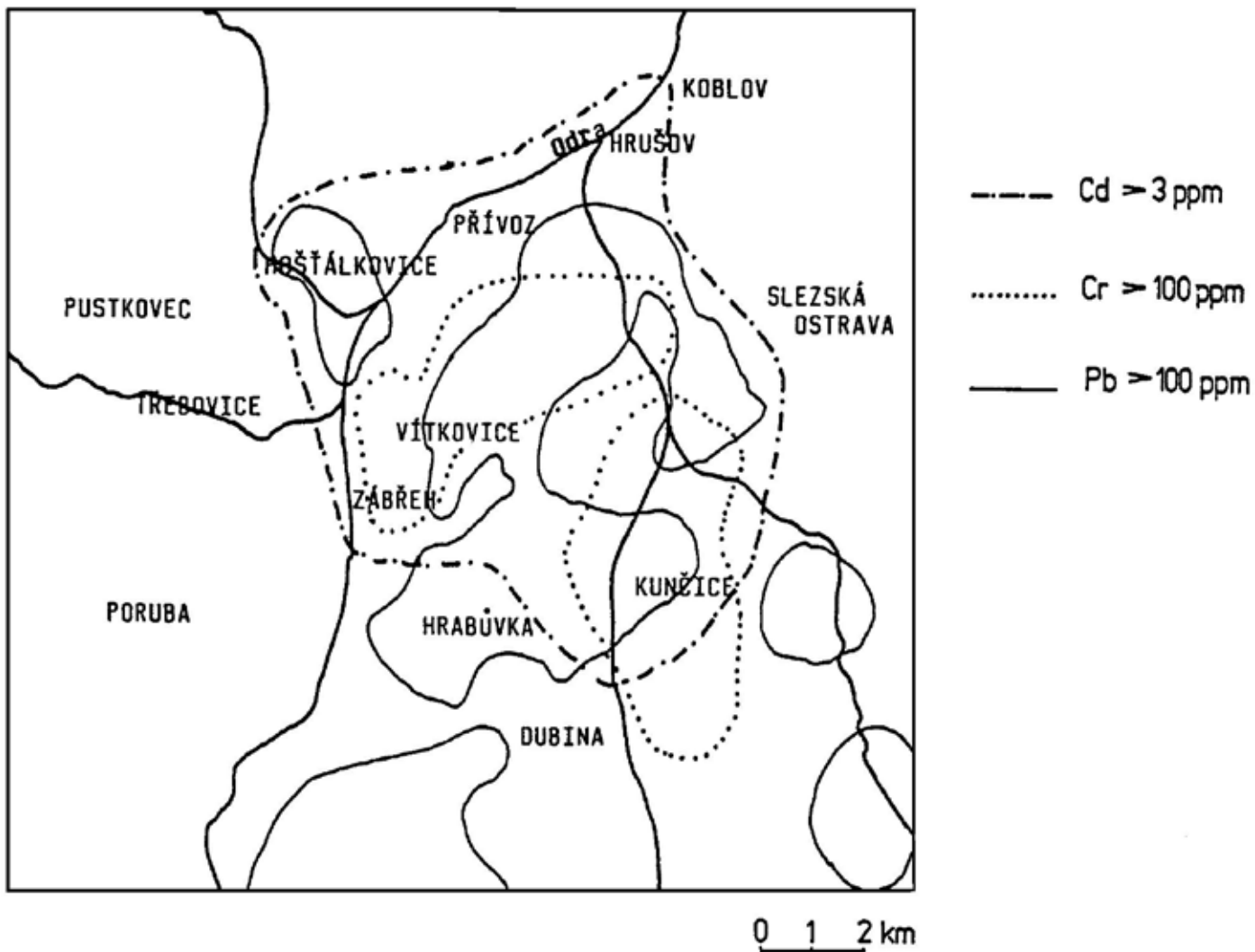
Mapa obsahů kadmia v zemědělských půdách České republiky. Obsahy Cd jsou vyjádřeny v miligramech na kilogramu půdy. Stanoviny jsou vzhledem v 2M HNO₃ podle metody Sítňáho kontrolořního a zkušebního ústavu zemědělského v Brně. Vydáno Ministerstvo životního prostředí v roce 1994. Modré body – obsahy Cd pod 0,20 mg · kg⁻¹; zelené body – obsahy Cd mezi 0,20 a 0,40 mg · kg⁻¹; oranžové body – obsahy Cd mezi 0,40 a 1,00 mg · kg⁻¹; červené body – obsahy Cd nad 1,00 mg · kg⁻¹.

Obr. 48 Obsahy v zemědělských půdách ČR. Ročenka MŽP, 2007, podle SKZÚZ.

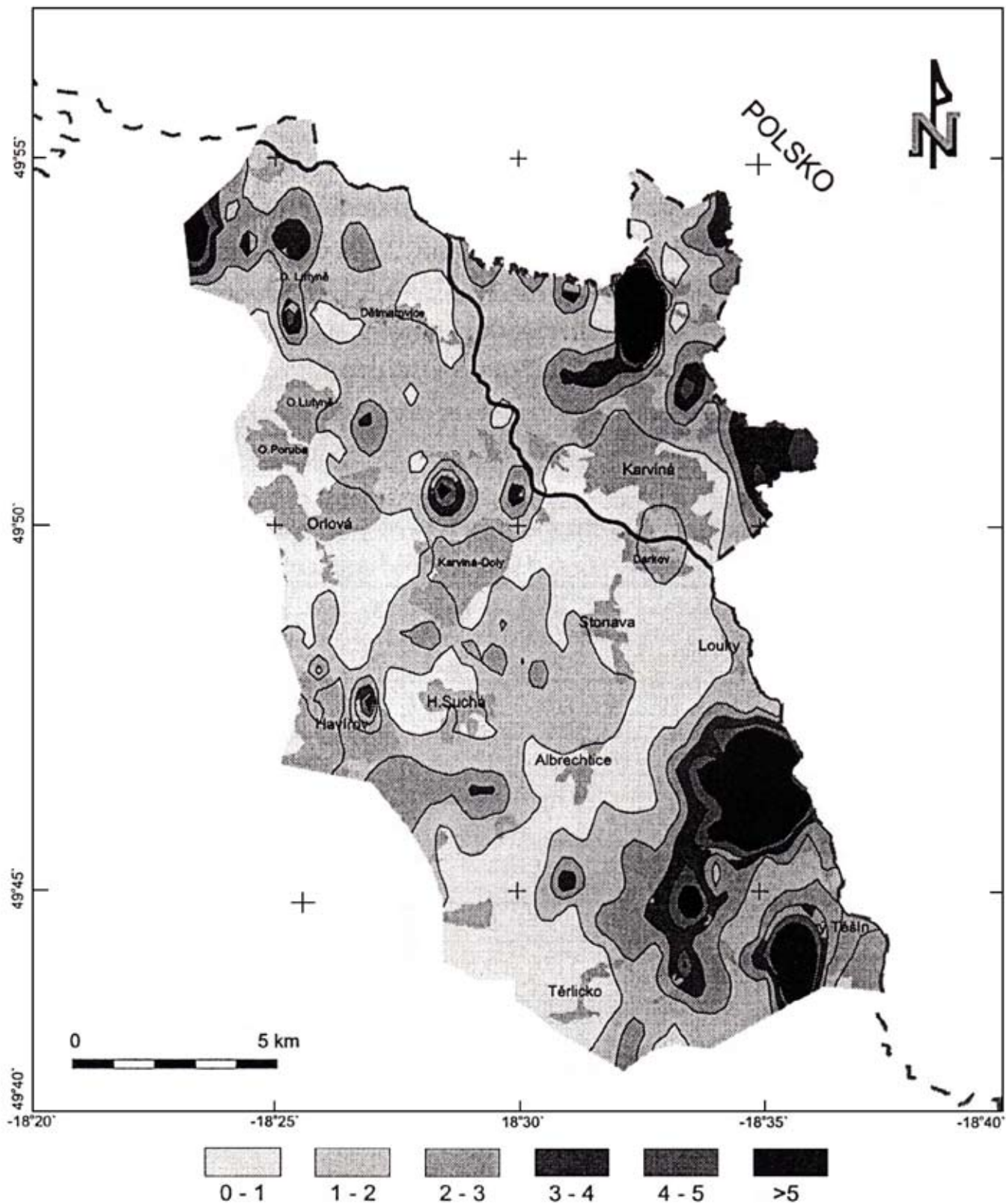


Mapa obsahu olova v zemědělských půdách České republiky. Obsahy Pb, vyjádřené v miligramech na kilogram půdy, jsou stanoveny vyláhem v 2M HNO₃ podle metody Státního kontrolního a zkušebního ústavu zemědělského v Brně. Vydala Ministerstvo životního prostředí v roce 1994. Modré body – obsahy Pb pod 15,0 mg · kg⁻¹, zelené body – obsahy Pb mezi 15,0 a 40,0 mg · kg⁻¹, oranžové body – obsahy Pb mezi 40,0 a 70,0 mg · kg⁻¹, červené body – obsahy Pb nad 70,0 mg · kg⁻¹.

Obr. 49 Obsahy olova v zemědělských půdách ČR. Ročenka MŽP, 2007, podle SKZÚZ.



Obr. 50 Obsahy kadmia, chromu a olova v půdách Ostravy, převyšující meze normy. Matýšek, 1996.



Obr. 51 Průmyslové znečištění půd kovy podle indikace magnetické susceptibilitě. Hodnoty poměru obsahu kovu k jeho nejvyšší přípustné koncentraci. Matýsek, 1996.



Obr. 52 Hodnoty radiace na haldách po těžbě uranu u Dolní Rožínky. Izonormály r / h.
Manová, 1967.

2. 8 Antropogenní změny v koloběhu prvků, výměna látek mezi geosférami, geochemické cykly (zásahy člověka do geochemického režimu Země)

Cykličnost je základní vlastnost reálných systémů s protékající energií. Je nepochybné, že Země tomu odpovídá (přední světový filozof indického původu Osho: „*Země je rytmická harmonie*“). Cykličnost se projevuje ve vývoji Země v chování jejích částí všech měřítek, od Země jako celku, kontinentů, přes horniny, biologický vývoj až po jednotlivé prvky. Základem všech druhů cyklů jsou planetární vlivy, zejména vliv sluneční energie, vlastností oběžných drah planet a gravitační vlivy těles sluneční soustavy. Výhradně tyto vlivy se uplatňovaly v azoiku a jsou základem primárně abiotických cyklů, k nimž patří tektonické (orogenní) cykly, horninový cyklus a cyklus vody. S nástupem organismů v proterozoiku se začaly uplatňovat biotické cykly prvků, zejména uhlíku, kyslíku a síry, vápníku a cykly prvků, které jsou zčásti abiotické a zčásti biotické, jako je fosfor, křemík a některé kovy (např. kadmium hraje důležitou roli v cyklech ovlivňovaných mořskými mikroorganismy). S nástupem člověka (antropozoikum) vstupuje do těchto cyklů další činitel, který se stále více uplatňuje ve všech a vytváří i cykly další, vysloveně antropogenní, např. cykly těžkých kovů, pesticidů a dalších umělých chemických látek.

Horninový (Huttonův) cyklus (obr. 53) je primárně abiotický cyklus, v němž základní vývoj probíhal a probíhá ve svrchním plášti a zemské kůře. Je ovšem zřejmě stále více ovlivňován působením organismů, včetně člověka. Jeho počátkem jsou procesy, které probíhají v hraniční vrstvě mezi jádrem a pláštěm v hloubce 2900 – 3000 m.

Za přispění látek a energie migrujících ze spodního pláště a od doby začátku subdukčních procesů i těžkých a radioaktivních látek, přinášejících do této zóny subdukující kůrou, vznikají roztavené hmoty, které pak v různých hloubkách svrchního pláště produkují primární magmata. Ta po proniknutí do zemské kůry utuhnou jako hlubinné a žilné vyvřeliny (intruziva) a pokud se dostanou až na povrch, vznikají výlevné vyvřeliny (efuziva). Vyvřeliny v zóně průniků geosfér, tj. exogenních procesů, zvětrávají za vzniku reziduálních hornin, které jsou někdy označovány jako *regolity*. Látky uvolněné při zvětrávání jsou transportovány (vodou, ledem, větrem, člověkem) a usazují se za vzniku usazených hornin (sedimentů). Na těchto procesech se tedy podílí atmosféra, hydrosféra i biosféra. Usazené horniny se v důsledku nadložních tlaků a dalších vlivů zpevňují za vzniku diagenetických čili zpevněných hornin a mohou být přeměněny zejména kontaktními účinky magmatu, tlaky při tektonických procesech nebo vlivem biosféry. Tlakem nadloží nebo tektonicky se ponořují do hloubky do zóny endogeneze. Vznikají endogenní metamorfity. Ty se buď vrací při tektonických pochodech do zóny exogeneze a znovu se začleňují do exogenních procesů nebo jsou při subdukci ponořovány a vytváří roztavené hmoty. To, že prošly horninovým cyklem, indikuje jejich chemické složení a změny izotopového složení prvků (obohacení o lehké vzácné kovy /LIL/).

Horninový cyklus je tak zároveň geochemickým cyklem křemíku, hliníku, lehkých vzácných prvků a také vody.

Cykly vody

Voda je součástí dvou velmi významných cyklů.

Jako velký cyklus se označuje cyklická migrace vody mezi pláštěm, kůrou, hydrosférou a atmosférou, které jsou součástí horninového cyklu. Voda se dostala na povrch z kůry a pláště, resp v důsledku meteoritických impaktů, v azoiku a její přínos se díky tektonickým a petrogenetickým procesům (vulkanizmu) neustále obnovuje. Odhaduje se, že v současnosti je v plášti a kůře vázáno asi 10^{22} litrů vody, která se tam zčásti vrací z povrchu v oceánské kůře v důsledku subdukce a aktivizuje v plášti tavící pochody a opět se vrací k povrchu, takže dnes jsou zastoupeny patrně stejné molekuly vody jako na počátku subdukčních procesů před více nežli 3 miliardami let.

Tzv. malý cyklus vody má existenční význam pro lidstvo. Trvá pouhých 10 dnů (výměna $14\,000\text{ km}^3$ vody v atmosféře) a zjednodušeně může být vyjádřen schématem:
déšť → odtok vodními toky → moře → vypařování → mraky → déšť

Každé použití vody je zásah do tohoto cyklu a má významný vliv na vodu samu, na klima i na život.

Povrchové vody jsou člověkem ovlivněny znečištěním, změnou teploty (vypouštění teplých odpadních vod) a změnami v rychlosti odtoku (kácení lesů, meliorace, zavlažování, regulace říčních toků, stavba přehrad).

Cyklus uhlíku

je primárně biotický. Z atmosféry, kde je objem uhlíku asi $2,5 \cdot 10^{12}$ tun (tj. cca 400 ppm) je ročně organizmy odebráno přibližně 10^8 tun fotosyntézou. Obsah uhlíku v atmosféře neustále stoupá, k jeho hromadění (ve formě CO_2 , metanu a zčásti i etanu) významně přispívají sopečné výbuchy, které by mohly v extrémních případech mít i globální katastrofické důsledky (v zemském plášti je až stotisícinásobek uhlíku obsaženého v atmosféře). Všechny ostatní zdroje jsou antropogenní nebo antropogenně ovlivněné. Patří k nim lesní požáry a průmyslové emise, přibývající velká množství metanu produkují chovná stáda dobytka a rýžová pole. Metan a CO_2 unikají z průzkumných hlubokých vrtů i těžebních vrtů, metan je uvolňován z hydrátů metanu uložených v sedimentech na dně oceánů (z tohoto zdroje je ho uvolňováno tím víc, čím je oceán teplejší!).

Molekuly uhlíku zůstávají v atmosféře asi 3 roky a pak se prostřednictvím organismů dostává zpět do litosféry, kde je součástí fosilních paliv (rašelina, uhlí, ropa, zemní plyn) a karbonátových usazenin. Cyklus uhlíku je znázorněn na obr. 55, 56.

S cyklem uhlíku jsou velmi úzce propojeny i cykly dalších prvků. S fotosyntézou je s uhlíkovým cyklem propojen cyklus vodíku a cyklus kyslíku, který je ovšem z atmosféry ve stále větším množství odčerpáván spalováním, především průmyslovým spalováním fosilních paliv i biopaliv.

Poněkud složitější je propojení s cyklem dusíku (obr. 57), který nemůže být v elementární formě (N_2) využíván organizmy a jen se rozpouští v oceánské vodě. Do organismů a půd se dostává v oxidované formě (NO_3), přičemž oxidace je způsobována blesky, a hlavně ve formě redukované (NH_3). K redukci dochází působením bakterií a rostlin.

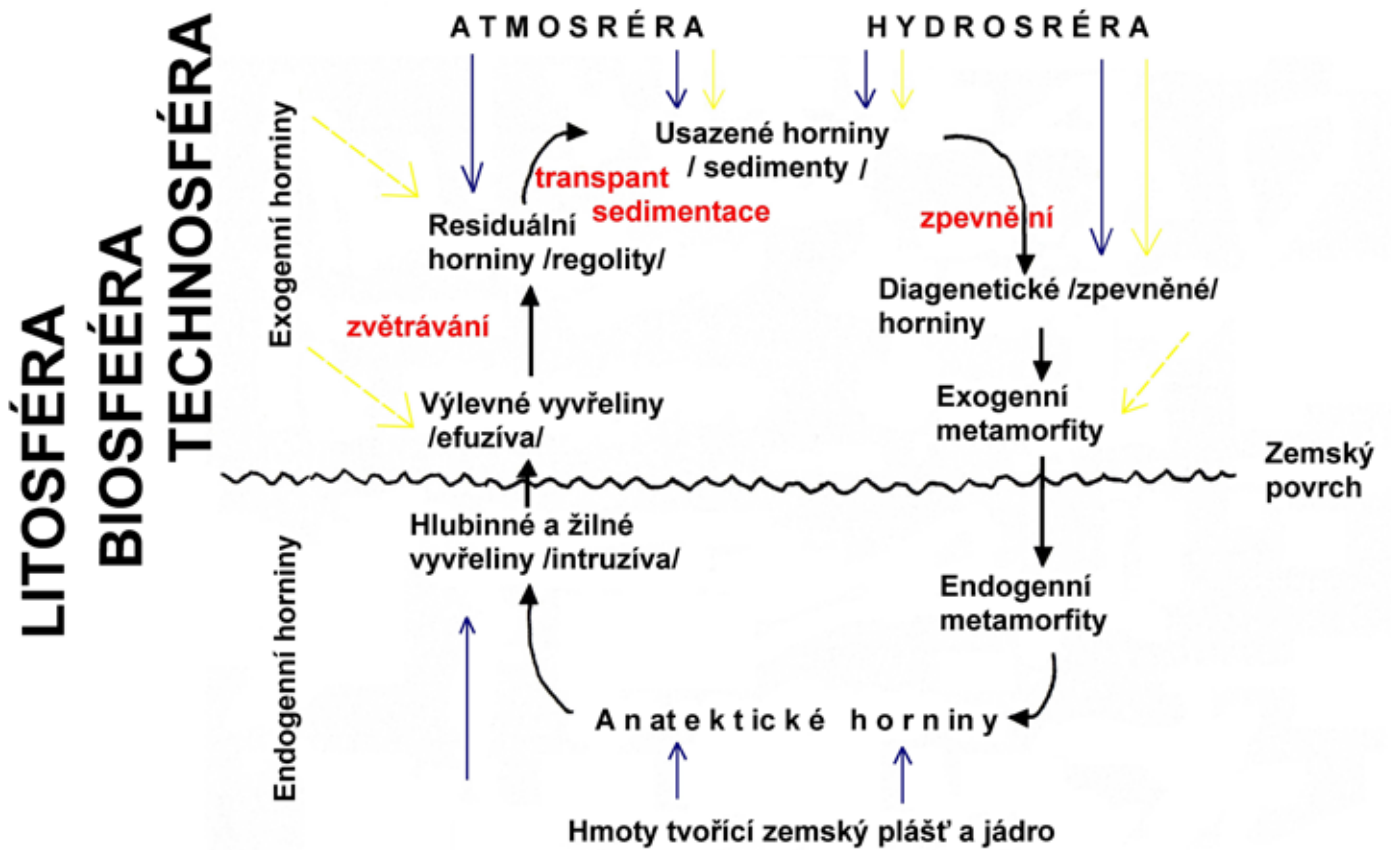
Podobně je s působením organismů spjat cyklus síry a fosforu i v podstatě vápníku. Do koloběhu síry vstupuje člověk velmi výrazně. Sirovodík uniká uvolněním z přehřáté páry při ochlazování v geotermálních elektrárnách a oxidy síry se dostávají do hydrosféry i atmosféry uvolněním při spalování fosilních paliv (obr. 55).

Charakteristické pro cykly těchto biogenních prvků je jejich vzájemné seřetění. Na obr. 55 je znázorněno propojení cyklů síry a uhlíku. Obsah izotopu ^{34}S v sulfátu v levé křivce - odchylka doleva odráží přechod síry z pyritového FeS_2 do sulfátového (CaSO_4) rezervoáru. Při tom je odčerpáván kyslík z atmosféry. V pravé křivce odchylka doprava znamená přesun z vápence do rezervoáru organického uhlíku. Tato reakce uvolňuje kyslík do atmosféry. Spotřeba kyslíku z jedné reakce je vyvážena jeho produkcí v druhé, takže obsah kyslíku v atmosféře zůstává v čase přibližně konstantní (Westbroek, česky 2003).

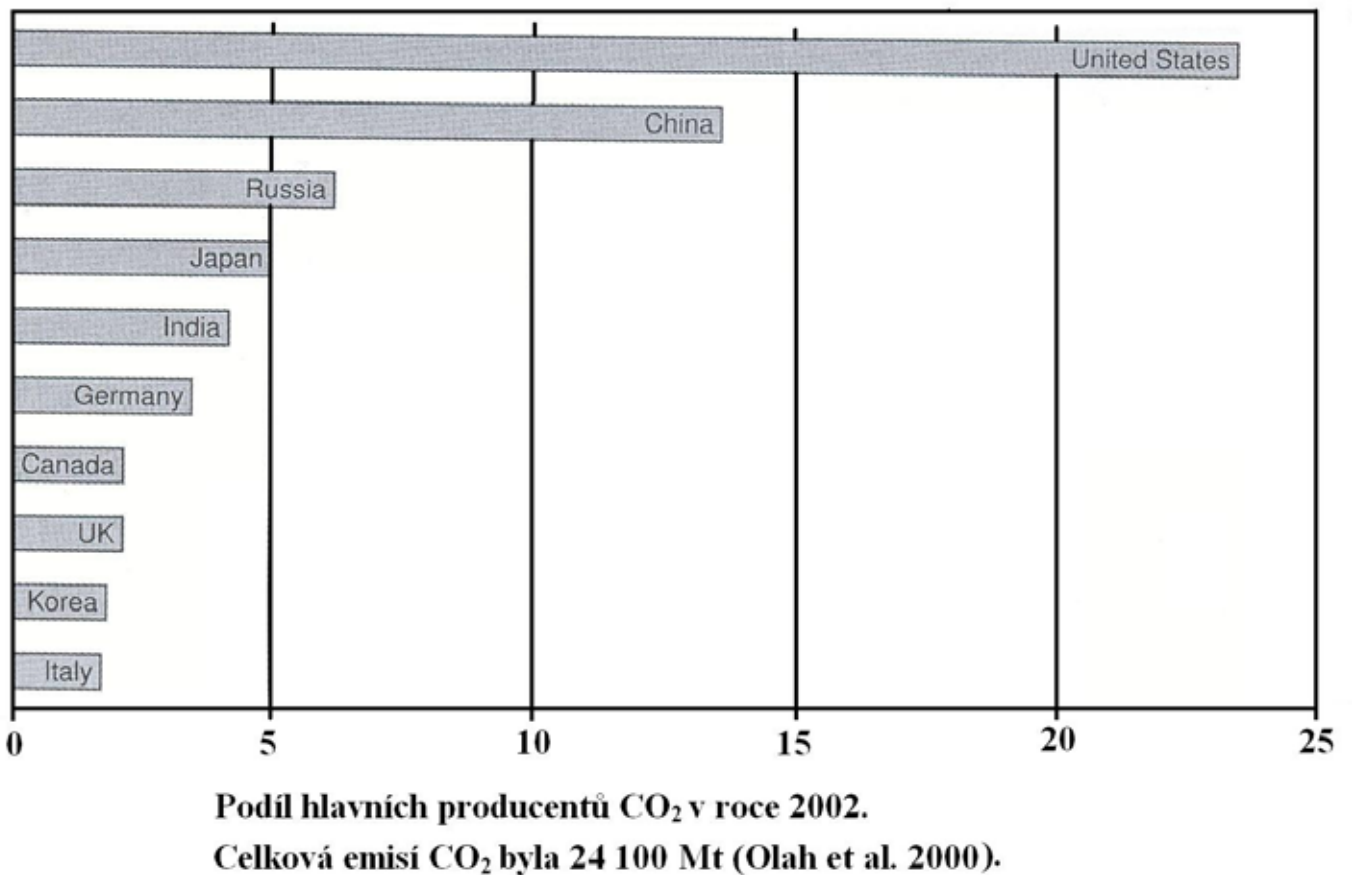
Obdobné seřetění lze doložit i u globálního cyklu křemíku a vápníku a také u většiny dalších prvků.

Všechny cykly při tom probíhají přísně logicky tak, aby zůstaly zachovány pro život. Tak to nesporně probíhá již více než 3 miliardy let, po které existuje život na Zemi. Lidská aktivita vstupuje ovšem do těchto cyklů většinou protichůdnými vlivy a je otázka do jaké míry dokáže příroda tyto vlivy eliminovat, aniž by došlo ke kolapsu geochemického koloběhu prvků. Antropogenní ovlivnění se projevuje především neustále stoupajícím množstvím CO_2 v atmosféře, okyselením a vznikem antropogenních koloběhů.

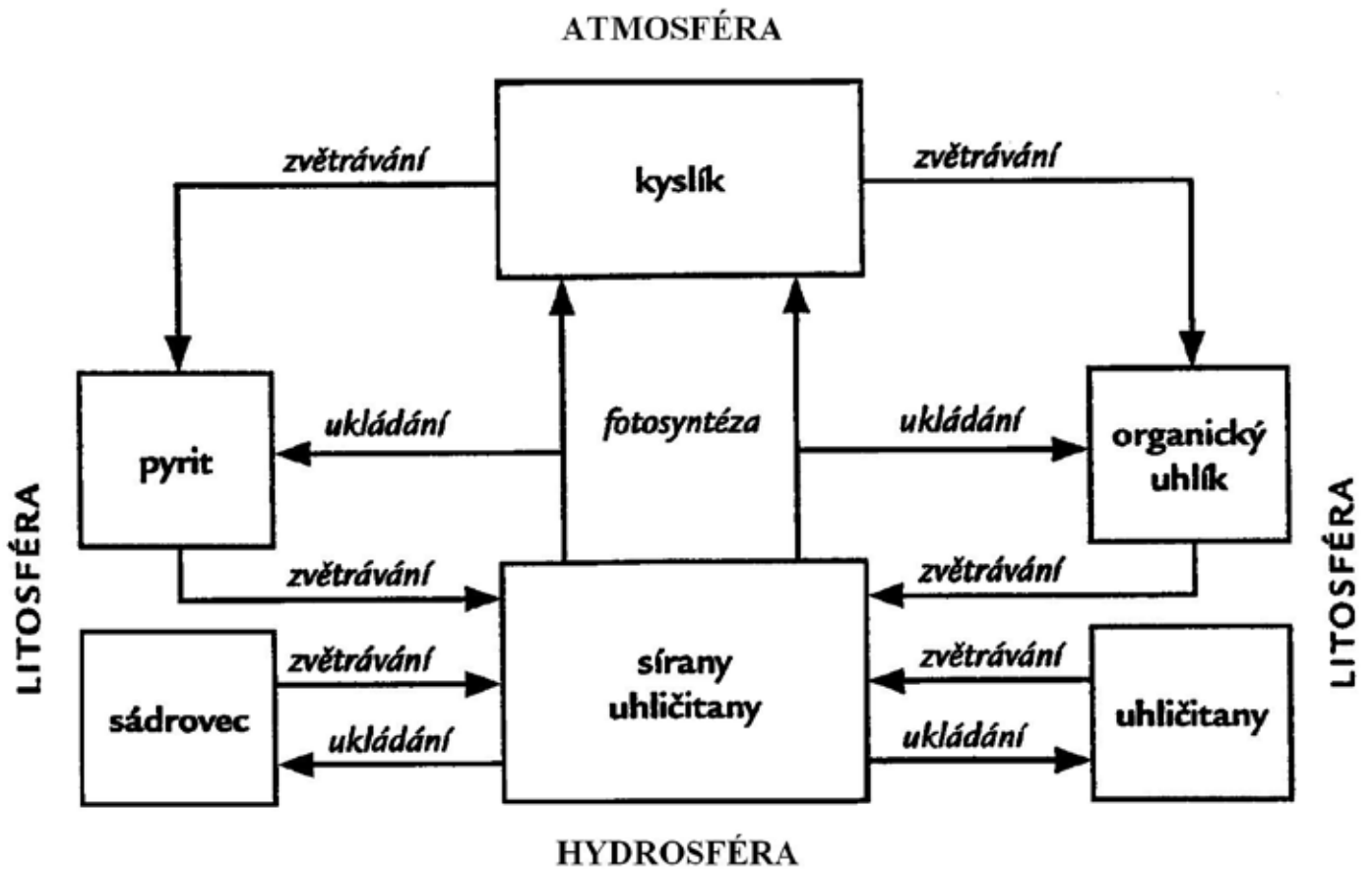
Vysloveně antropogenní jsou cykly těžkých kovů a umělých chemických látek (pesticidy). Kovy jsou uvolňovány především při spalování fosilních paliv ve formě aerosolů. Zpravidla jde o arzén, vanad, železo, ale v případě Podkrušnohoří i galia a germania, které se tam v nezanedbatelné míře dostávají do atmosféry a hydrosféry.



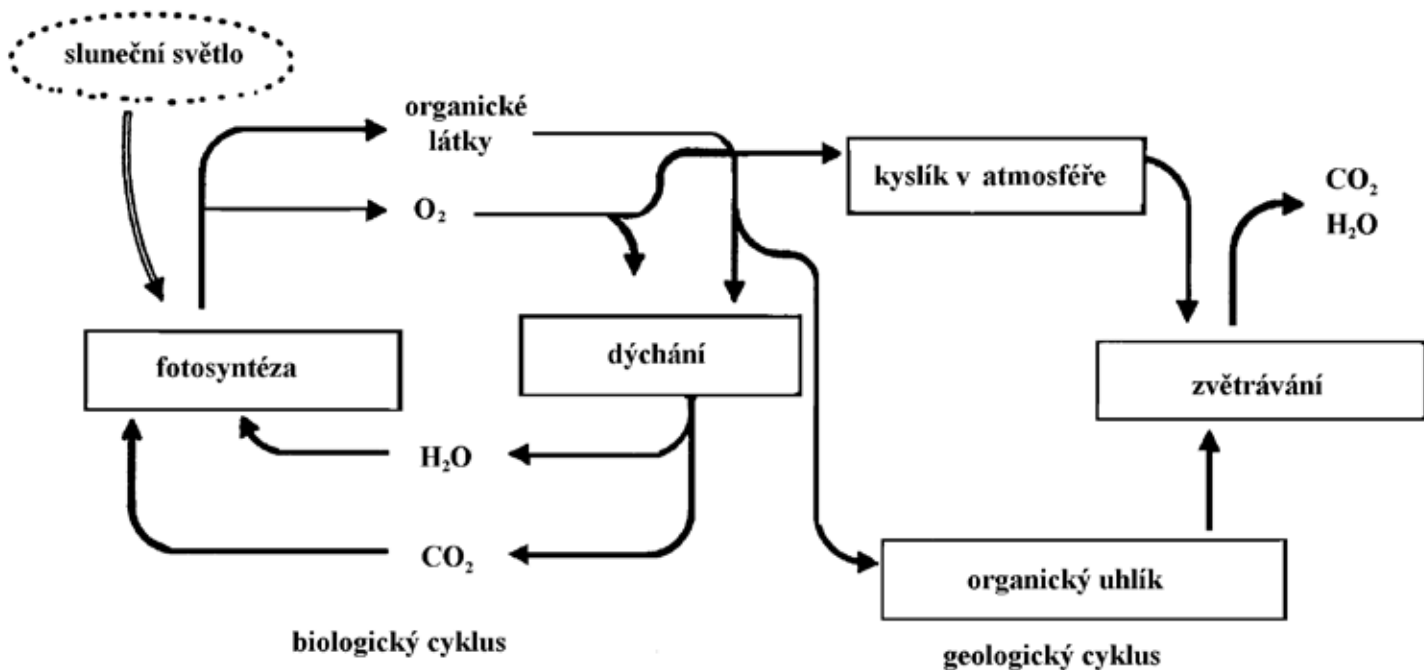
Obr. 53 Horninový (Huttonův) cyklus, ovlivňující zásadním způsobem látkovou bilanci jednotlivých geosfér.



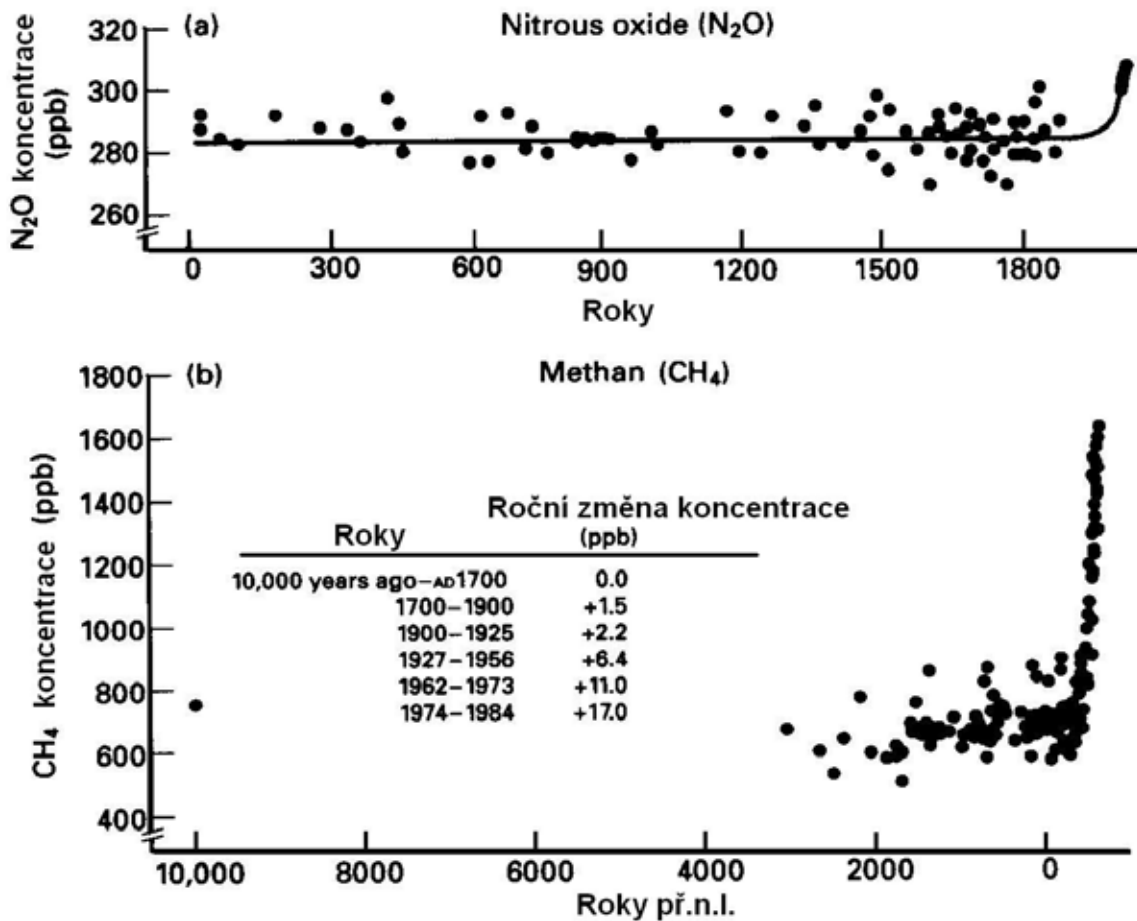
Obr. 54 Podíl hlavních producentů CO₂ v r. 2002. Hodnota emisí CO₂ byla v r. 2002 celkem 24 100 Mt. Olah et al., 2006.



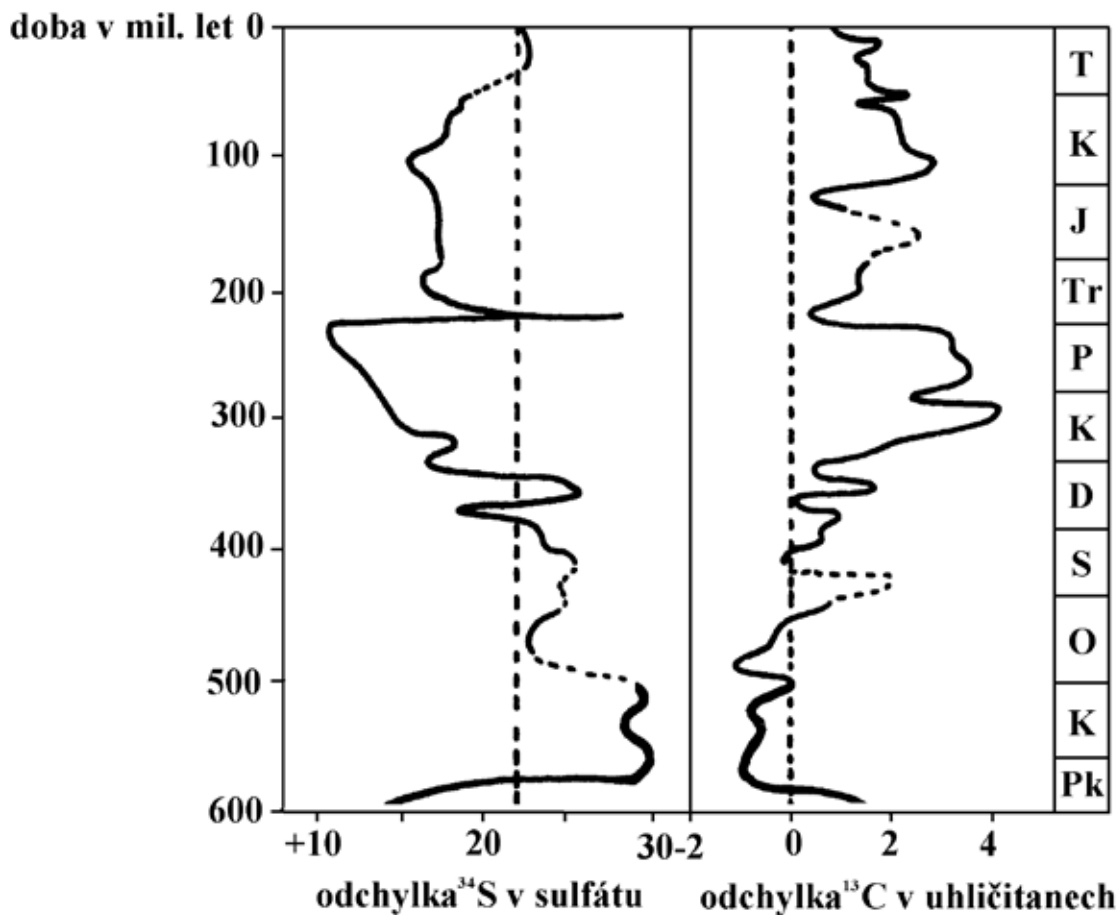
Obr. 55 Spojení koloběhu uhlíku a síry v geologických procesech. Bouška et al., 1980.



Obr. 56 Propojení cyklů uhlíku a křemíku. Bouška et al., 1980.



Obr. 57 Roční změny koncentrace dusíku a CH₄ v ovzduší v posledních dvou tisíciletích a v posledních deseti tisíci letech. Goudie et al., 2006.



Obr. 58 Souvislost odchylek izotopů síry a uhlíku indikují v geologickém vývoji Země vyrovnávání změn teploty.

2.9 Vliv člověka na vývoj ostatních organismů

Protože geologický vývoj Země je v uplynulých 3 miliardách let významně ovlivňován organizmy, má působení člověka na biosféru zprostředkovaně i v tomto ohledu vliv na delší vývoj Země.

Vliv člověka na biosféru se projevuje v mnoha ohledech:

Vymírání druhů a ubývání pestrosti živočišných i rostlinných druhů.

Podle Kettnera (1956) se snížil počet druhů od vzniku člověka na polovinu a zpočátku mizel v průměru jeden druh za století, dnes mizí 1 druh za den.

Podle ročenky UNESCO za pouhých 20 let 1970 - 1990 vymizelo na 1600 druhů živočichů a na 2000 druhů rostlin. Příčinou je hlavně globální znečištění vod, ovzduší a přírodního prostředí vůbec.

V důsledku hnojení nevhodnými hnojivy voda v Rýnu v roce 1970 obsahovala až 3 mg kadmia v litru, proto z něj téměř vymizel život. Po zákazu používání přírodních fosfátů se během pěti let voda pročistila a vrátily se i původní druhy (např. rýnští úhoři), podobně jako na jižní Moravu (raci a bobři). Znečištěním prostředí je způsoben také ústup některých rostlin. Např. v Moravském krasu v důsledku znečištění ovzduší při zvýšené návštěvnosti vymizely desítky druhů rostlin, např. jazyček kozlí, vstavač vojenský či zvonek sibiřský, ale i některé druhy netopýrů.

Naproti tomu mnohé změny jsou přírodního původu. Člověku je zřejmě neprávem připisováno vyhubení mamutů. Ukazuje se dokonce, že vlny vymírání druhů nejsou způsobovány jen náhodnými katastrofami, ale mají určitou periodicitu.

Příkladem může být období cca před 252 miliony let, kdy vymizelo asi 75 % druhů organismů na souši a 90 % v moři a podobně tomu bylo i před 66 - 65 miliony let, jsou připisovány globálním následkům dopadu velkých planetek či meteoritů, nebo náhlému zvýšení sopečných aktivit.

Paleontologové ve Španělsku např. prokázali, že hlodavci vymírají v periodách 2,1 milionu let a 1 milion let, odpovídajících změnám úklonu zemské osy a změnám oběžné dráhy Země. Několik druhů živočichů naopak přežívá jen díky lidské péči. Patří k nim např. kuň Przewalského.

V současné době žije na Zemi na 8 milionů druhů hmyzu, 800 tisíc druhů pavoukoců, 500 tisíc druhů virů, na 200 tisíc druhů prvoků a měkkýšů, 180 tisíc druhů korýšů a 50 tisíc druhů obratlovců. Z rostlin jsou nejpočetnější cévnaté (280 tisíc druhů) a řasy 200 tisíc druhů.

Nepochybně antropogenní je neustávající úbytek lesů (obr. 61, 62). Zatímco v minulosti začínaly ledové doby v krajině zcela zalesněné, případná příští doba ledová bude začínat za naprosto odlišných podmínek v odlesněné krajině. Odlesnění dokumentují údaje z USA, stejně jako z Evropy a k největší likvidaci lesů dochází v Asii.

Člověk významným způsobem ovlivnil rozšíření některých druhů organismů.

Většinou jde o úbytek, jak dokumentuje (obr. 59, mapa) ústupu bizonů v Severní Americe, ale i o nechtěné rozšíření např. králíků v Austrálii či divokých včel v jižní Americe (obr. 60).

Pěstování zemědělských plodin se z Asie (povodí Indu) za posledních 10 000 let díky člověku rozšířilo do celého světa. Jde zejména o pšenici, žito a další druhy obilí (ječmen, proso) ale i o jablka, mák a další plodiny. Vinná réva, dříve typická rostlina severní polokoule, se během 19. století rozšířila v celém pásmu s obdobnými podmínkami i na polokouli jižní.

Lidé mění vlastnosti organizmů.

Jde zejména o postupnou domestikaci zvířat (pes, kuň, kočka, prase), šlechtění (kuň, pes, aj.). Šlechtěním a křížením rostlin vznikají nové druhy rostlin s odchylnými vlastnostmi.

Např. křížením pampelišky a koniklece byly vypěstovány (koniliška a pampeklec) a křížením a klonováním na 3000 umělých odrůd vinné révy.

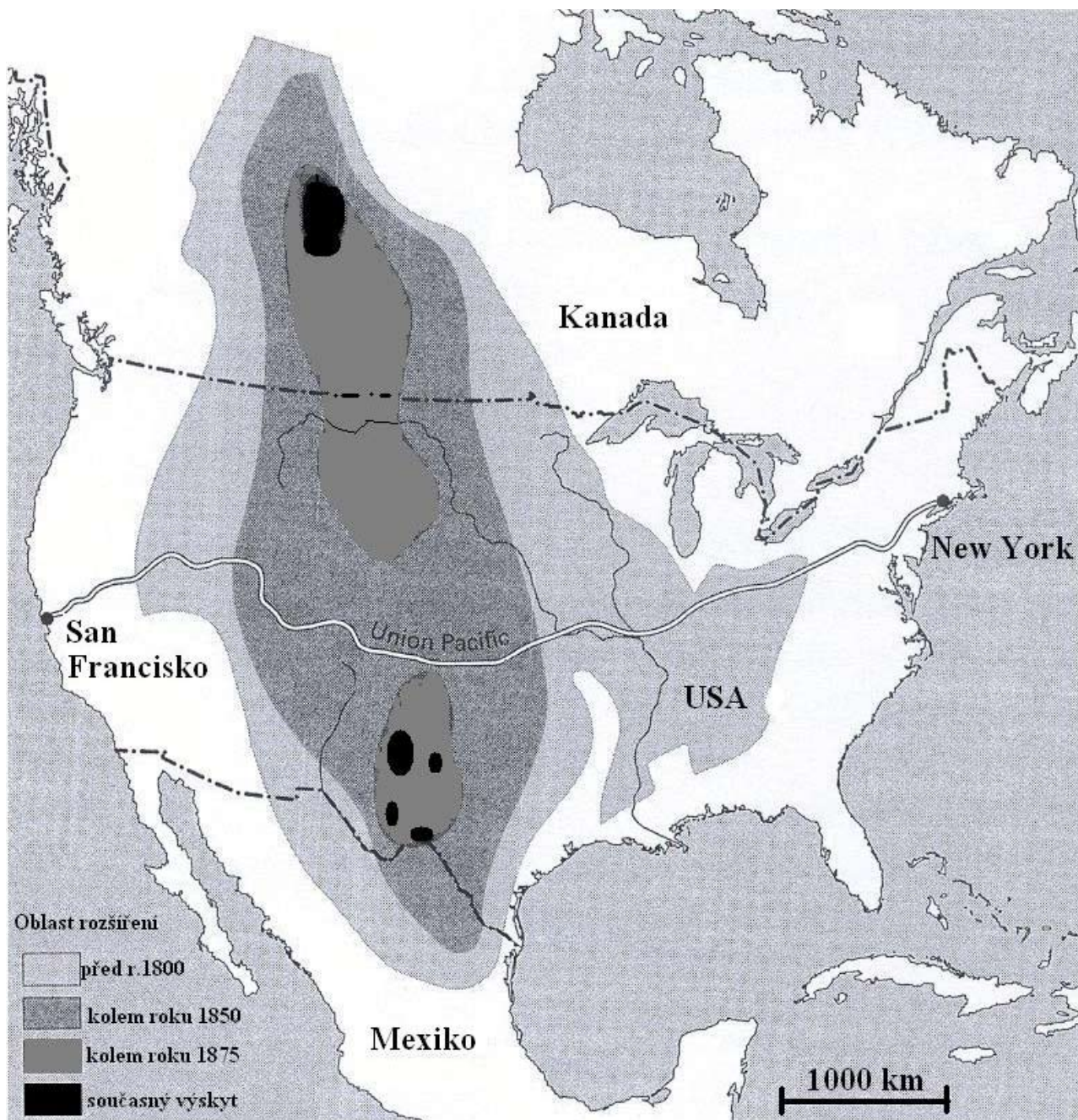
Změnami produkovanými industriální společnostmi se vytváří příznivé podmínky pro nejlépe adaptabilní organizmy.

Patří k nim např. ve vzduchu havrani a vrány, na zemi kopřivy, krysy a potkani a v moři sumci. *Např. americký sumeček tečkovaný se přizpůsobil natolik, že vylézá na souš a na plážích sbírá požitelné odpadky.*

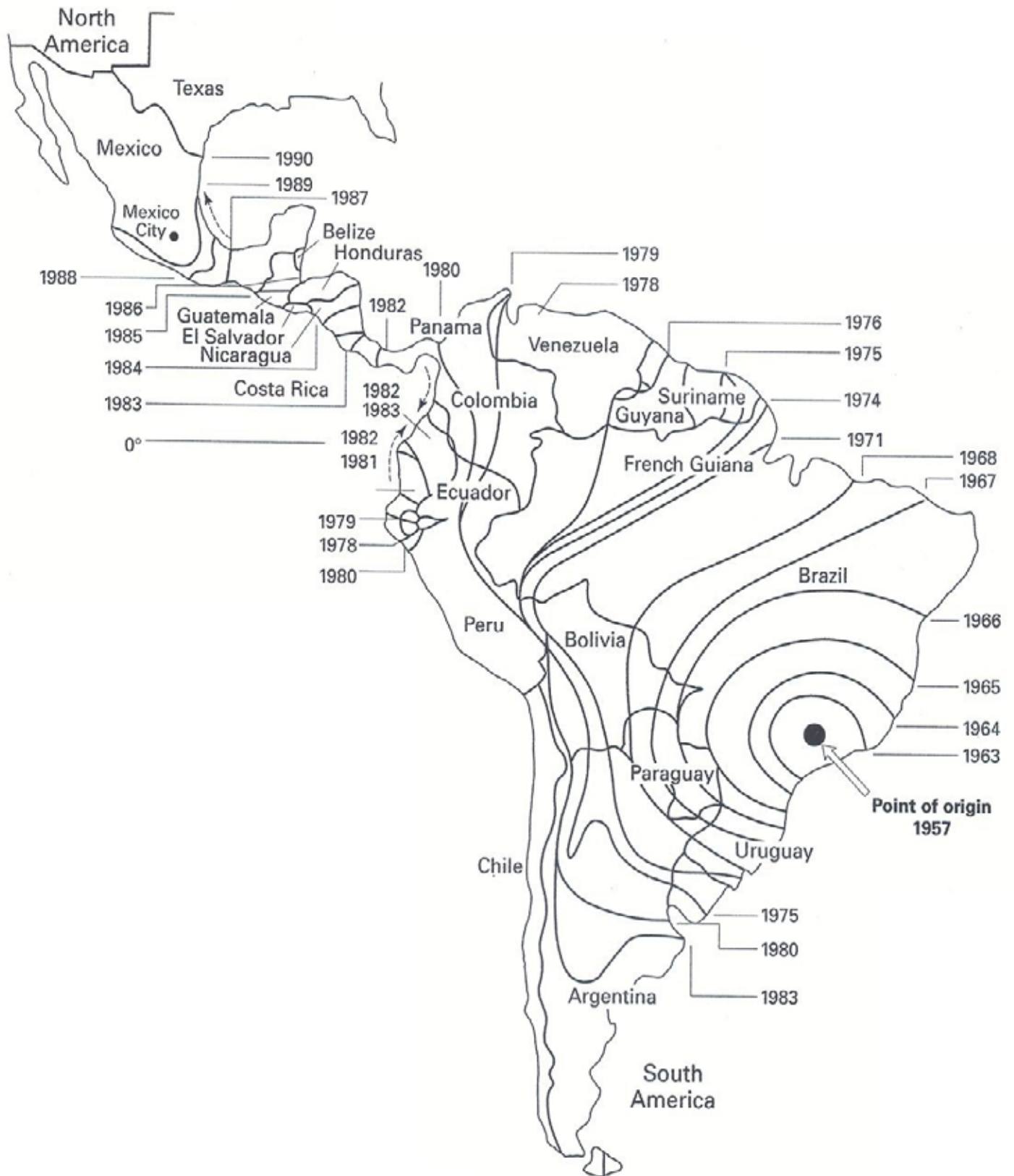
Zdá se, že těmto změnám neujde ani rod homo – dnešní člověk rozumný (*homo sapiens sapiens*).

O jeho dalším vývoji existuje několik scénářů:

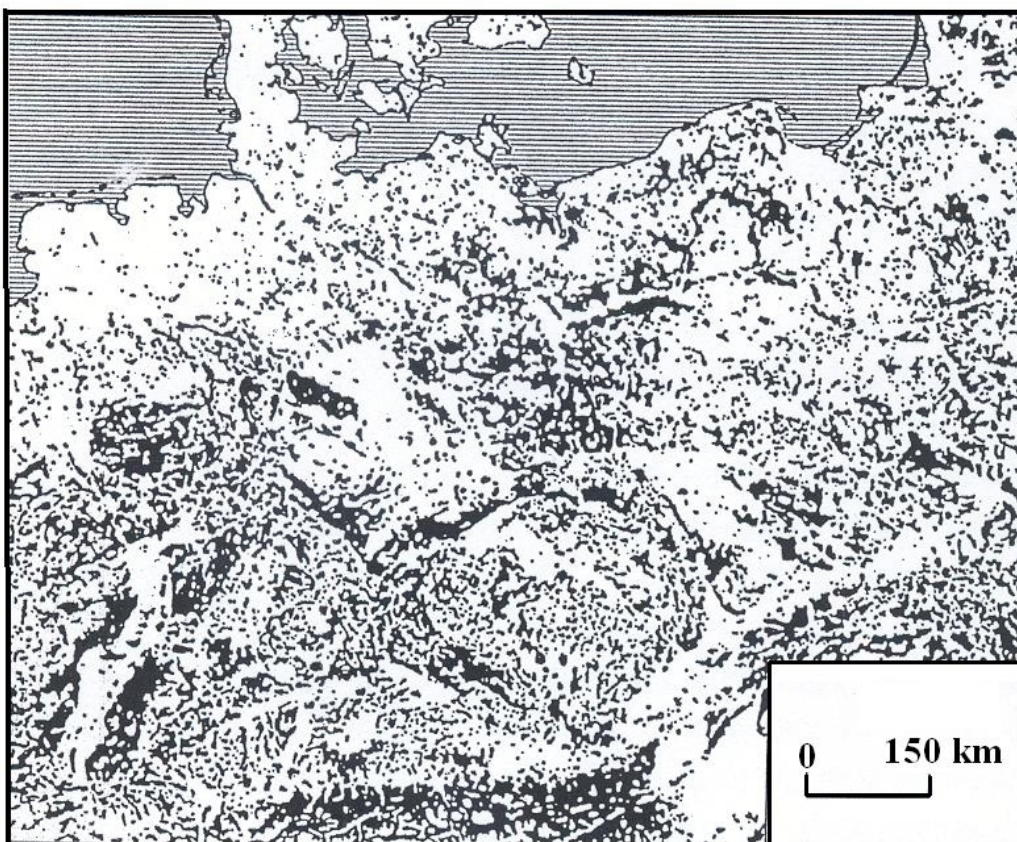
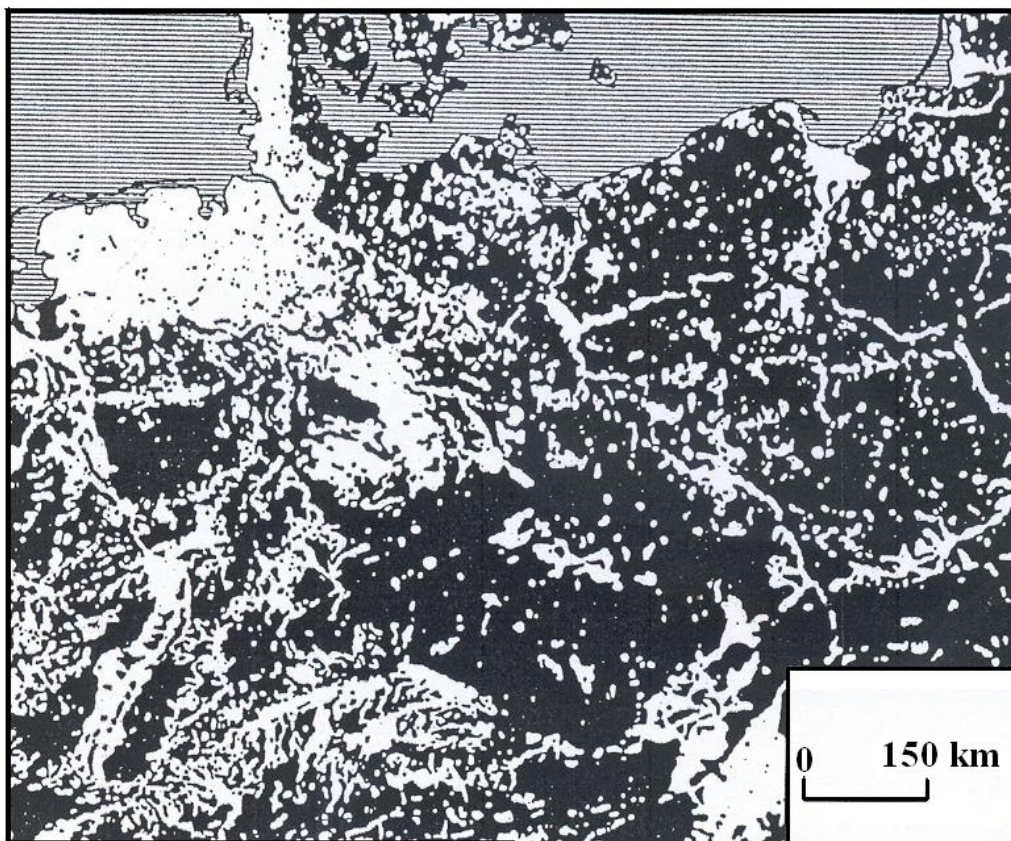
- během dalšího vývoje atrofují málo používané orgány, vlasy, některé svaly, nehty, zvětší se a zesílí používané. Vzhledem k rozvoji počítačů a robotizaci je však otázka jestli to bude také mozek,
- díky vytvořeným stabilním podmínkám se člověk přestane vyvíjet. Podle Flegra již vývoj člověka ustal („zamrzlá evoluce“), protože již nejsou přímé stimuly dalšího vývoje,
- vymře na globální epidemii nebo vesmírnou katastrofu a bude nahrazen jiným více adaptabilním druhem, popřípadě umělým systémem (roboti s naprogramovaným vývojem).



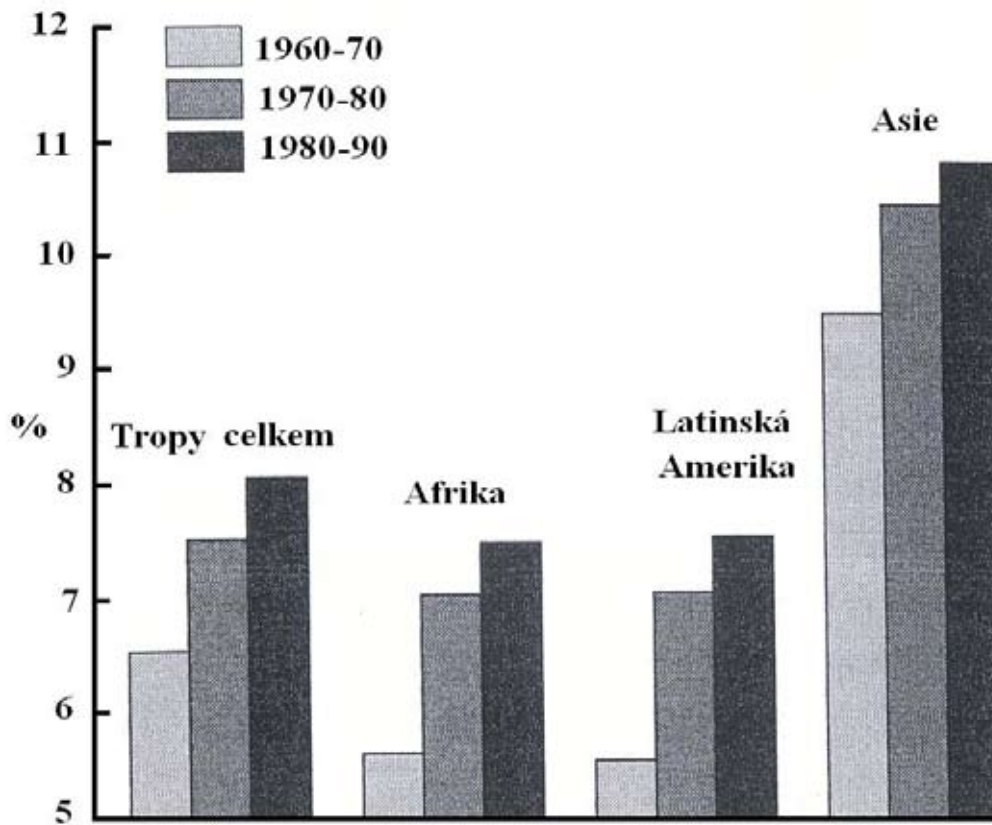
Obr. 59 Zmenšování oblastí přirozeného rozšíření bizonů na území Severní Ameriky od r. 1800. Goudie et al., 2006



Obr. 60 Invaze divokých včel na území Jižní Ameriky, zavlečených tam v r. 1957. Goudie et al., 2006



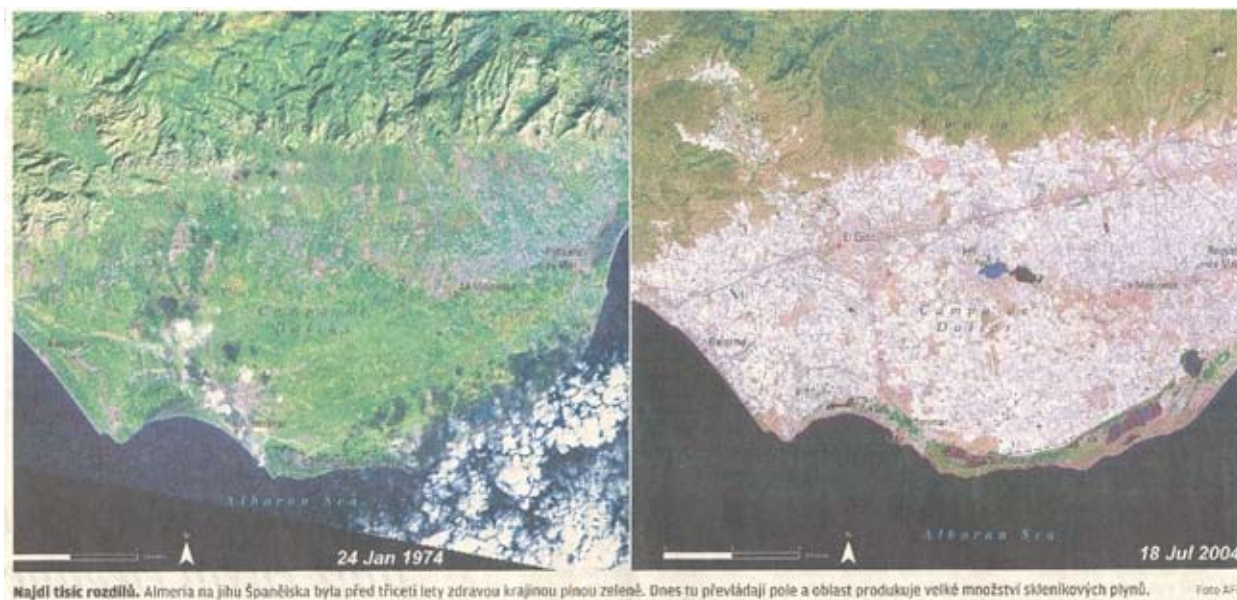
Obr. 61 Rozsah lesů na území Evropy v r. 990 a v r. 1990 n.l. indikuje postup odlesnění.
Goudie et al., 2006



Obr. 62 Současné odlesňování v tropických oblastech kontinentů. Goudie et al., 2006



Obr. 63 Korálové útesy kolem ostrovů v Tichém oceánu. Merck et al., 1986



Obr. 64 Jih Španělska byl před třiceti lety zalesněnou krajinou, dnes zcela převládají pole.

Foto ATP

3. Vlivy získávání a využívání přírodních energetických zdrojů

3.1 Zdroje energie

Přírodní zdroje energie se nejčastěji dělí na obnovitelné a neobnovitelné. Toto víceméně ekonomické dělení je však zcela zavádějící a v podstatě jen jakousi reklamou na méně využívané zdroje. Za neobnovitelný zdroj jsou zpravidla označována fosilní paliva – ropa, zemní plyn a uhlí. Ve skutečnosti ovšem i v současnosti vznikají nová ložiska ropy u ústí tropických řek, přinášejících do moře množství organických látek. Například u ústí Orinoka vzniká nyní v moři akumulace ropy, která bude za nějakých 20 000 let těžitelným ložiskem. Podobně je to s uhlím (V. Roubíček LN 27. 2. 2008). Kromě toho jsou v podstatě všechny zdroje energie, vzhledem k platnosti zákona o entropii neobnovitelné.

Ani dělení podle zdrojů není příliš propracované.

Např. Olah et al. (2006) uvádí tyto zdroje energie:

- fosilní paliva: uhlí, ropa, zemní plyn, roponosné horniny,
- obnovitelné zdroje: energie vodní, geotermální, energie větru, sluneční energie, fotoelektrická a termální, ze slaných solárních nádrží, energetické zdroje oceánů: termální, přílivové, z vlnobití,
- jaderná energie,
- vodík,
- metanol a etanol.

Nejméně opodstatněné je dělení na zdroje „čisté“ a „znečišťující“.

I když v přímé produkci znečišťujících látek jsou výrazné rozdíly, mohou ve svých důsledcích tzv. čisté zdroje mít podstatně silnější vliv na další geologický vývoj, nehledě na to, že záleží i na způsobu jejich získávání a využívání.

Můžeme to doložit na příkladu využívání geotermální energie na západě Spojených států. U amerických Mamutích jezer geotermální elektrárna používá přehřátou vodní páru z vrtů tak, že pára přes izobutan předává teplo, které je využíváno k výrobě elektrické energie, a pak je vháněna zpět do země. Nepřichází vůbec ke styku s atmosférou a nedochází k žádnému znečištění. Naopak v oblasti Salton Sea několik elektráren využívá vodní páru přehřátou na 300 °C. Ta je pro potřebu výroby elektrické energie ochlazována na horkou vodu. Při tom jsou uvolňovány plyny (sirovodík) a další látky, které zcela ničí přírodu v širokém okolí.

Je nepochybné, že všechny pozemské zdroje energie jsou závislé na primární energii !

Proto je můžeme podle původu dělit takto:

1. Solární energie primární: sluneční teplo, fotovoltaické články

2. Solární energie odvozená:

a) biopaliva

- fosilní - ropa, uhlí, zemní plyn, roponosné horniny,
- subrecentní - hydráty metanu, rašelina,
- recentní (současná) - dřevo, biolih (metanol, etanol), biologicky rozložitelné odpady, rostlinná hmota apod.,

b) větrná energie

c) oceánské zdroje: vlnění, podmořské proudy, teplo mořské vody

d) energie slapových sil Slunce a Měsíce: přílivová energie

3. Energetické zdroje pozemské:

a) jaderná energie: energie jaderného rozpadu, termojaderná fúze,

b) gravitační energie: energie vodních toků,

c) tepelná energie: geotermální, suché teplo hornin, teplo magmatu,

d) rotační energie: převážně diferenciační (nevyužívaná),

4. Syntetické zdroje:

- syntéza uhlovodíků
- vodík, jako nositel energií

Jednotlivé zdroje měly v různých etapách vývoje lidské společnosti různý význam. I když v hodnocení mohou být značné rozdíly, je zřejmé, že do konce 19. století bylo hlavním zdrojem energie pro lidstvo dříví, koncem 19. stol. nabylo na významu uhlí, ve 20. století ropa a zemní plyn a také vodní energie a od druhé poloviny 20. stol. energie jaderná.

Přitom spotřeba energie neustále roste, do značné míry i v závislosti na růstu počtu obyvatel Země.

Na počátku 21. století se jako zdroje uplatňují zejména:

ropa	34,0 %
uhlí	23,5 %
zemní plyn	21,2 %
spalitelné odpady	10,9 %
energie jaderná	6,8 %
energie vodní	2,2 %
ostatní	0,5 %

Ve stadiu úvah a experimentů jsou z možných zdrojů zejména:

- termojaderná energie, jejíž výzkum již značně pokročil,
- energie elektromagnetického pole,
- energie tepla oceánské vody.

3. 1. 1 Solární energie

Nejdůležitější hybnou silou geologického a biologického vývoje Země je energie sluneční, která je primárním zdrojem i všech ostatních lidstvem využívaných zdrojů energií, včetně těch, které se označují jako umělé.

Primární sluneční energie.

Primární solární energie je využívána jednak přímo, jako sluneční teplo, jednak nepřímo přeměnou slunečního světla pomocí fotovoltaických článků.

Tepelná energie (sálavé teplo) Slunce je využívána pomocí solárních panelů na střeších (např. na Pedagogické fakultě Masarykovy univerzity, stejně jako na rekreačních zařízeních ve Středomoří). Nevýhodou je snižování výkonnosti v důsledku zaprášení panelů v prašném prostředí. Výhodnější je využití pomocí otáčecích zrcadel, která se nasměrují na kotel, v němž se ohřívá voda. Horká pára pak může pohánět turbínu stejně jako v geotermální elektrárně.

Poměrně výkonná jsou tzv. tepelná čerpadla, která kumulují tepelnou sluneční energii převážně z okolí - z povrchu litosféry, atmosféry i hydrosféry.

Zajímavé je také vyhřívání silnic (v Holandsku) pomocí systému trubek, které se zabudují do silnice, letištní či jiné plochy. V trubkách proudí voda, která se v letních měsících rychle zahřeje a je odvedena do „horkého“ podzemního zásobníku a tam je uložena pro opačný směr přenosu tepla v zimě.

Teoreticky je možné účinnost solárních panelů zvýšit i jinými způsoby. Uvažuje se o možnosti umístit panely mimo zemskou atmosféru nebo o jejich složení, které by zachycovalo co nejširší oblast spektra.

Fotovoltaické články byly vynalezeny již před šedesáti lety, ale podíl výroby elektřiny z tohoto zdroje je dodnes nepatrný. Je to způsobeno tím, že vzhledem ke stále ještě dosti vysoké pořizovací ceně a nízké výkonnosti článků (kolem 30 %), náklady na výrobu energie ještě značně převyšují dnešní cenu elektřiny (ziskovost je až po několika desetiletích provozu, což je pro mnohé investory obtížně akceptovatelné).

Všechno jsou to velmi perspektivní a ekologicky téměř nezávadné zdroje.

Odvozené zdroje energie.

Ze zdrojů, které vychází ze sluneční energie, jsou nejdůležitější tzv. biopaliva.

Jako biopaliva se označují látky, v nichž je sluneční energie akumulována organizmy. Jde o odvozenou sluneční energii. Rozlišují se biopaliva fosilní a biopaliva současná (recentní).

Fosilní biopaliva jsou směsí pevných, kapalných a plyných uhlovodíků.

Patří k nim: ropa a bitumeny, uhlí, zemní plyn a hydráty metanu.

3. 1. 2. Ropa⁴

Ropa se v současné době nejvíce podílí na výrobě energie spalovacími procesy (obr. 75, 76, 77). Je také významnou průmyslovou, zejména chemickou, surovinou. Průmysl v ČR spotřebovává podstatně více ropy, než se u nás vytěží.

Vzhledem k tomu, že je ropa zneužívána i jako politická zbraň, stává se příčinou všech válek - počínaje II. světovou, kdy se Německo snažilo obsadit ropná pole v Zakavkazí. Irácké válečné zneužití zapálením kuvajtských ropných polí ve „válce v Perském zálivu“ patří k největším ostudám lidské civilizace (obr. 124). Po II. světové válce potřeba ropy rychle vzrůstá.

V současné době dosahuje denní světová spotřeba 96 milionů barelů ropy, takže ve 21. století by se za prvních 20 let vytěžilo tolik ropy, jako na celém světě za posledních 150 let. Převážná část se spotřebovává k zajištění dopravy (57,2 %), jako energetická surovina 20 % a asi 23 % jako chemická surovina.

Při tomto vývoji stačí zásoby ropy jen asi na 40 let, jsou odhadovány na 162 mld. tun (1,2 trilionu barelů). Z toho je na Středním Východě 61,7 %, v Evropě a Eurasii 11,7 %, v Africe 9,4 %, v Jižní a Střední Americe 5,1 % a v Asii 3,5 %. Nově však byly zjištěny významné zásoby ropy v Brazílii, Venezuele, západní rovníkové Africe, pod ledovým příkrovem Severního ledového oceánu a v Antarktidě. Zde jsou zásoby ropy, tvořící až 13 % celosvětových zásob a 30 % zásob zemního plynu.

Z důvodu úbytku klasických zdrojů ropy začínají být využívány i netradiční zdroje ropy. Patří k nim roponosné břidlice, v nichž organická hmota obsahuje nezralou bitumenovou hmotu, kterou je však možné zahřátím přeměnit na kerogen.

V malém množství se v Evropě těžily již na začátku 19. století, pokusná těžba je v Estonsku, Brazílii, Rusku a Číně. Jen v USA (Green River ve Skalnatých horách) se zásoby odhadují na 2,5 trilionu barelů. Výrazně roste těžba bitumenových písků v Kanadě (ložiska Athabasca a Zlaté jezero v Albertě, obr. 69) se zásobami až 2,5 trilionu tun bitumenu a ve Venezuele (Orinoco a Maracaibo) s 270 miliardami barelů bitumenů, zpracovatelných běžnou technologií. Na ložisku Athabasca se těží více než 1 milion barelů denně. Vysoké náklady na získání ropy z asfaltových písků a bituminózních břidlic zatím odsunují jejich větší využití.

Ropa se zpracovává v rafinériích frakční destilací, při níž se oddělí skupiny uhlovodíků: nejprve metan a etan (palivo LPG), pak petrolej (rozpuštědlo), benzín, kerosin a plynový olej. Z toho se destiluje nafta a topný olej. Zbývá mazut, z něhož se oddělují „mazací“ oleje a asphalt. Bez ropy není možné provozovat moderní zemědělství a produkci potravin, neobejde se bez ní doprava (pozemní, letecká, lodní) a většina průmyslu (výroba plastů, léčiv, hnojiv pesticidů, atd.).

V ČR byly v roce 2006 zajištěny zásoby ropy ve výši 32 277 kt a těžba dosahovala 259 kt převážně na JV Moravě - v karpatské předhlubni a wienské pánvi. Surovina je zde vysoce kvalitní - převážně lehká, s velmi nízkými obsahy síry, parafinická a parafinicko-naftenická. Průzkum a těžbu zajišťují z největší

4 Název ropa pro surovou naftu pochází z polštiny, nafta ze staré perštiny. Ropa je v polštině označením pro solné prameny a znamená hnis. Množství ropy se udává v tunách nebo v barelech: 1 tuna je 7,33 barelů a 1 barel je 158,97 litrů. Ropa obsahuje uhlík (84 – 87 %), vodík (11 - 14 %), dusík a kyslík (po 1 %), síru (0 - 4%) a další plynné, kapalné a pevné složky (často např. helium, až 1 %).

části Moravské naftové doly a. s. Hodonín (obr. 77). Ve stejném roce 2006 bylo dovezeno 7 752 kt ropných produktů (hlavně z Ruska, Ázerbájdžánu, Kazachstánu a Lýbie) a 732 kt benzínu.

Zatímco těžba geologické prostředí příliš nezatěžuje (s výjimkou výrazných poklesů území v oblasti těžby, např. Apšeronský poloostrov v Kaspickém moři nebo pobřeží Mexického zálivu), zpracování a hlavně využívání ropy je provázáno významným ovlivněním geologických podmínek.

Dochází zejména k :

- znečištění litosféry v oblastech těžby a při transportu (havárie a také úmyslné poškozování ropovodů zejména při krádežích, např. v Nigérii, nebo při válečných konfliktech, jako byla nedávná válka v Perském zálivu – obr. 124a, 124b,
- znečištění hydrosféry při těžbě (havárie ropných plošin v mořích, např. v Severním moři či Mexickém zálivu) a zejména při transportu (časté havárie tankerů dopravujících ropu, např. v Anglii 1967, JAR 1977, Aljaška 1987,
- v oceánech přibývá uhlovodíků - ročně na 10 milionů tun. Z toho asi polovinu tvoří přirozené úniky ropy do mořské vody a použití nafty (splach pozemského znečištění, produkty zpracování, např. kosmetické přípravky v okolí pláží), 21 % tankery a ostatní lodě, 8 % přibřežní rafinérie a přibřežní těžba ropy a 4 % ostatní havárie,
- znečištění atmosféry zejména použitím ropy na výrobu elektrické energie v elektrárnách. Podstatný podíl připadá spalovacím motorům všeho druhu.

3. 1. 3 Uhlí

Je zdrojem energie, která rovněž velmi podstatně ovlivňuje vývoj planety. Asi 95 % světové produkce uhlí se těží povrchově a velkolomy jsou „otevřenými ranami do tváře Země“, výrazně ovlivňují geomorfologii a vytváří tzv. „měsíční krajinu“.

Používání uhlí v tepelných elektrárnách škodí již z principu. V propagandistických publikacích se málokdy mluví o tom, kolik vzdušného kyslíku se spotřebovává spalováním uhlí, spíše se připouští vytváření škodlivých emisí. Technicky poměrně jednoduché je omezení emisí oxidu siřičitého nebo popílku. S emisemi CO₂ lze výhodně obchodovat (aktivity velkých firem jako je ČEZ a. s. jsou v tomto směru obdivuhodné) a o produkci aerosolů jedovatých kovů (v případě Podkrušnohoří zejména arzenu, galia či germania) se raději mlčí, přesto, že ovlivnění ovzduší uhelnými elektrárnami na české i saské straně Krušných hor lze sledovat až do Švédska. Podobně je tomu při ničení přírodní památky Velkého kaňonu v USA exhalacemi tamní uhelné elektrárny. Lobbistické ekonomické zájmy jsou tu přednější než zachování nejcennější chemické suroviny jakou má lidstvo k dispozici. Prvkem nestability jsou haldy skrývky, které přispívají k celkově katastrofické ekologické zátěži krajiny.

Světové zásoby uhlí dosahují 909 000 mil. tun a roční těžba více než 5 500 mil. tun. Z toho USA mají 27 %, Rusko 17 %, Čína 12 %, Indie 10 %, Austrálie 9 %, Jižní Afrika 5 %, Ukrajina 4 %, Kazachstán 3 % a zbytek světa 12 %.

V České republice se těží černé uhlí, hnědé uhlí a druh nejmladšího hnědé uhlí - lignit.

Černé uhlí se u nás těží hlavně v moravskoslezské části hornoslezské pánve, z níž je asi 30 % na našem území a kolem 70 % v Polsku.

Těžba již byla ukončena v kladensko-rakovnické pánvi, ve vnitrosudetské pánvi (Žacléřsko-Svatoňovické), na Plzeňsku a v permo-karbonu boskovické brázdy u Rosic, Oslavan, Zastávky u Brna (obr. 79). V roce 2006 bylo z 10 ložisek vytěženo 13 017 Ktun černého uhlí ze zásob celkem 16 063 718 Ktun. Dovezeno bylo 1981 Ktun a vyvezeno 6 515 Ktun černého uhlí a výrobků z něho.

Hnědé uhlí je hlavním zdrojem energie je v České republice (obr. 80). V Podkrušnohoří (chomutovsko-mostecká, sokolovská a chebská pánev) se vyskytuje na ploše 1 900 km² se zásobami 9 192 305 Ktun (stav v roce 2006). *V roce 2006 bylo v České republice vytěženo 48 915 Ktun hnědé uhlí.*

Lignit se nyní v ČR těží již jen na jediném místě - na jižní Moravě (důl Mír v Mikulčicích u Hodonína, v bezprostředním sousedství vykopávek Národní kulturní památky Velkomoravského knížectví), bezvýznamné výskyty, z větší části vytěžené, jsou v českobudějovické pánvi, u Uhelné ve Slezsku a v žitavské pánvi (obr. 81). *Zásoby v roce 2006 činily 976 985 Ktun, roční těžba 459 Ktun.*

Převážná část uhlí je využívána k výrobě elektřiny v parních a spalovacích elektrárnách.

Povrchová těžba uhlí má v České republice mimořádný vliv. V Podkrušnohoří dochází ke značným změnám morfologie i rázu krajiny. Byla přestěhována celá města (starý Most), změněn uměle tok řeky Bíliny, doly jsou zahlobbeny až téměř 200 m pod původní terén a plocha aktuálně ovlivněná těžbou zaujímá téměř 30 000 ha. Dochází při tom k rozsáhlému přemístování skrývky (na jednu tunu uhlí připadá až 8 tun skrývky). Haldy, popílky a odkaliště znečišťují povrchové toky a způsobují zvýšenou prašnost ovzduší. Ročně přibývají ve vzduchu asi 3 % částic prachu (na tom se podílí i jiné zdroje), takže asi 1/3 území České republiky ve znečištění vzduchu překračuje evropský emisní limit.

Podzemní těžba uhlí má také svá úskalí. Poměr hlušiny a uhlí je sice příznivější - na Ostravsku a Karvinsku byla dosud vytěžena asi 1 miliarda tun černého uhlí a 700 milionů tun hlušiny (Kukal, Reichmann 2000). Kromě hald ovlivňují území odkaliště, takže podle údajů uvedených autorů je více než 1700 hektarů v této oblasti překryto antropogenními uloženinami a jsou tam rozsáhlé poklesy. Úpravny uhlí produkují v této oblasti asi 1,8 milionů tun kalů. Z hlediska hospodárného využití uhlí je velmi problematické nedotěžování slojí, čímž se znehodnocuje značný objem uhelných zásob.

Do budoucna je možné počítat se šetrnou těžbou, využívající technologii podzemního zkapalňování uhlí. Ta umožní odstranit haldy i devastaci slojí a těžbu z velkých hloubek (mikroorganismy mohou za běžného tlaku a teploty přeměnit uhlí až na etanol). Do doby aplikace těchto technologií by bylo nejlepší těžbu uhlí omezit na nejnútnejší míru, případně i zcela zastavit.

Zásoby černého uhlí pro takový způsob těžby se nachází v pokračování naší části hornoslezské pánve k jihu, do podloží karpatských příkrovů nejen pod Moravskoslezskými Beskydami, ale až ke Zlínu. V hloubce 3 - 4 km je v ostravském souvrství na základě vrtů až 300 m uhelných slojí, zásoby jsou odhadovány na 100 trilionů kilotun (obr. 82).

3.1.4 Zemní plyn

Na přelomu tisíciletí se zvýšila potřeba zemního plynu natolik, že převážila spotřebu ropy. Zemní plyn, převážně metan, se vyskytuje v akumulacích různého původu:

- metan spjatý s ropou „mokry“. V jeho produkci dominují země, které produkují nejvíce ropy, např. Perský záliv (zejména Kuvajt, Katar, SAE, Saúdská Arábie, Dubaj, Irák, Írán), Rusko a USA, které jsou ovšem zároveň největším dovozcem. Zásoby se odhadují max. do poloviny 21. století při zachování dnešní spotřeby.
- metan spjatý s uhlím („suchý“ či slojový“) se vyskytuje hlavně v USA (pánve Blue Warrior a San Juan a mnohé další). Dnešní produkce (20 miliard m³) tvoří asi 10 % produkce metanu v USA. V Rusku jsou významné zásoby v pánvích doněcké, pečorské a kuzněcké a v Číně, která bude v budoucnosti zřejmě největším producentem, v pánvích Ordoz a Quinshui. Velký význam mají také ložiska v Indii a Austrálii.
- hydráty metanu vznikají zakrytím organických zbytků nadložními sedimenty, zvl. v příbřežních oblastech při ústí řek, přinášejících do moře velké množství organických látek. Významné výskyty jsou však i v podloží permafrostu v severní Kanadě a na Sibiři (obr. 85). Celkové zásoby se odhadují na 21 trilionů m³.
- metan uniká z mnoha vrtů, poněkud překvapivě z vrtů ve starých kontinentálních štítech. Předpokládá se, že Země měla v archaiku po určitou dobu metanový obal, jehož zbytky jsou zachovány v horninách štítů.

Významným zdrojem metanu unikajícího do atmosféry jsou organizmy. Zvyšuje se zejména produkce metanu stády skotu a velké množství vzniká i v rýžových polích, jejichž výměra se stále zvyšuje.

Zemní plyn metan se transportuje dálkovými plynovody (obr. 118) a speciálními tankery jako zkapalněný plyn, vesměs vyčištěný od příměsí (CO₂, sirných sloučenin a vody). Japonsko, Jižní Korea a Taiwan tímto způsobem realizují cca 70 % všeho dovozu.

Celkové zásoby zemního plynu se odhadují na 180 trilionů m³, z toho téměř polovina je na Středním východě a více než čtvrtina v Ruské federaci. Roční produkce velmi rychle roste, za posledních 50 let se zvýšila na trojnásobek (obr. 78).

Ložiska zemního plynu v ČR jsou na JV Moravě ve vienské pánvi. Tam jsou spjata s ropou nebo s uhelnými ložisky (Đurica et al. 2006). Plyn z uhelných ložisek je možné získat degradací, těžbou z uzavřených hlubinných dolů.

Zásoby v roce 2006 činily 46 811 mil. m³, těžba byla 148 mil. m³, což pokrývá necelá 2 % domácí spotřeby. V témže roce bylo dovezeno 9 761 mil. m³, převážně z Ruska a částečně i z Norska. Domácí produkci včetně vyhledávání zásobníků zajišťují Moravské naftové doly a.s. Hodonín a OKD a Unigeo Ostrava, transport a provoz většiny zásobníků RWE Transgas (obr. 118).

Světová produkce se pohybuje kolem 2 900 mld. m³ a podílí se na ní hlavně Rusko (23 %), USA (19,4 %) a Kanada (7,1 %). Karbonský plyn z uhelných ložisek je v malé míře (asi 6 %) využíván v průmyslu a

z větší části bez užitku uniká do ovzduší. Ročně je to asi o 23 mld. m³, tedy významný příspěvek ke zvýšení obsahu skleníkových plynů v atmosféře. V ČR jsou, stejně jako v okolních státech, tyto úniky výrazně omezeny.

3. 1. 5 Recentní biopaliva

K recentním biopalivům patří především topné dřevo. To bylo po dlouhou dobu hlavním zdrojem tepelné energie až do poloviny 19. století, kdy bylo postupně nahrazováno uhlím a ropou.

Dnes se topné dřevo používá jen v domácnostech nebo na výrobu etanolu a metanolu, a to hlavně zbytkové dřevo a recyklovaný olej jako tzv. odpadní zdroje.

Roste ovšem produkce energetických plodin, k nimž patří kukuřice, cukrová třtina, brambory, řepka olejka (v České republice), palmy, z nichž se získává buď rostlinný olej, nebo etanol. Roste význam travin (proso prutnaté), préríjních směsí travin a řas, které nevyžadují hnojení. Ideálním zdrojem mohou být komposty. Pokusně se zkoumá možnost vývoje bakterie, která by rozkládala skleníkové plyny a vytvářela z nich biopaliva (prof. Ventar v USA).

Používání recentních biopaliv má však několik nevýhod:

K zajištění spotřeby je potřeba velkých ploch zemědělské půdy. V Evropě by např. na 10 % spotřeby energie bylo třeba produkce energetických plodin ze 72 % rozlohy zemědělské půdy.

Také kácení tropických deštných pralesů ve prospěch výsadby palmových hájů (Malajsie, Brazílie, Indonésie) přispívá k půdní erozi a ke změnám klimatu. Navíc se při tom likvidují přírodní úložiště uhlíku, který se pak dostává do atmosféry jako CO₂.

- Při hnojení dusíkatými hnojivy vznikají oxidy dusíku a zejména NO, který je také skleníkovým plynem.

Úbytek zemědělské produkce potravin a použití kulturních plodin jako zdroj energie způsobuje zvýšení ceny potravin a vzbuzuje obavy řady lidnatých zemí jižní polokoule (Fidél Castro: *“zlověstná myšlenka měnit potraviny na palivo“*)

Některá recentní paliva mají sice méně emisí skleníkových plynů a vysokou výtěžnost energie, ale mnohé jsou škodlivější než fosilní, třeba palmový olej (obr. 73) biolích z kukuřice nebo brazilské cukrové třtiny.

Přesto produkce etanolu z biopaliv výrazně roste, zejména v Brazílii a v USA. V Evropě činí produkce jen 1,2 % spotřeby dieselové nafty, výrazné zvýšení tohoto podílu však podporuje politika Evropské unie.

V ČR je kromě řepkového oleje využívána hlavně pevná biomasa, komunální a průmyslové odpady.

3. 1. 6 Větrná energie

Je plně odvozena z energie sluneční. Od roku 1981 její podíl na celkové produkci energie neustále stoupal a kolem 2005 dosáhl vrcholu celkem 94 GW.

Je využívána hlavně v USA, Španělsku a v Číně. V Německu je v současné době na 15 000 větrníků na stožárech, často vyšších než 200 m, s produkcí 24 200 kW.

V České republice v roce 2007 produkovaly větrníky 116 kW a ČEZ a. s. překvapivě plánovaly investice do této energie do roku 2010 ve výši 20 miliard Kč, tak, aby u nás tvořily až 2 % spotřeby elektřiny.

V mnoha zemích je stavba větrníků omezována, takže nyní celkem stagnuje.

Nevýhody:

- vysoké náklady na údržbu způsobují vysokou cenu této energie,
- nepravidelnost dodávek elektrického proudu do sítě způsobuje velké obtíže distributorům,
- nepřiměřené ztráty kvality krajinné scenerie (estetiky krajiny),
- škody na životním prostředí organismů - při pobřezích zejména velryb, kterým ubližuje svist vrtulí, dále ptáků, které vrtule zabíjejí a jak se u nás ukázalo i lidí, kterým mohou škodit především kusy námrazy, prudce odletující od vrtulí do širokého okolí.

Z těchto důvodů jsou nyní rušeny větrné elektrárny i tam, kde je vhodné klima, tj. na pobřeží s převládajícími větrnými dny v roce (Kalifornie, obr. 88), z estetických důvodů ve Velké Británii, apod. Do budoucna se ovšem počítá s jejich výstavbou v příbřežních částech moří tam, kde vane vítr téměř pořád (například u norského ostrova Utsira).

V České republice navíc nejsou příliš příznivé ani klimatické podmínky, vzhledem ke kontinentálnímu klimatu je na většině území vysoký podíl dnů bez větru (obr. 89).

3. 1. 7 Energie oceánů

Také zdroje energie v oceánech jsou vesměs odvozeny od sluneční energie: energie tepelná z oceánské vody, energie vlnobití zprostředkovaná větrem (případně vnitřními silami Země) a energie přílivová je energie gravitační, vznikající působením slapových přitažlivých sil Slunce a Měsíce.

Tepelná energie z mořské vody využívá rozdílů teploty při povrchu a v hloubce (rozdíl v hloubce 1000 m je v průměru 20 °C). Příznivé podmínky jsou např. na Havaji. I tam má zatím jen nepatrný praktický význam a vesměs jde spíše o celkem úspěšné experimenty.

Vlnové elektrárny pracují na principu válce s pístem, stlačeného působením vln a zvedaného plynem, který je v něm instalován. Pohyb válce se mění na elektřinu pomocí lineárního generátoru. Pět elektráren tohoto typu pracuje na pobřeží Portugalska od roku 2004.

Přilivové elektrárny mají největší význam. Přilivová energie byla využívána již od roku 1100 n. l. v anglických a francouzských mlýnech. Od roku 1960 pracuje v Saint Malo na SZ pobřeží Francie přílivová elektrárna s výkonem 240 MW. Další jsou v Kanadě (Bay of Fundy), v Murmanskú v Ruské federaci a v Číně. V Evropské unii je takto možné získávat až 105 TWh ročně.

Vodní elektrárny

Produkují asi 2,5 % celkové spotřeby energie ve světě (obr. 90, 91, 92). Využívají energii vodních toků, která je v podstatě energií gravitačního pole Země. Využívají jednak přírodního spádu vodních toků, jednak přehradami vytváří umělý spád. Zajímavou konstrukcí jsou spádové vodní elektrárny.

Přírodní spád, zejména horních částí vodních toků, využívají hlavně malé vodní elektrárny, zásobující jednotlivá sídliště či malé podniky (Kořensko, Lipno II., Hněvkovice a další, vč. soukromých).

Většina významných elektráren je založena na vytvoření umělého prudkého spádu vody přehradami. Každá taková přehrada znamená zatížení a s tím spojené poklesy území, zásah do morfologie a mikroklimatu krajiny v oblasti přehradního jezera a změny v transportu horninového materiálu vodními toky.

Příkladem našich velmi efektivních přečerpávacích vodních elektráren v provozu jsou Dalešická

hydroelektrárna u Jaderné elektrárny Dukovany na Třebíčsku a hydroelektrárna Dlouhé Stráně nedaleko nejvyšší hory na Moravě Pradědu na Šumpersku. Plánovaná je unikátní mezistátní elektrárna Lipno – Aschach (obr. 94), která má pracovat na principu výměny vody podzemním tunelem mezi Vltavou na Lipenské přehradě a Dunajem v Rakousku. Kapacitou ve špičce až 500 MW by byla významným stabilizátorem energetické sítě.

Význam vodních elektráren dokumentuje růst počtu přehrad, spojených s elektrárnami:

Rok	1950	1982	1986	2000
Svět	5 268	35 166	36 327	45 000
Evropa	1 323	3 961	4 114	

Vodní elektrárny produkují v České republice asi 2,5 % elektřiny, na Slovensku, zejména na řece Váh, je to až 18 %.

3.1.8 Tepelná energie Země

Tepelná energie Země je využívána třemi způsoby: v tzv. geotermálních elektrárnách, jako suché teplo a jako energie magmatu (obr. 95 – 99):

- Geotermální elektrárny

Geotermální elektrárny mohou být budovány v oblastech s anomálně vysokým tepelným tokem, kde mohou být teploty nad 100 °C v poměrně malých hloubkách (u nás, zejména na Karlovarsku, je použitelná teplota v oblasti krušnohorské geotermální anomálie v hloubce několika set až tisíc metrů).

První geotermální elektrárna byla spuštěna v roce 1913 v údolí řeky Pádu v severní Itálii. Teplo čerpá z hloubky 1000 – 2000 m. Další jsou nyní na Islandu, Novém Zélandu (Wairakei) a v USA (Salton sea, Mammoth sea, Yellowstone, obr. 96).

Podíl elektřiny z geotermálních zdrojů se neustále výrazně zvyšuje. Většími producenty jsou nyní i Filipíny, Island, El Salvador, Kostarika, Mexiko a Japonsko.

Vliv na životní prostředí závisí na konstrukci elektráren. *Skupina elektráren v Salton sea na západě USA získává přehřátou (300 °C) vodní páru, kterou ochlazuje na 100 °C v chladicích věžích. Při tom se ovšem uvolňuje množství pohlcených plynů, zejména sloučenin síry, které zamořují rozsáhlé okolí. Protože z těchto elektráren je odváděna elektrická energie na běžných dřevěných sloupech, je minimalizován vliv rozvodu elektřiny na elektromagnetické pole Země.*

Na okraji národního parku u Mammoth sea je z několika vrtů získávána horká pára, která přes izobutan předává teplo a ochlazená se vrací zpět do země vrtem hlubokým několik tisíc metrů (obr. 96). Vlivy na okolí jsou zcela nepatrné.

Nezanedbatelné je také vytápění domů, skleníků i průmyslových objektů horkou vodou. Běžné je takové využití na Islandu, v Maďarsku (v geotermální oblasti panonské pánve) a na jižním Slovensku, ve střední Francii i jinde. Nevýhodou je, že se vrty a přírodní potrubí zanáší látkami rozpuštěnými v používané vodě. Minerální látky se vysráží při ochlazování a přírůdky se musí často vyměňovat.

- Suché teplo hornin

K využití suchého tepla hornin je třeba, aby tepelný tok ohříval horniny na nejméně 90 °C v hloubce do 5 km.

Dosavadní pokusy k využití na pohon turbíny nebyly příliš úspěšné. V německém Urachu nebyl zastižen potřebný tepelný tok, v americkém Los Alamos (obr. 97) byla půl roku pokusně produkována elektřina, ale provoz soustavy byl příliš nákladný. Systém je založen na vytvoření umělé poruchy v potřebné hloubce, do které se vhná chladná voda, ta se ohřeje teplem okolních hornin a jiným vrtem na téže poruše čerpá k dalšímu využití. Na vrtu je ovšem možno použít i soustavy trubek navzájem izolovaných. Kapacita zdroje je omezena rychlostí znovuohrátí okolních hornin.

- Energie magmatu

Ve stádiu výzkumu jsou možnosti využívání tepla přenášeného na zemský povrch při sopečných výbuších, ve stádiu pokusů je využití tepelné energie magmatických krbů.

Nejdále pokročily pokusy v USA, kde v souvislosti s teoretickou možností využití tepla kaldery Long Halley v Sierra Nevada, byly vyřešeny technické problémy (např. možnost vrtání do žhavé magmatické taveniny), ale vlastní pokus byl ukončen, protože skutečné geologické poměry byly odlišné od projektových předpokladů. V podstatě šlo o to, že krb měl být navrtán v předpokládaném centru kaldery. Vrtem ale bylo zjištěno, že se centrum nachází jinde a přínos tepla souvisel se systémem zlomů na jejím západním okraji (obr. 95, 98, 99).

Tepelná energie nitra Země se neustále obnovuje v důsledku subdukčních procesů od doby jejich spuštění organismy. Je proto prakticky nevyčerpatelná po dobu odpovídající odhadům celkové životnosti planety, která je asi v polovině svého vývoje, tzn. dalších cca 4,5 miliardy let. Mohlo by být i déle, pokud ovšem bude Slunce stále dodávat primární energii tomuto systému. Nicméně i v těchto úvahách má rozhodující omezení zákon entropie.

3. 1. 9 Jaderná energie

Jadernou energii lze získávat několika způsoby:

- jako energii jaderného rozpadu radioaktivních látek (např. U_{238} na U_{235} a plutonium),
- jako vedlejší produkt při výrobě plutonia pro vojenské účely (tato technologie byla používána v ukrajinském Černobylu),
- v budoucnosti bude hlavním zdrojem jaderné energie termojaderná fúze v tzv. tokamaku. Pokusná zařízení jsou např. v USA (TFTR) a Japonsku (JT 60-U), do provozu je nově uveden švýcarsko-francouzský tokamak JET a ITER. Patří sem hlavně několik zařízení v Rusku (T-IO), v nichž je zatím jen uvolňováno více energie, než kolik je potřeba na udržení fúzní reakce. V ČR pracují dva experimentální tokamaky. První komerční fúzní elektrárny ve světě by měly pracovat až po roce 2050.

Jedním z největších problémů současných technologií je bezpečné ukládání odpadu z jaderných elektráren.

Dříve běžné ukládání v betonových obalech do moře je mezinárodními konvencemi zakázáno (pravděpodobně se ovšem děje i nadále), vyhledávání podzemních úložišť je provázáno protesty (které však jsou málo oprávněné a nejspíš podněcovány různými zájmy, mj. i jiných producentů energií). Do budoucna

jsou však zcela zbytečné, věcně neoprávněné. Při rozpadu radioaktivních látek zbývá asi 4 % radioaktivního odpadu a 94 % radioaktivního materiálu. Technologicky je však vyřešena (prof. Havel z Masarykovy univerzity v Brně) jeho recyklace tak, že je možné znovuvyužití jako zdroj energie, při němž pak vznikají produkty s velmi krátkým poločasem rozpadu, které jsou během několika let zcela neškodné.

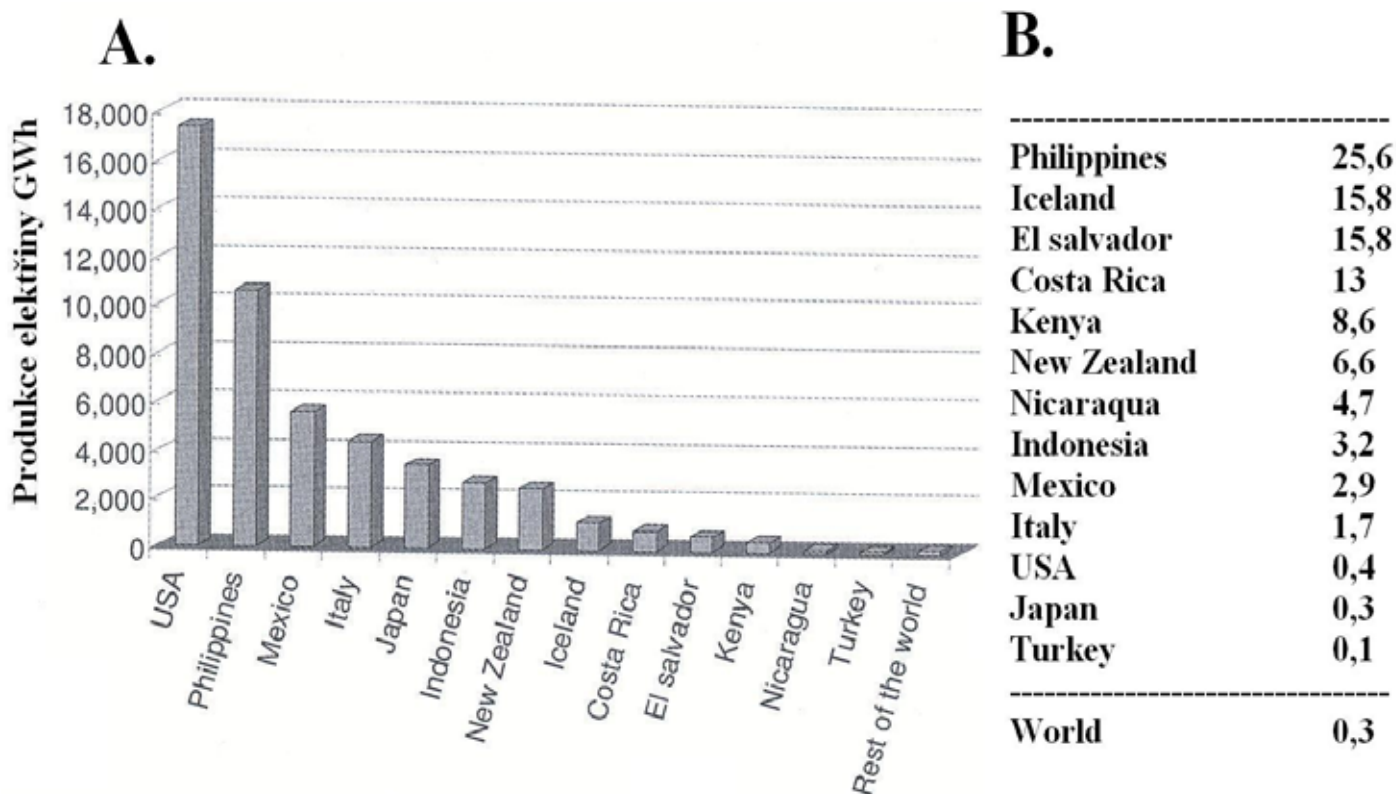
V České republice jsou na budování podzemních úložišť radioaktivního odpadu všeho druhu vytipovány lokality na Jindřichohradecku (Lodhěřov, Klenová, Kunějov), Růžová u Třeště, Blatno a Tis u Blatna v západních Čechách a Chyšky a Vlksice na Táborsku aj.

V Evropě v současné době produkuje elektrickou energii více než 100 jaderných elektráren (poslední byla uvedena do provozu v r. 2006 ve Finsku), nejvíce jich je ve Francii, kde produkují asi 78 % elektrické energie státu.

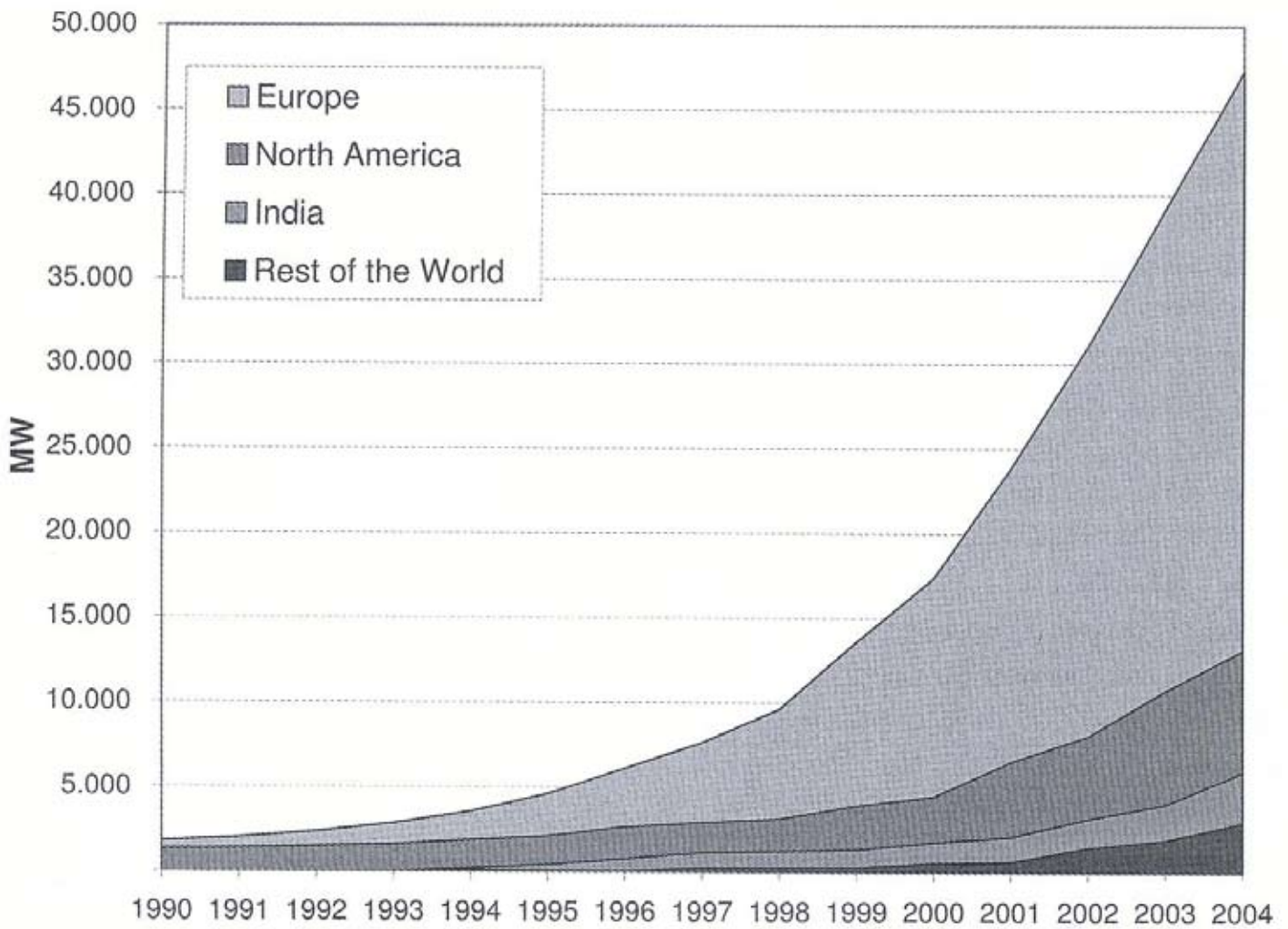
V České republice jsou v provozu dvě jaderné elektrárny - Dukovany s kapacitou 3 760 MW a Temelín 2 x 1 000 megawatt. Produkují 23 % celkové spotřeby elektrické energie u nás. O rozšíření JE Temelín o 3. a 4. blok a o výstavbě další jaderné elektrárny není ještě koncem roku 2009 rozhodnuto (měla by být na Ostravsku), ale zřejmě nelze počítat s tím, že by mohla dodávat elektřinu dříve než po roce 2030.

Perspektivně představuje jaderná energie nejvhodnější zdroj energie v příštích desetiletích vzhledem k velmi nízkým vlivům na životní prostředí a Zemi při normálním provozu.

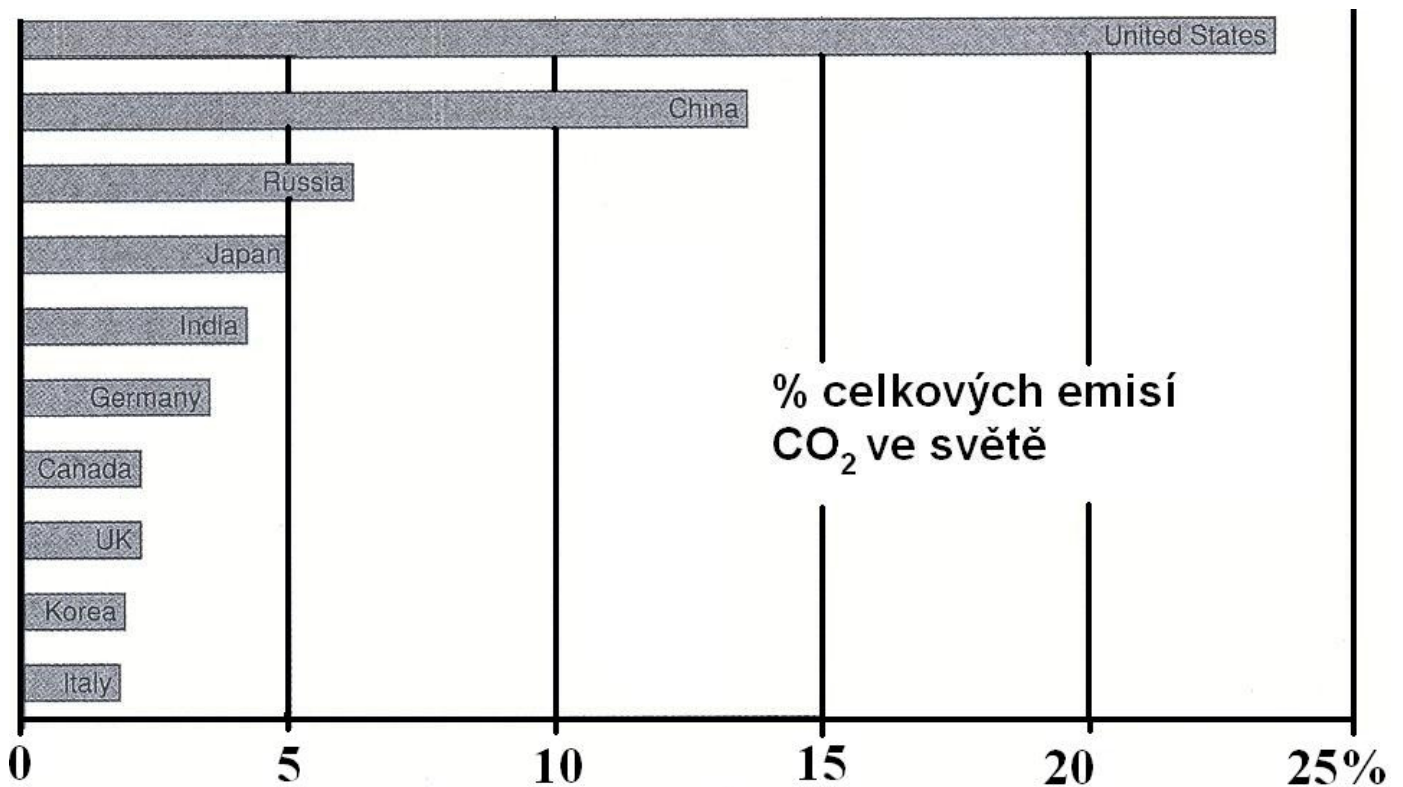
Na celém světě bylo v roce 2009 v provozu celkem 436 jaderných reaktorů a více než 40 bylo ve výstavbě.



Obr. 65 Produkce elektřiny v GWh v jednotlivých zemích (A) a podíl jednotlivých zemí v % na celkové produkci geotermálních elektráren.



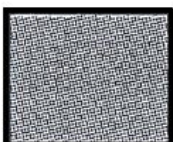
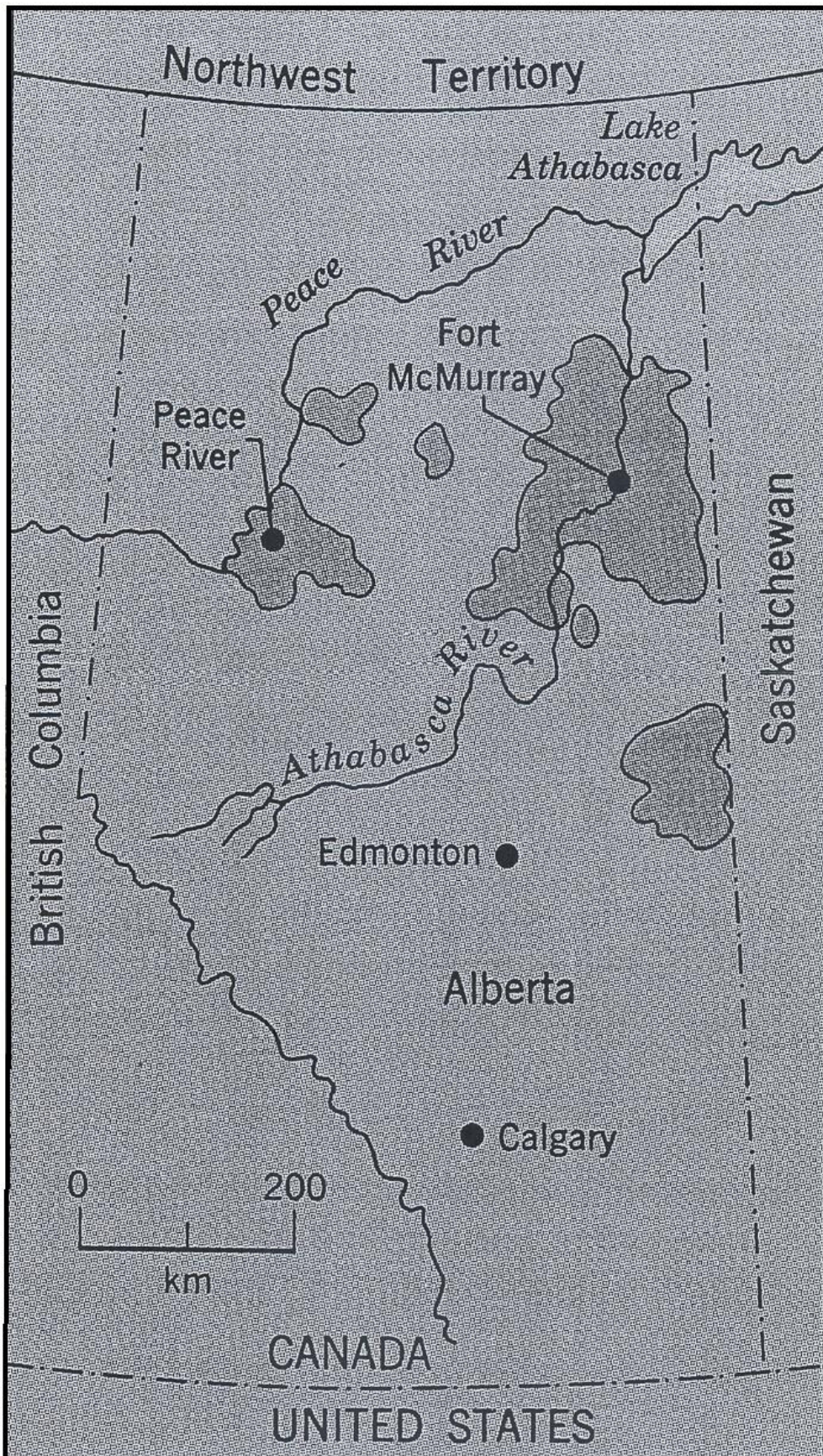
Obr. 66 Instalovaná kapacita větrných elektráren 1990 – 2004. Olah et al., 2006



Obr. 67 Podíl jednotlivých zemí na celkové produkci CO₂ ve světě.

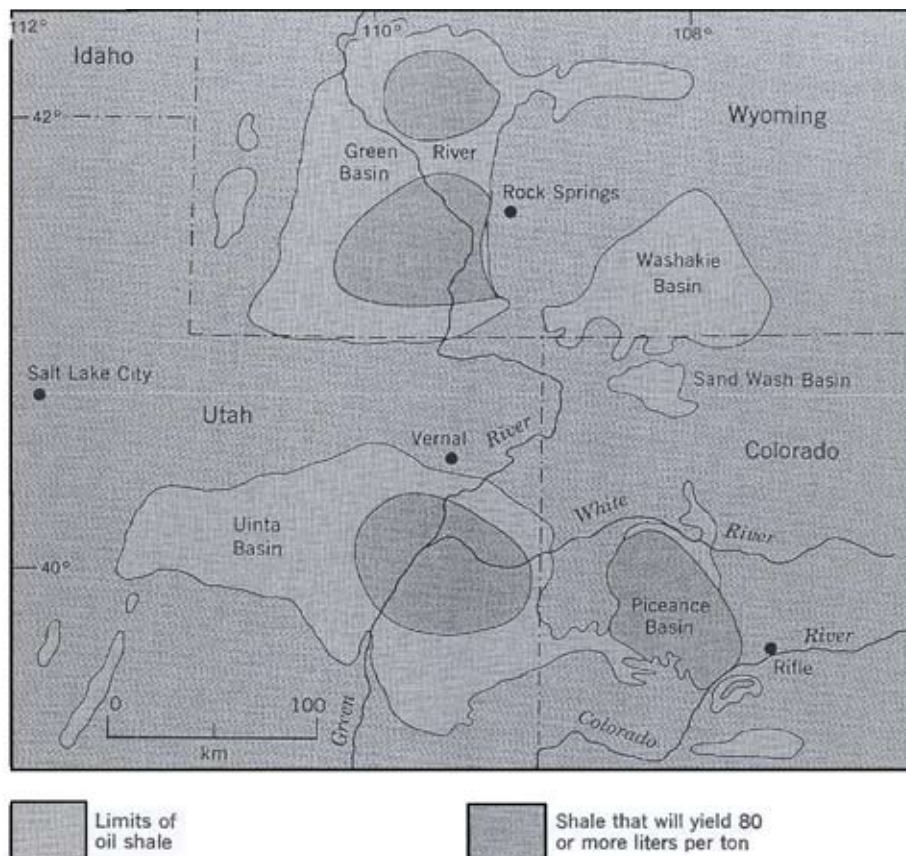


Obr. 68 Geotermální elektrárna Salton Sea v USA uvolňuje značné množství páry a v ní obsažených plynů, zejména sloučenin síry.

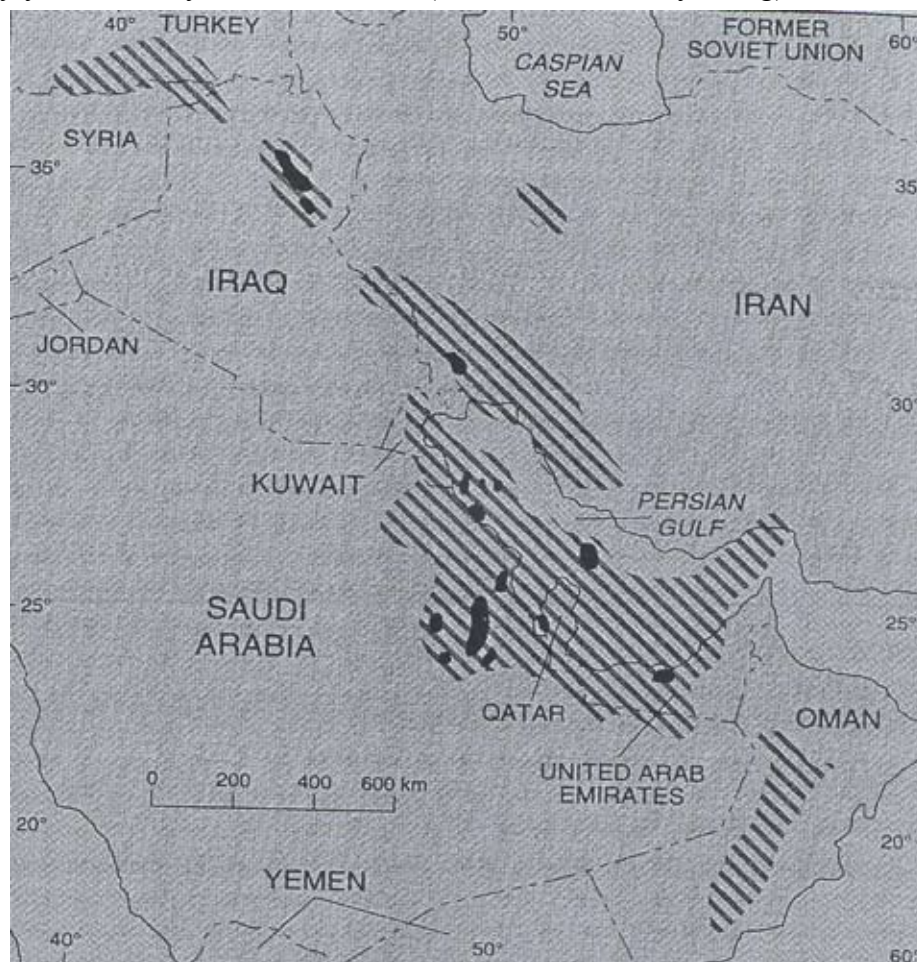


Area underlain
by tar sand

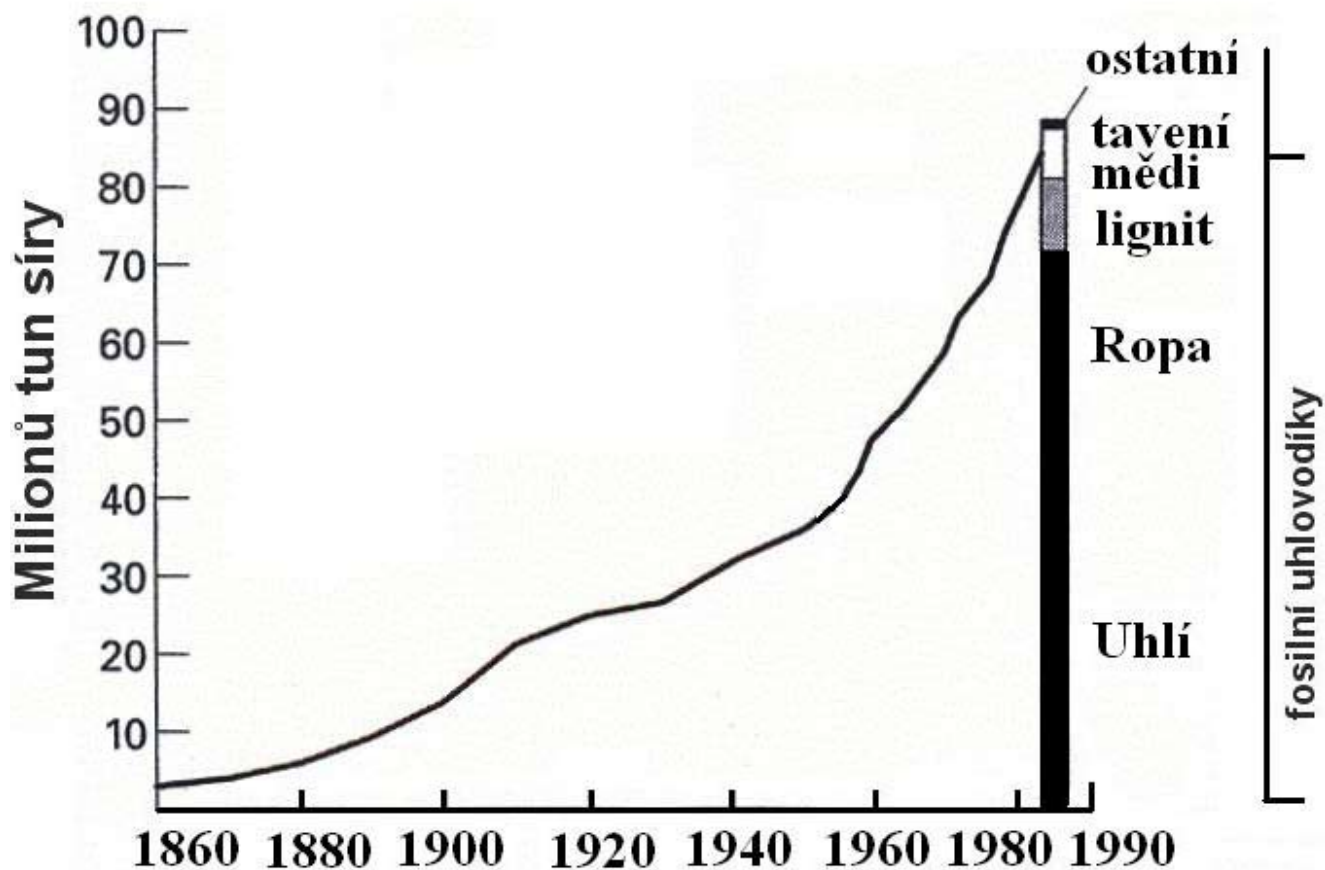
Obr. 69 Výskyty asfaltových písků v Kanadě, provincie Alberta. Geoscientist, 2008



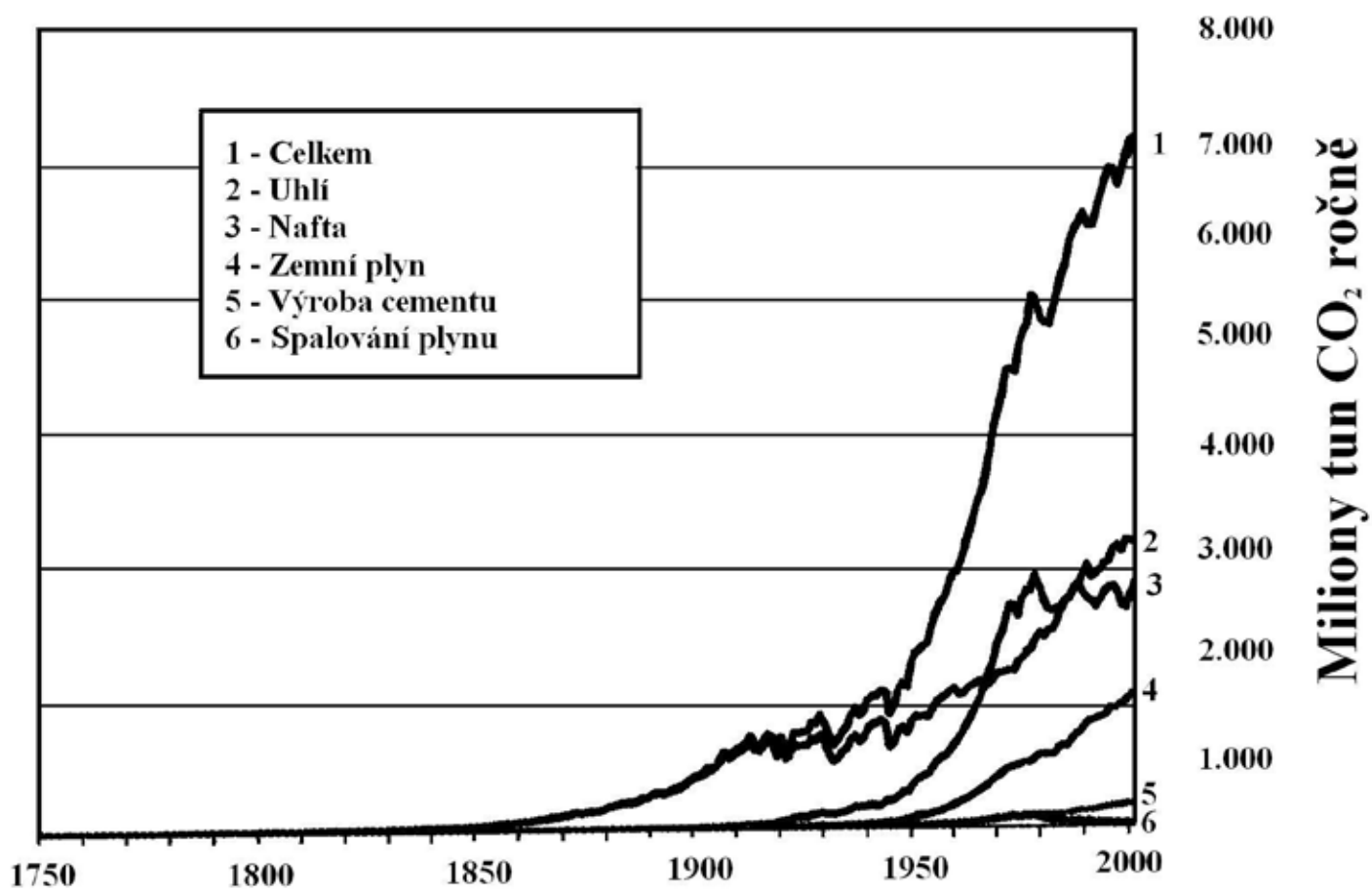
Obr. 70 Výskyty bitumenových břidlic v USA (Utah, Colorado, Wyoming). Geoscientist, 2008



Obr. 71 Rozsah ropných polí v zemích Středního Východu (šrafované). Černě jsou vyznačena nejvýznamnější těžená pole. Celkový počet těžených polí v oblasti Perského zálivu je kolem 400. Geoscientist, 2008

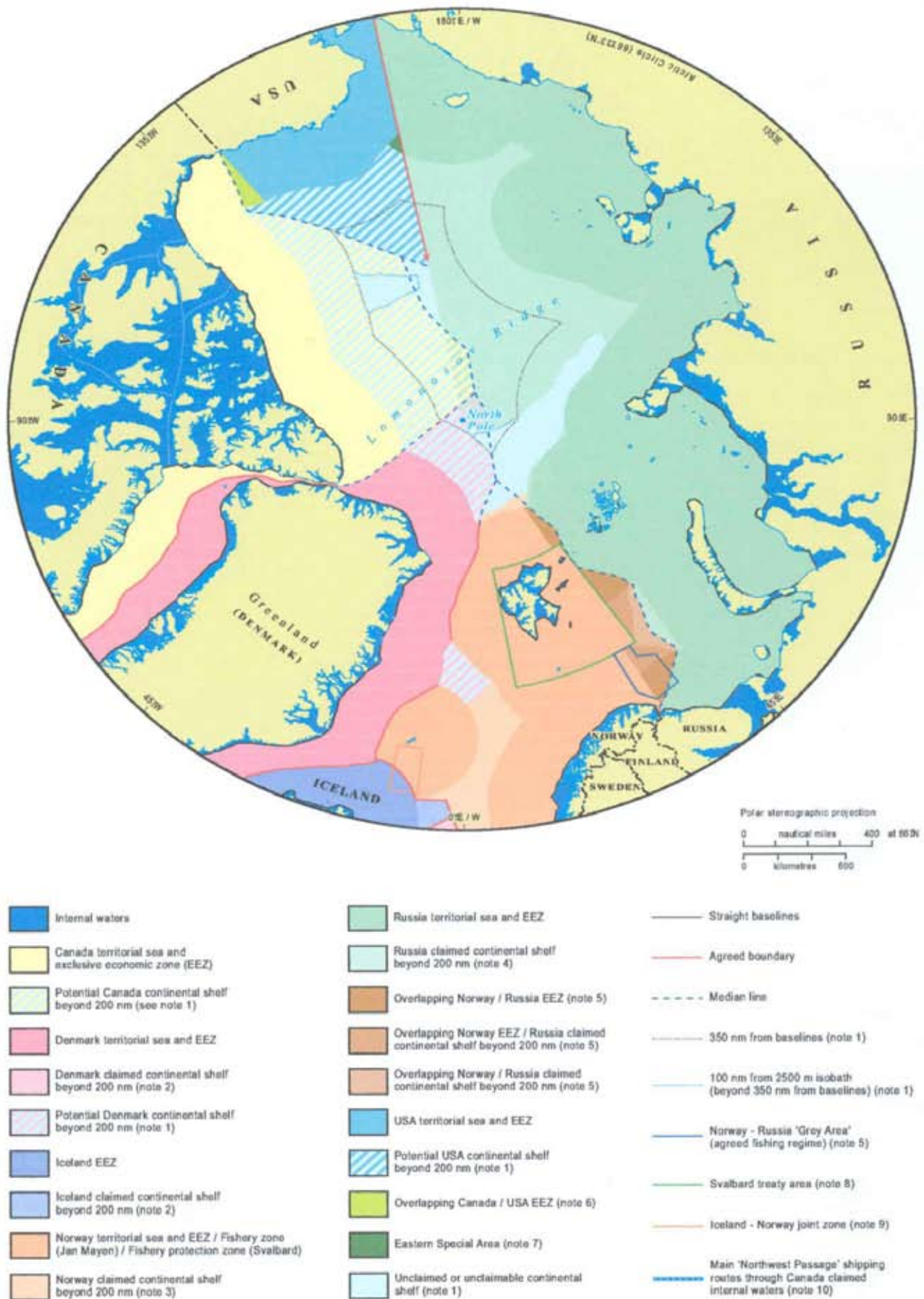


Obr. 72 Světová produkce síry podle zdrojů.

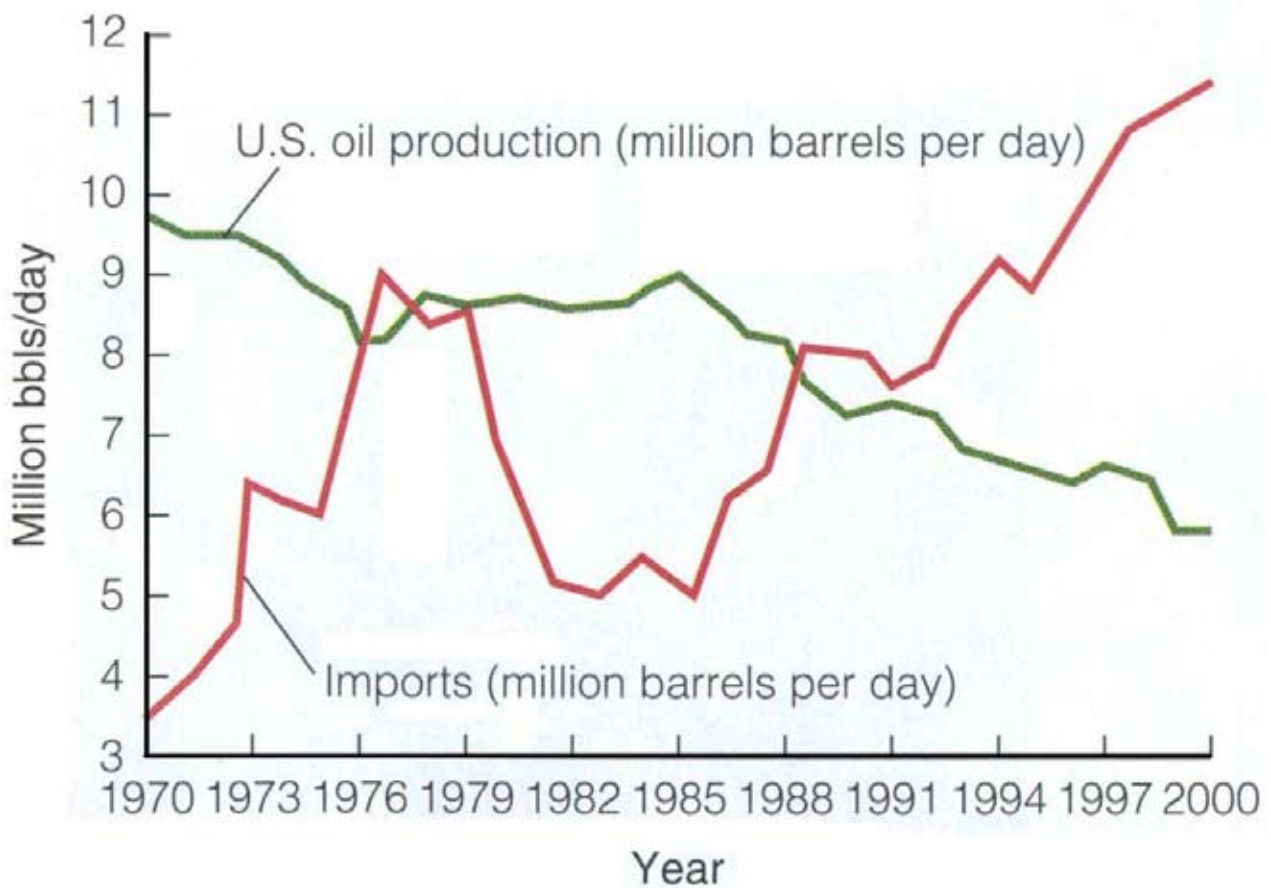


Obr. 73 Celková produkce CO₂ spalovacími procesy podle průmyslových zdrojů.

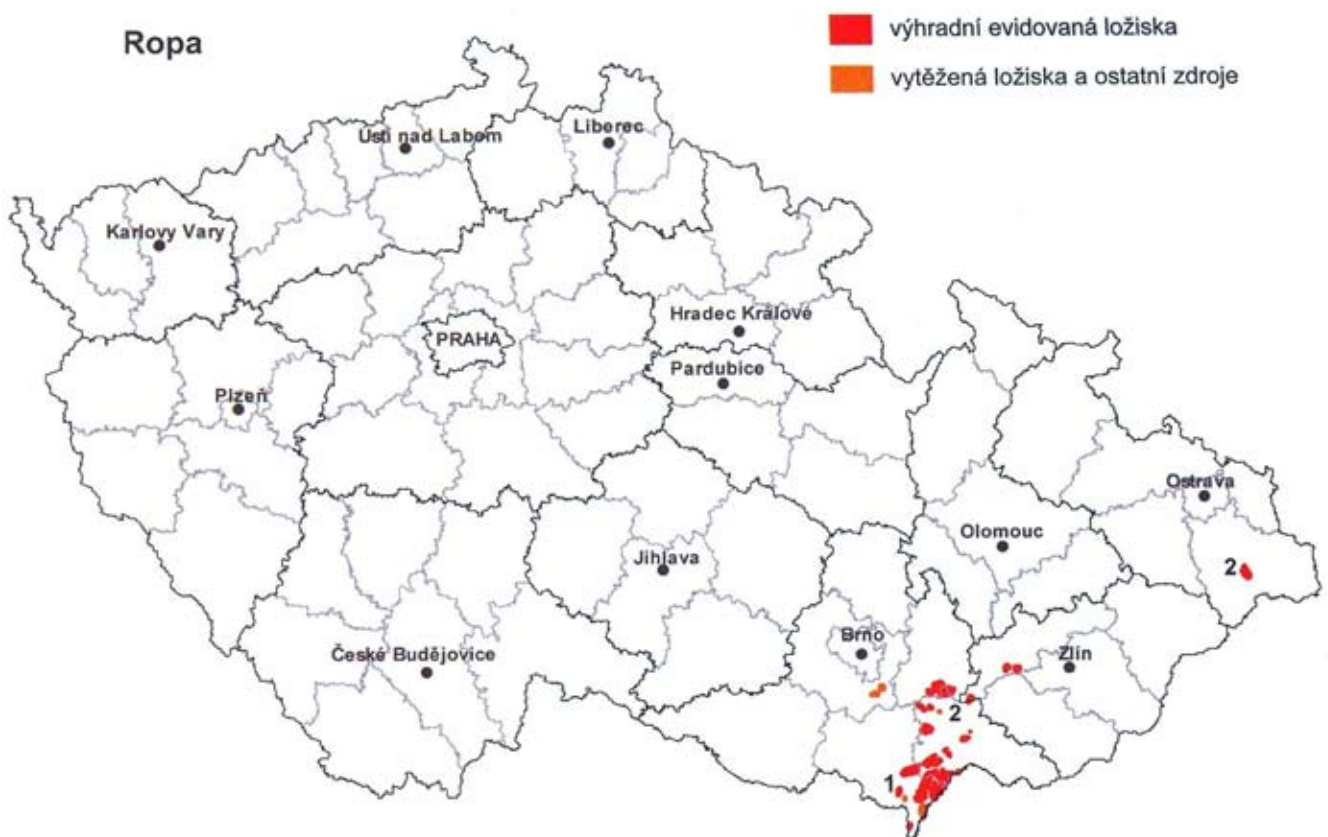
Maritime jurisdiction and boundaries in the Arctic region



Obr. 74 Hranice zájmových sfér států v oblasti Arktidy.

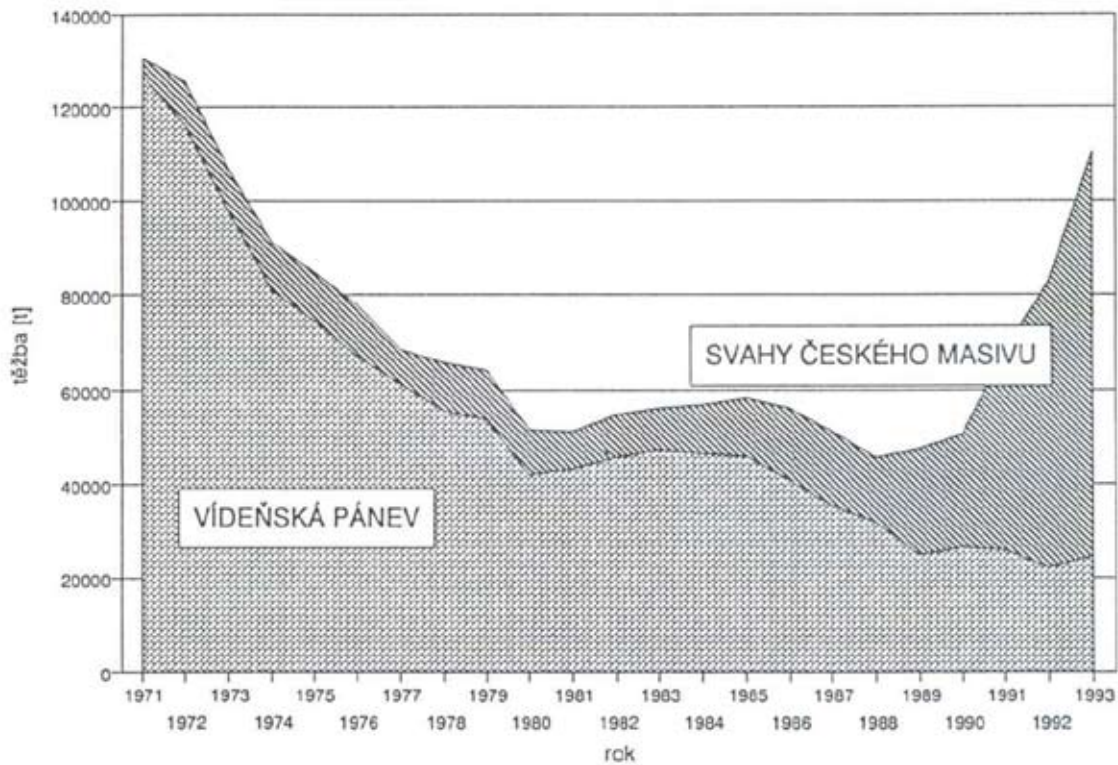


Obr. 75 Denní produkce a dovoz ropy do USA v milionech barelů v období 1970 – 2000.

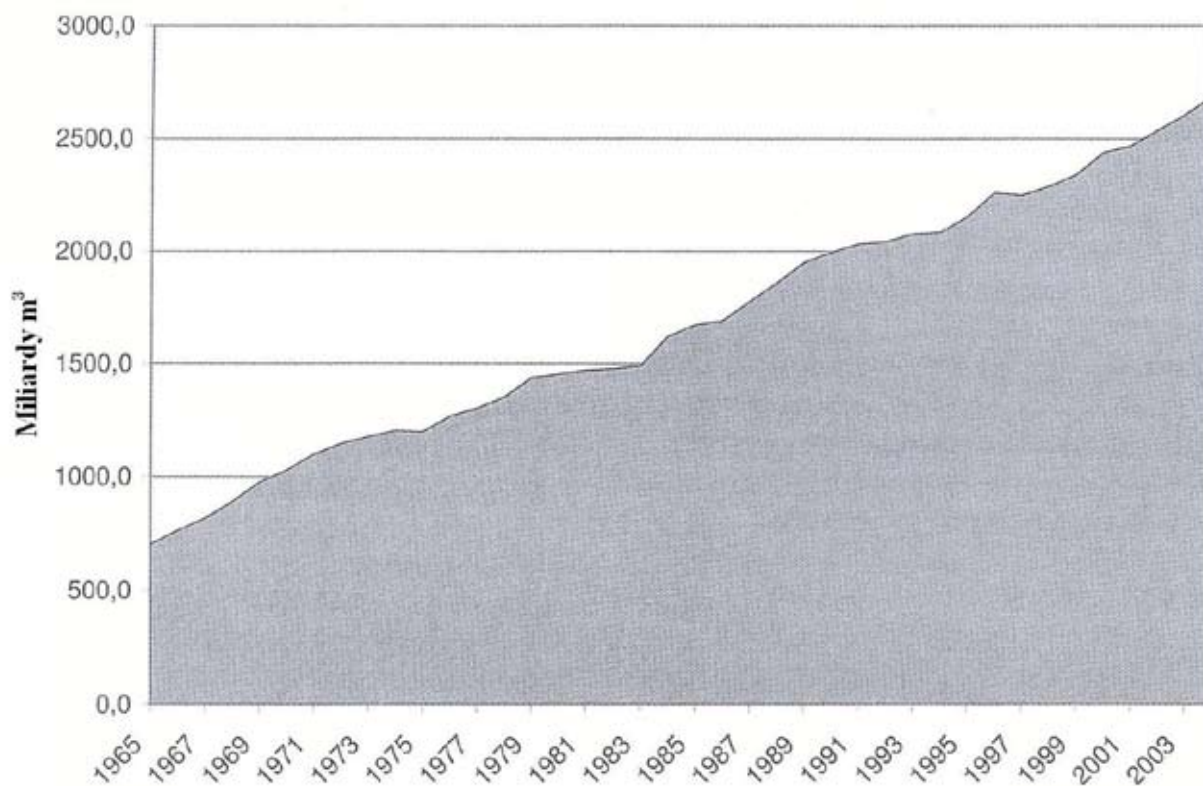


Obr. 76 Ložiska ropy v ČR. Ročenka Geofondu, 2007

Přehled těžby ropy MND a.s. Hodonín
v období 1971 - 1993

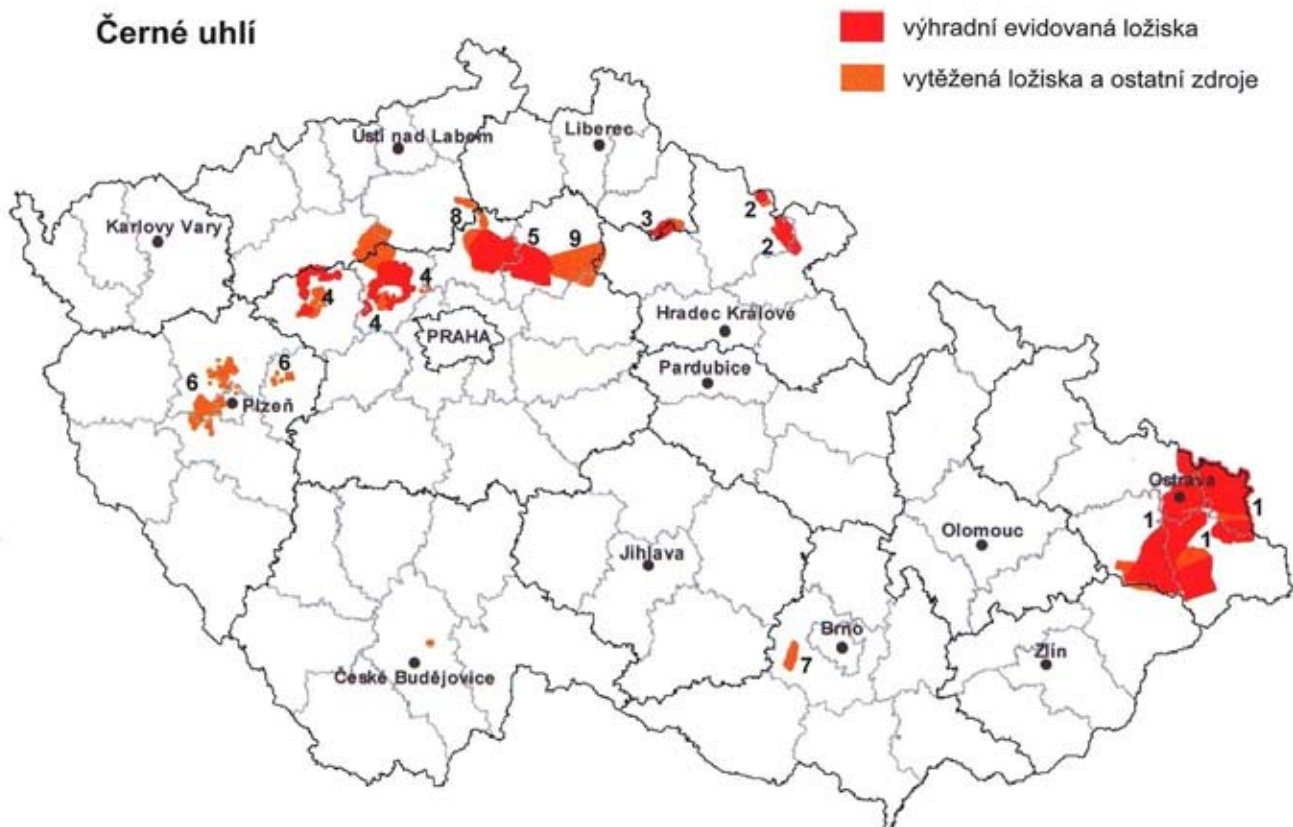


Obr. 77 Přehled těžby ropy MND a.s. Hodonín v l. 1971 – 1993.
Uhlí, rudy, geol. průzkum, 2004



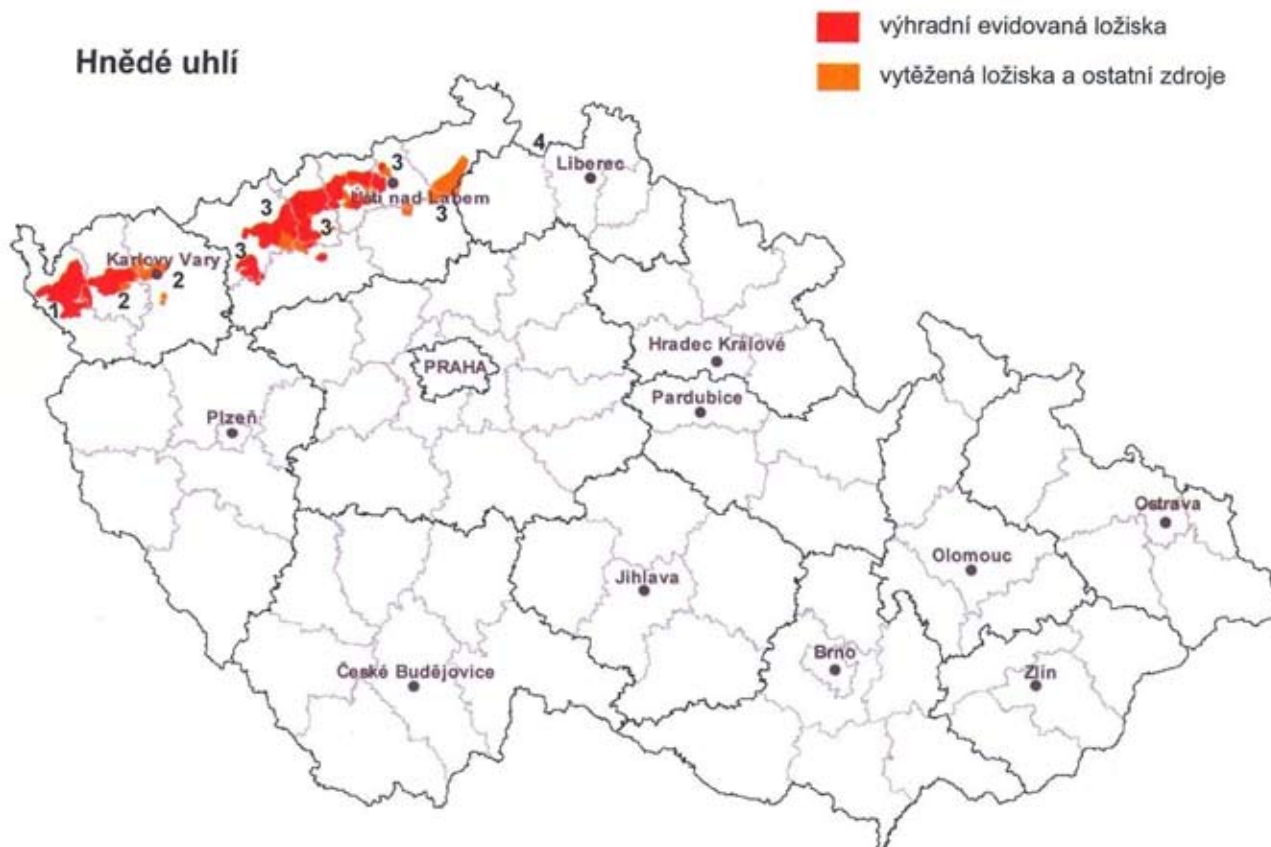
Obr. 78 Růst celkové produkce zemního plynu ve světě v l. 1965 – 2003 v miliardách m3.
Olah et al., 200

Černé uhlí

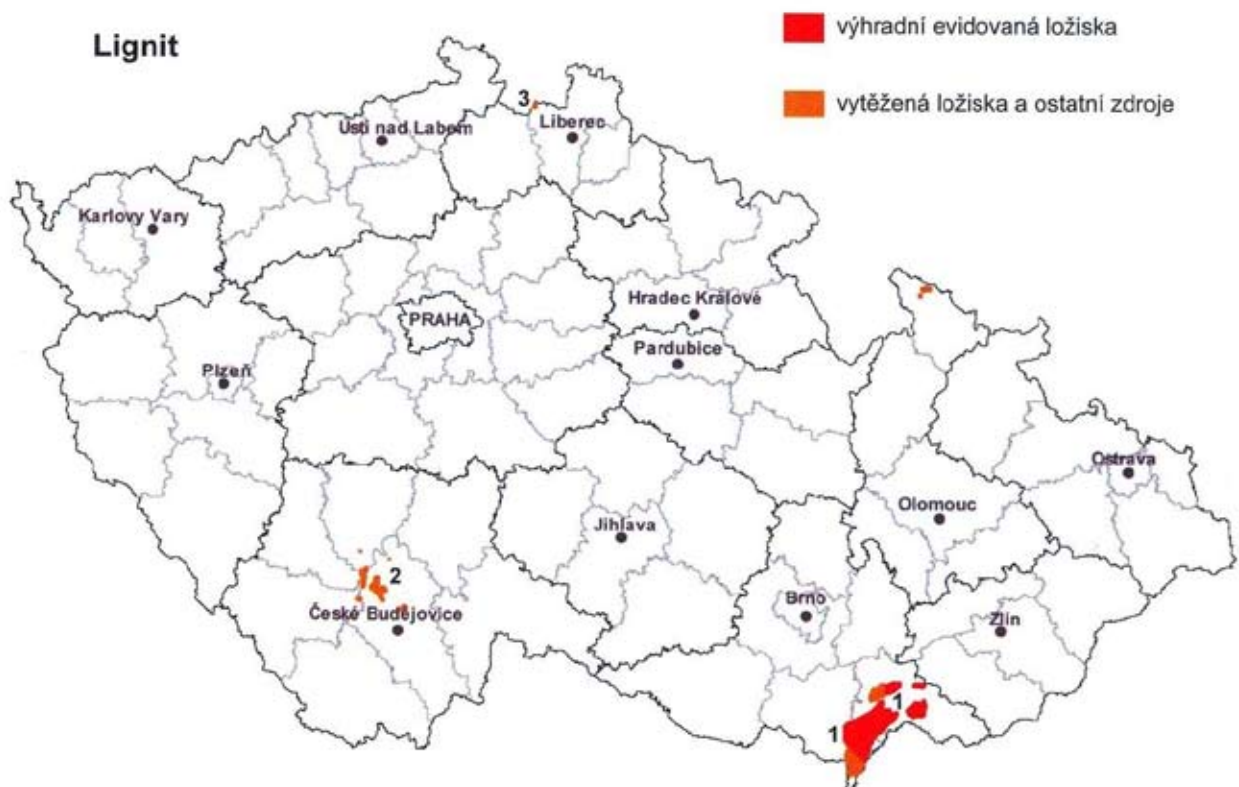


Obr. 79 Ložiska černého uhlí v ČR. Stav v r. 2007. Ročenka Geofondu, 2007

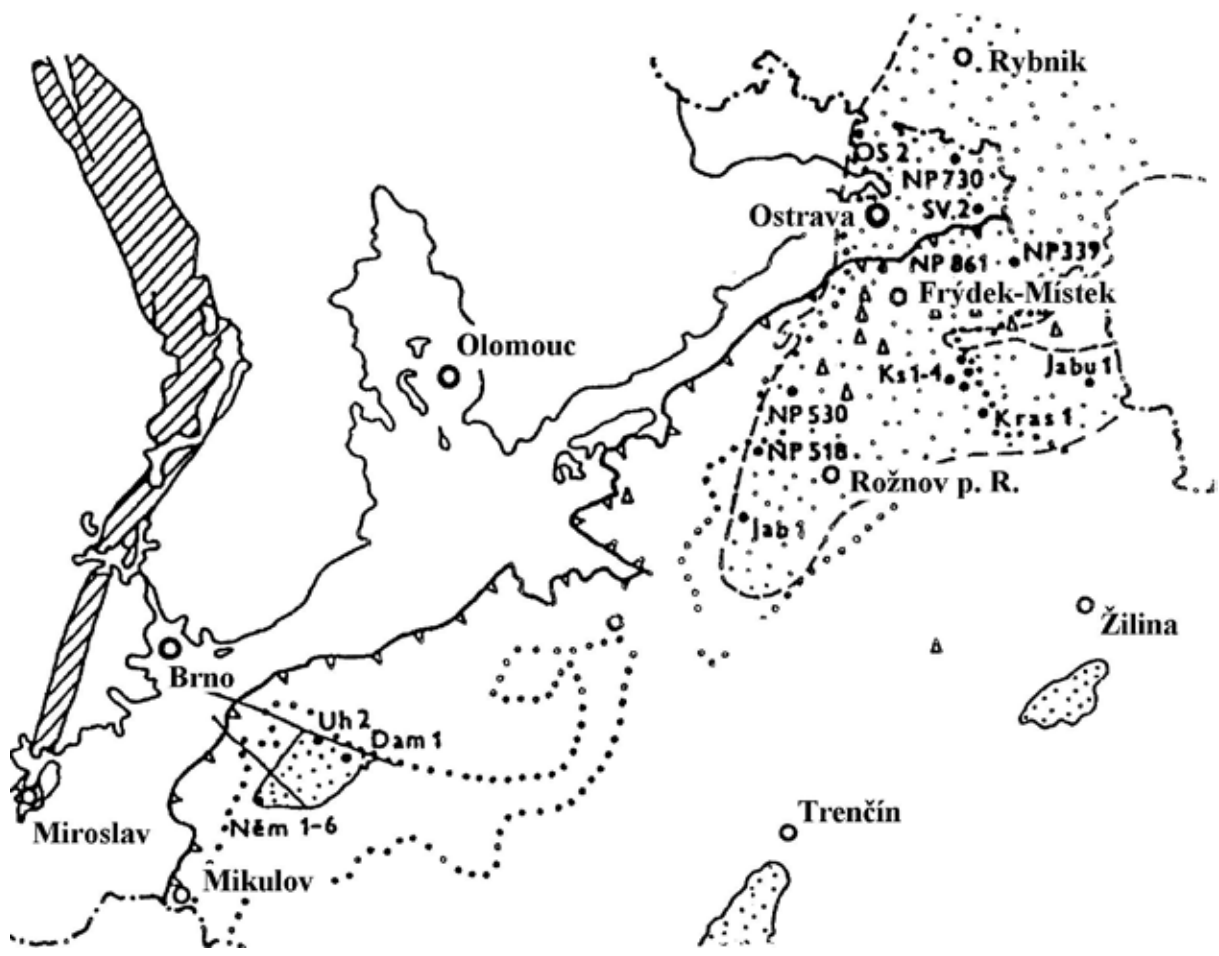
Hnědé uhlí



Obr. 80 Ložiska hnědé uhlí v ČR. Stav v r. 2007. Ročenka Geofondu, 2007

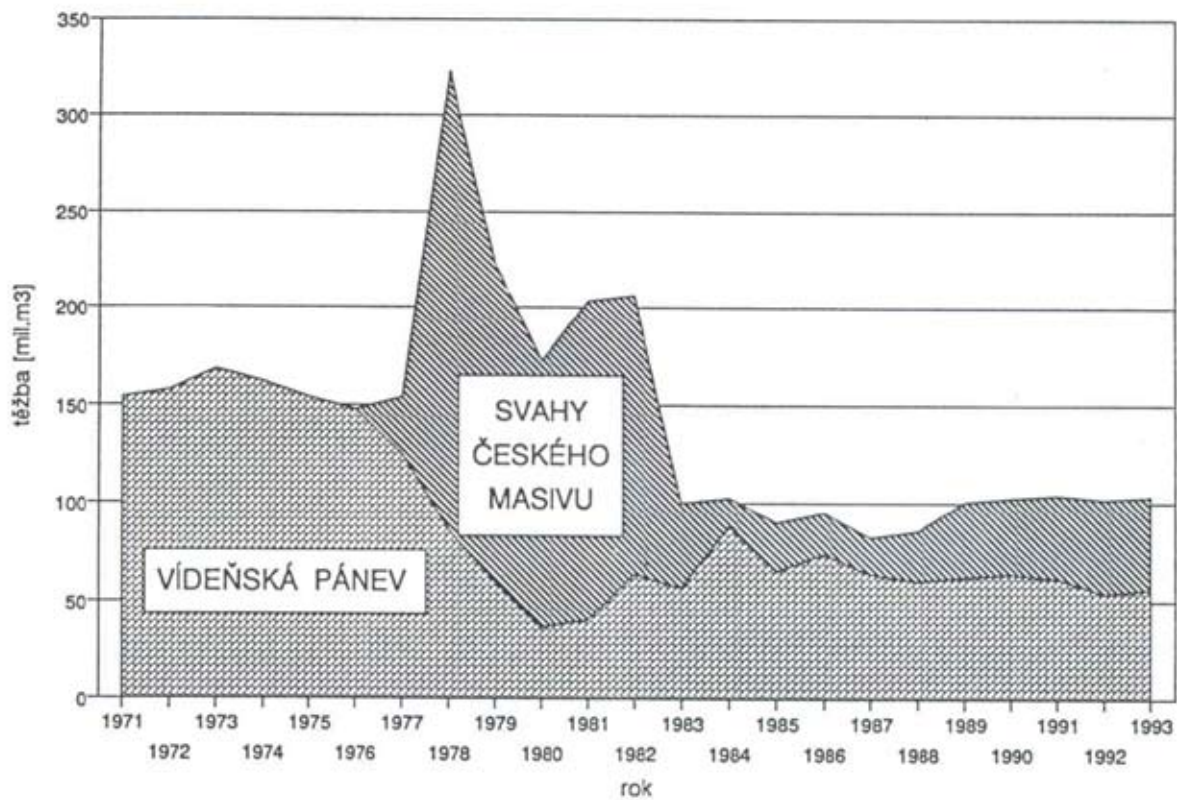


Obr. 81 Ložiska lignitu v ČR. Stav v r. 2007. Ročenka Geofondu, 2007



Obr. 82 Rozšíření uhelných slojí v podloží příkrovů vnějších Západních Karpat. Uvedeny vrty, jimiž byly výskyty ověřeny.

Přehled těžby plynu MND a.s. Hodonín
v období 1971 - 1993



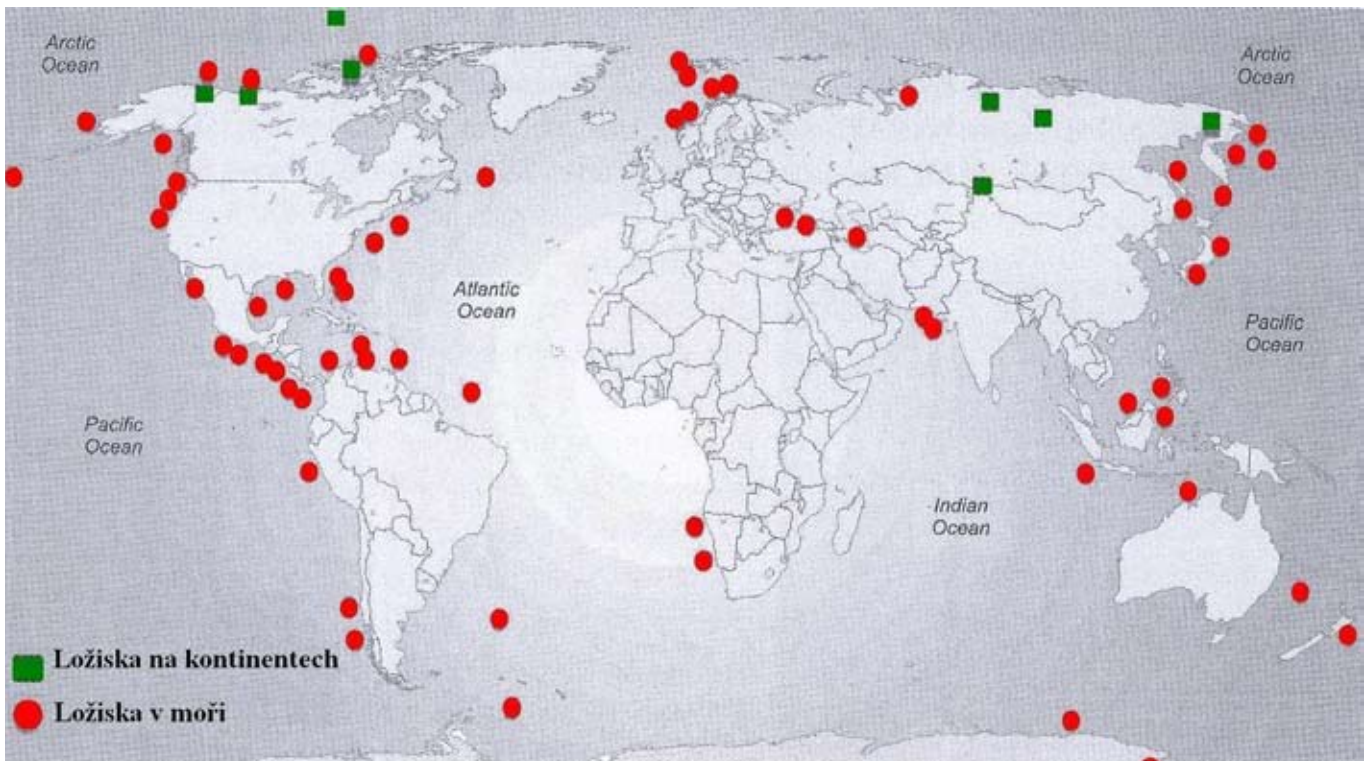
Obr. 83 Přehled těžby zemního plynu MND a.s. Hodonín v l. 1971 – 1993.

Uhlí, rudy, geol. průzkum, 2004

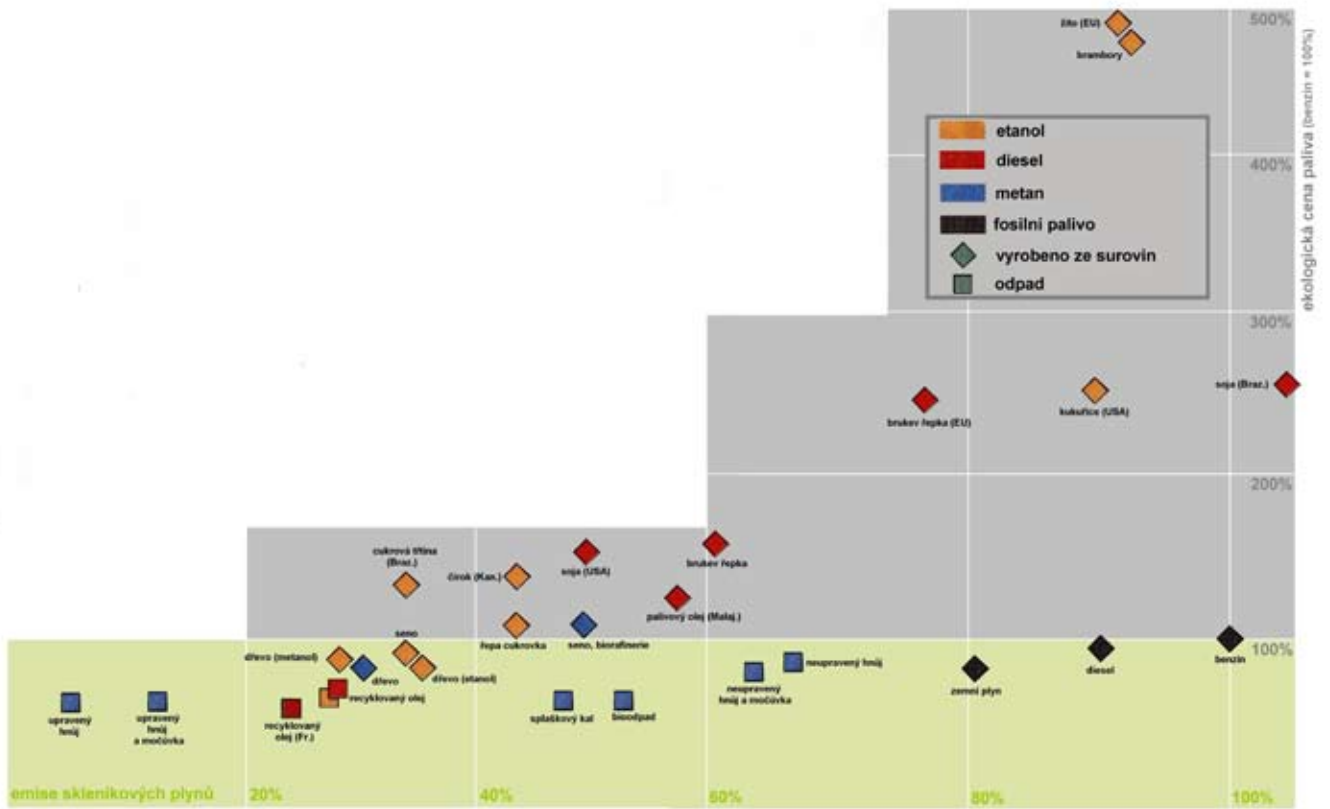


Lidové noviny 15. 3. 2008

Obr. 84 Podzemní zásobníky plynu v ČR. Lidové noviny 15. 3. 2008

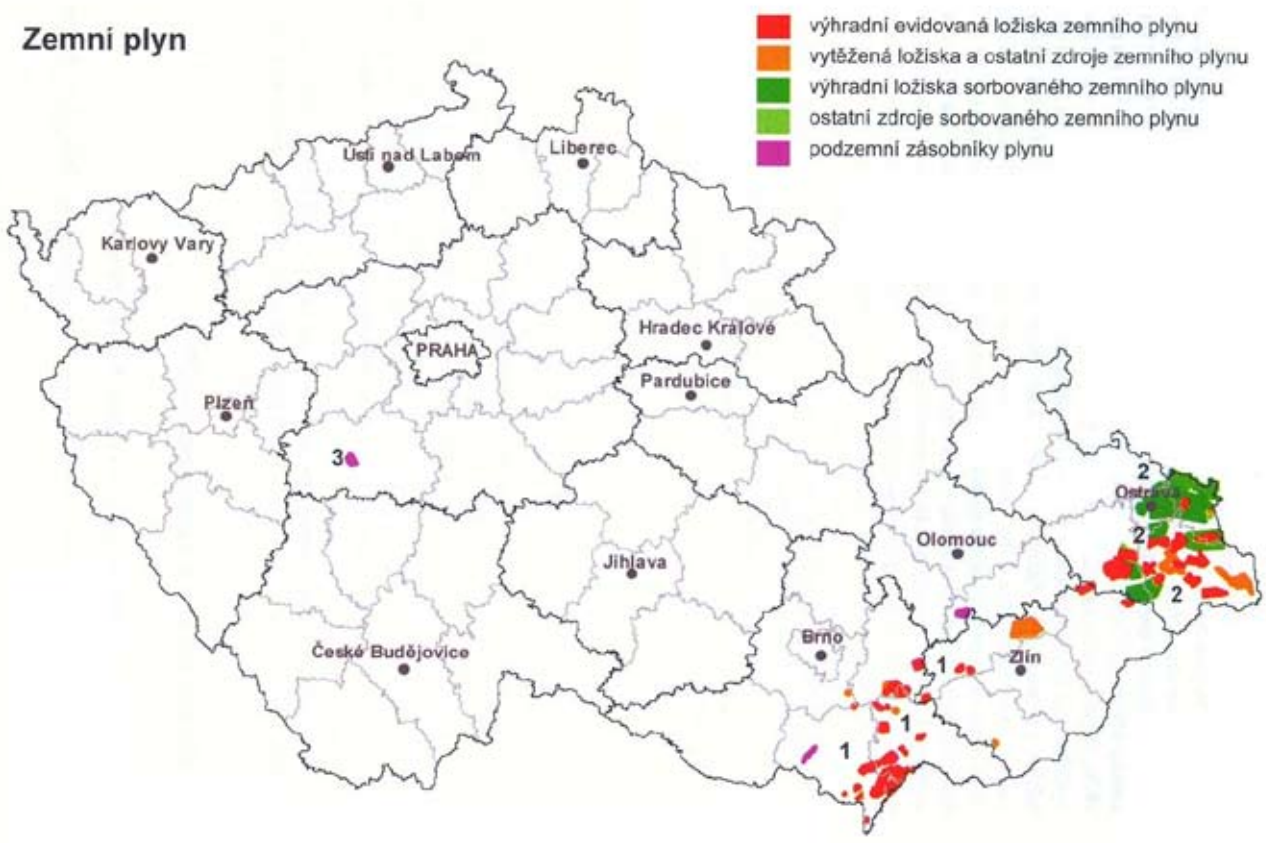


Obr. 85 Výskyty ložisek hydrátů metanu v mořích a na kontinentech. Olah et al., 2006

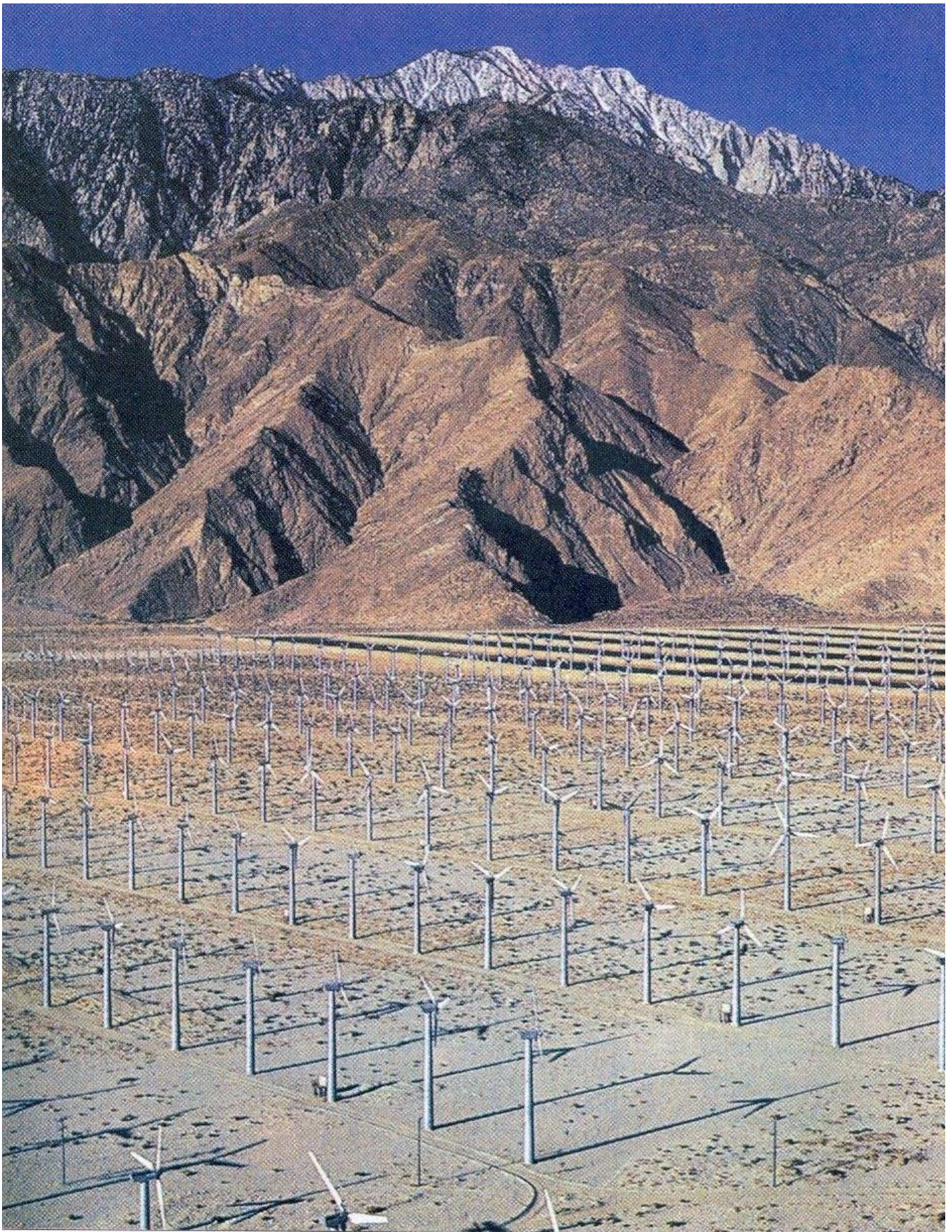


Obr. 86 Emise skleníkových plynů z biopaliv ve srovnání s fosilními palivy. Lidové noviny 9. 1. 2008

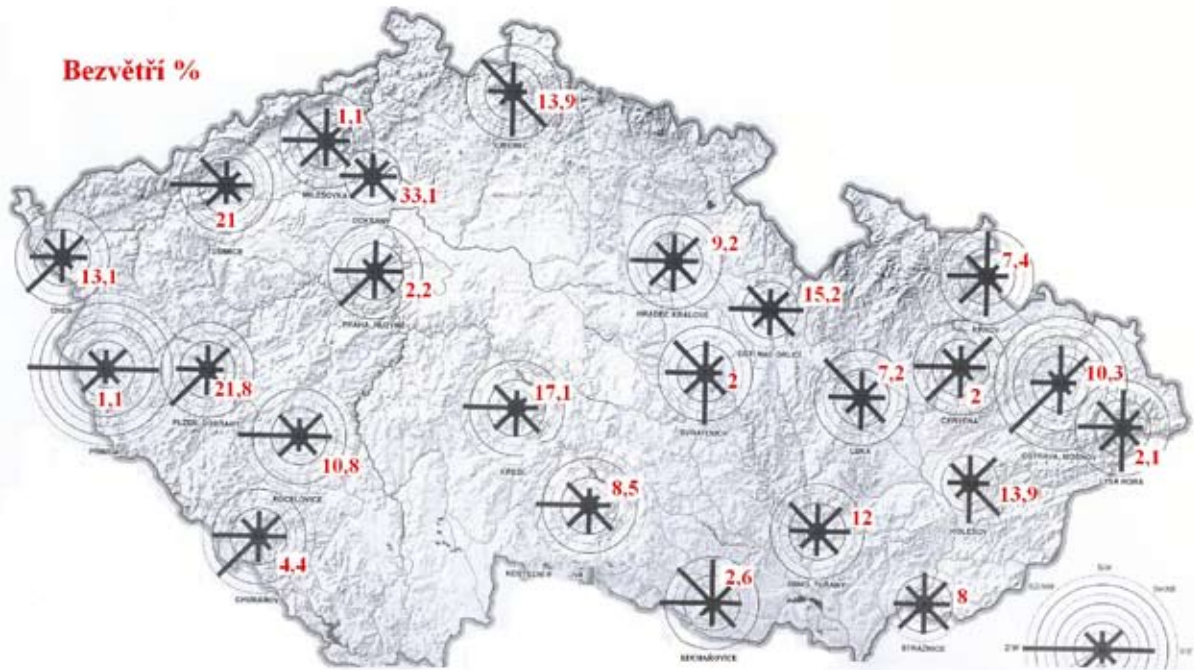
Zemní plyn



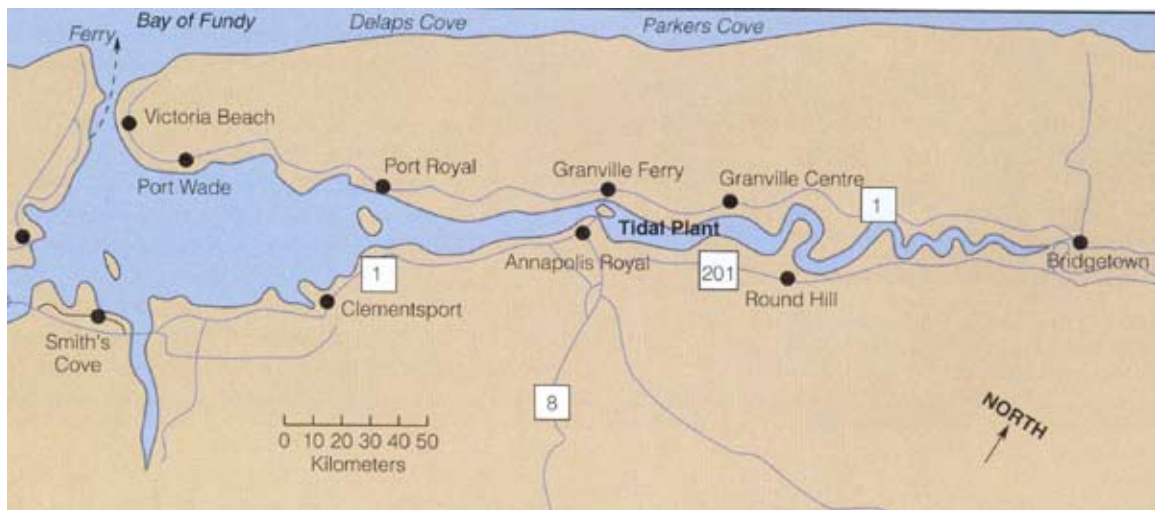
Obr. 87 Ložiska zemního plynu ČR, stav 2007. Ročenka Geofondu, 2008



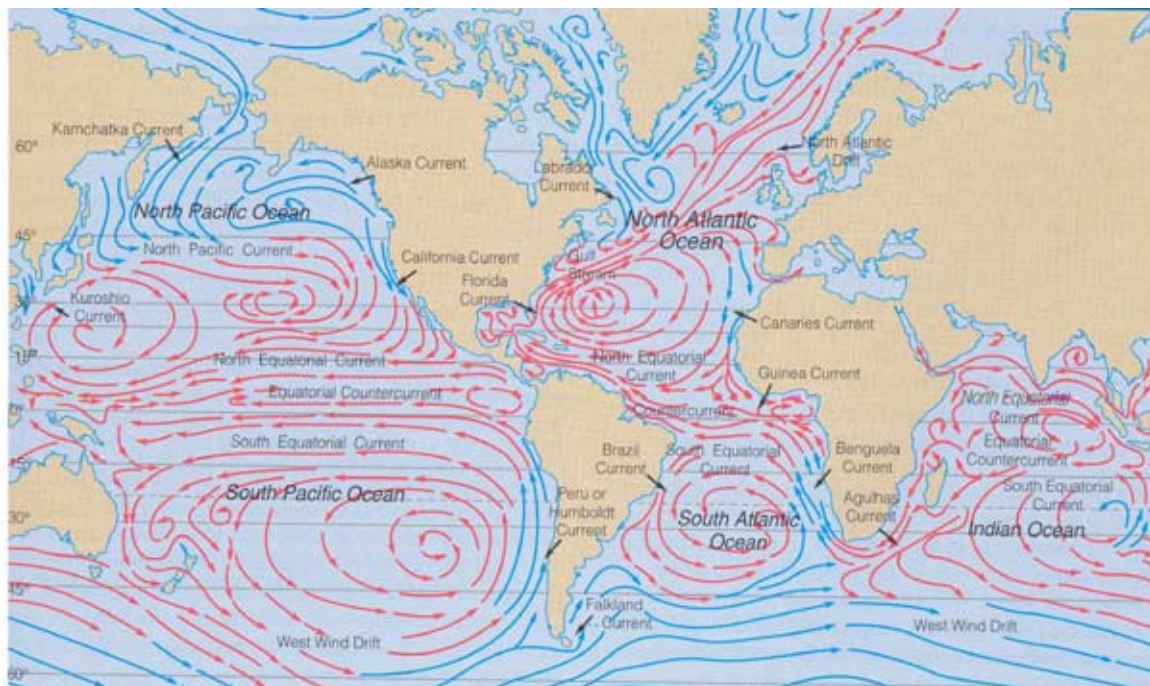
Obr. 88 Větrná elektrárna Gorgonia Pass u Palm Springs v Kalifornii. Murck et al., 2006



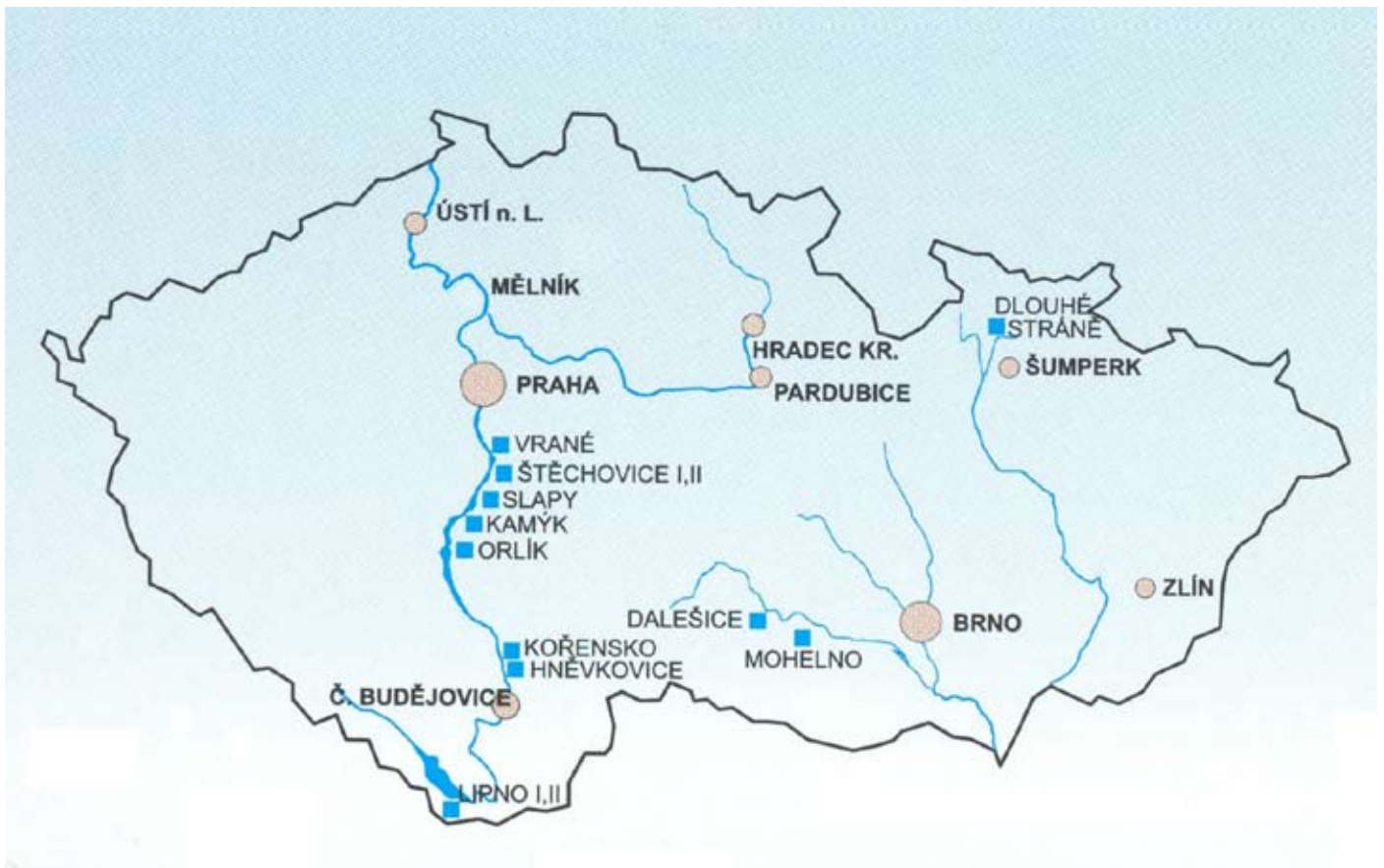
Obr. 89 Hlavní směry a počty dnů bez větru na území ČR. Zdroj ČHMÚ



Obr. 90 Situace přílivové elektrárny Bay of Fundy v Kanadě. Goudie et al., 2006



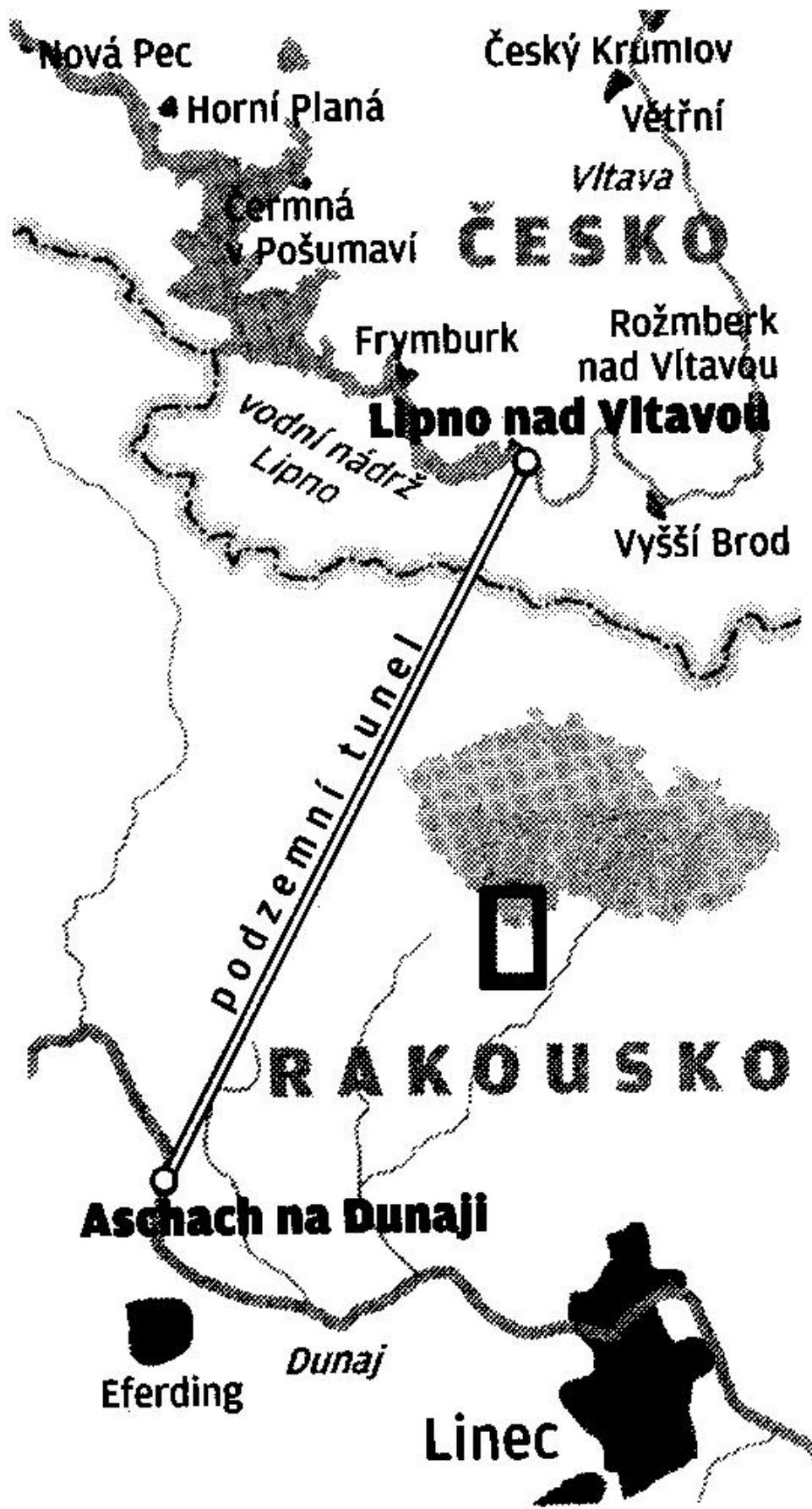
Obr. 91 Schema studeného (modře) a teplého (červeně) proudění ve světových oceánech.



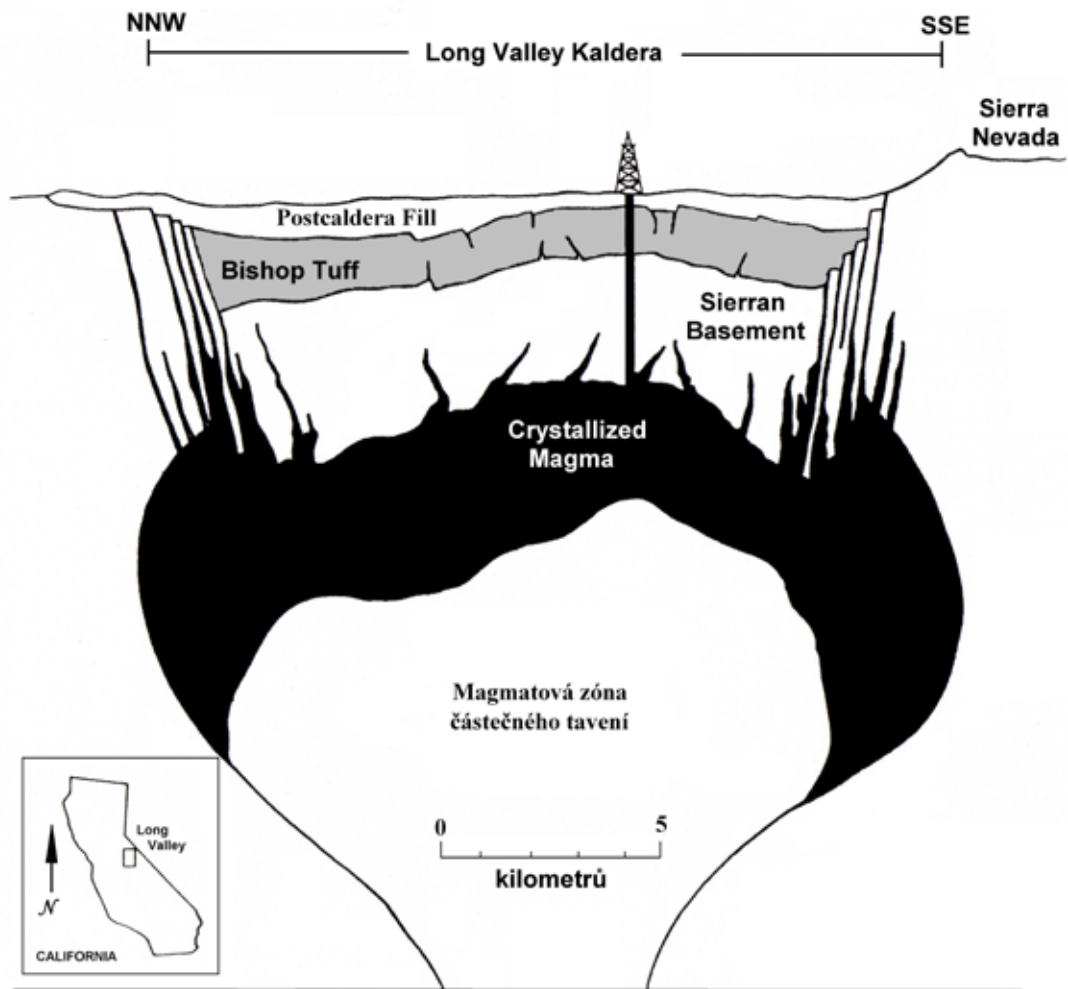
Obr. 92 Vodní elektrárny v ČR



Obr. 93 Vodní elektrárna Dalešice.



Obr. 94 Projekt kombinované přečerpávací elektrárny Lipno – Aschach. Lidové noviny 2008



Obr. 95 Geologické schéma přepokládaného magmatického krbu pod kalderou Long Valley v Kalifornii.



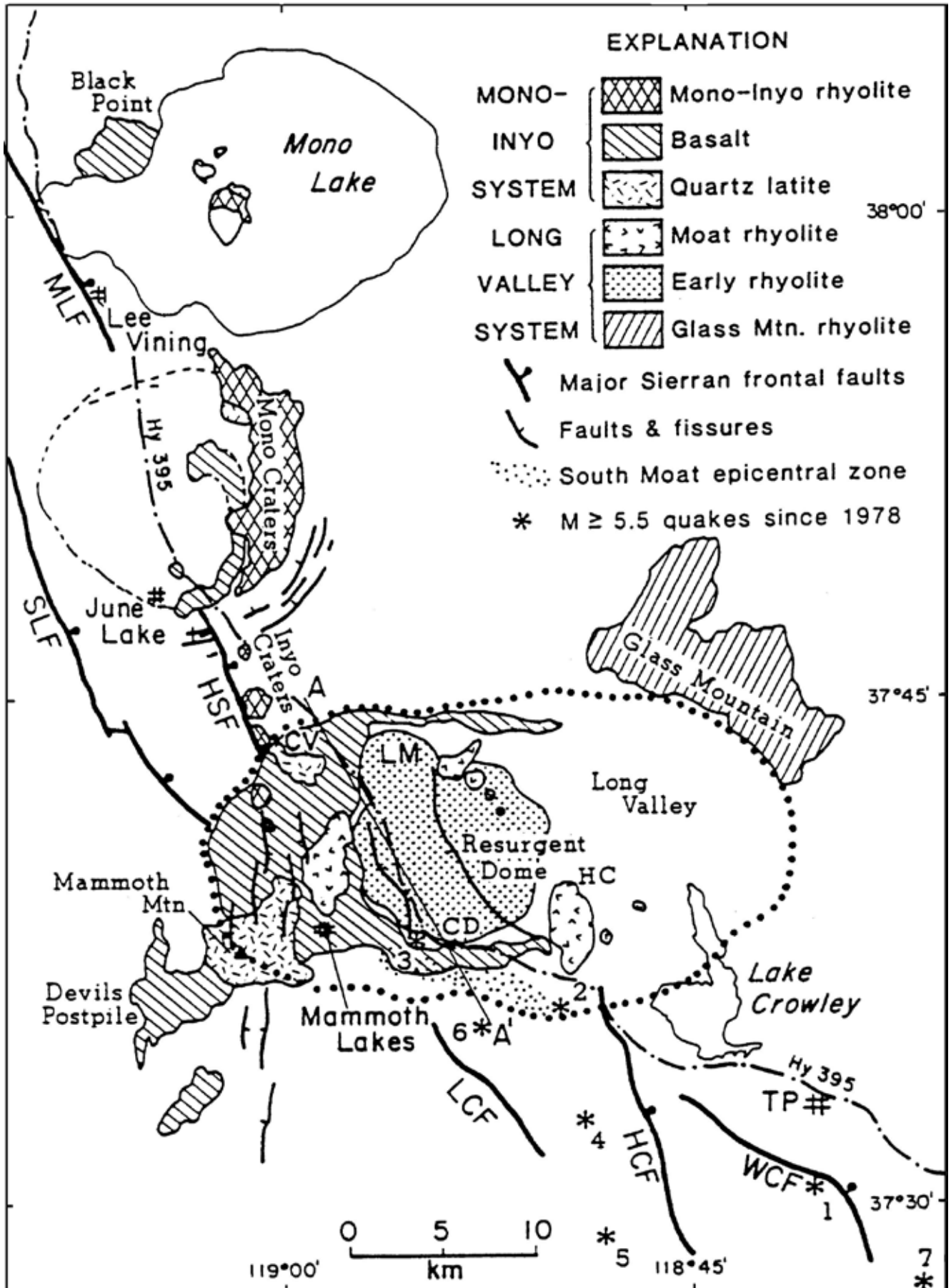
Obr. 96 Geotermální elektrárna Mammoth Lake v Kalifornii. Stav 1993



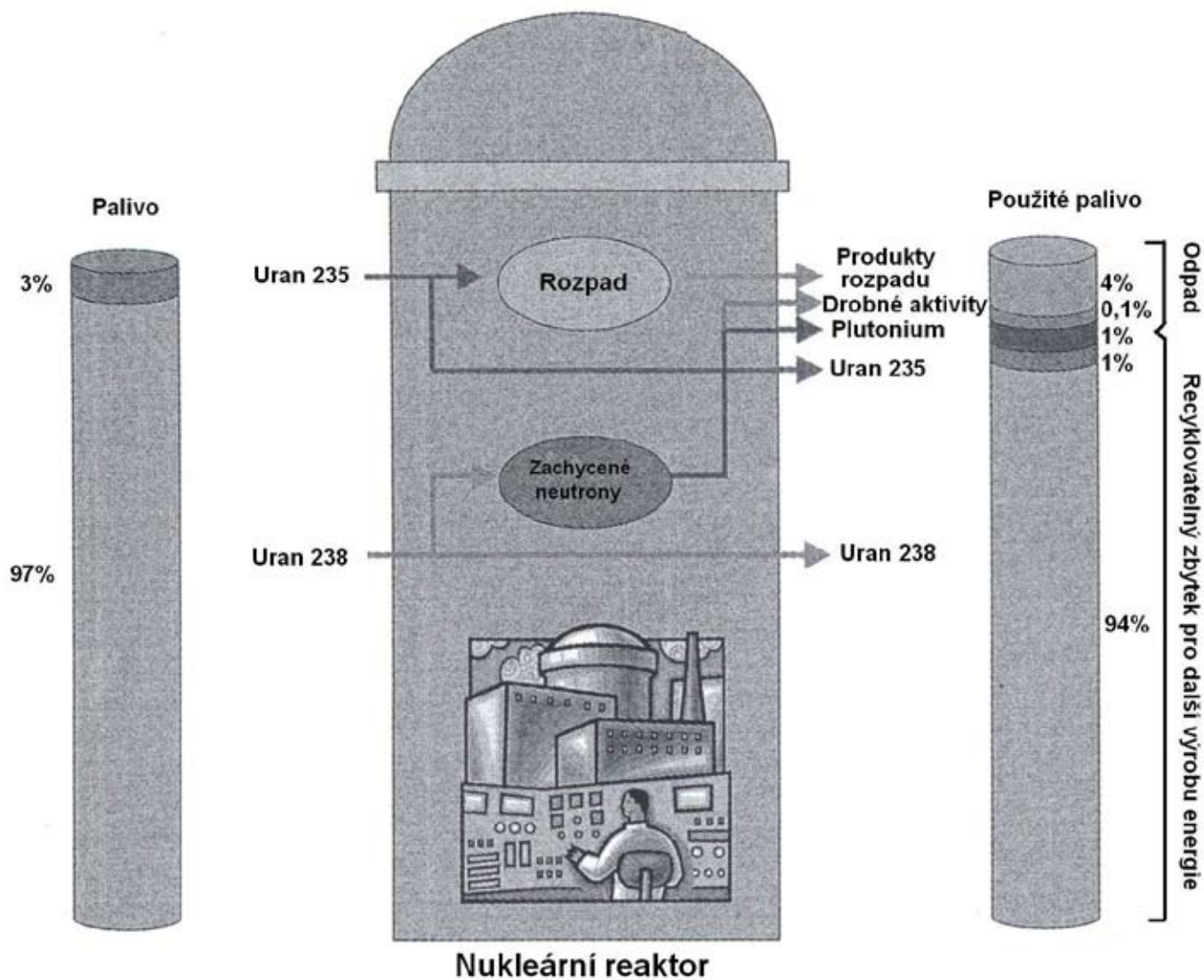
Obr. 97 Pokusná geotermální elektrárna využívající suché teplo hornin. Los Alamos v Novém Mexiku. Stav 1993



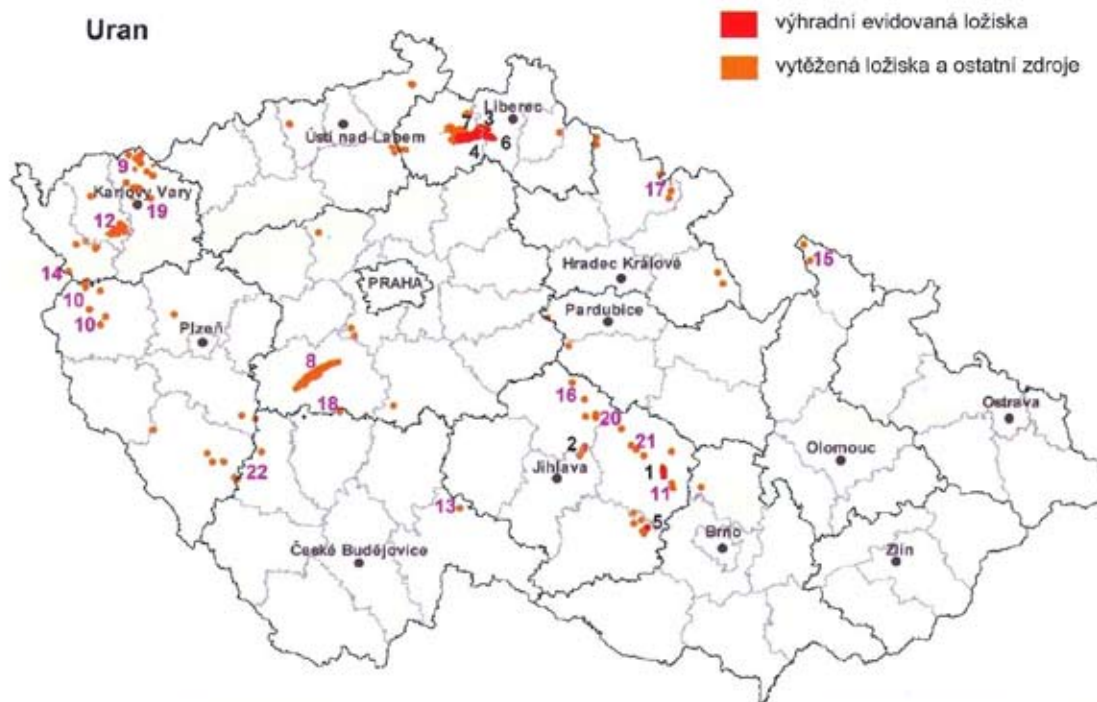
Obr. 98 Pokusný vrt v magmatickém krbu Long Valley kaldery v Kalifornii v r. 1993.



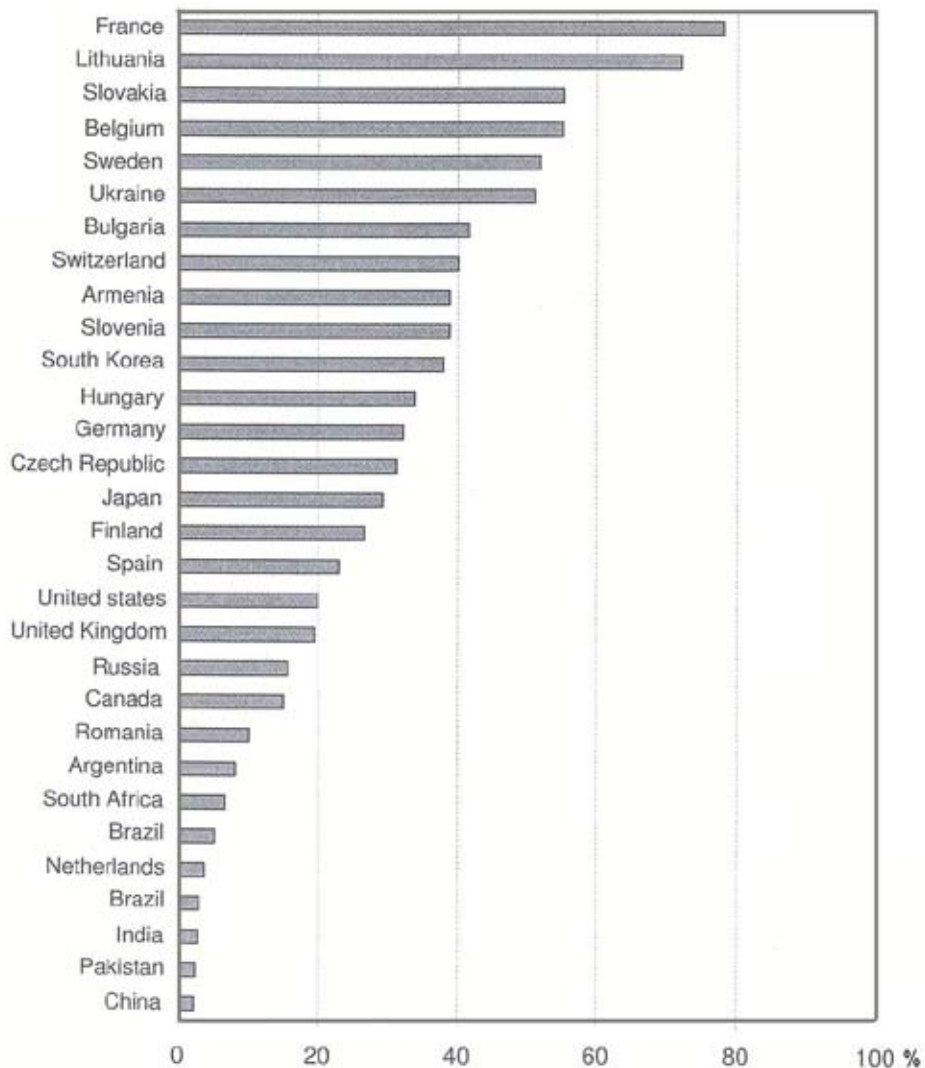
Obr. 99 Geologická situace kaldery Long Valley v Kalifornii.



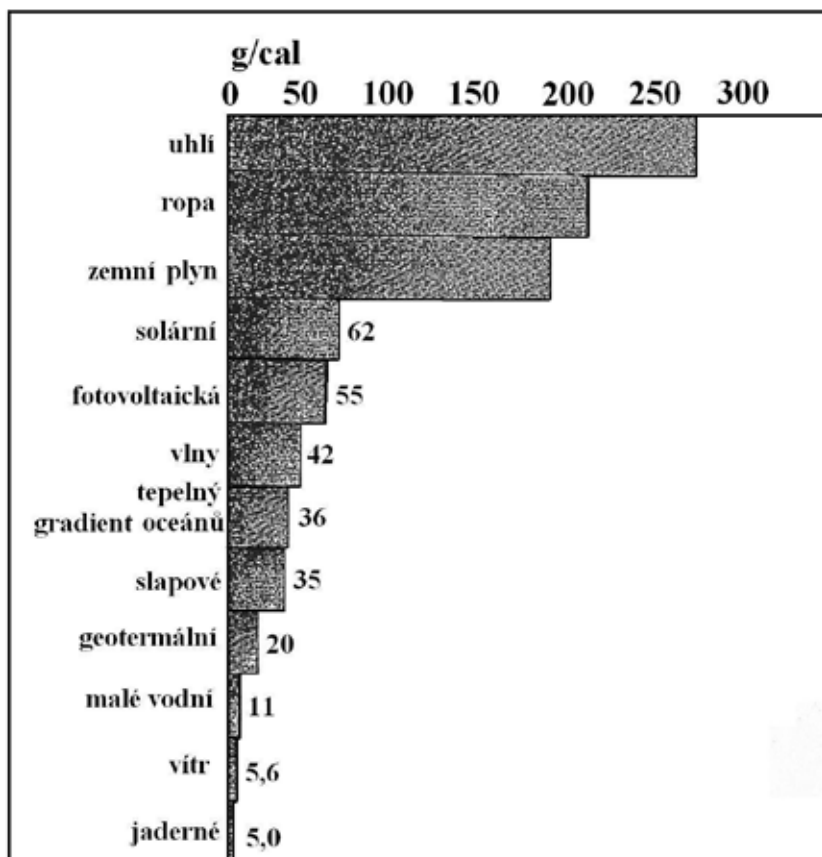
Obr. 100 Schema jaderného reaktoru.



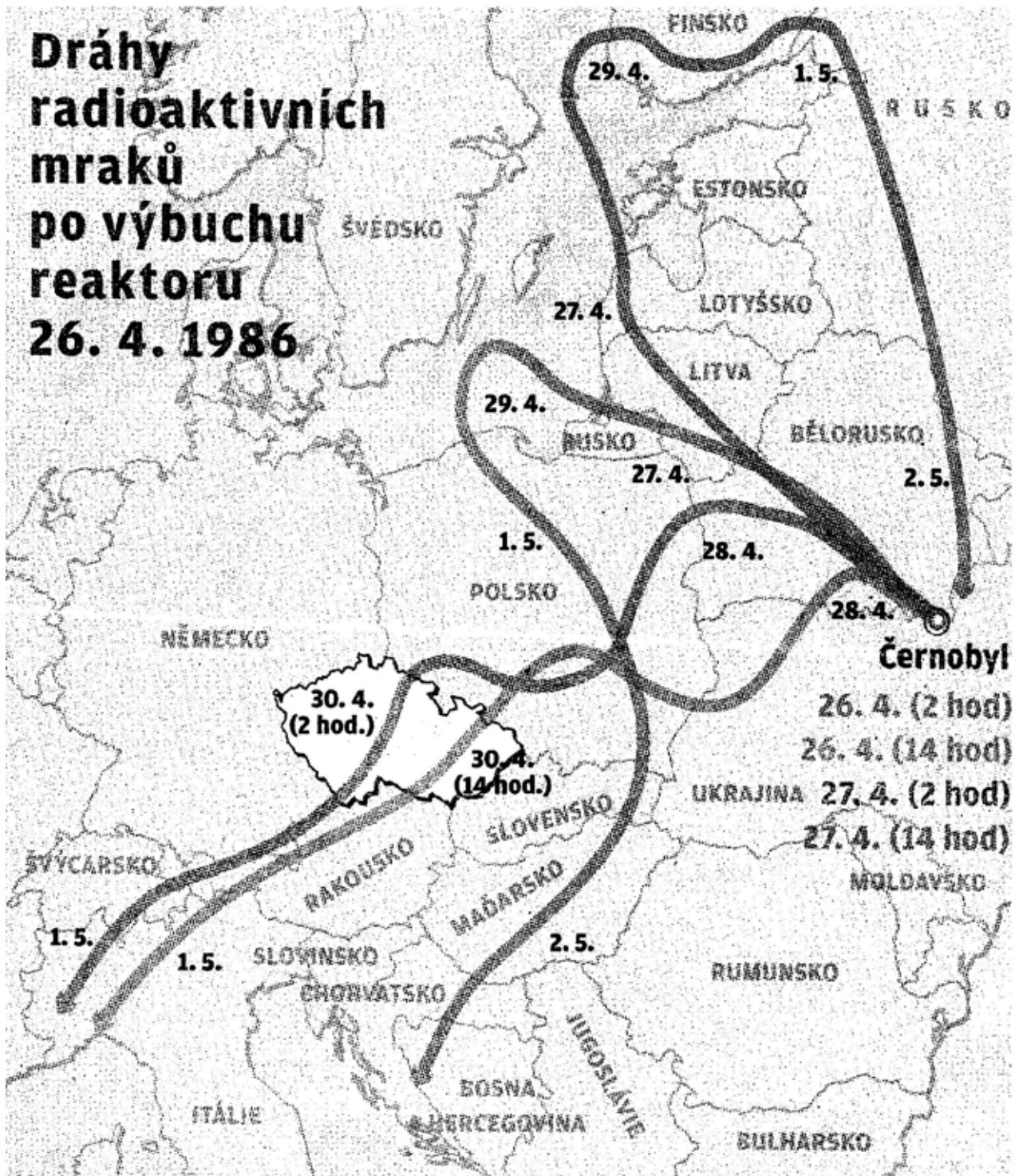
Obr. 101 Ložiska uranu v ČR. Stav v r. 2007. Ročenka Geogondu, 2007



Obr. 102 Celková produkce jaderných elektráren v jednotliv. zemích v r. 1965 – 2005. Olah et al., 2006



Obr. 103 Podíl jednotlivých zdrojů energie na produkci CO₂ v g / cal. Cílek, 2007



Obr. 104 Dráhy radioaktivních mraků po výbuchu jaderného reaktoru v Černobylu.

Lidové noviny 2006

4. Příklady komplexního ovlivňování litosféry lidskou činností

4.1 Důsledky těžby a zpracování nerostných surovin

Těžba nerostných surovin a využívání litosférických zdrojů znamená vždy významný zásah do geologických poměrů území. Těžbou jsou přitom ohrožena jednak ložiska sama, jednak přírodní prostředí. Těžba způsobuje úbytek půdního fondu, likvidaci vegetačního krytu, poškození zemědělského, lesního a vodního hospodářství, likvidaci sídlišť, zhoršení ekologických podmínek, vytváření antropogenního georeliéfu.

Většinu nerostných surovin lze považovat za neobnovitelné zdroje (i když většinou vznikají i v současnosti, ovšem stejně pomalu jako v geologické minulosti).

Proto je třeba zajistit jejich ochranu:

- před nedokonalým vytěžením: systém těžby jen nejbohatších partií, dnes převládající, je škodlivý tím, že vytěžení bohatých partií ložiska znemožňuje pozdější racionální využití partií méně bohatých;
- znehodnocení surovin těžbou: příkladem může být nedokonalé vytěžení slojí uhlí v OKR v důsledku používání nevhodné mechanizace nebo devastace jílů ve skrývkách ložisek hnědého uhlí v Podkrušnohoří;
- neúměrný vývoz ohrožuje zásoby surovin, jejichž hodnota stoupá;
- nepromyšlené situování skládek a jiných zařízení. Příkladem je potřeba odklizení skládek bránících postupující těžbě sklářských písků.

Povrchové doly a velkolomy jsou svým rozsahem rány do povrchu Země a jeho destrukce má místy hrozivý rozsah (v USA se povrchově ve velkolomech těží až 70 % rud, většina rud Fe a Mg, všechno hnědé uhlí a jedna třetina černého uhlí).

Ke škodám a devastaci přírodního prostředí docházelo těžbou již ve starověku a středověku, jak o tom svědčí dosud zachované „doly“ na pazourky. Skácel (1992) uvádí, že v Jeseníkách v 16. - 19. století byly při těžbě dřeva pro výrobu železa zcela odlesněny jižní svahy Hrubého Jeseníku; a tím se podstatně zvýšila eroze vrcholových částí. Docházelo i k překládání vodních toků. Dodnes je část potoka Olešnice ve Zlatém údolí svedena do řeky Prudníku a Bílá Opava do Moravice u Suché Rudné (to vyvolalo soudní spor již v roce 1538!). Těmito úpravami došlo ke snižování vodnatosti jesenických řek.

Současná těžba nerostných surovin na celém světě je odhadována na 30 miliard tun ročně (to odpovídá asi 7 tunám na jednoho člověka, údaje z ČR jsou obdobné).

Hlavními projevy ovlivnění geomorfologie těžbou jsou antropogenní pohyby způsobené poddolováním, dále změny georeliéfu (montánní formy), ovlivnění krajiny těžbou a odpadem (skrývky, haldy, úpravnický odpad), znečištění úpravnickými procesy, havárie lomových svahů a indukované otřesy.

Montánní tvary georeliéfu jsou většinou u moderních dolů rekultivovány a jsou popisovány hlavně ze

starších děl, např. od Rudolfova u Českých Budějovic (Chábera 1978) či Ratibořských hor (Koutek, Čech 1956). Těžbou však zmizely z povrchu celé hory (Erzberg v Rakousku, Chlum u Chabera na Lounsku). Vznikají velké prolákliny, v Čechách např. po těžbě kaolinu na Plzeňsku a Karlovarsku, nebo po těžbě pyritu u Hromnic u Plzně. Obrovské krátery zbyly po těžbě diamantů v Jihoafrické republice (Big Hole s hloubkou cca tisíc metrů je nejhlubší, převážně ručně vykopaná jáma na světě), či po dobývání porfyrových měděných rud v USA a Kanadě a po těžbě páskovaných železných rud na Ukrajině (Krivoj Rog, Bělgorod). Těžbou uhlí byla značně zvýšena rychlost eroze na svazích Apalačských hor.

Antropogenní formy georeliéfu krajiny po úpravě a rekultivaci mohou mít různé funkce: chráněný přírodní jev, skládka netoxických odpadů, pole obdělávaná zemědělsky, rekreačně sportovní zařízení (hřiště, koupaliště), nebo mohou být využívána jako parkoviště apod.

Souborné vyhodnocení vlivu opuštěných důlních děl (hlavně po těžbě stavebních materiálů, rud, uhlí, uranu) na životní prostředí ČR (Lhotský in Pašava et al. 1995) ukázalo, že z 2000 důlních děl v ČR 79 % neovlivňuje prostředí vůbec, více než 20 % jen nepatrně a bez dlouhodobějších následků. Jen 0,5 % je kritických, s nebezpečnými odpady, struskami, kontaminanty apod. Překvapující je zjištění, že jen 1/3 těchto nepříznivých vlivů na přírodní prostředí je způsobena hornickou činností, převážná část z nich je jiného původu (nekontrolované skládky aj.).

K minimalizaci vlivů povrchového dobývání (velkolomů, lomů) může přispět:

- koncentrace těžby do jediného místa,
- neotvírání nových lomů, dokud není ložisko vytěženo.

Tento postup by značně omezil např. devastaci krajiny v Českém středohoří (těžba bazaltů a fonolitů), a to i za cenu, že zmizí celé kopce (Tlustec, Maršovský vrch či Tachov u Doks), pokud ovšem netvoří dominantu krajiny, jako např. Kunětická hora u Pardubic či vápencové kopce s unikátní flórou v Pavlovských vrších u Mikulova, kde byla z tohoto důvodu zastavena těžba již ve třicátých letech 20. století.

Následky těžby dnes jen v menším rozsahu zahlazují autoregulační síly přírody, bez velkého přispění člověka. Z tohoto hlediska je třeba, aby se do systému kalkulace hrubého domácího produktu promítlo i ekologické vypořádání za využití litosférového zdroje.

Těžba by neměla být považována za zločin na přírodě, ale nesmí být ani bezohledným využíváním přírody (Reichmann 1994). Je zcela nezodpovědné těžit přírodní suroviny k účelům, pro které by stačily méně hodnotné. Jde třeba o velmi cenné chemické suroviny - těžbu kvalitních mramorů pro pálení vápna, uhlí pro pouhé spalování a leštitelných granitů na výrobu šterku.

Od roku 1990 došlo v České republice k výraznému omezení těžby nerostných surovin, zejména rud a uranu. Těžba některých nerudných surovin se naopak zvýšila, zejména v důsledku exportu (sklářské písky, dlažební a dekorační kámen) nebo kvůli zvyšování objemu stavebních prací.

Známé zásoby mnoha surovin stačí jen na několik málo roků. Jsou proto hledány nové zdroje a také nové a netradiční suroviny. Jejich využití by se mělo vyvarovat od samého začátku všech známých chyb.

V mnoha případech je výrazný rozdíl mezi geografickým místem těžby a místem průmyslového zpracování surovin. USA dováží 80 %, EU 75 % a Japonsko 75 % surovin. To vede k nepřiměřenému obohacování na straně jedné a devastaci prostředí na straně druhé.

Surovinové zdroje jsou neracionálně využívány v neprospěch lidstva, zbrojní průmysl spotřebovává až 30 % vytěžených surovin.

V České republice je mimořádně citlivým problémem i zábor zemědělské orné půdy. U nás připadá již jen 30 arů na jednoho obyvatele, zatímco v jiných vyspělých státech podstatně více - např. v Německu 230 arů a v USA 236 arů.

Negativní dopad těžby je také ve vlivech na hydrosféru a atmosféru. Dochází zejména ke změnám hladiny podzemních vod a v jejich důsledku k degradaci a destrukci půdních profilů a ke znečištění povrchových i podzemních vod. Báňské vody mají vesměs vysokou mineralizaci a pH 2 - 4,5.

Úbytek zemědělské půdy v ČR vlivem těžby nerostných surovin v letech 1980-1989 (údaje v hektarech - Kukul, Reichmann 2000).

rok	úbytek těžbou uhlí	úbytek těžbou všech surovin
1880	1326	1617
1985	2575	3128
1986	397	901
1987	371	526
1988	407	548
1989	627	784

V Teplicích došlo v roce 1879 k destrukci Pravídla průvalem na dole Döllinger, vzdáleném 7 km. Přes provedené reparace přetrvává ztráta přelivu a teplota poklesla z 49,5 °C na 43 °C. Hornickou těžbou byly zcela zničeny některé prameny radioaktivních vod v lázních Jáchymov a začátkem 20. století ohroženy Karlovy Vary (průval v Královském Poříčí). Nebezpečné jsou pro prameny i stavby. Vodní dílo Modenice ovlivnilo piešťanskou kupu tak, že se trvale snižuje teplota pramenů. V Nosicích u Püchova na Váhu byl střelbou na staveništi rozptýlen vydatný pramen kyselky luhačovického typu, ztratil mineralizaci i vydatnost a ještě ovlivnil stavbu agresivními účinky vody na betonovou hráz. Při průzkumu na uhlí v Horní Nové Vsi v chebské pánvi došlo roku 1957 k výtrysku kyselky z hloubky 60 m do výše 50 m. Na Kostelním prameni ve Františkových Lázních, který je vzdálen 2 km, se poté ztratil přeliv. Vrt zatěsnil samovolně probořený jílovitý strop sloje.

Závažným hydrogeologickým problémem je v České republice sanace důsledků těžby uranu na ložisku Stráž nad Nežárkou. Současná situace je důsledkem nevhodně zvolené strategie těžby. V jediném geologickém celku byly na tomto ložisku aplikovány dvě principiálně odlišné metody, které se navzájem ovlivňují. V Hamru probíhala těžba klasickým způsobem, zatímco ložisko Stráž bylo exploatováno formou hydrochemické těžby (do ložiska je vtlačén kyselý loužicí roztok několikaprocentní H_2SO_4). Zatímco klasická těžba vyžadovala důsledné odvodnění ložiska, jehož výsledkem bylo vytvoření depresního kužele o průměru až 15 km, chemická těžba potřebovala naopak maximální zvodnění s co nejvyšší úrovní cenomanských vod s dobrou propustností zájmové zóny. Těžba loužením vrty z povrchu probíhala od roku 1967. Od roku 1972 začaly průniky loužicích roztoků do důlních děl ložiska Hamr. Proto byla zahájena výstavba čerpacích a čistících stanic, hydraulických bariér a záchytných drenážních překopů (Hanzlík et al. 1992). Ovšem všechna opatření byla aplikována pozdě a zčásti i nevhodně. Do roku 1990 bylo vtlačeno:

kyselina sírová	3,7 mil. tun
kyselina dusičná	0,27 mil. tun
kys. fluorovodíková	0,025 mil. tun

Celková plocha vyluhovaných polí je 6,3 mil. m³ s 93000 technologickými vrty. Kontaminováno je 723 mil. m³ na ploše 37,66 mil. km².

V oblasti těžby jsou dva hlavní kolektory, střední turon (kvádrové pískovce) a artézský cenomanský (fukoidové mořské pískovce). Protože oba komunikovaly s těžbou, byla komunikace ještě zvýrazněna, byly snížením cenomanské zvodně o cca 150 m, výrazně ovlivněny zásoby vod v turonské zvodni a změněn systém proudění mezi cenomanským a turonským kolektorem. Sanace by měla vést k vytvoření deficitu v cenomanské zvodni a tím ke stahování kyselých kontaminovaných roztoků čerpacími vrty.

K vyčištění by bylo možné použít promývání znečištěných kolektorů čistou vodou, dokud se neobnoví původní hodnoty chemického složení podzemních vod.

Při haváriích pronikají znečišťující látky do podzemních vod. Pronikání ovlivňují hlavně vlastnosti hornin, propustnost a velikost zrna. Nebezpečné jsou zejména štěrky a porušené zeminy zasahující na povrch v místech zvýšené hladiny spodní vody. Důležité jsou i vlastnosti znečišťujících látek (rozpuštěnost), poloha zdroje znečištění (na povrchu havárie dopravních prostředků, pod povrchem v nenasycené zóně havárie potrubí, pod hladinou podzemní vody vsakovací vrty), na rychlosti proudění podzemní vody a způsobu přenosu.

Vzhledem k samočisticí schopnosti vody se však po ukončení těžby složení vod ve štolách i v zatopených lomech poměrně rychle vyčistí a takové vody mohou být využívány jako zdroj pro vodovody (např. Jáchymov, Kutná Hora).

Při těžbě a úpravě surovin dochází k rozsáhlému znečišťování atmosféry. Většina se usadí v blízkém okolí zdroje, ale aerosoly a částice menší než 0,005 mm zůstávají v ovzduší trvale a dostávají se do vzdálenosti až 2000 km od zdroje. Jejich celková produkce se odhaduje na $3 \cdot 10^5$ tun za den. Tyto emise pak toxicky působí na biotop, včetně člověka.



Obr. 105 Montánní formy georeliéfu. Jáma Kimberley „Big hole“ v Jihoafrické republice je hluboká kilometr. Převážně ruční práce. Důl byl opuštěn již v r. 1914.
Foto kuhlsey.com



Obr. 106 Montánní formy georeliéfu. Důl na diamanty Myrnij (hloubka přes 500 m, průměr 1200 m).
Foto deputy dog.com



Obr. 107 Montánní formy georeliéfu. Povrchový důl a haldy hlušiny. Bingham Canyon. Utah, USA.
Foto wikipedia.org

Těžba hlavních nerostných surovin v roce 1997
(Kukal, Reichman 2000) a v roce 2006 (MŽP-ČGÚ 2007)

surovina	těžba v roce 1997 (tis. tun)	těžba v roce 2006 (tis. tun)
uranové rudy v přepočtu na kov uran	0,624	0,383
černé uhlí	20 847	13,017
hnědé uhlí	57 395	48,915
lignit	747	0,459
ropa	159	0,259
zemní plyn	118	0,148
grafit	25	5
pyroponosná hornina	49	39
kaolin	2 982	3 768
jíly	759	561
bentonit	110	220
živec	243	487
fonolit	33	31
sklářské a slévárenské písky		1 736
čedič tavný		19
diatomity	42	53
vápence	11 010	10 193
z toho vysokoprocenní	4 536	4 386
ostatní	6 474	4 643
dolomit	294	409
cementářské korekční suroviny	540	248
sádrovec	241	19
dekorační kámen	697	653
stavební kámen	29 281	38 051
štěrkopísky	21 109	16 400
cihlářské suroviny	3 733	2 315



Obr. 108 Sejpy po těžbě zlata u Jakutska na Sibíři. Stav v r. 1984.



71. Mapa střetů zájmů mezi využitím zdrojů nerostných surovin a ochranou životního prostředí. Na mapě jsou zvidurněna velkoplošná i maloplošná chráněná území přírody, ochranná pásma přírodních léčivých zdrojů a minerálních vod, chráněné oblasti přirozené akumulace podzemních vod, dobývací prostory těžen, těžen výhradní ložiska a těžen nevýhradní ložiska. Stav ke dni 1.1.1999. Sestavil Geofond ČR z využitím dalších zdrojů.

Obr. 109 Mapa střetů zájmů mezi využitím zdrojů nerostných surovin a ochranou přírodního prostředí ČR. Geofond Praha

4.2 Vlivy průmyslové činnosti

Současný rozvoj průmyslové výroby způsobuje intenzifikaci všech vlivů na přírodní prostředí v nejcitlivější zóně interakce litosféry, atmosféry, hydrosféry a biosféry:

- změny distribuce prvků (transportem, prodejem a používáním výrobků, haváriemi, vytvářením odpadů a znečištěním sfér výrobními technologiemi),
- změny distribuce teplot na povrchu (vypouštění teplých odpadních vod do vodotečí, používáním chladících věží aj.),
- spotřeba energie ve výrobě a transportu výrobků,
- změny elektromagnetického pole (koncentrace strojních zařízení na malých plochách),
- zábor zemědělské půdy na výstavbu rozsáhlých průmyslových komplexů,
- zásahy do koloběhu vody.

Jednotlivá průmyslová odvětví se na změnách geologických podmínek podílejí různým způsobem.

Např.:

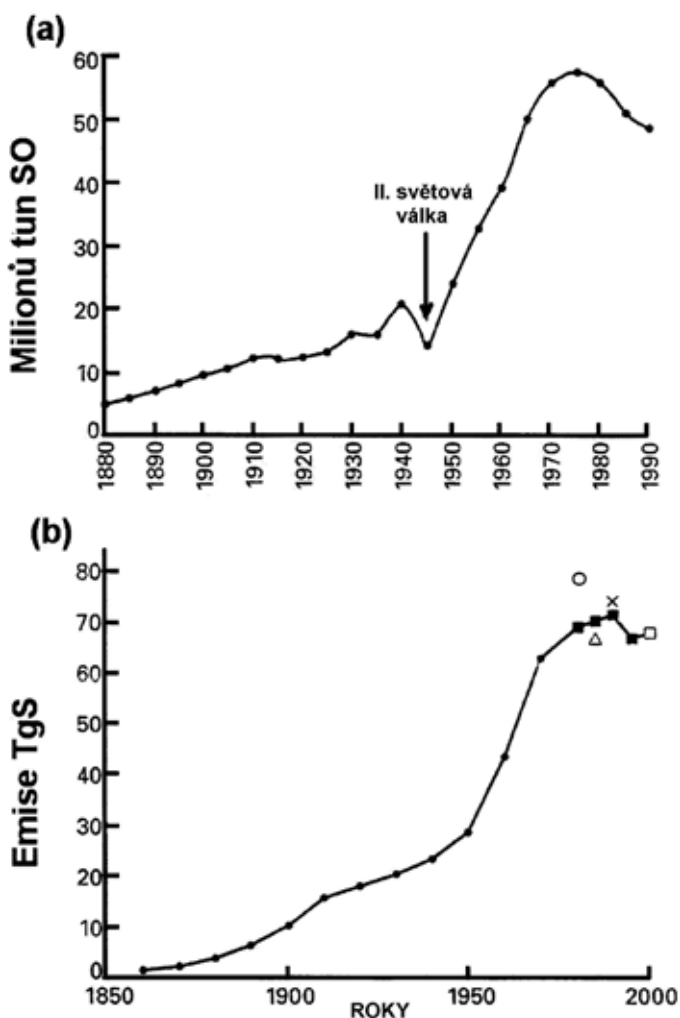
- těžký průmysl způsobuje redistribuci prvků, zejména kovů, změny elektromagnetického pole, znečištění litosféry, vysokou produkci odpadů, odpadního tepla a náročné požadavky na dopravu,
- chemický průmysl má vysokou spotřebu vody, způsobuje značné znečištění litosféry, hydrosféry a atmosféry při provozu o haváriích. V České republice způsobuje vypouštění odpadních vod z chemických závodů včetně papíren (největší znečištění),
- stavebnictví má největší produkci odpadů ze všech odvětví, vysoké nároky na zábor zemědělské půdy, vysoké ovlivnění krajiny a znečištění litosféry. Nepřímo znásobuje tyto vlivy potřebou těžby stavebních surovin,
- škodlivá je i drobná domácí výroba (Čína, Vietnam), při níž dochází ke zvýšenému přínosu škodlivin (kyselin, ropných látek, toxických kovů, fekálních odpadů) do půd a povrchových i podzemních vod.

V České republice bylo v roce 2006 vyprodukováno celkem 28 066 000 tun odpadu, podle oborů se na tom podílí:

1	odpad stavební a demoliční	8 684 000 tun
2	odpad průmyslový	6 575 000 tun
3	ostatní odpady	4 605 000 tun
4	komunální odpad	3 979 000 tun
5	odpad z energetiky (mimo radioaktivního)	2 047 000 tun
6	odpad z čištění měst	1 369 000 tun
7	odpad ze zemědělství a lesnictví	1 304 000 tun
8	odpad z dolování a těžby	459 000 tun
9	odpad z úpravy a rozvodu vody	413 000 tun

Z celkového množství odpadů bylo 1 455 000 tun nebezpečných, přičemž průmysl jich produkoval nejvíce (655 000 tun).

Základním problémem průmyslové výroby je skutečnost, že využívá zdroje izolovaně vzhledem k rozdílům mezi místem těžby a místem zpracování. Např. USA dováží 80 % surovin, EU 75 % surovin, Japonsko 75 % a Česká republika 72 % surovin. Dalším problémem je neracionální využití surovin (omezená životnost výrobků ke zvýšení jejich spotřeby) nebo dokonce v neprospěch lidstva (ve prospěch zbrojního průmyslu).



Obr. 110 Emise oxidů síry (a) a HgS (b).

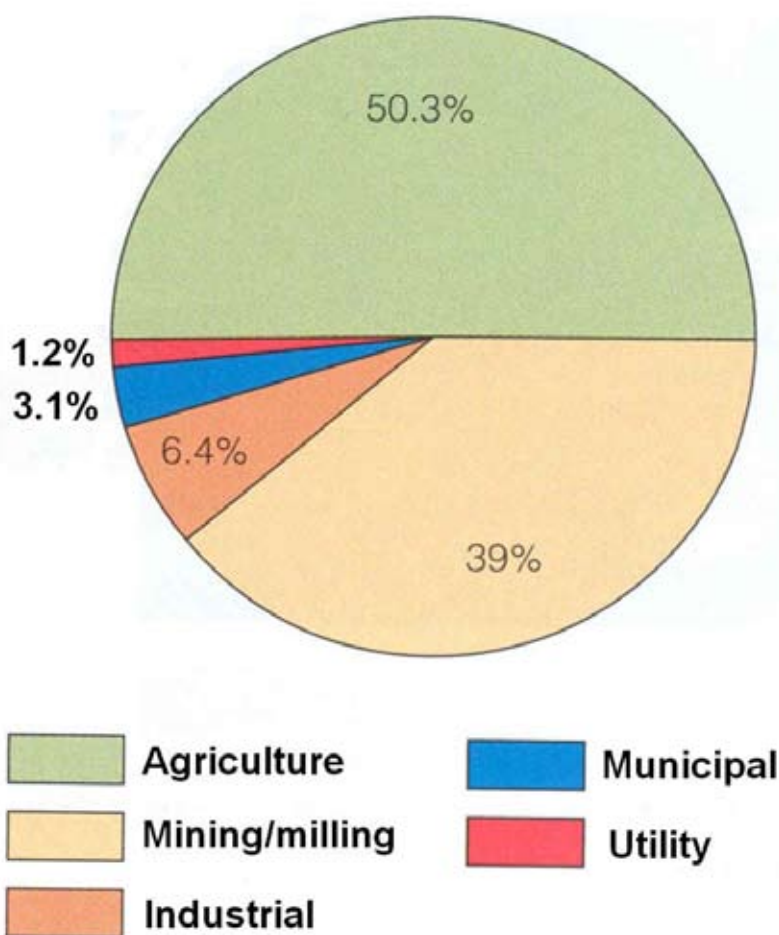
4.3 Vlivy zemědělství a lesnictví

V příkrém rozporu s rostoucím počtem obyvatel Země je neustálé snižování výměry zemědělsky využitelné půdy v důsledku záborů pro rostoucí města, dopravní stavby a průmyslové objekty. To nevyhnutelně povede k potravinové krizi, ještě více ovlivňované využíváním potravinových zdrojů k jiným účelům (biopaliva) a degradací půdního fondu intenzivním zemědělským obděláváním (ochuzení půd o živiny a jejich znečištění). Příznaky této krize se již velmi výrazně projevují: celosvětové zdražování potravin, mnohé státy (např. Čína a Spojené arabské emiráty) dokonce již investují do nákupů zemědělské půdy v zahraničí.

Potenciálně zemědělsky využitelná půda má na Zemi rozlohu asi 3300 milionů hektarů, tj. asi 22 % plochy souše s půdním pokryvem, zbytek je pokryt ledovci nebo tvořen nevyužitelnými půdami, příliš svažitémi, suchými, vlhkými apod. Vysoce úrodných půd je pouze asi 14 %.

Podle údajů OECD koncem 20. století byly:

plocha pevniny	131,1 milionů km ²
orná půda	14,1 milionů km ²
stálé travní porosty	33,6 milionů km ²
lesy a ostatní dřeviny	41,7 milionů km ²
ostatní plochy	41,2 milionů km ²
zavlažované plochy	2,4 milionů km ²



Obr. 111 Podíl záborů půdy zemědělstvím, dobýváním, průmyslem, městy a dopravou.

V České republice je (2006):

celková výměra	7 886 702 ha
zemědělská půda	254 406 ha
lesní půda	2 649 149 ha
vodní plochy	161 420 ha

Na 1 obyvatele připadá 0,414 ha zemědělské půdy, z toho orné pouze 0,295 ha a její výměra se neustále snižuje (obr. 111).

Úbytek zemědělské půdy v ČR vlivem těžby nerostných surovin v letech 1980 - 1989

(údaje v hektarech, Kukul, Reichmann 2000):

rok	úbytek těžbou uhlí	úbytek těžbou všech surovin
1980	1326	1617
1985	2575	3128
1986	397	901
1987	371	526
1988	407	548
1989	627	784

Zemědělské a lesnické využívání litosféry ovlivňuje geologické poměry:

- mechanicky:
 - geomorfologii (vznik teras, mezí) a vzhled krajiny,
 - rychlost eroze a denudace (v zemědělsky obdělávané krajině jsou až 1000x rychlejší),
 - rychlost vzniku půd a změny jejich struktury,
 - podporuje vznik záplav a změny teplotního režimu půd,
- chemicky:
 - meliorace a vysoušení bažin.
 - V ČR je meliorací upraveno asi 27 % zemědělských půd, v Maďarsku 73,7 %, v Německu 65,2 %, ve Španělsku 1,0 %, ve Finsku a Švédsku až 91 %,
 - zavlažováním,
 - salinizace (v současné době hlavně v Egyptě, Argentině, Pákistánu a USA),
 - změny ve složení půd: hnojením, využíváním mechanizace (ropné znečištění),
 - okyselení půd atmosférickým spadem a povrchovými vodami,
 - ochuzením půd o prvky spotřebované pěstovanými plodinami,
- změny rozlohy a složení lesů:
- umělé lesní monokultury degradují půdy, kácení přispívá ke změnám klimatu.

V České republice je v současnosti poměrně nízké znečištění půd rizikovými látkami. Většinou jsou to jen desetiny nadlimitních procent vzorků - nejčastěji je zvýšený podíl kadmia 11 %, vanadu 9,31 % a kolem 1,5 % vzorků má nadlimitní obsah Ni, Cr a Co. První souvisí zřejmě se zbytky nevhodných, dříve používaných fosfátových hnojiv, asociace Ni-Co-Cr je zřejmě důsledkem zvýšeného obsahu těchto prvků v matečných horninách (zejména jižní Moravy a jižních Čech).

Degradace půd v letech 1945 - 1990

Oblasti degradované půdy vyjádřené v % půdy s vegetací			
Území	Lehká eroze	Střední a silná eroze	Celkem
svět celkem	7	10	17
Asie	7	13	20
Jižní Amerika	6	8	14
Evropa	6	17	23
Severní Amerika	1	4	5
Střední Amerika a Mexiko	1	24	25



Obr. 112 Vysýchání půdy v oblastech nízkých srážek (Čína). 100 největších katastrof. Rebo, 2006

4.4 Vlivy dopravy a cestovního ruchu

Pro další civilizační vývoj na Zemi má mimořádné důsledky neustále rostoucí doprava. Roste objem přepravovaných hmot, množství osob a způsoby transportu. Největší objem transportu se děje pozemními dopravními prostředky.

Transport pozemními dopravními prostředky

Tento způsob transportu má svým rozsahem nedožrnný vliv na:

- litosféru: přemísťování hmot, redistribuce prvků, změny ve složení, ztráty úrodné půdy budováním dálnic, silnic, železnic a budování letištních ploch (zvětšení zabetonovaných ploch), změny reliéfu a struktury krajiny (náspy a valy, tunely a zářezy silnic a železnic, vznik antropogenních sesuvů),
- hydrosféru: znečištění, budování kanálů, znečištění dopravovanými materiály při haváriích, kontaminace ze znečištěného ovzduší,
- atmosféru: znečištění výfukovými plyny apod. (na celkové produkci CO₂ se doprava podílí 72 %). Nejvíce znečištění způsobuje letecká doprava (skleníkové plyny, spotřeba kyslíku, znečištění kolem letišť kerosinem, aerosoly),
- elektromagnetické pole: vznik anomálních zón v litosféře (elektrifikace železnic a městská hromadná doprava). Elektrifikované železnice mají vliv na elektromagnetické pole a vznik anomálních zón.

Rozsah těchto vlivů na přírodu v ČR (Statistická ročenka MŽP ČR – údaje za r. 2006):

provozní délka silnic a dálnic je 56 000 km (z toho dálnice a rychlostní silnice 1 000 km),
počet osobních automobilů: 468 280,
počet nákladních automobilů: 20 000,
počet lokomotiv: 2472,
počet motorových lodí: 53, vlečných a tlačných 272,
počet letadel nad 9000 kg výletové váhy: 72,
počet letadel do 9000 kg výletové váhy: 770,
spotřeba nafty: 3 856 000 tun,
spotřeba benzínu: 1 954 000 tun,
celkem přemístěno: 300 000 m³ zemin a 240 000 tun ostatních materiálů.

Lodní a letecká doprava

Způsobuje především znečištění hydrosféry a atmosféry, ale i litosféry (např. v překladištích ropných produktů z tankerů v přístavech, znečištění litosféry kolem letišť, při haváriích zásobníků pohonných hmot i dopravních prostředků). Vlivy jsou dány i rozsahem dopravy (obr. 115), z něhož vyplývá, že jen Hormuzskou úžinou v Perském zálivu proplouvá každých pět minut jeden velký tanker.

Transport produktovody

Délka produktovodů se neustále zvyšuje. Patří k nim ropovody, plynovody,

podzemní spojovací tunely železniční, silniční, městské hromadné dopravy apod.

V České republice je nyní 673 km ropovodů (505 km ropovod Družba a 168 km ropovod Ingolstadt). Kromě stávajících (obr. 118) se nyní v Evropě staví dálkové plynovody z Ruska přes Baltské moře do Německa a plynovod Nabucco (obr. 113) z Kazachstánu přes Černé moře a Balkán do jižní Evropy. Ten by měl mít kapacitu 33 miliard m³ zemního plynu ročně.

Přibývá i železničních tunelů (například již v provozu pod kanálem La Mance Velká Británie-Francie a projektovaný Gibraltar-Maroko) a tunelů silničních (pod Alpami aj.).

Transport produktovody způsobuje změny režimu svrchní části litosféry (znečištění, působení emisí, působení bakterií, změny distribuce teploty, např. v alpském Simplonském tunelu ochlazení) a hlavně znečištění litosféry při poruchách ropovodů a plynovodů.

Velký význam pro transport vody mají zavlažovací kanály (obr. 120, 121, 122).

Cestovní ruch

Geologické jevy, vulkanismus, jeskyně či činnost moře přitahují stále více turistů z celého světa.

U nás jsou to:

- hory a skalní útvary (např. Prachovské skály v Českém ráji, světoznámá Pravčická brána v Národním parku České Švýcarsko),
- krasové jevy (Moravský kras, Český kras, Zbrašovské aragonitové jeskyně s nedalekou Hranickou propastí, na Jesenicku jeskyně Na pomezí a jeskyně Na špičáku, jeskyně Turoid v Mikulově, Mladečské jeskyně u Olomouce, Chýnovské jeskyně aj.),
- lázně (Luhačovice, Teplice u Hranic na Moravě, menší jihomoravské lázně, Darkov u Ostravy, světoznámé západočeské lázně, lázně Teplice v Čechách, Jáchymov aj.).

Pro přírodu k nejvíce škodlivým následkům rozvoje turistiky patří:

- poškozování výplně jeskyní,
- udupávání půd,
- přemísťování sněhu při sportovních akcích,
- zvyšování rychlosti eroze tvorbou pěšin i motorovými vozidly,
- znečišťováním povrchových vod, řek a rybníků,
- změny vegetace i nezodpovědná aktivita sběratelů přírodnin, hub, borůvek, minerálů a zkamenělin, resp. hledačů „pokladů“ s elektronickými detektory kovů, atd.

Počet návštěvníků Moravského krasu stoupl z 50 000 v roce 1955 na 300 000 v roce 1982,

na nejvyšší moravskou horu Praděd v Hrubém Jeseníku vystoupí ročně kolem 300 000 lidí. Přitom je nutné počítat s tím, že objekty v blízkosti dálnic budou mít v blízké budoucnosti podstatně vyšší návštěvnost v souvislosti s napojením našich dopravních cest na evropskou síť dálnic a železnic. Již B. Müller (1921) si byl vědom toho, že zvyšování cestovního ruchu musí být provázáno osvětovou činností a zabezpečeno ochranou přírodního bohatství, které je společným kulturním dědictvím celého národa.

Škody, které vznikají na geologických objektech v důsledku cestovního ruchu a s ním spojených činností, lze rozdělit do tří skupin:

- škody, které způsobují návštěvníci,
- škody, které způsobují provozovatelé,
- nepřímé škody.

Škody, které způsobují návštěvníci:

Škody způsobené nepřístojným chováním, vandalizmem. Příkladem je lámání krápníků v krasových oblastech. V osmdesátých letech tak byla zcela likvidována krápníková výzdoba jeskyně Pustožlebské Zazděné v Moravském krasu.

Škody na lesních komunikacích, zejména v chráněných územích. Příkladem je devastace půdy a vegetace s následnou půdní erozí v Krkonoších, kdy do zákazů vjezdu nepovoleně vjíždějí řidiči motorových čtyřkolek, resp. v zimě snowboardisté a sněhové skútry.

Škody způsobené znečištěním území odpadky, zbytky potravin, fekáliemi, vojenskou činností apod. - známe například ze světoznámé Postojnské jeskyně ve Slovinsku (prosakování turistických splášků, resp. černé mastné znečištění několika set metrů závěru jeskyně po partyzánské sabotáži nepřátelského skladu pohonných hmot za II. světové války). Příkladem je i znečištění povrchových vod z lyžařského areálu Chopok ve slovenských Nízkých Tatrách, které ohrožuje Demänovskou jeskyni.

Škody způsobené dopravou, znečištění ropnými produkty, výfukovými plyny, zvýšením koncentrace olova kolem silnic.

Škody způsobené velkou frekvencí návštěvnosti. Sem patří např. škody způsobené změnou mikroklimatu v ledových jeskyních, zanášením rostlinných semen do jeskyní (např. ohrožení pravěkých kreseb na stěnách jeskyně Lascaux ve Francii), snížením O₂ a zvýšením CO₂. V Punkevních jeskyních Moravského krasu je při vyvrcholení návštěvnosti jen 19 % O₂ obvyklého v atmosféře.

Škody, které způsobují provozovatelé :

Devastace širšího okolí objektů např. výstavbou architektonicky nevhodných hotelů (Termál v Karlových Varech, hotely v Peci pod Sněžkou, navrhovaný areál na Pradědu), výstavbou silnic a betonových cest (Niagarské vodopády), výstavbou lyžařských areálů s vleky lanovek apod.

Necitlivá a nedokonalá konzervace objektů, tzv. vnitřní zásahy. K nim patří úpravy nutné k zpřístupnění (průlezy, betonové chodníky, schodiště, elektrická instalace (způsobuje i růst rostlin kolem svítidel, v Moravském krasu je jimi dnes pokryto až 60 % krápníkové výzdoby).

Porušení vzhledu objektů stavbami technického zařízení, jako jsou jímací zařízení a vrty v prameništích, následky těžby peloidů (rašeliny) pro lázeňské účely apod.

Opatření ke zvýšení atraktivnosti, např. zneužívání italské sopky Vesuvu či Velkého gejzíru na Islandu, propojování jeskyní a jiných objektů ke zvýšení návštěvnosti.

Nepřímé škody na geologických objektech vnějšími zásahy:

K takovým škodám dochází např., je-li krajina nevhodně využívána.

- Patří sem:
- zemědělské znečištění (hnojení, ropné produkty),
 - těžba v lesích,
 - znečištění průmyslovou činností.

V poslední době jsme svědky absurdní situace, kdy zcela zdevastovaná, tzv. „měsíční krajina“ na Mostecku, láká zahraniční turisty i filmaře.

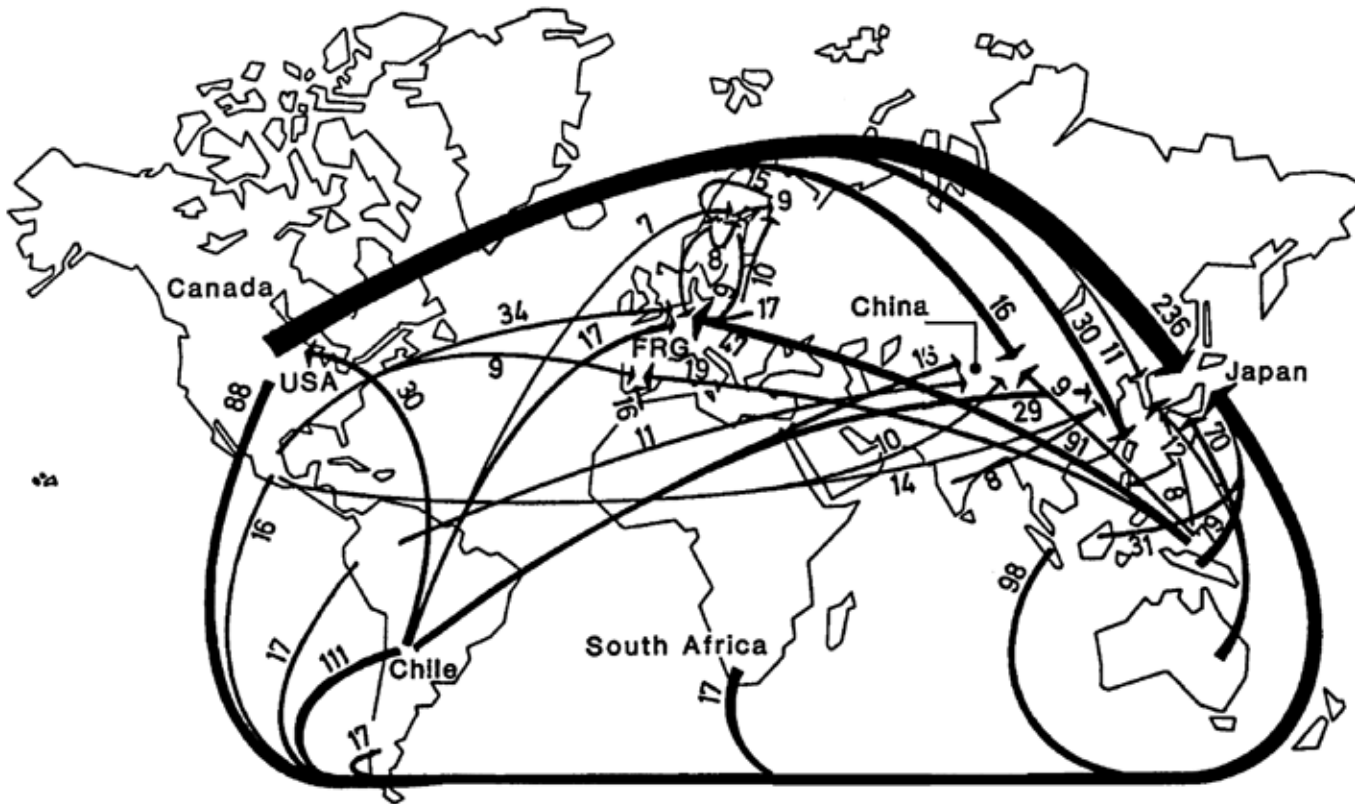
K ochraně přírodních objektů před těmito vlivy můžeme zaujmout v podstatě tato stanoviska:

- nechat věcem volný průběh,
- uměle regulovat návštěvnost,
- omezit atraktivnost, tzn. žádné lyžařské vleky, žádné koncerty na dně Macochy, žádné lanovky a možnosti občerstvení,
- omezení dopravy, např.: - zákaz vjezdu motorových vozidel,
- vybudování záchytných parkovišť,
- zajištění společné vyhlídkové dopravy (příklad linky Budňany-Karlštejn nebo lyžařská kyvadlová BUS doprava mezi Hvězdou u Karlovy Studánky a chatou Ovčárna pod Pradědem),
- vydáváním povolení ke vstupu (vrchovištní rašeliniště Rejvíz v Hrubém Jeseníku, Velký kaňon, Arizona),
- úplným uzavřením oblastí nebo jejich center. Příkladem je úplné uzavření jeskyní Lascaux ve Francii či Carlsbadských jeskyní v Novém Mexiku.

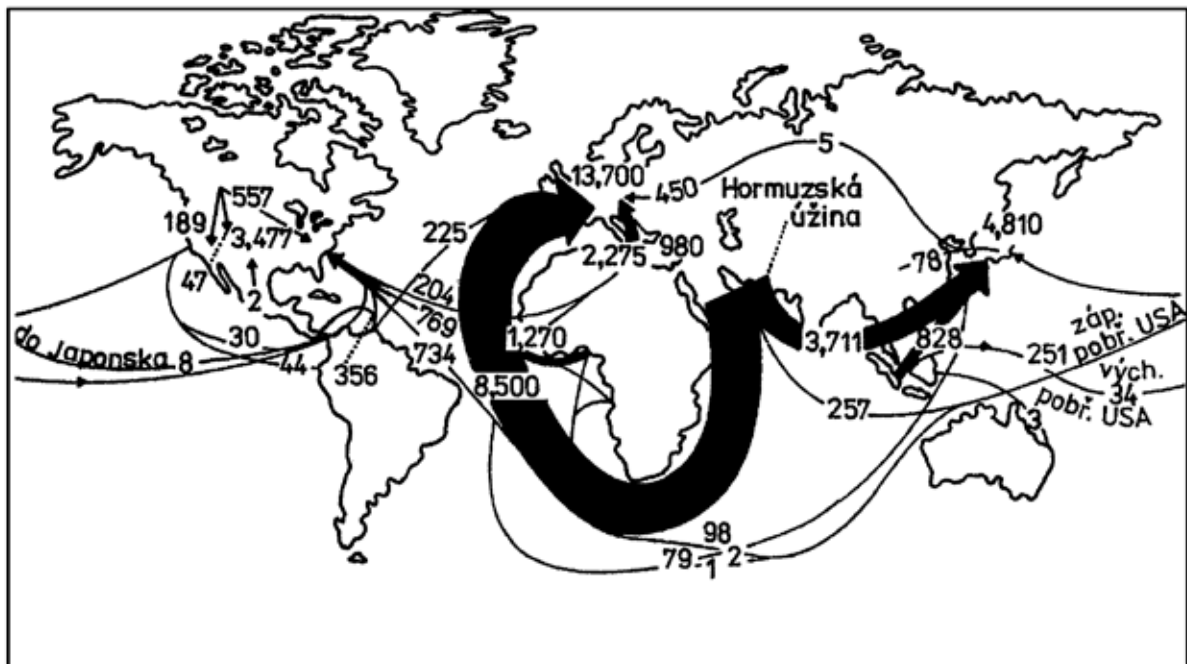
Stav dnešních pohraničních území na Šumavě a v Podjíví svědčí o tom, jak jim prospěla nepřístupnost v druhé polovině 20. století.



Obr. 113 Trasa plánovaného ropovodu Nabucco ze Středního Východu do Evropy.

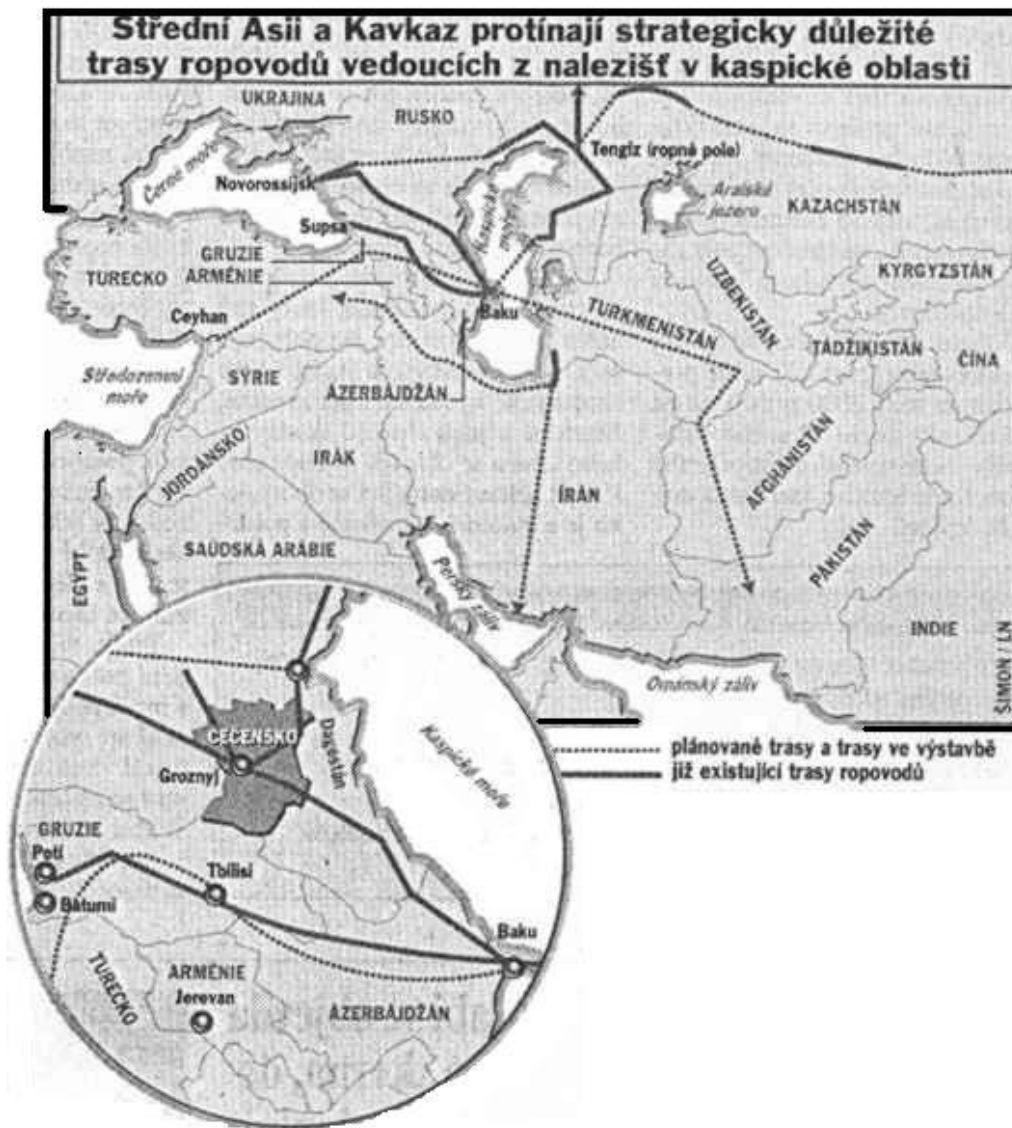


Obr. 114 Schema mezinárodního obchodu s mědí. Údaje v milionech tun. Kužvart, 1990

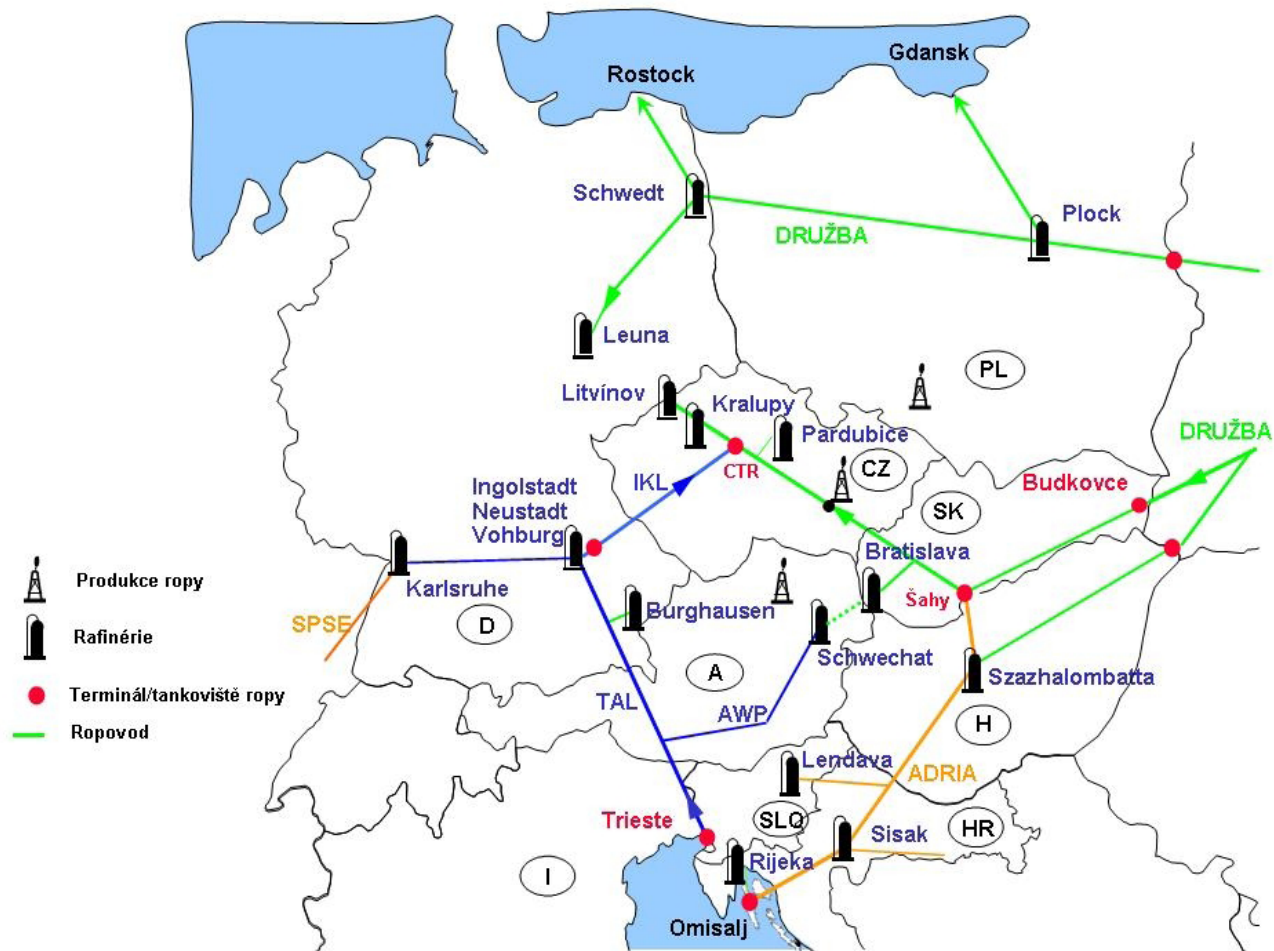


Světový obchod ropou v tisících barelů (1 barel = 164 l) za den. Hormuzskou úžinou proplouvá každých pět minut jeden supertanker. (Mineral Facts and Problems 1976.)

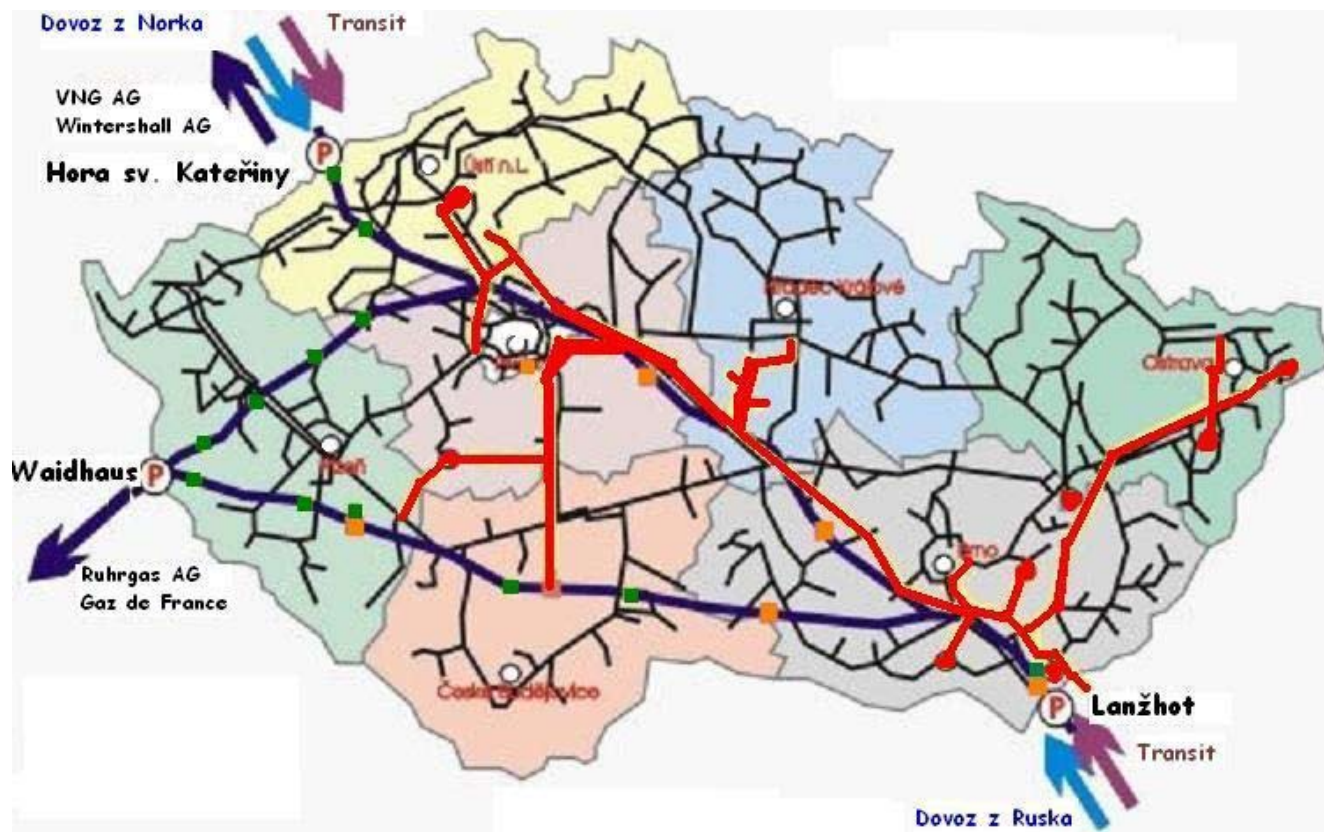
Obr. 115 Světový obchod ropou v tisících barelů za den. Mineral Facts and Problems, 1976



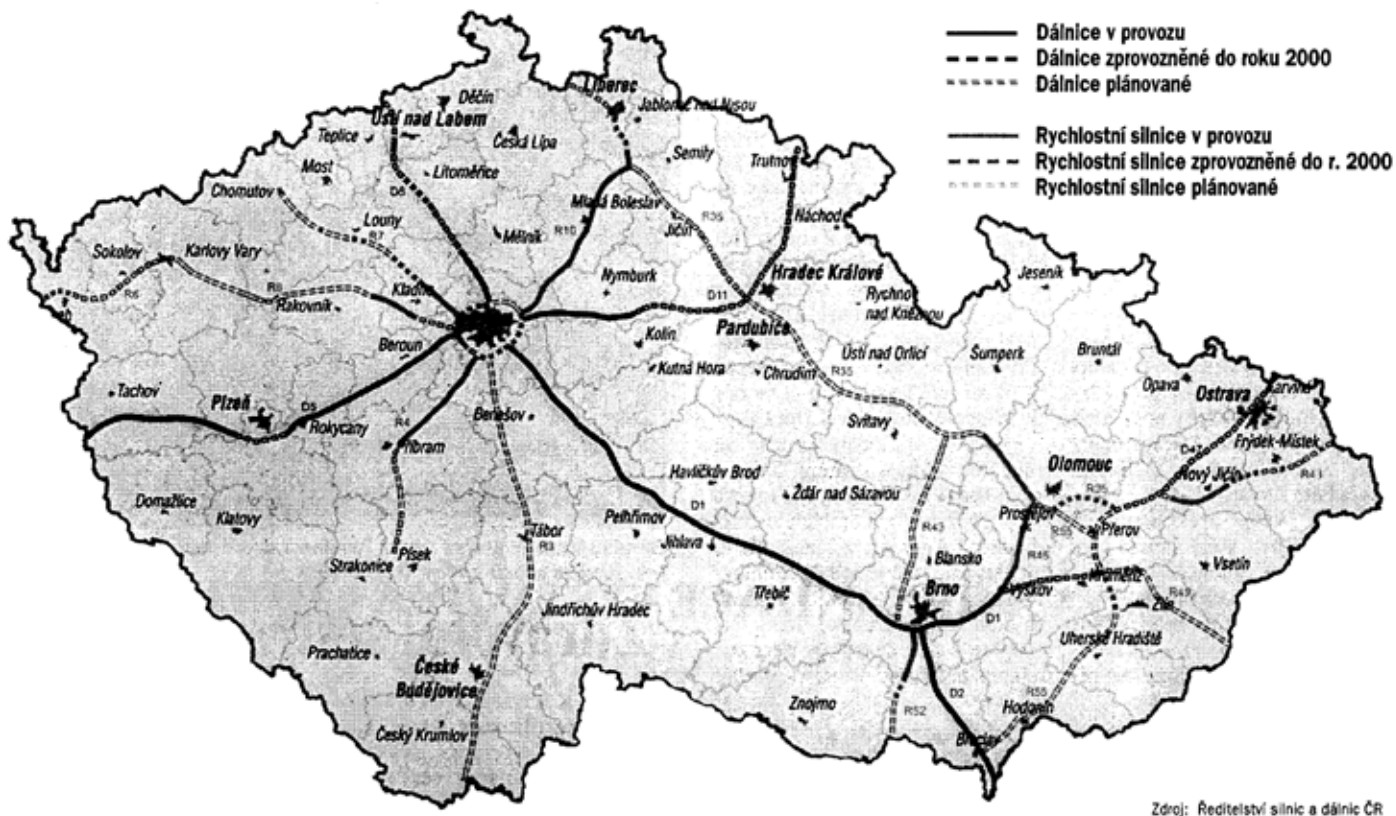
Obr. 116 Strategicky důležité trasy ropovodů v kaspické oblasti. Lidové noviny 2007



Obr. 117 Schema ropovodů ve Střední Evropě.



Obr. 118 Vysokotlaké, středně- a nízkotlaké plynovody a ropovody na území ČR



Obr. 119 Dálnice a rychlostní silnice na území ČR. ŘSD ČR

4.5 Vlivy tzv. „velkých staveb“

Na adresu tzv. „velkých staveb komunizmu“ Kettner (1955) napsal: „Každý velký zásah do ustálených přírodních poměrů může vyvolat podstatné změny v přírodě jinde, které mohou nakonec mít i katastrofální ráz“.

Jeho slova se potvrdila v plném rozsahu:

- Závlahové soustavy, které odebraly podstatnou část přítoků Amu-darje a Syr-darje ve Střední Asii, způsobily pokles hladiny Aralského jezera a jeho zmenšení z 64 000 na 29 000 km². Zbývající voda je silně znečištěna pesticidy, používanými k ošetření bavlníkových polí a zasolena. V okolí jezera prudce stoupla dětská nemocnost, změnila se i skladba potravy (v zasolené půdě nelze pěstovat zeleninu a ovoce) a tím se dále zvyšuje ohrožení 1,5 milionu obyvatel v okolí jezera. Odhaduje se, že jen k zastavení dalšího zhoršování bude nutno vynaložit na 500 milionů dolarů.

- Postavením kanálu Volha - Don a zavlažovacích soustav v dolním Povolží poklesla hladina Kaspického moře o 2 m, moře se tím zmenšilo téměř o 40 000 km².

V moderní době byla vybudována velká vodní díla na celém světě. Příkladem mohou být sítě kanálů, kterými se přivádí denně 6 miliard litrů vody z hor Sierry Nevady a řeky Colorado do hustě obydlených částí jižní Kalifornie. Tím se ovšem snížil průtok na dolním toku řeky Colorado a zvýšilo znečištění (hlavně obsah soli) natolik, že voda již není použitelná pro zemědělské účely. Trvalé ztráty velkých objemů vody v Sázavě a změny vodního režimu způsobuje podzemní vodovodní přivaděč ze Želivky do Prahy. Velká

vodní díla, jak se ukázalo při výstavbě Asuánské přehrady v Egyptě, ovlivní vždy v rozsáhlé oblasti životní prostředí a jsou proto sporná. V některých případech přesto, že příznivé účinky převažují (Novomlýnské nádrže na jižní Moravě, Gabčíkovo na Žitném ostrově, přehrada Tři soutěsky na řece Jang'c'ťiang, vodní elektrárna Bakun na malajském ostrově Sarawak a další).

Nepochybně negativní důsledky by měly i další, ve své době populární projekty:

NAWAPA (North American Water and Power Alliance) počítal s převedením ohromných objemů vody ($800 \cdot 10^9 \text{ m}^3$ za rok) z řek Yukon a Peace ze SZ na JZ a do Mexika.

Davydovův plán na převedení vod sibiřských řek Obu a Jeniseje do okolí Kaspického moře a hlavně do Aralského jezera ($600 \cdot 10^{11} \text{ m}^3$ za rok) vybudováním umělého jezera na sibiřském veletoku Obu a systému kanálů.

Sergelův plán na uzavření Středozemního moře vybudováním přehrady v Gibraltarské úžině a jeho přeměnu na sladkovodní jezero, použitelné k zavlažování Sahary.

Projekt na vybudování přečerpávací přehrady v Beringově úžině, která by převáděla studené vody z Arktického oceánu do Pacifiku a naopak.

Projekty na změnu směru Golfského proudu přehrazením úžiny mezi Floridou a Kubou nebo na odvrácení studeného Labradorského proudu od břehů Sev. Ameriky vybudováním bariery u Nového Foundlandu by vedly ke změnám klimatu a případnému nástupu nové doby ledové nejen ve Spojených státech, ale i ve Středomoří a celé Evropě.

K nejnovějším patří plán moskevského starosty Lužkova, který je de facto analogií staršího nerealizovaného Davydovova plánu. Řeka Ob způsobuje na svém dolním toku na Sibiři rozsáhlé záplavy. Kanálem, který by byl 2550 km dlouhý, by měla být přebytečná voda (asi 27 miliard litrů) odvedena k jihu do Amudarji a dodávána do již samostatných a nezávislých států střední Asie, které trpí suchem.

Taková narušení citlivé přírodní rovnováhy si lidstvo prostě nesmí dovolit !!!



Obr. 120 Plánovaný zavodňovací kanál z Obu do Kazachstánu.



Obr. 121 Kalifornský kanál přivádějící vodu z řek Sacramento a San Joaquin do oblasti velkých měst na západě USA. Stav 2003.



Obr. 122 Přehradní hráz Tři soutěsky na řece Jang c' Tiang v Číně.

4. 6 Důsledky válečných konfliktů

Geologické poznatky vůbec nachází ve vojenství nejširší uplatnění. V této souvislosti se mluví i o samostatném oboru - vojenské geologii (K. Hlávka 1935) a o vojensko-geologických mapách. Např. před více než 3000 lety staří Číňané používali pochodně nasycené surovou ropou k zapalování nepřátelských lodí, egyptští válečníci využívali v téže době strategicky výhodné tvary krajiny, geologické podmínky byly ve válkách využívány v antice a ve středověku (podrobněji viz Kužvart 1990). Počínaje Napoleonem jsou geografové a geologové nezbytnými poradci úspěšných velitelů, ovlivnili v I. a II. světové válce zákopové bitvy, resp. vylodění v Normandii nebo bitvu u Kurska (dezorientace velení v důsledku magnetické anomálie) a mnohé další.

Ve válkách dochází k rozsáhlým změnám georeliéfu nejen tvorbou zákopů, ale i vznikem kráterů po výbuších munice, po jaderných výbuších, znečištěním litosféry nejrůznějšími způsoby (obr. 123, 124a, 124b), které přetrvává po mnoho let. Nejvíce ohrožují lidstvo i rozsáhlé jaderné arsenály, v nichž jsou uloženy zásoby jaderných materiálů tisícinásobně převyšující víceméně neškodný odpad z jaderných elektráren.

Přesto, že člověk je na litosféře zcela závislý, často ji zneužívá pro svůj prospěch zcela neracionálně a bezohledným způsobem a je dokonce schopen uvažovat i o přímém zneužití.

Odhaduje se, že asi 15 – 30 % vytěžených surovin je na světě využito ve zbrojním průmyslu, tedy zcela neefektivně a proti zájmům člověka. Může dojít i k přímému válečnému zneužití, jak o tom svědčí úmyslné zapálení kuvajtských ropných vrtů ve „válce v zálivu“ v roce 1993 (obr. 124a, 124b). Vědci v bývalém Sovětském svazu dokonce plánovali jednorázové zničení východní, hustě obydlené části USA pomocí vln tsunami, uměle vyvolanými sérií výbuchů na dně Atlantského oceánu, NASA zase proražení ozónové vrstvy protonovými děly a následné zničení všeho živého při zachování průmyslu v určené oblasti.

Také Československá akademie věd se v roce 1980 zabývala možností těžby nerostných surovin a budování podzemních zásobníků na našem území pomocí jaderných výbuchů. Bylo navrhováno těžit rudní ložiska pomocí jaderných výbuchů vyluhováním z horninové drtě, ropná a plynová ložiska výbuchy zintenzívnit a vznikajících kaveren využívat k podzemnímu skladování, vytvořením řady kráterů budovat vodní průplavy apod. (Zajíc 1967). Bude zřejmě záležet na celé lidské společnosti, jak dokáže sladit své potřeby s přírodou a uplatnit své schopnosti tak, aby si sama nepřivodila zkázu.



Katastrofické znečištění ovzduší ze zapálených kuvajtských naftových polí ve válce v Zálivu (a) a (b).



Obr. 123 Důsledky válečných konfliktů a jejich dopad na životní prostředí.
Lidové noviny 29. 5. 2008



Obr. 124 Katastrofické znečištění ovzduší ze zapálených kuvajtských naftových polí ve válce v Zálivu (a) a (b).

4. 7 Vliv člověka na vznik záplav

Stále častěji jsou zátopy způsobeny geologickými procesy, na nichž se podílí lidská činnost.

Vhodné podmínky pro vznik záplav vznikají v důsledku:

- antropogenních poklesů,
- havárií vodních děl,
- antropogenních změn krajiny,
- antropogenní povodňové vlny.

K antropogenním poklesům území dochází v důsledku:

- poddolování,
- vytěžení (hlavně ropy a zemního plynu),
- čerpáním hlubinných vod.

Na Karvinsku je v důsledku poklesů poddolovaných území mnoho hektarů zcela zamokřeno.

Nebezpečnější jsou takové poklesy v příbřežních oblastech, např. na Apšeronském poloostrově bylo zaplaveno vodami Kaspického jezera několik km², které poklesly o desítky centimetrů po odtěžení ropy v třicátých letech 20. století. V Texasu v roce 1917 pokleslo území o rozloze 4 x 2 km a bylo zaplaveno mořem do výšky 90 cm. To vyvolalo po odvodnění zajímavou soudní při. Kdyby pokles nebyl způsoben činností člověka ale např. zemětřesením, připadly by tyto pozemky státu. Protože však šlo o pokles antropogenní, zůstaly původním majitelům.

Poměrně časté jsou havárie vodních staveb a těžebních prostorů.

Příkladem mohou být havárie přehrad:

- *Malpassetská přehrada v jižní Francii se při pomalém napouštění provalila a povodňová vlna smetla část města Frejus a zabila 412 lidí. Příčinou bylo anomální chování rul v podloží hráze. Pod tlakem se mimořádně zvýšila jejich propustnost.*
- *Přehrada Koyna v Indii vysoká 103 m se protrhla v důsledku seizmických otřesů, způsobených zatížením a poklesem zatopeného území, které dosáhly 6,40 RichtEROVY stupnice.*
- *Při napouštění přehrady Kariba v Zambii (hráz vysoká 128 m) bylo zaznamenáno více než 2000 otřesů s hypocentry pod jezerem. Naproti tomu funkční přehrada na filipínském ostrově Luzon v roce 1996 se při zemětřesení o síle 5,8 RichtEROVY škály protrhla a došlo k zatopení jedenácti vesnic.*

Dalším případem je protržení hrází odkalovacích nádrží úpravárenského odpadu nebo popílku:

- *V roce 1965 došlo ke katastrofě u slovenských Zemianských Kostolan, kde se protrhla 70 m vysoká hráz a popílek z tepelné elektrárny se rozlil do údolní nivy řeky Nitry, znečistil 50 km² území a zanesl metrovým nánosem železnici, cesty a část obce.*
- *Dalekosáhlé následky měla těžba písků a štěrků na slovenském úseku Dunaje. V místech odkrytí dna při těžbě došlo k průsakům vod do štěrkopísků. Tím byla narušena přehradní hráz a v roce 1965 se protrhla a zaplavila několik obcí (Čičov, Patince).*
- *Kromě toho v 70. letech 20. století byla úpravami toku Dunaje omezena akumulace štěrků, jichž se původně v korytě řeky usazovalo asi 600 000 m³ ročně. Začala převládat eroze podporovaná do roku 1989 těžbou. Tím se v Dunaji snížila hladina spodní vody a přestaly se proplachovat kaly*

v říčních ramenech, v nichž probíhaly redukční procesy, jež ohrožovaly znečištěním zásoby kvalitních podzemních vod Žitného ostrova. K nápravě došlo teprve po uvedení slovenské části vodního díla Gabčíkovo - Nagymaros do provozu.

Vliv člověka na vznik povodní je možno doložit i historickými příklady:

- *V době Velkomoravské říše nedocházelo na Moravě či Dyji k záplavám, protože rozsáhlé lužní lesy na jižní Moravě nedovolily jejich vznik. Likvidace těchto lesů v hradištní době způsobila rozkolísání vodních stavů. Pro časté záplavy musela pak být hradiště opuštěna.*
- *Ve středověku pokrývaly Šumavu, jižní a střední Čechy, rozsáhlé lesy, které akumulovaly vodu v době nadbytku a poskytovaly vodu v době nedostatku. Vltava byla mnohem bohatší vodou a měla poměrně pravidelný průtok. Proto záplavy, podle historických údajů, byly jen sporadické (např. v letech 1180, 1272, 1481 a 1501). V důsledku vymýcení lesů koncem 18. století byla rovnováha porušena a v Praze začalo docházet k hrozivým záplavám (např. v letech 1784, 1829, 1845, 1885 a 1890).*

V dnešní době lesů spíše přibývá, a přesto naše současná krajina ztrácí schopnost zadržovat vodu. „Za našich mladých let“ i týdenní nepřetržitý déšť nic neznamenal, dnes i jediný přívalový liják znamená riziko povodně. Příčinou je zejména způsob zemědělského obdělávání v druhé polovině 20. století. Zbytečná regulace řek, rozsáhlá meliorace (aby příslušný podnik plnil plán), rozorání mezi a likvidace remízků, chemizace půdy a tím i způsobený nedostatek humusu a znečištění stojatých vod, úbytek půdních bakterií i nevhodné obdělávání (orba a vinice na svazích vedená po spádnicí a nikoliv po vrstevnici) i nepřirozená zástavba rizikových oblastí (např. ZVVZ Milevsko v nivě říčky Smutné nebo někdejší Baťovy koželužny v nivě Moravy), stejně jako lehkovážné povolování rekreačních staveb v těchto oblastech jsou základní dnes příčinou neúměrného zvyšování rizika povodní.

Dlouhodobý význam by měla zejména změna způsobu zemědělského podnikání (omezení zbytečného zatravnování, dodržování cyklů osevního postupu, omezení chemických hnojiv a postřiků, které zabíjejí v půdě organizmy produkující humus).

Za antropogenní povodňovou vlnu je třeba považovat také průvaly vod do těžených prostor.

U nás ohrožují těžbu uhlí v hornoslezské pánvi na Karvinsku (kuřavka), k zatopení díla došlo však i při ražení vodní štoly ze Želivky do Prahy průvalem na hlavním zlomu blanické brázdý i při těžbě uranu (Jáchymov, Kovářova jiné). Nejznámější jsou průvaly vod na uhelných dolech, kterými byly ohroženy minerální prameny a lázeňské zdroje. Průval vod na dole Dollinger v Teplicích v roce 1879 způsobil destrukci 7 km vzdáleného Pravřídla. Průval do dolu Marie v Královském Poříčí ohrozil na počátku století Karlovy Vary a na Slovensku v Kišovcích průvalem do manganového dolu byl zničen zdroj kyselky Tatra.

Neméně závažné mohou být změny vznikající na březích umělých nádrží zvýšenou erozí, změnou stability svahů, kolísáním hladiny nebo zvodněním.

Neméně závažné jsou svahové pohyby způsobené po napuštění nádrže zvodněním, kolísáním hladiny, změnou stability zatopením svahu a zvýšenou erozí.

Význačným příkladem je sesuv do nádrže Vaiont v italských Alpách v roce 1963. Přehradní místo bylo zvoleno správně, ale menší pozornost byla věnována starým sesuvům v oblasti budoucího přehradního jezera. Protože již během stavby došlo k sesuvům v roce 1958 a 1960, varovali geologové před tímto

nebezpečím. Časopis, který jejich zprávu zveřejnil, byl dokonce žalován pro šíření poplašných zpráv. V září 1963 po napuštění přehrady byly na levém břehu jezera pozorovány pohyby a neobvyklý útěk zvěře a 9. 10. 1963 došlo k sesuvu v místech, kde se pevné jurské dolomitové vápence na svahu hory Tec stáčí v synklinálním uzávěru a na jejich bázi vznikla sesuvná plocha mezi nimi a jílovitými vápenci v podloží. Původní domněnka byla, že sesuv byl aktivizován zemětřesením, ale při bližším zkoumání se ukázalo, že naopak seismologický záznam byl způsoben sesuvem. 100 - 200 mil. m³ sjelo rychlostí 100 km/hod. do jezera a zdevastovalo do výšky 130 m protější svah. Objem sesutých hornin byl nejméně dvakrát větší než obsah vody v nádrži. Vzedmutá vlna se přelila přes hráz, která nápor naštěstí vydržela, ve výšce 100 m nad korunou a na 40 mil. m³ vody se valilo na obec Longaronne a další tři vesnice údolím Piávy. V postižených obcích nikdo nepřežil, obětí bylo 2 117. Dnes je nádrž vypuštěna a sesuv zachován v původním stavu.

Umělé zátopy opuštěných důlních děl i lomů jsou běžnou praxí, stejně jako metodou zemědělského obdělávání (např. zatopení rýžových polí).

Vodohospodáři by nejraději upravovali celý tok řeky (obr. 128). Argumentace je přitom často naivní: prý by měla být co nejpodobnější přirozenému toku. U nás jsou zcela jiné podmínky pro vznik katastrof.

Např. na Moravě jsou říční nivy převážně severo-j jižního směru, tomu odpovídají i lokalizace starých měst a jejich spojení. Naproti tomu byly stavěny dopravní tepny v bývalém Československu ve směru západovýchodním (republikový systém Praha – Košice). Ty vytváří přirozené překážky. Např. most přes Ploučnici v Českém Krumlově vytváří každoroční ohrožení, ale památkáři odmítají jeho zbourání. Na druhou stranu však mohou jako hráz fungovat i násypy silnic a železničních tratí. Problémem je, že ne všechny jsou stavěny tak, aby mohly plnit tuto funkci. Pro jejich výstavbu by v záplavových územích měla platit jiná norma.

Selhání této funkce způsobilo v roce 2006:

- přerušení dopravy na klíčové trati Břeclav – Vídeň,
- protržení násypu železniční trati mezi Jevišovkou a Dyjí, nutnost evakuace obcí Drnholec, Novosedly, Jevišovka a Nový Přerov (ještě že se vtipně mohli obyvatelé Novosedel evakuovat do svých vinných sklepů).

Jak je složité správně odhadnout důsledky antropogenního ovlivnění přírodních podmínek, ukazuje případ řeky Rhôny. Během dvou korekcí koryta (v letech 1860 - 1890 a v letech 1930 - 1960) bylo její koryto zúženo hrázemi a zpevněním břehů, aby tekla rychleji, nedocházelo k záplavám a vznik močálů. Lidé začali obdělávat ziskanou půdu, ale brzy se korekce ukázala jako neúčinná, naplaveniny zadržovaly průtok, docházelo ke katastrofálním záplavám a sesuvům (např. v roce 1987, 1993, 2000). Navíc velmi utrpělo životní prostředí (příliš regulovaná řeka snížila možnost turistiky, odpočinku i zemědělství). Proto byla zahájena „třetí korekce“ ve švýcarském kantonu Walis, která má znovu vytvořit řeku se zákruty, krásnější, ale divočejší, která by mohla rychleji odvádět záplavovou vodu.

Z uvedených příkladů vyplývá závěr:

- nechat řeku, aby se rozlévala tam, kde to nezpůsobí žádné škody,
- před obdobím záplav včas vyčistit koryta.

Nejdůležitější ochranou jsou různá stavební opatření.

Mají však několik velkých nevýhod:

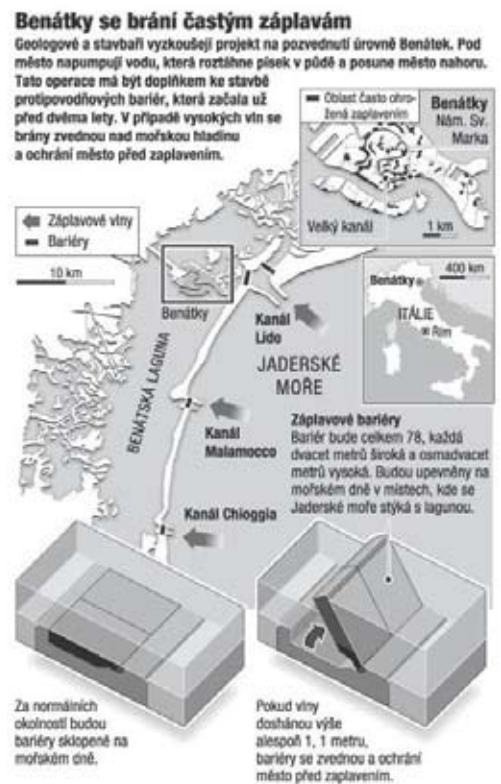
- jsou natolik negativním zásahem do krajiny, že vzbuzují odpor obcí i soukromých vlastníků podle vzoru „hráz ano ale ne na mé zahradě“. Třebechovice odmítly stavbu, která by na jejich území ochránila sousední obec (ostatně stejně odmítl sousední stát vodní dílo na Dunaji),

- neumíme je využít: vodohospodáři nebyli schopni zajistit dodržení režimu odtoku vody, koordinovaně z celého povodí (2002 na Nežárce, 2006 na Dyji). Tam kde využili (Chrudimka), nebylo povodňové nebezpečí,
- podmínkou je kvalita stavby. Kontrastuje tu např. Krčínův rybník Rožmberk, který nápor vody vydržel, s rybníky na Blatensku v roce 1997, které smetly celé vesnice, stejně jako osud Olomouce či Dürsteinu a Břeclavi, kde nevydržely retenční nádrže. Tam kde včas měli připraveny dočasné bariéry (Terezín, Praha, Kroměříž či Napajedla) k většímu ohrožení nedošlo. Naproti tom Ústí nad Labem, kterým proteče největší část vody z Čech, po povodni v roce 2002 investovalo více než miliardu korun do výstavby sportovních zařízení, ale protipovodňová opatření odsunulo (obr. 126).

Závěrem:

Kvůli vlivům, způsobeným člověkem, ztrácí naše krajina stále více přirozenou schopnost udržet vodu, ale pořád ještě to dokáže efektivněji než člověk!

Podstatné je to, že vlivy člověka na vznik záplav převažují nad vlivy klimatických změn.



Obr. 125 Ochranné pohyblivé hráze proti záplavám na Temži, v Holandsku a v Benátkách.



Obr. 126 Zápavy v Ústí nad Labem v r. 2002.



Obr. 127 Zápavy na řece Otavě v Písku v r. 2002.



Obr. 128 Jak si někteří vodohospodáři představují ideální koryta našich řek.





Obr. 129 Tsunami na poloostrově Meulaboh v Indonézii bylo způsobeno v prosinci r. 2004 zemětřesením v Indickém oceánu severně od Sumatry. Přišlo o život 283 000 lidí. 100 největších katastrof, Rebo, 2006



Obr. 130 Stejně tsunami zničilo obec Gleebruck. Na leteckém snímku je obec při příchodu vln (A) a po jejich ústupu (B). 100 největších katastrof, Rebo, 2006

4.8 Vlivy velkých měst

Od 20. století probíhá výrazný trend koncentrace obyvatel Země ve městech. Zatím co v roce 1950 žila ve městech asi 1/3 obyvatel, nyní je to již více než polovina. Zvyšuje spotřeba vody, surovin, potřeba dopravních kapacit a produkce odpadů. I v České republice produkují velká města (Praha, Brno, Plzeň, Ostrava) více komunálních odpadů než největší průmyslové podniky.

Velká města působí jako větrolamy, vytvářejí specifické formy georeliéfu (sídlíšní formy), ovlivňují velmi výrazně koloběh vody i klima. Dochází ke znečištění ovzduší (dopravou, kouřovými plyny) a zvýšení teploty. Města mají až o 6 °C vyšší průměrnou teplotu vzduchu než okolní krajina a vytvářejí tak městské tepelné ostrovy (UHI- urban heat islands, obr. 131).

Velkoměsta jsou srovnávána s džunglí. Charakterem podmínek se však blíží spíše poušti (malá plocha vegetace, rychlý odtok vody, velká plocha obnažených objektů a výrazné zahřívání) a také solné výkvěty v pouštích lze srovnávat s destruktivní činností soli na stavbách. Přírodní kámen je ve zdivu vystaven působení městského prostředí agresivní povahy, hlavně atmosféry. Uplatňují se při něm vlastnosti materiálu, fyzikální, fyzikálně-chemické, chemické a biologické procesy, které mohou působit v kombinaci nebo časové posloupnosti. Rozhodující je množství vody, které pronikne do horniny za určitou dobu a hloubka průniku. To závisí na infra- i mikro- porózitě a na čase, kapilární vzlínivosti a propustnosti.

Stavební materiály jsou atakovány:

- povětrností a průmyslovými exhalacemi (pokrytí povrchu šedými sírany, odprýskávání, opadávání povrchové kůry),
- biologickými vlivy: působení bakterií a plísní (amonizační, nitrifikační a sírné), řas a lišejníků, i vyšších živočichů (holubí trus),
- krystalizačními tlaky: růst novotvořených krystalů ve zdivu. V párech hornin vyvine např. halit tlak 6 Kbar, sádrovec 3 Kbar, při přeměně monohydrátu na dihydrát při 0 °C vzniká tlak 20 Kbar,
- působení kouřových plynů způsobuje rychlý rozpad vápenců a mramorů.

Význam podobného hodnocení těchto vlivů prokázali na příkladech z Brna, Kroměříže, Znojma (rotunda Gregerová, 1991, 1993), Pospíšil a Locker (1995) a z Prahy petrografové Karlovy univerzity (in Matyáš 2007). Ti také upozornili na nutnost výběru nejvhodnějších kamenů na opravy památek poškozených erozí v městském prostředí z hlediska funkčního, historického i estetického, vzhled stavby může ohrozit nejen použití odlišného materiálu (např. cementových kvádrů zasazených do zdiva z přírodního kamene na chrámu sv. Petra a Pavla v Brně), ale i odlišná orientace foliováných stavebních kamenů.

Vlivy podmínek zvětrávání ve městech byly studovány již dávno. Prof. Gartner z brněnské německé techniky se v roce 1934 zabýval příčinami zvětrávání mrákotínské žuly na budově techniky v Brně a v Praze, prof. Špaček zahájil v roce 1931 experiment, podle něhož měly být na vybraných etalonech studovány změny hornin za 50. let. Experiment dokončila Dudková (1990, 1991) přesto, že značná část srovnávacího materiálu byla ztracena. Zjistila, že kompaktní horniny jsou po 50 letech navětrány jen v povrchové části (slivenecký vápenec, slezská žula z Černé Vody), zatím co pórovité horniny (hořícký pískovec) jsou postiženy i uvnitř hlavně degradací pojiva. To potvrdil i výzkum Šrámka a Tolara (1993), kteří zjistili, že odolnost roste s objemnou hmotností hornin a klesá s pórovitostí (zdi z pórovitých hornin vlastně způsobují vztlínání vody, jak bylo prokázáno např. na Salmovském paláci - Čichovský 1990). Při výzkumu zvětrávání zdiva Karlova mostu (Lang 1989) byly zjištěny změny barvy, vzhledu, morfologie, ztráta soudržnosti zrn s pojivem, rozpouštění kalcitu v mramorech, doličkovité zvětrávání granitů a pokles pevnosti v tlaku. Z novotvořených minerálů byly prokázány nitráty (holubí trus, močovina používaná v 70. letech místo soli), halit (vzhledem k solení komunikací) a 6,9 - 8,9 pH.

K odsolení je možné použít metody falešného líce (zdivo se pokryje buničinou napuštěnou destilovanou vodou a sůl migruje z kamene do buničiny).

Některé kameny indikují znečištění prostředí mimořádně citlivě. Patří k nim např. pokrývačské fylity. Na střeších, pokud jsou porostlé mechy a lišejníky, ukazují velkou čistotu ovzduší. V městském prostředí, hlavně na vnějších obkladech, se v nich projevují velmi rychle změny (Fediuk 1984): pokles lesku, vybělení, výkvěty síranů (epsomit, astrachanit, čermíkit), vznik exfoliace až úplný rozklad horniny (v ovzduší Prahy stačí 5 let, aby se rozpadly na prach). Podle Fediuka je z toho zřejmé, že člověk vydrží víc než kámen. Příčinou citlivosti pokrývačských fylitů je především chlorit.

Odolnost vůči vlivům povětrnosti i opotřebení je důležitá i u materiálů používaných na dlažby (např. známé pražské kočičí hlavy vyrobené z tvrdých, ale křehkých drabovských křemenců). Pro provoz je zvlášť nebezpečné použití rozdílných hornin, které způsobují nestejně opotřebení vozovky.



Obr. 131 Vlivy rostoucích velkých měst. Geoscientist, 2006, upraveno

4. 9 Tvorba krajiny a ochrana přírody

K nejvýznamnějším změnám v georeliéfu patří změny, k nimž dochází na styku moří a souše a na mořském pobřeží. Také zde není vždy zřejmé, do jaké míry se na nich podílí člověk.

Litosféru přímo ovlivňuje tvorba podzemních prostor. Stále větší význam má stavba tunelů a tras metra v podzemí. Z historie jsou známy obtíže s budováním pražských železničních tunelů (v důsledku zatížení povrchu stavbami) nebo stavba Simplonského tunelu spojujícího v Alpách Rakousko a Švýcarsko, kde oproti předpokladům došlo k velkému nárůstu teploty (reliktní geotermický stupeň).

Z novějších staveb byly krajně nepříznivé podmínky při budování podzemního železničního tunelu z Francie do Anglie pod kanálem La Manche. V Hamburku při výstavbě metra došlo k sedání ledovcových uloženin, ve Frankfurtu nad Mohanem před ražením tunelů metra v říčních náplavech musela být uměle snížena hladina podzemní vody a při stavbě v Bruselu v sytkých zeminách bylo aplikováno zmrazování. S využitím morfologie terénu byla v podzemí umístěna elektrárna na Lipenské přehradě.

V zahraničí jsou podzemní prostory hojně využívány i jako kolektory inženýrských a komunikačních sítí, pro kabelové a podzemní potrubí, úkryty v případě ohrožení, obslužné provozy, sportovní haly, garáže a v Kansas City jsou ve vytěženém vápencovém dole i kanceláře a obchody.

Za II. světové války byly doly využívány jako utajené továrny zbrojní výroby (štola Richard II na Litoměřicku, Fertörakos v Maďarsku, Turčianský sv. Martin ve Slovenské republice). V podzemních

prostorách se pěstují žampiony, zrají sýry (např. v Českém Krumlově se využívá uměle vybudovaných štol ke zrání sýrů typu roquefort v úplně stejném geologickém prostředí - moldanubická zóna - jako ve Francii v oblasti Roquefort). Velký význam má stabilní teplota ve sklepích pro zrání vín apod.

V souvislosti s útlumem hornické činnosti vystupuje v ČR do popředí využití důlních děl. V likvidaci je 24 uhelných dolů, všechny doly rudní, zanikají celé revíry (jesenický, rosicko-oslavanský a příbramský), likviduje se téměř polovina, tj. 3 000 km důlních děl v České republice a na 30 mil. m³ důlních prostor. Většina se likviduje zatopením nebo základkami odpadních materiálů. O jejich využití je malý zájem, zejména pro neúměrně nízké ceny povrchových pozemků a nedostatečnou legislativu.

Možné je využití důlních vod (Burda, Kačura 1993), nejčastěji jako zdroj podzemní vody vyhovující české normě (Krupka vodovod, Vykmánov pro Perštejn, Brzkov dokonce jako kojenecká voda z důlního horizontálního vrtu). Jen výjimečně je v nich zvýšený obsah škodlivých kovů (např. Zn v Křižanovicích), ale i v nich dochází k postupnému vyčištění a zvyšování kvality vody (Radlík, Havlíčkův Brod, Ratibořské Hory). Dalšími možnostmi jsou pohon vodních elektráren a využití k vytápění (Huber na Slavkovsku dává 4,7 MW při 180 l/s, možné je využití i šachty 11 v Příbrami).

Ochrana krajiny dříve znamenala dobrovolnou ochranu jednotlivých lokalit, později se začala prosazovat ochrana velkoplošných území, pak se vytvářel soubor koridorů vytvářejících kostru ekologické stability krajiny a jen pomalu dospíváme k tomu, že krajina musí být chráněna jako celek, v němž bude nalezeno soužití přírody a člověka. Významné je zjištění, že vývoj krajiny v dnešních podmínkách nelze nechat jen přírodě.

Například hadcová step u Mohelna na Třebíčsku začala v důsledku klimatických změn zarůstat a začalo se zcela měnit zastoupení jednotlivých druhů flóry. Na počátku devadesátých let 20. století proto došlo k řízenému odlesnění, jehož účinky jsou všeobecně hodnoceny velmi příznivě (Matuška 1996).

Vzniká samostatný obor historie krajiny (Gojda, Ložek 2007), který se zabývá rekonstrukcí změn v krajině v nejmladší geologické minulosti a to jak změn přirozených, tak antropogenních. Vývoj v kvartéru je klíčem k pochopení dnešního stavu a jeho cykličnost umožňuje i prognózu do budoucna. V živé přírodě střední Evropy je nejvýraznějším projevem kvartérního cyklu zalesňování v dobách teplých (interglaciálech) a ústup lesa v dobách studených (glaciálech).

Člověk spoluvytváří krajinu sedm tisíciletí. Lidský zásah v posledním (současném) interglaciálu působí opačně vytvářením volných ploch, takže vznikají ekosystémy, které nemají obdobu v předchozích dobách teplých i studených. Zejména kultivace ovlivňuje krajinu podobně jako v glaciálech: potlačuje hlavní vegetační formaci teplých období (les) a navíc orbou a pastvou uvolňuje půdu. Ústup lesa, odnos v důsledku obdělávání půdy, změna zbylých lesů na jehličnaté monokultury, degradace a intoxikace půd, úbytek druhů i společenstev - to vše připomíná stav na konci teplých období. Příroda chudne a estetická hodnota krajiny klesá.

Hodnota estetiky krajiny (= kvalita krajové scenérie) je důležitý přírodní zdroj, ovlivňující kvalitu životního prostředí. K mapovému vyjádření slouží tzv. *Lintonova metoda*, která vychází z kombinace krajinného georeliéfu (jeho hodnota vzrůstá s výškovou členitostí) a využití půdy (hodnota klesá od přírodních nevyužitých území přes lesní, zemědělské, urbanizované a industrializované až po devastované oblasti). Jen zkušený geolog umí chápat krajinu jako harmonický celek, který se vytvářel geologickými procesy, tj. vzájemným ovlivňováním litosféry, biosféry, hydrosféry a atmosféry několik miliard let.

Ložek (1996) definuje krajinu takto:

„Krajina je území charakterizované určitým souborem složek neživé a živé přírody s různým podílem objektů vytvořených člověkem „.

Tato definice bere ohled na hierarchii jednotlivých složek, neboť neživá příroda zahrnující geologický podklad, georeliéf, klima, vody a půdy určuje podmínky pro rozvoj přírody živé - fauny a flóry - a na tom všem buduje člověk civilizační prostředí, jímž přetváří přírodní krajinu na krajinu kulturní. Člověk má dnes v rukou takové prostředky, že dokáže vytvořit prostředí, které se dalekosáhle vymyká přírodním poměrům. S tím se mění i jeho vztah ke krajině. Původně musel každý rolník citlivě využívat potenciál krajiny ke své obživě a tím se vytvářel i hlubší citový vztah obyvatel ke krajině jako k domovu, kde se rodí národní identita. V současné době v krajině mnozí vidí jen výrobní prostředí, z něhož je třeba za jakoukoliv cenu co nejvíce vytěžit. Přitom moderní technika nemusí být v rozporu s požadavkem naši krajinu chránit a určit, co je možné s dobrým svědomím obětovat, aniž by to znamenalo nejen ztráty hospodářské, ale ztrátu krajiny jako stabilizujícího prvku společnosti.

Nejvýraznější změna krajiny za posledních padesát let se týká především špatného hospodaření s prostorem krajiny (ubývání krajinného prostoru, V. Cílek 1996) a porušením jejího vnitřního řádu. Naše krajina se změnila zástavbou chatovou, komunikační i mnoha různými kůlnami, garážemi a přístavbami na území zaneseném estetickým haraburdím.

Scelení pozemků, industrializace, rozsáhlé a často zbytečné meliorace a zcela necitlivá („betonová“) regulace řek a potoků podstatně změnila ekologické podmínky. Od konce století se ukazuje, jak tyto necitlivé zásahy naši krajinu poškodily a není to jen u nás. V minulosti necitlivé regulace řeky Rhône si vyžadují stále nové a nové úpravy. Protože řeka je a měla by zůstat páteří krajiny, je nutné veškeré úpravy připravovat zvlášť pečlivě tak, aby upravený tok co nejvíce připomínal přirozenou řeku a přirozené záplavové území.

Jiným příkladem zásadního ovlivnění krajiny je stavba větrných elektráren i celých polí větrníků (obr. 88), znehodnocení krajinné scenérie rozhodně neodpovídá možností jejich uplatnění jako zdroje energie a síla větru by měla být využívána zcela jiným způsobem.

Při plánování velkých staveb, přehrad, nových sídlišť, průmyslových komplexů, dálnic a železnic i jednotlivých staveb je úloha geologie nejen v posouzení vlastností podkladu a bezpečnosti, ale i v posouzení vlivu na podzemní vody, stabilitu svahů a na celkové začlenění do krajiny. Příkladem velmi pěkně začleněné dálnice do tvárnosti krajiny je dálnice D1 na Českomoravské vrchovině, která výrazně kontrastuje s málo citlivě vyprojektovaným úsekem dálnice v barrandienu mezi Prahou a Berounem. Účelně postavené inženýrské dílo (dálnice, přehrada) zpravidla neohrožuje vzhled krajiny a neruší přírodní okolí. Ovšem dokončovací práce jsou u nás pomalé a okolí staveb zůstává dlouho neuklizené. Např. Lipenská přehrada na Vltavě, uvedená do provozu v roce 1959 nebyla ještě v roce 1965 dokončena, ve Štěchovicích kostra staré betonárky již více než padesát let po dokončení stavby ruší vzhled krajiny.

Člověk by měl v krajině, která tvoří jeho životní prostředí hospodařit šetrně, aby mohla plnit co nejvíce svých přirozených funkcí a co nejméně jí škodit tak, aby zůstávala stabilní. Neměli bychom to ovšem chápat tak, že všechny zásahy člověka do rázu krajiny jsou nepřirozené. Člověk je nedílnou součástí přírody, je přirozeným obyvatelem krajiny, nelze ani v tomto případě oddělovat „antropogenní“ a přírodní procesy. Proto se stále více autorů zabývá vztahem člověka a krajiny (Gojda 2000, Ložek 2007, Cílek 1996, 2000) a jeho schopností předvídat krátkodobé i dlouhodobé důsledky zásahů do krajiny a respektovat přirozené podmínky.

Na závažný problém přístupu člověka ke krajině upozornil J. Pretel (LN 2008): „Bylo by zásadní chybou

ponechávat vývoj krajiny živelnému průběhu, vzhledem k vývoji klimatu je nutné velmi zodpovědně posuzovat jakékoliv změny v daném území a jejich dopad. Zejména je třeba zvyšovat retenční schopnost krajiny, zvyšovat efektivnost hospodářských soustav, účinnost a pohotovost integrovaného záchranného systému, počítat s možností velmi silných větrů, námraz a silného sněžení, rizika přerušení dodávek elektrického proudu poškozením dálkových vedení. Důležité je také zlepšit strukturu a rozšíření lesů, zvýhodnit pěstování vhodných plodin v daných podmínkách a objektivně posuzovat výstavbu nových objektů. Přírodní podmínky musí mít vždy přednost před různými lokálními zájmy!“

Nedílnou součástí krajiny je většina geologických památek. Ty jsou ohroženy jednak samovolným zarůstáním skalních stěn, které se mimořádně zrychluje s postupující acidifikací prostředí, jednak mineralogicko-paleontologickým vandalizmem. Devastace se dopouští nejčastěji ziskuchtiví sběratelé, ale i profesionálové, necitlivě provádějící hmotnou dokumentaci. Známý je případ profesora z Würzburgu, kterého za odběry vzorků eklogitů na norských lokalitách vyšetřoval Interpol a soudil soud v Oslo (Fediuk 1992).

K nejdrastičtějším příkladům od nás patří poškození přírody v okolí Žulové ve Slezsku (pegmatitová lokalita Andělské domky s křišťály) zdevastovaná hledači křišťálů nebo Ločenic v jižních Čechách pokoutními sběrateli vltavínů a osud chráněné lokality Zbyslav u Čáslavi, kde na předkřídovém povrchu, tvořeném rulou s nádhernými granáty-almandiny, byly donedávna zachovány kapsy křídových příbojových uloženin se zkamenělinami. Dnes je jejich výplň sběrateli zcela zničena. Sběratelé nerespektují žádná opatření a nezákonným sběrem ohrožují i své zdraví a život.

Ochrana je obtížná, zákon 114/1992 Sb. obsahuje dílčí opatření k ochraně objektů, je však velmi nedokonalý, stejně jako dosavadní opatření Ministerstva životního prostředí ČR (např. seznam minerálů, které nelze vyvážet, omezení obchodu s minerály apod.). Kromě kvalitních právních předpisů je potřeba školní a rodinná výchova a osvěta, morální a citelný hmotný postih a kooperace profesionálů s dobrovolnými ochránci přírody a jejich organizacemi.

V zahraničí je běžné označení chráněných lokalit a přírodních výtvorů „No hammering“ a jen málokdo tento příkaz překračuje.

Velký význam má dále soupis chráněných geologických lokalit. Český geologický ústav eviduje 700 těchto lokalit (první vyhlášenou byla již v 19. století údolí Divoká Šárka u Prahy a v roce 1884 i Barrandova skála v Praze, která od té doby patří Národnímu muzeu). Kromě toho jsou pořizována i podrobná hodnocení jednotlivých oblastí (např. Krkonoš - Chaloupský 1989, Doupovských hor - Krutský 1992). Podle Chlupáče (1992) by měly být chráněny zejména stratotypy, význačné geologické odkryvy, morfologické tvary, paleontologické a mineralogické lokality, hydrogeologické objekty (termální zřídla, prameny, vodopády), lokality historických dokladů o těžbě a využívání nerostných surovin.

Dne 13. června 1991 přijala OSN mezinárodní **deklaraci ochrany paměti Země**, v níž byly všechny vlády vyzvány k ochraně geologického dědictví. V deklaraci se zdůrazňuje, že vývoj Země vytvořil životní prostředí i člověka. Životní prostředí se dnes liší od minulého i budoucího a proto je nutné chránit všechna svědectví o minulosti Země. Návrhy chráněných objektů byly již předloženy. Návrh Cowieho et al. (1992) zahrnuje z českých lokalit jen Klonk v barrandienu. Chlupáč (1992) navrhl Klonk skryjsko-týřovické kambrium, brdské kambrium, Sv. Jan pod Skalou, Praha-Řeporyje (přídol), Praha-Homolka (prag), silur-devon u Koněprus, Moravský kras, Hrubý Jeseník (metamorfní zóny a zkameněliny), Obora u Svitávky (permský hmyz), Štramberk (vápencový vrch Kotouč s jeskyní Šipkou), Pavlovské vrchy (pleistocénní

sídlíště). V tomto návrhu však chybí např. Přezletice (staré důlní práce a historické lomy). Česká vláda schválila návrhy na České Švýcarsko, Novohradské pralesy, Moravský kras a rezervace Karlštejnu a Kody.

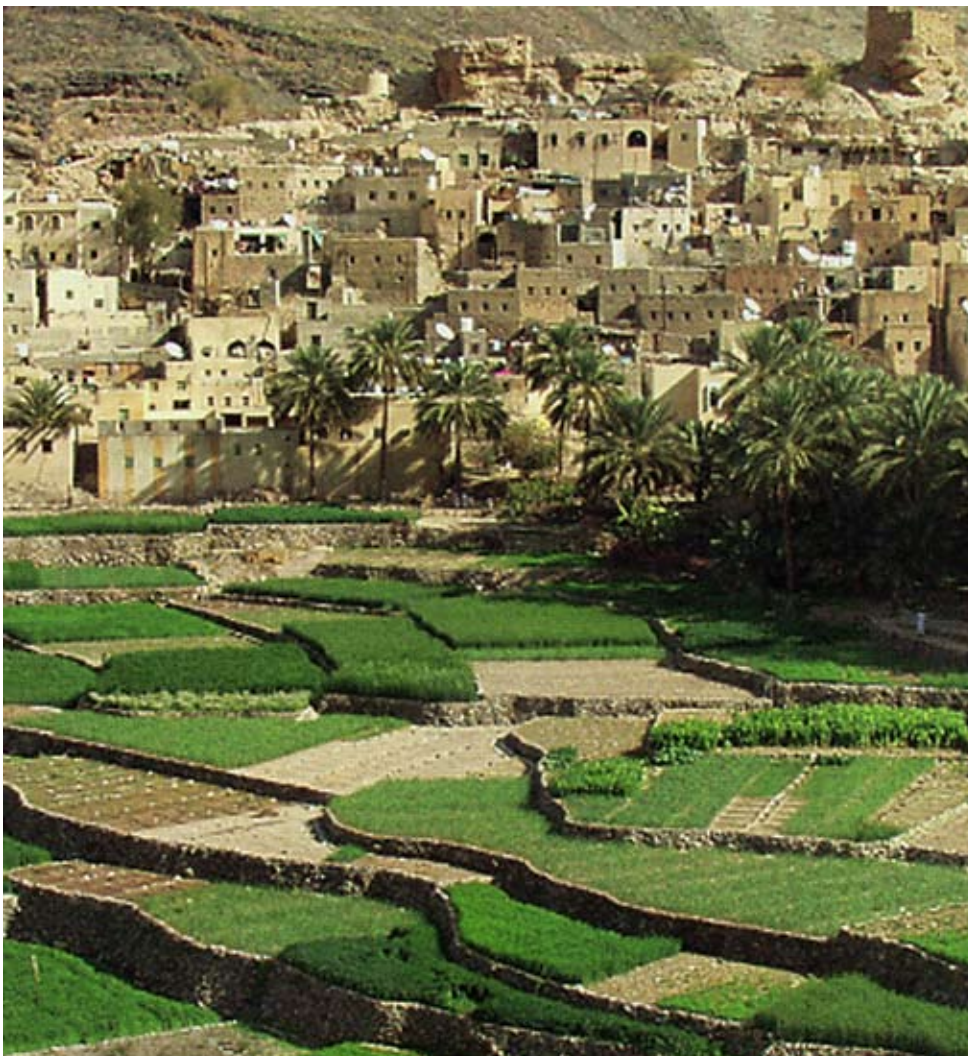
Jako součást sítě evropských geoparků byl připraven rozsáhlý Česko-Bavorský geopark v západních Čechách, který zahrnuje nejruznější geologické fenomény, tradiční ranně středověké a novější stopy po dolování, tradiční geologické lokality důležité pro vývoj geologických věd, zajímavé kontrasty míst s vysokým stupněm ochrany přírody s přilehlými fenomény krajiny ovlivněné rozsáhlou těžbou uhlí, kaolinu aj.

Nejdůslednější ochranou přírodních památek by byl úplný zákaz sběru přírodnin. Toto opatření je v některých zemích již uplatňováno. Např. v Německu existuje zákaz sběru hub, v národních parcích USA je dokonce zakázán i geologický výzkum (americká vláda zamítla vědecký vrt na sopce Katmai na Aljašce).

Při zvažování možností dalšího rozvoje cestovního ruchu bychom měli mít stále na mysli, že neživá příroda je stejně zranitelná jako živá. A vlastně ještě zranitelnější, protože se nemůže bránit.

Pokud si ještě můžeme vybrat, musíme si uvědomit, že každé váhání, každé polovičaté opatření nechává věcem volný průběh. V budoucnosti pak povede, jak toho máme již mnohé příklady, k druhému extrému. Až bude zničeno, co se dá zničit, teprve potom se úřady odhodlají k totálnímu zakazu návštěv převážně už znehodnocených krás přírody.

Ale záleží i na nás všech, jaké přírodní a kulturní dědictví zanecháme svým potomkům



Obr. 132 Úprava zemědělsky obdělávané krajiny v severním Jemenu. Oáza Nalat-Seet. Burkert et al., German research, 2007



Obr. 133 Zemědělské formy georeliéfu – terasové uspořádání svahu masívu Jabal al Akbar v severním Ománu. Burkert et al., German research, 2007

5. Kosmické vlivy na Zemi a jejich minimalizace

Vesmírné vlivy

Největší vliv na pozemské podmínky má bezpochyby Slunce. Je to energetický zdroj, který produkuje přibližně 4 · 10²³ kW energie za vteřinu a je tak po celou dobu vývoje Země pravděpodobně jediným zdrojem všech využívaných energií na Zemi, kromě energie která vznikla nukleární reakcí při přeměně vodíku na helium. Produkuje také ionizující záření a sluneční materiál a jeho magnetické pole, které se pohybuje meziplanetárním prostředím směrem od Slunce. Vytváří tak tzv. sluneční vítr, ovlivňující zemské elektromagnetické pole. Jeho působením vznikají na zemi polární záře, protonové a elektromagnetické bouře. Protonové bouře se mohou projevit hlavně v mezihvězdném prostoru, (poruchy zdraví kosmonautů, ztráta elektrického napětí či chyby v řízení satelitních mechanismů). Elektromagnetické bouře způsobují změny směru a intenzity zemského magnetického pole. V jejich důsledku dochází k ovlivnění rádiového spojení; vojenských detekčních systémů či navigace letadel (když je letadlo v jedné linii s pozemní stanicí a Sluncem), také pozemní navigační systémy se stávají méně spolehlivými. Částice s vysokou energií způsobují stárnutí v krystalové mřížce slunečních fotočlánků a ovlivňují spolehlivost geofyzikálních měření. Mohou také indukovat bludné proudy poškozující elektrické rozvodné sítě (v důsledku elektromagnetické bouře byla kanadská provincie Quebec 13. 3. 1989 bez proudu, stejně jako SV USA a některé části Švédska). Indukované proudy vznikají také na liniových vedeních, např. plynovodech a ropovodech, kde výrazně zvyšují rychlost koroze. Vliv sluneční aktivity je zřejmý i na počasí (v 17. a 18. století se minimum slunečních skvrn shoduje s tzv. malou dobou ledovou v Evropě). Účinky na organizmy dokládá i zhoršení navigačních schopností např. holubů či některých mořských živočichů (velryby, delfini), kteří používají k orientaci biologický kompas.

K dalším nejčastěji uvažovaným a diskutovaným kosmickým vlivům na Zemi a člověka patří:

- vychýlení zemské osy,
- změna rotace Země,
- vlivy kosmického a slunečního záření,
- dopad meteoritů,
- změny v celkové látkové bilanci Země (na nich mohou mít do určité míry svůj podíl lidské aktivity).

Vychýlení zemské osy

K vychýlení osy Země skutečně dochází v důsledku tektonických pohybů. Např. při posunutí indické desky u Sumatry v roce 2004 došlo k vychýlení zemské osy o 2,5 cm. To je sice neznatelné, celkově dosahují výkyvy asi 15 cm, ale ukazuje to na možnost významných změn při případných větších pohybech hmot uvnitř Země (třeba mezi zemským jádrem a zemským pláštěm) nebo i na jejím povrchu, především v důsledku pohybů zemských desek.

Z antropogenních vlivů připadají v úvahu především jaderné výbuchy, soustředěné současně na jeden úsek kůry a teoreticky i antropogenní přesuny horninových hmot ve větším rozsahu. Současná technika je ovšem schopná tyto vlivy eliminovat. Do vzdálenější budoucnosti je však nutno počítat s tím, že výkyvy zemské osy se budou se zpomalováním rotace zvětšovat takovým způsobem, že ovlivní klima na celé zeměkouli. Určitým procentem se na tom budou podílet i aktivity lidské společnosti.

Změna rychlosti rotace Země

I zprávy z tisku ukazují, že dosud není zcela jasné, jak se rychlost zemské rotace mění. V rotaci Země existují různé odchylky a variace, které ovlivňují její gravitační pole.

K nejdůležitějším patří:

sekulární odchylky, zejména ztráta kinetické energie (tj. zpomalování rotace), které činí 0,00164 vteřiny za století. To je prokázáno jednak přímým měřením, jednak studiem přírůstkových zón paleozoických korálů, podle nichž měl rok ve starším paleozoiku 400 dnů. Zpomalením rotace ztrátou kinetické energie lze ovšem vysvětlit asi jen 30 % tohoto zpomalení. Oteplování by mohlo ovlivnit rychlost otáčení Země změnou distribuce hmotnosti (ohřáté oceány by zaplavily mělké pobřežní oblasti). Jinou možností je pohyb hmot v zemském nitru, náhodné odchylky, způsobené změnami rozložení hmot v zemském tělese, především v důsledku tektonických pohybů. Ikdyž naprosto převážná část těchto změn je důsledkem přírodních geologických procesů, rozsah antropogenních pohybů hmot je takový, že nejméně 3 % jdou na jejich vrub.

Sezónní změny mají různé periody a příčiny:

- změny s amplitudou 12 a 6 měsíců (v zimním a jarním období je rotace pomalejší, v létě a na podzim rychlejší). Hlavním faktorem je proudění vzduchu ve větších výškách, vliv má i distribuce lesů a zasněžených ploch a tedy i brzdící účinek např. deštných pralesů, výrazně devastovaných lidskou činností. Mají amplitudy 0,025 vteřiny a 0,09 vteřiny,
- změny způsobené gravitačním působením Měsíce, Slunce a planet sluneční soustavy. Mají amplitudy 0,0001 vteřiny v periodách 28 a 14 dnů a 0,15 vteřiny v periodě 18,6 roku.

Kosmické a sluneční záření

Význam fotoelektrické energie, která se dostává ze Slunce na Zemi pro vznik života i její rozhodující podíl na geologickém vývoji Země je všeobecně znám. Méně se již ví o vlivech elektromagnetického slunečního záření.

K velmi nebezpečným patří ultrafialové kosmické záření, které ničí veškerý život. Ten se na Zemi mohl rozvinout teprve tehdy, jakmile pronikání záření zabránila vznikající ozónová vrstva. Mimořádně nebezpečné jsou proto úvahy válečných strategií o proražení ozónové vrstvy nad územím protivníka a tím umožnění průniku ultrafialových paprsků a zničení všeho živého.

Podle jedné z hypotéz způsobuje oteplování Země pokles množství kosmického ionizujícího záření. Tomu ovšem neodpovídá statistika, podle které jeho množství ve 2. polovině 20. století spíše roste, zatímco zářivost Slunce a také jeho magnetická aktivita klesá (obr. 134, 135 ukazuje, že maximum bylo v letech 1985 - 1987).

Dopad meteoritů

Mimořádný význam pro geologický a tím i biologický vývoj Země se připisuje dopadům meteoritů. V prvotním stádiu vývoje zemské kůry mělo dokonce dojít k „meteoritickému dešti“, který znamenal morfologii jejího povrchu a ovlivnil složení zemské kůry.

Např. tzv. „česká kotlina“ měla podle názoru některých geologů vzniknout dopadem velkého meteoritu, který ovlivnil její morfologii a tektonickou stavbu vůbec.

Kráter objevený v roce 1995 na mexickém poloostrově Yucatan způsobil nepochybně vznik obřích vln tsunami a mohl vyvrhnout do ovzduší takové množství prachu, že nastalo šero a tím ochlazení. Kráter je zakryt z velké části mořskými sedimenty, měl v průměru 177 km, asteroid dopadl před 65 miliony let a měl údajně velikost 10 km³. S touto událostí je spojováno vyhynutí velkých dinosaurů a také některých dalších skupin živočichů a rostlin. Podrobný paleontologicko-stratigrafický výzkum však ukázal, že mezi oběma jevy je časový interval zhruba 300 000 let.

Nově byl objeven útvar připomínající kráter pod ledem východní Antarktidy. Údaje z družic indikující změny gravitace jsou interpretovány jako obří kráter o průměru 480 km, který měl vzniknout na rozhraní permu a triasu a způsobit největší vymírání organismů v dějinách Země, kdy vyhynulo 90 % všech organismů na pevnině i na moři. Jednoznačně ovšem není prokázáno, že jde o meteoritický kráter ani jeho stáří (předpokládá se 250 milionů let). Může jít např. o sopečný útvar a vymírání mohlo být způsobeno změnou chemizmu vody v mořích a účinky rozsáhlých erupcí sibiřských trapů v té době. Takové erupce ovšem mohly být dopadem asteroidu iniciovány.

K neznámějším známkám dopadu velkého meteoritu kromě kruhových jezer v Kanadě patří Velký kráter v Arizoně (obr. 136). Ten byl nepochybně způsoben dopadem železoniklového meteoritu před 49 000 lety. Je 150 metru hluboký a 1,2 km dlouhý. Původně větší těleso se v atmosféře roztrhlo na několik fragmentů a rychlost snížila na 12 km/s. Měl proto „pouze“ 150krát větší energii než hirošimská atomová bomba.

Mnoho nejasností je spojeno s údajným dopadem meteoritu v povodí řeky Podkamennaja Tunguzka na střední Sibiři v roce 1908. Na území, kde bylo zničeno okolo 2000 km² lesa, se nenašly sebemenší zbytky takového tělesa. Vysvětluje se to složením, které způsobilo explozi ve výšce asi 6 km nebo dokonce již v nejvyšších vrstvách atmosféry. V tomto případě mohl mít rozměry i jen 20 m³ a potřebná síla exploze mohla být jen 3 - 5 megaton TNT. Pozoruhodné je, že v samém centru přežily celé skupiny stromů a jiné byly vyvráceny ve směru proti tlakové vlně. Podivné je také to, že se kosmické těleso strefilo přímo do centra starého vulkanického kráteru.

Zdá se, že podle propočtů mohou rozsáhlé katastrofy, zejména v hustěji osídlených oblastech způsobit i daleko častější malá tělesa, která ještě neumíme v mnoha případech včas identifikovat. V současnosti jsou monitorovány dráhy asi 7000 asteroidů, které by se podle propočtů mohly střetnout se Zemí. Dráhy pro ně jsou propočítávány na mnoho let dopředu, aby bylo možno reálné nebezpečí srážky odvrátit buď vychýlením tělesa z jeho dráhy, nebo jeho rozprášení jaderným výbuchem. Tak byla předem vypočítána dráha asteroidu, který v lednu 2008 proletěl rekordně blízko Země (538 000 km). Měl průměr asi 200 km a nyní jsou propočítávány údaje o rychlosti jeho otáčení kolem vlastní osy, aby bylo možno zjistit, jestli je celistvý nebo jde jen o volný shluk kamenů.

Dopady malých meteoritů jsou zcela běžné. V poslední době se zdánlivě častěji vyskytují malé meteority, které dopadly do lidských obydlí (2004 Suffolk v Anglii, 2006 Auckland na Novém Zélandě, 2007 Prievidza na Slovensku). Četnost takových náhod však souvisí spíše s globalizací informací a snad i s rostoucí hustotou osídlení Země.

Dvacet nejznámějších struktur, považovaných za meteoritové krátery

Místo	Lokalita	Průměr kilometrů
Vredefort	Jižní Afrika	300
Sudbury	Kanada	250
Chicxulub	Mexiko	170
Popigal	Rusko	100
Manicouagan	Kanada	100
Acraman	Austrálie	90
Katunky	Rusko	80
Siljan	Švédsko	52
Kara-Kul	Tádžikistán	52
Keuruselkä	Finsko	30
Ries	Německo	24
Boltyš	Ukrajina	24
Rochechouart	Francie	23
Dellen	Švédsko	19
Ternovka	Ukrajina	11
Vepriai	Litva	8
Kärdia	Estonsko	7
Gardnos	Norsko	5
Dobele	Lotyšsko	4,5
Steinheim	Německo	3,8

Výměna látek s kosmem

Kromě velkých meteoritů dopadají na Zemi asi 2 tuny mikrometeoritů denně. V pomalu se usazujících hlubokomořských sedimentech tvoří kosmická hmota až 60 %. Teoreticky se tak mohla Země zvětšit během miliard let vývoje až o 8 miliard tun kosmické hmoty.

Naopak ze zemské atmosféry uniká velké množství plynů do kosmického prostoru. Jejich množství je velmi rozdílně interpretováno, jisté však je, že je podstatně menší než přínos z vesmíru. Spíše teoretickou možností je zanesení organismů z Vesmíru na Zemi, jak předpokládá hypotéza panspermie. Za určitých okolností (vhodná velikost a složení meteoritů) je to možné. Cizí organizmy by pak mohly vyhubit velmi rychle ty pozemské. I s takovou možností je třeba počítat a lidé by na ni měli být připraveni.

Vlivy Měsíce

Měsíc velmi silně ovlivňuje Zemi, zejména přitažlivostí, jako nejbližší kosmické těleso, a ovlivněním elektromagnetického pole.

Gravitační působení, tzv. slapové jevy, se projevuje mořským přílivem a odlivem, ale i v litosféře. Způsobuje podobné pohyby kapalně a plynově fáze a dokonce i pevně fáze. Působení je ovšem nerovnoměrně rozložené, což ve svých důsledcích ztěžuje i výzkum vlivů na člověka. Statistiky uvádí např. zvýšené působení na psychiku při měsíčním úplňku - čtenější rodinné spory, zvýšený nákup erotické literatury, zvýšená konzumace alkoholu v období předcházejícím úplňku apod.

Je nepochybné, že lunární cyklus ovlivňuje biologické procesy (pohyby mořských řas a rozsivek související s přílivem a odlivem). Jistě není náhodou, že ženská perioda 29,5 dne přesně odpovídá střídání měsíčních fází. Bylo by velmi zajímavé zjistit, jak k této koincidenci během fylogenetického vývoje člověka došlo. Mimochodem je zjevná i v češtině: měsíční vlivy v obou významech toho slova mají protějšek v

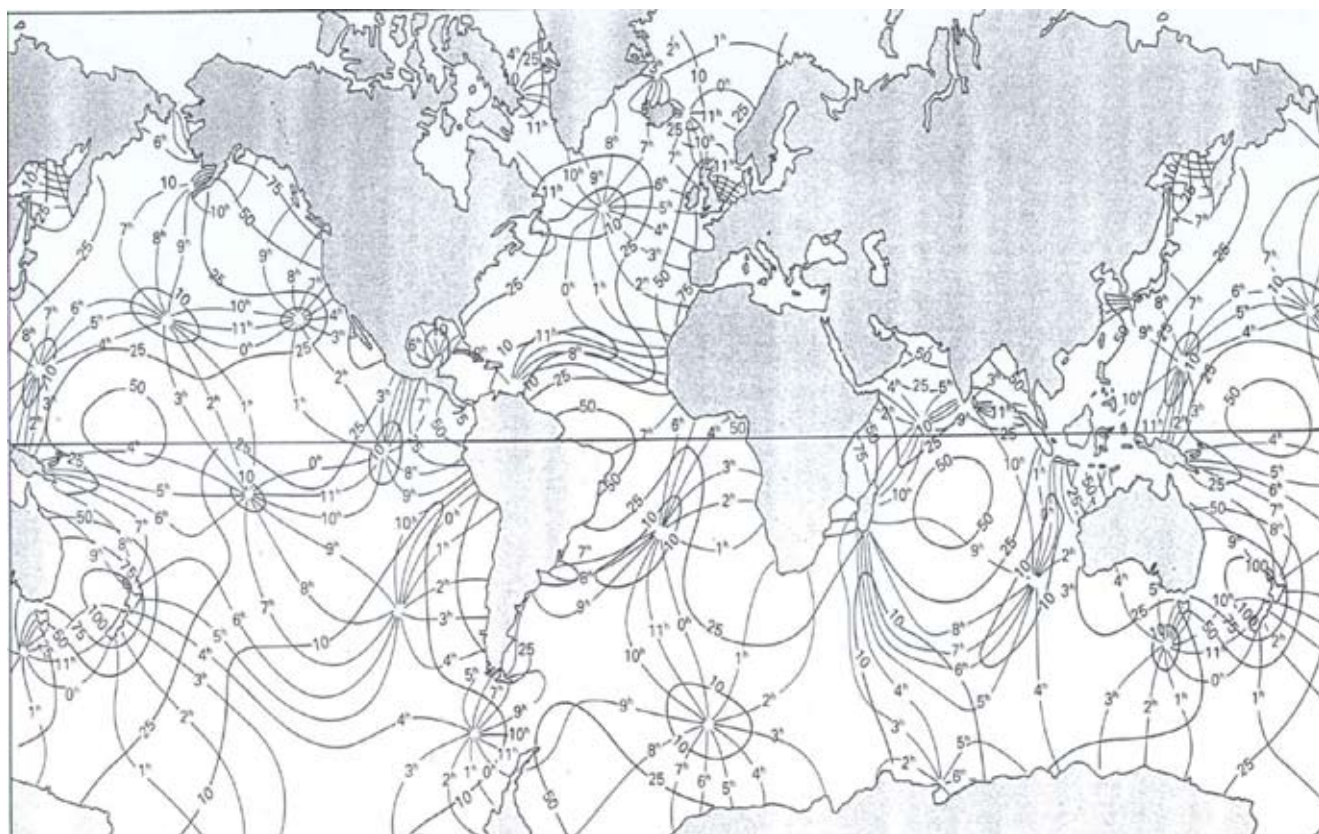
souznění slov luna a lůno.

Dalším možným vlivem je specifické spektrální složení měsíčního světla. Uvádí se úspěšné pokusy s úpravou nepravidelné menstruace ve spánku světlem, odpovídajícím měsíčnímu.



Obr. 134 Množství dopadajícího kosmického záření na Zemi za uplynulých 30 let.

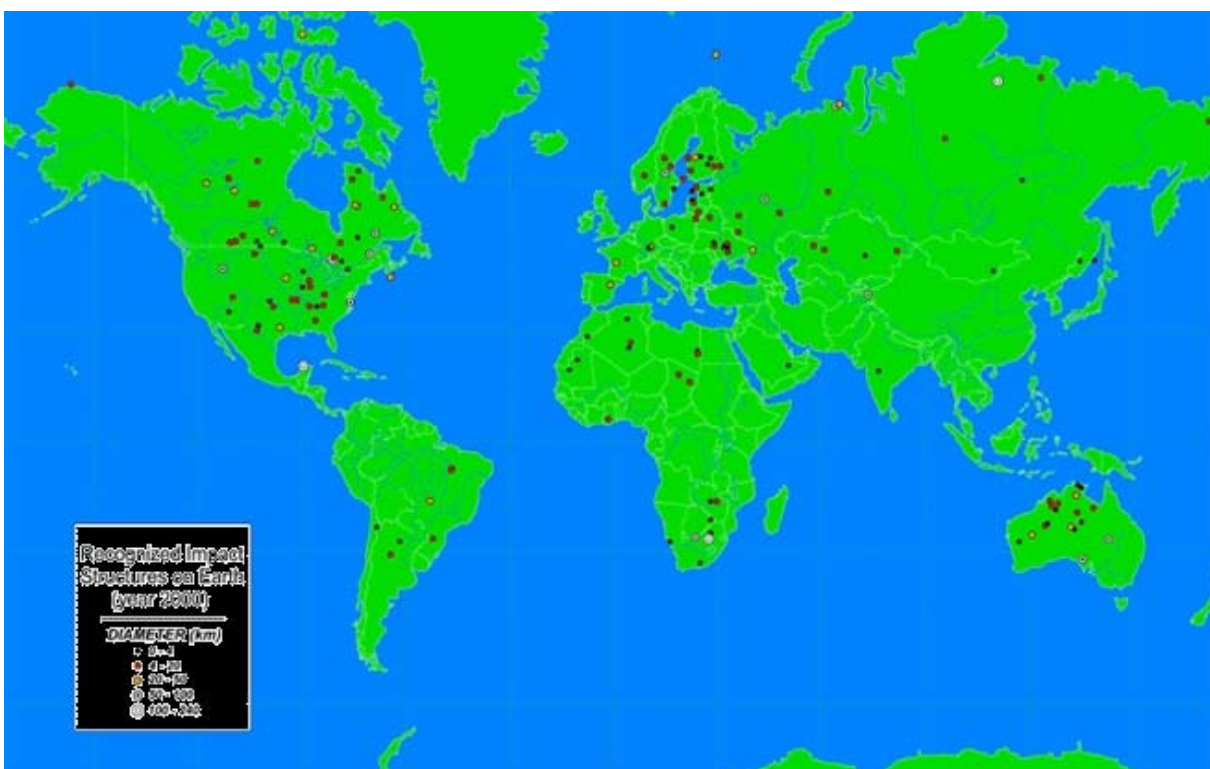
Lidové noviny 12. 7. 2007



Obr.135 Vliv Slunce a Měsíce na rozložení slapových jevů (přílivu) ve světových oceánech.



Obr. 136 Meteoritický kráter v Arizoně.



Obr. 137 Přehled velkých kráterů po dopadu meteoritů na Zemi.

6. Geologie – jeden z klíčů k budoucnosti lidstva

Je nespočet publikací o tom, jak se bude dále vyvíjet Země, život a člověk. Je totiž snadné psát o tom, jak to bude vypadat za sto, tisíc, milion let. To zde určitě nebude nikdo, kdo by mohl za málo podložené fantazie autory kritizovat. Podívejme se proto podrobněji na změny podmínek, které nás čekají v nejbližších desítkách let.

Patří k nim:

1. Přelidnění

Počet obyvatel Země neustále roste (obr. 138, 139), dnes dosahuje 6,7 miliardy a při zachování dosavadního trendu by v roce 2050 mohl dosáhnout 10 miliard. To ovšem již přesahuje možnosti udržitelného rozvoje. Je proto v zájmu všeho lidstva, aby se tento vývoj zastavil. Zdá se, že již i příroda přistupuje k omezování. Projevuje se to ve snižování porodnosti (z různých důvodů) i ve snižování plodnosti u mužů i žen.

2. Nedostatek vody

V mnoha zemích již začal být problém dostatku vody. Příčinou jsou změny klimatu (vysychání afrických jezer), neuvážené zásahy do režimu hydrosféry (Aralské jezero, Mrtvé moře), zvyšování počtu obyvatel a potřeb zavlažování (Středomoří, jihozápad USA, státy jihovýchodní Asie s vysokým počtem obyvatel). Dá se předpokládat, že válečné konflikty motivované potřebou vody na sebe nedají dlouho čekat. Dá se dále předpokládat, že v roce 2025 budou až 2 miliardy lidí žít v oblastech s vážným nedostatkem vody.

3. Koncentrace obyvatel Země ve městech

Od 20. století probíhá výrazný trend koncentrace obyvatel Země ve městech. Zatímco v roce 1950 žila ve městech asi 1/3 obyvatel, nyní je to již více než polovina. K nejrychleji rostoucím patří např. saúdskoarabský El- Rijád, který měl v roce 1972 jen 500 000 obyvatel a v roce 2007 již více než 2 miliony. Podobně jsou na tom velké městské aglomerace Mexico City, Las Vegas, Dillí, Peking, ale i Londýn, Rio de Janeiro či Bukurešť. Tím se zvyšuje spotřeba vody, surovin, potřeba dopravních kapacit a produkce odpadů. I v České republice produkují velká města (Praha, Brno, Plzeň, Ostrava) více komunálních odpadů než největší průmyslové podniky. Např. v Praze je světový průměr obsahu kovů v půdách (olovo, kadmium, měď a další) převyšena až 500 krát. Velká města působí jako větrolamy, vytvářejí specifické sídlištní formy georeliéfu, ovlivňují výrazně koloběh vody a klima. Města mají až o 6 °C vyšší průměrnou teplotu než okolní krajina a vytvářejí tak tzv. městské tepelné ostrovy (UHI - urban heat islands). Dochází v nich rozsáhlému znečištění ovzduší (vzniku smogu dopravou, kouřovými plyny) i litosféry, jejíž znečištění zasahuje do hloubky až 10 km. Při tom jsou města velmi zranitelná epidemiemi a dalšími přírodními katastrofami, např. sopečnou činností (Tokio, Manila, Djakarta), zemětřeseními (Los Angeles, San Francisco, Ósaka a další japonská, indonézská a čínská města), záplavami a vlnami tsunami (Hongkong, Londýn, Amsterdam, Benátky, Kalkuta aj.). S růstem měst rostou požadavky na zásobování, dopravu likvidaci odpadků (člověk ve městech produkuje v průměru 1 - 2 kg odpadků denně). Je proto žádoucí růst měst regulovat.

4. Změny klimatických podmínek

Ve vývoji Země po vzniku atmosféry dochází k rychlým změnám klimatických podmínek. Zdá se, že hlavním důvodem jsou periodické i neperiodické změny sluneční aktivity. Průměrná teplota se během posledních 200 000 let podle měření izotopů kyslíku v přírůstkových zónách grónského ledovce měnila během několika let často o 1 °C – 20 °C. To se nezměnilo ani s nástupem ledových a střídajících se meziledových dob. Určitá souvislost se přitom zdá souviset s vývojem člověka. Změny byly prokázány i v období posledních 2000 let, které byly dříve mylně považovány za stabilní.

Z dlouhodobého hlediska je současné období obdobím konce meziledové doby a možným nástupem nové doby ledové. S tím ovšem kontrastuje současný trend úvah o globálním oteplování a jeho příčinách. Lze sotva seriózně posoudit, do jaké míry jde o přírodní proces a do jaké míry jsou tyto změny způsobeny lidskými aktivitami nebo dokonce i jen zdůrazněny ekonomické zájmy.

Předpoklady dalšího vývoje Země a člověka

Další geologický vývoj litosféry je díky pokroku geologických věd do značné míry předvídatelný. Země je asi v polovině planetárního vývoje. Tzn., že jí zbývá asi 5 miliard let. Díky nástupu existence života byly cca před více než 3 miliardami let spuštěny subdukční procesy, které iniciují veškerou další dynamiku (tektoniku, vulkanismus) a zpomalují tak účinky zákona entropie. Ty se začnou výrazněji uplatňovat přibližně po dvou miliardách let. To ovšem může oddálit technický rozvoj (např. změnou oběžné dráhy, změnou orientace rotační osy Země apod.).

Podmínky pro další existenci života mohou v budoucnosti ovlivnit hlavně katastrofické události:

- dopad obřího meteoritu,
- výbuch sopky přivádějící do atmosféry jedovaté plyny či enormní množství CO₂,
- nezvládnuté pandemie apod.

Jak by mělo lidstvo reagovat na tyto tendence? V souladu s přírodními zákony a trendy by si mělo přestat vybíjet svou energii v malicherných sporech o ideje a v lokálních, ve svých důsledcích nic neřešících, válkách a soustředit se na vytvoření celosvětově akceptovatelných vztahů a z nich vyplývajících mechanismů, které by svými možnostmi a autoritou mohly zajistit obranu před katastrofickými nástrahami přírodního vývoje.

Země je tak složitý mechanismus vzájemných vztahů jádra, pláště a zemské kůry, vlivů vesmíru i jednotlivých povrchových geosfér (tj. anorganické litosféry, hydrosféry, atmosféry a organické biosféry, tedy toho, čemu trochu neskromně říkáme technosféra či antroposféra), že ještě jeho fungování neumíme zcela racionálně vysvětlit.

Přes intenzivní vzájemné ovlivňování jednotlivých geosfér (nebo snad proto?) uchovává a dokonce vylepšuje si Země již po miliony let velmi šetrným a cílevědomým způsobem podmínky vhodné pro udržování rovnováhy (homeostáze) tak, aby byly zachovány vztahy mezi všemi složkami geosfér, včetně další existence života.

Když si geologové koncem 20. století uvědomili význam takového udržování rovnováhy v systému Země, označili ho jako **princip Gaia** (Lovelock 1979, česky 2002, 1989, česky 2003), nejprve jako dobře fungující továrnu (Garrels 1971) se zásobami surovin a poté dokonce jako uvědomělý systém.

Někteří autoři mu hned dali náboženský obsah (božská Gaia smaže naše prohřešky, zapomene na naše vylomeniny vůči systému Země a odmění naši pokoru příznivým životním prostředím). Od toho je ovšem třeba se oprostit, princip je záležitost čistě odborná. Názorně vysvětluje, že systém Země se za cca 3,5 miliardy let neodchýlil z podmínek nutných k udržení života. Součástí tohoto systému je samozřejmě i lidstvo. Jakou úlohu má mít v budoucím vývoji člověk, zatím nevíme.

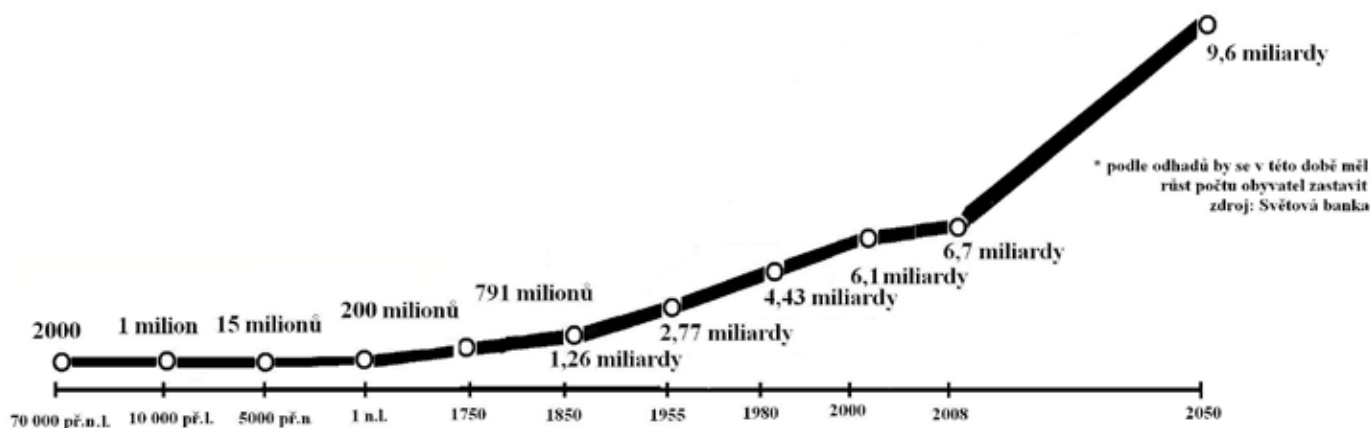
Teprve si začínáme uvědomovat, že každé použití nerostné suroviny, vody, každý pohyb zeminy je zásahem do přirozeného přírodního koloběhu, každý let letadla či každá jízda autem a tím způsobený zásah do koloběhu uhlíku, kyslíku a dalších prvků, každé přemístění zeminy, každý umělý kámen i každý umělý otřes zanechávají nesmazatelnou stopu v dalším vývoji Země. Vznik a existence lidstva má v systému Gaia nějaký cíl, a jakmile se od něj odchýlíme, příroda (Gaia) se nás zbaví.

Technický pokrok naznačuje, že tímto úkolem je pro lidstvo nejspíše chránit život na Zemi před nepříznivými vlivy z kosmu. A nejde jen o „invaze z Aldebaranu“, pád obřího meteoritu, anomálie v aktivitě Slunce a podobně.

Je možné, že se člověk na Zemi vyvinul proto, aby po vyčerpání možností systému přenesl život na jinou vhodnou planetu (Kužvart 2000: „od pazourku ke kosmické lodi“).

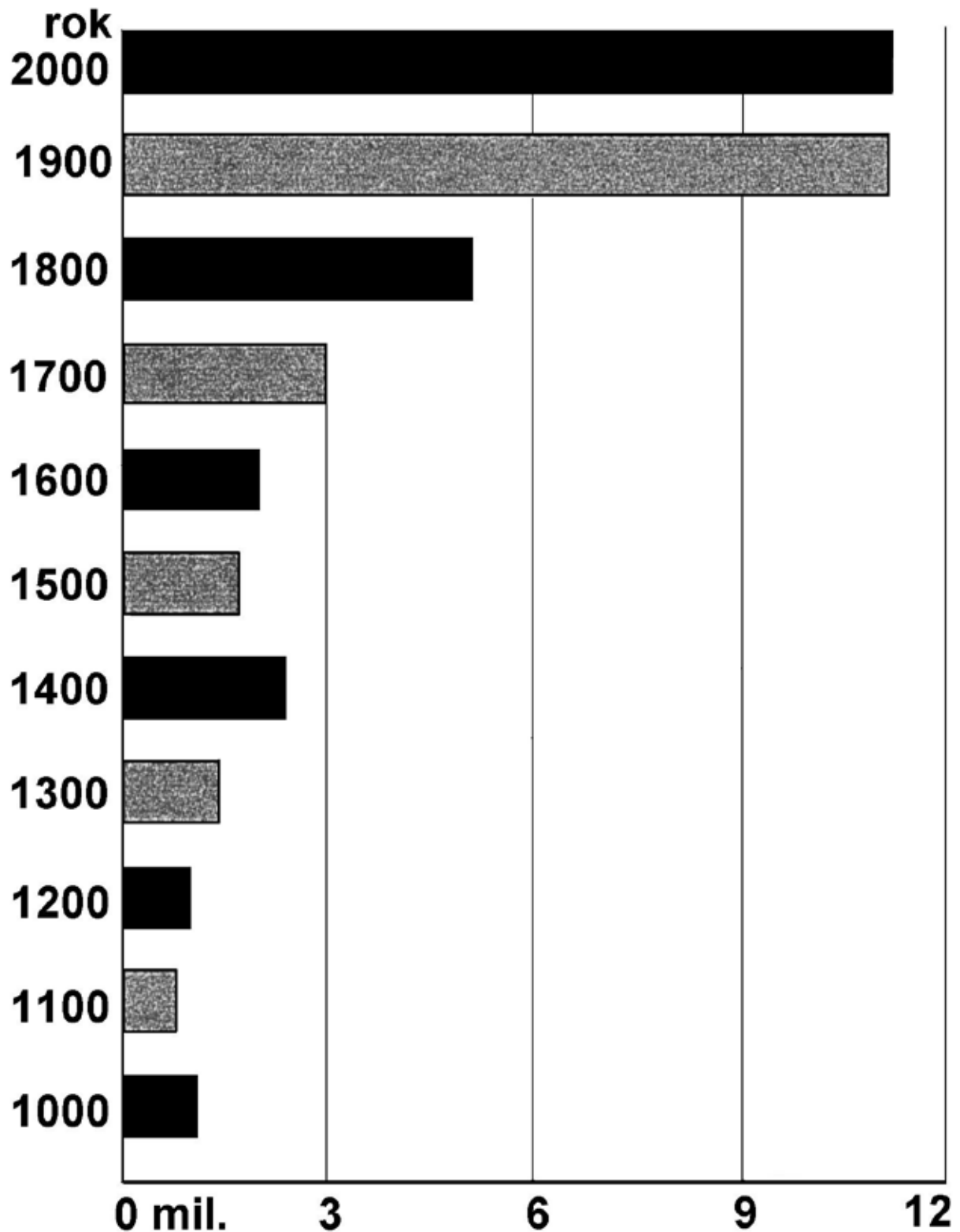
V každém případě je zřejmé, že jakékoliv činy proti sjednocení lidstva, proti globalizaci, jsou vrcholně škodlivé akty proti zájmům náš všech, proti jednotnému systému živé a neživé přírody, proti Gaie.

Je nepochybné, že narůstání globálních problémů (klimatické změny, znečišťování litosféry, hydrosféry a atmosféry, změny v biodiverzitě živočichů a rostlin, problémy zásobování a mnoh jiných), si vyžadují vznik silných institucí, schopných řešit tyto otázky v celosvětovém měřítku.



Obr. 138 Růst počtu obyvatel Země po dobu existence člověka. Lidové noviny 15. 8. 2008

Obyvatelstvo na území Česka od 10. století



Obr. 139 Obyvatelstvo na území dnešní ČR od 10. století podnes. Lidové noviny 15. 8. 2008

Literatura

- Bachireva L. V. et al. (1989): Antropogénne zmeny reliéfu na území mesta (na príklade Moskvy a Bratislavy). Geograf. čas. 41, 1989, 4, 389 - 402.
- Bürkert A., Banner K., Schlecht E., Häser J., Al Kaanjari S. (2007): Times of Change in Omani Oases. German research DFG, 3, 2007, 4 - 9. Wiley-VCH Weinheim.
- Heitzenberg J. (2007): Desert Dust over Europe. German research DFG, 3, 2007, 20 - 23, Wiley-VCH Weinheim.
- Babůrek J., Dahlhein H. A., Fischer T., Valtr P. (2000): Czech-Bavarian geopark in NW Bohemia. Krystalinikum, Brno.
- Cordani B. U. (1992): Geology and our common future. Episodes 15, 3, 179 - 181.
- Cílek V. (2007): Co zůstane: krajina, jazyk a bramborák. Lidové noviny 1. 12. 2007, Praha.
- Ctibor V. (1988): Problematika seismických otřesů vyvolaných trhacími pracemi. Hnědé uhlí, 1988, 6, 38 - 44.
- Cidlícký K. ed.(1985): Geoenvironment and Waste Disposal Unesco 1985.
- Cílek V. jun. et al. (1992): Kámen, sůl a zvětrávání. Vesmír 71, 1992, 4, 197 - 204.
- Cílek V. jun., Patočka F. (1990): Geologie kletby zbavená. Vesmír 69, 1990, 12, 665 - 667.
- Cícha I. ed. (1997): Geologická problematika skládkového hospodářství ve vztahu k ekologickým zátěžím a sanacím. Sborník přednášek. ČGÚ Praha.
- Čermák V. Geofyzikální ústav ČSAV Praha.
- Daněk T. (2007): Strukturální, geochemické a mineralogické aspekty antropogenních hydraulických pojiv a jejich využití v technologii silicifikace - stabilizace. Autoreferát doktorské disertační práce, VŠB – TU Ostrava, 1 - 31, Ostrava.
- Demek J. (1989): Obecná geomorfologie. Academia Praha.
- Dudková I. (1977): „Nemoci“ kamenů a jejich hlavní příčiny. Čas. min. geol. Praha, 22, 3, 235 - 237.
- Đurica D. et al. (2006): Plyn sorbovaný v uhelných slojích hornoslezské pánve. ČGS Praha, 2006, 1 - 113.
- Fediuk F. (1991): Říp desetkrát přemístěný. Geol. práce 33, 1991, 6, 184 - 185.
- Gregerová M. (1995): Změny aragonitové výzdoby Zbrašovských aragonitových jeskyní. Explor. Geoph., Rem. Sens. and Env. II, 1, 1995, 63 - 65, Brno.
- Goudie A. S. (2006): The human Impact on the natural Environment. 6th ed. Blackwell Publ. Oxford 1 - 357.
- Gojda M. (2000): Archeologie krajiny. Vývoj archetypů kulturní krajiny. Academia Praha, 1 - 238.
- Hurník S. (1989): Člověk a geologické síly Země. Vesmír 68, 1989, 7, 377 - 383.
- Nouzim V., Čížek J. (1989): Metody aerobní biosanace ropných látek v horninovém prostředí. Geol. pr. 31, 1989, 9, 264 - 267.
- Horský O., Simonová G., Spanilá T. (1984): Vliv exogenních procesů na přetváření břehů vodních nádrží. Geol. práce 26, 1984, 6, 163 - 166.
- Horský O., Müller K. (1972): Sesuvy na březích Oravské přehrady. Sborník geol. věd, řada

- Hurník S. (1992): Antropogenní vrásy na Mostecku v severočeské pánvi. Geol. práce 34, 1992, 6, 183 - 184.
- Chábera S. (1978): Příspěvek k poznání montánních forem antropogenního reliéfu v oblasti Lišovského prahu. Sborník Jihočeského muzea v Čes. Budějovicích, 18, 1978, 21-30.
- Chábera S., Ouředníková D. (1979): Současný stav montánních forem antropogenního reliéfu v bývalém rudním revíru ratibořicko-vožickém. Acta Sci. Nat. Mus. Bohem. Merid. České Budějovice, 19, 1 - 12.
- Chábera S. (1978): Abrazní jevy na březích údolní nádrže Lipno. Sborník Jihočeského muzea v Českých Budějovicích, 18, 1978, 49 - 61.
- IGC 29, Kyoto, Japan (1992).
- Jůva K., Zacha D. et al. (1981): Tvorba krajiny ČSSR. Praha-Bratislava, Academia-Veda.
- Kašpar J., Šmíd J., Eckstein J. (1957): Monokrystaly. SNTL Praha.
- Kettner R. (1952): Všeobecná geologie I. Stavba zemské kůry. Přírodovědecké vydavatelství, Praha, 1 - 420.
- Kukal Z., Malina J., Malinová R., Tesařová H. (1989): Člověk a kámen. Čas. geol. ústavu Praha.
- Kukal Z. (1990): The rate of geological processes Earth. Sci. Rev. 28, 284. Elsevier, Amsterdam.
- Kukal Z., Leichmann Fr. (2000): Horninové prostředí České republiky, jeho stav a ochrana. ČGÚ Praha, 1 - 189.
- Kužvart M. (1990): Kámen ve službách civilizace. Academia Praha, 1 - 292.
- Luthi (2000): Geological well logs. Springer 2000.
- Ložek V. (2007): Česká a slovenská krajina v kvartéru. Dokořán, Praha 1 - 198.
- Matula M. (1979): Geologia a životné prostredie. Obzor Bratislava 1979, 1 - 291.
- Kužvart M. : Nerosty v čs. dějinách.
- Kukal Z., Reichmann F. (2000): Horninové prostředí České republiky. ČGS Praha, 1 - 89.
- Kögel-Knabner I., Lützow M. (2006): How our climate is influenced by soils. Natural Science.
- Marsch G. P. (1864): Man and nature, or, the Earth as modified by human action. Cambridge.
- Marsina K., Mackových D., Nováková J., Šoltýsová H. (2003): Toxic Elements in Anthropogeneous Sediments of the Banská Štiavnica/Hodruša Ore District a Bioavailability Study. Slovak Geol. Mag. 9, 2 - 3, 2003, 163 - 166.
- MŽP (1990): Životní prostředí České republiky. Vývoj a stav od roku 1989. Academia Praha.
- Náprstek V. (1978): Inženýrsko-geologické problémy mexické kotliny. ČMG 23, 1978, 3, 301 - 319.
- Nikonov A. A. (1976): Sovremennyje tečnogennyje dviženija zemnej kory. Izv. Nauk SSSR, ser. Geol., 135 - 150, Moskva.
- Nováček V. (1982): Vliv lidské společnosti na reliéf v severozápadním okolí Brna. Sbor. Čs. geograf. spol., 87, 3, 166 - 171, Praha.
- Novosad S. (1989): Assessment and Mitigation of man-induced geologic hazards related to dam construction and operation. 28th IGC Abstr. vol. 2 of 3, 1989, s. 525.
- Olivová-Nezbedová L., Knappová M., Malenínská J., Matúšová J. (1995): Pomístní jména

- v Čechách. O čem vypovídají jména polí, luk, lesů, hor a cest. Academia Praha.
- Pašava J., Kříbek B., Žák K. eds.: Minerál deposits: From their origin to the their environmental impacts. 659, Balkema, Rotterdam-Brookfield.
- Pašek J. (1958): Recentní tektonické pohyby způsobené činností člověka. ČMG 3, 1958, 1, 96 - 103.
- Peterková J. (2002): Zmeny fyzikálných vlastností horninového prostredia vyvolané antropogénnou činnosťou. Dizertačná práca, Univerzita Komenského v Bratislave, 2002.
- Ptáček V.: Čas a rotace Země. Astronomický ústav ČSAV Praha.
- Rybář J., Dobr J. (1966): Vrásové deformace v severočeské hnědouhelné pánvi. Sborník geol. věd, řada HIG, 5 1966, 107 - 139.
- Rybář J. (1989): Lidé a Niagarské vodopády. Geol. pr. 31, 1989, 8, 246 - 247.
- Rubín J., Balatka B. et al. (1986): Atlas zkamenělých, zemních a půdních tvarů. Academia Praha.
- Řepka L. (1956): Poškozené břehy nádrže Oravské přehrady. Čas. min. geol. 1, 1956, 108 - 115.
- Stankoviansky M. (1992): Hodnotenie stavu prírodných a prírodni-antropogénných morfolitosystémov. Geogr. čas. 44, 1992, 2, 174 - 187.
- Skoček V. (1995): Geologická historie a současná antropogenní produkce CO₂. Uhlí-Rudy-Geol. pr. 2, 1995, 6, 166 - 168.
- Slivka V., Diner V., Kuraš M. (2006): Odpadové hospodářství I., II. VŠB-TU Ostrava, MŽP ČR Praha, I. 1 - 130, II. 1 - 179.
- Statistická ročenka životního prostředí České republiky 2007, Praha, 1 - 642. MŽP, Český statistický úřad, Cenia.
- Schejbal C. (1998): Fyzikální pole Země a geologicko-environmentální vědy. Sborník věd. prací VŠB-TU Ostrava, číslo 1, rok 1998, ročník XLIV, řada hornicko-geologická.
- Summons R. E. (1993): Biogeochemical cycles. In. Engel M. H., Macko S. A. (eds): Organic geochemistry. Principles and applications. Plenum Press.
- Teilhard de Chabdin P. (1990): Vesmír a lidstvo. Praha, Vyšehrad.
- Tomas J. (2006): Materiálové využití vybraných průmyslových odpadů pro přípravu důlně-stavebních a rekultivačně sanačních hmot. Autoreferát disertační práce VŠB-TU Ostrava, 1, 41. Ostrava.
- Vrba J., Moldan B. (1985): Integrované využívání přírodních zdrojů a geologické prostředí. Geol. práce, 27, 1985, 342 - 346.
- Westbroek P. (česky 2003): Život jako geologická síla. Nakladatelství Dokořán, Praha 2003, překlad Cílek V. ek st., A. Markoš.
- Wolker F. (1981): Rock wool made from basalts. Nemiram 1981, Karlovy Vary, 163 - 170.
- Záruba O. (1974): Geologická problematika výstavby Prahy. ČMG, 19, 1974, 2, 113 - 118.
- Záruba O. (1984): Účast inženýrských geologů při ochraně přírodního prostředí. Geol. práce 26, 1984, 6, 161 - 162.
- Záruba O., Mensl V. (1969): Landslides and their central. Elsevier, Amsterdam.
- Zajíček P. (1990): Krápníková výzdoba jako indikátor nepříznivých vlivů antropogenní činnosti. Památ. a přír. 15, 1990, 3, 175 - 177.

SEZNAM OBRÁZKŮ

- Obr. 1 Stopy pravěkého člověka (cca 6000 let) v horké lávě. Mexiko.
- Obr. 2 Přehled vlivů jednotlivých činitelů na geologický vývoj Země.
- Obr. 3 Příklad rozpadu kontinentů. Rozpad Pangei na Laurasii a Gondwanu a následně dnešní kontinenty.
- Obr. 4 Vývoj teplot v ledových a meziledových dobách a vznik předchůdců člověka. Doplněno V. Cílek in Ottův historický atlas, Praha, 2007.
- Obr. 5 Vývoj růstu lidské populace v posledních 100 000 letech.
- Obr. 6 Vývoj a vzájemné genetické vztahy primátů – vč. předchůdců dnešního člověka:

A

plesiadapis (1, 2) lemurovití (3) nártouni (4, 5)
anthropoidea (malé opice): platyrhini (6) catarhini (7, 8)
hominoidea (velké opice): proconsul (9) sinapithecus, orangutan (10 a)
dryopithecus, šimpanz, gorila (10 b)
ouranopithecus (12) gigantopithecus (13) australopithecus (13)

B

Vývoj jejich lebeční kapacity:

	kapacita mozkovny v cm ³	stáří v tisících let	výskyt
australopithecus afarensis (14)	380	2300	střední Afrika
australopithecus africanus (15)	450		jižní Afrika
australopithecus robustus (16)	530		jižní Afrika
australopithecus boisei (17)	530		Olduvai, Tanzánie
homo habilis (18)	750		východní Afrika
homo erectus (19)	až 1250	1870	Afrika, Asie
homo sapiens neanderthalensis (20)	více než 1300	700	Evropa, Asie
homo sapiens sapiens (21)	1000 – 2000		

C

Vývojové řady předchůdců člověka

Upraveno podle Buffetaut E. et al., 1993, české vydání

- Obr. 7 Mírně ironický pohled na současný vývoj moderního člověka.

- Obr. 8 Vývoj složení a teplot klimatu v eemském interglaciálu a v současnosti podle izotopového složení přírůstkových zón v grónském ledovci.
- Obr. 9 Obsahy olova v ovzduší (v ppb) od starověku podnes.
V. Cílek, in Ottův historický atlas, 2007.
- Obr. 10 Pokles v údolí San Joaquin v Kalifornii od r. 1925 podle potrubí ve vrtu.
- Obr. 11 Poklesy v Balwin Hills v důsledku těžby ropy. Inglewoodské ropné pole u Los Angeles.
Murck et al., 1996.
- Obr. 12 Poklesy v Tucsonu v důsledku čerpání vody.
Murck et al., 1996.
- Obr. 13 Poklesy způsobené těžbou ropy. Inglewoodské ropné pole u Los Angeles.
Murck et al., 1996.
- Obr. 14 Boulder Dam. Sedání území po napuštění přehrady. Izolinie poklesů v mm/rok.
- Obr. 15 Závislost mezního zálomového úhlu na horninovém prostředí: a) v sypkých horninách, b) v měkkých plastických horninách, c) v pevných horninách.
R. Kettner podle Goldreicha, 1956.
- Obr. 16 Sinkhole, Guatemala. Propadání po povodni 2008. V jámě zmizelo nejméně 10 domů.
Foto ordena.com.
- Obr. 17 Sesuvy a jiné nebezpečné svahové deformace na území ČR k 1. 1. 2007.
Ročenka MŽP, 2007, podle ČGS.
- Obr. 18 Situace a profil sesuvem do nádrže Vaiont v r. 1963:
a) přehrada, b) obrys odlučné oblasti, c) plochy zasažené přílivovou vlnou, d) jezero, e) obrys akumulární oblasti.
1/ lavicové vápence, stáří dogger 2/ tence deskovité vápence a slínovce, stáří malm, 3/ lavicovité vápence s rohovci, stáří křída, 4/ slínité vápence, stáří křída, 5/ zbytek starého sesuvu, 6/ skluzová plocha, 7/ údolí zavalené sesuvem.
Selli, Trevisan, 1964.
- Obr. 19 Profil skalním sesuvem pod přehradou Dalešice.
1) granulit, 2) sesutý blok amfibolitu, 3) mylonitová zóna, 4) předpjaté kotvy.
a/ původní povrch, b/ výlom pro vtokové tunely, c/ obtoková štola,

d/ povrch svahu po úpravě, e/ výlom pro přepadový kanál.
Mencl, 1977.

- Obr. 20 Plošná rozloha sesuvů v České republice, stav v letech 2003 – 2007.
Ročenka MŽP, 2007, zdroj ČGS-Geofond.
- Obr. 21 Sesuvy způsobené zatížením území haldami. Handlová v r. 1961.
Záruba, Mencl, 1987.
- Obr. 22 Pohyby v poddolovaném území se šíří podél zlomů. OKR.
P. Vyskočil, 1984.
- Obr. 23 Otřesy v Denveru (počet) v závislosti na pumpování odpadů do úložného vrtu.
- Obr. 24 Průměrné změny teploty v letech 800 – 1970 n. l. podle údajů z vrtů v Kanadě
podle měření odchylek od teploty geotermálního stupně.
V. Čermák, 1996.
- Obr. 25 Hodnoty úrovně $V \cdot m^{-2} \cdot h$ a ozáření v % VKV vysílače v centru Bratislavy.
J. Gricko, 1994.
- Obr. 26 Hodnoty úrovně $V \cdot m^{-2} \cdot h$ a ozáření v % VKV vysílače v Košicích.
J. Gricko a Geokomplex Bratislava, 1994.
- Obr. 27 Změny v rozsahu Aralského jezera po roce 1960. Goudie et. al., 2006.
- Obr. 28 Kolísání mořské hladiny v geologické minulosti.
- Obr. 29 Postup vysychání jezera Čad v Africe v letech 1963 – 2001.
Lidové noviny 2. 11. 2005.
- Obr. 30 Umělé Palmové ostrovy ve Spojených arabských emirátech slouží jako turistická atrakce.
- Obr. 31 Území nejvíce ohrožená zaplavením v důsledku poklesů pevniny nebo zvýšení hladiny světového oceánu.
- Obr. 32 Odnos horninových hmot v různých typech krajiny.
Westbroek, české vydání, 2003.
- Obr. 33 Půdní eroze v zemědělsky obdělávané krajině. Ostroměř u Jičína.
Gojda, 2000.

- Obr. 34 Rychlost eolické sedimentace ve městech a sedimentace v přehradních jezerech.
Kukal, 1990.
- Obr. 35 Lokalizace nejvýznamnějších anomálií atmosférové depozice na Ostravsku.
D. Matýsek, 1996.
- Obr. 36 Produkce odpadů v České republice v letech 1998 – 2005 v tisících tun.
Tomas, 2006.
- Obr. 37 Schéma vzniku skleníkového efektu a význam skleníkových plynů.
Upraveno podle Goudie et al., 2006.
- Obr. 38 Znečišťování ovzduší v ČR v r. 2002 a v r. 2006.
Ročenka MŽP, 2007.
- Obr. 39 Situace znečištění ovzduší na území ČR. Celkové znečištění s překročením cílového limitu 89,8 %. Ročenka MŽP, 2007.
- Obr. 40 Situace znečištění ovzduší na území ČR. Koncentrace prašného aerosolu.
Ročenka MŽP, 2007.
- Obr. 41 Území s překročením cílového limitu přízemního ozónu.
Ročenka MŽP, 2007.
- Obr. 42 Eolický transport saharského písku do Evropy.
Heitzenberg, 2007.
- Obr. 43 Kyselost půd ČR podle půdní reakce pH / KCl.
Česká zemědělská inspekce, 1993 – 1998.
- Obr. 44 Obsahy PAH v půdách Brna. Hodnoty v ppm.
PřF MU.
- Obr. 45 Obsahy olova v půdách Ostravy v ppm s výraznou koncentrací v okolí průmyslových závodů.
Matýsek, 1996.
- Obr. 46 Obsahy olova v půdách Prahy v ppm.
Česká geologická služba, 1995.
- Obr. 47 Obsahy kadmia v půdách Prahy. 0 – 5 ppm, více nežli 5 ppm.
Česká geologická služba, 1995.

- Obr. 48 Obsahy v zemědělských půdách ČR.
Ročenka MŽP, 2007, podle SKZÚZ.
- Obr. 49 Obsahy olova v zemědělských půdách ČR.
Ročenka MŽP, 2007, podle SKZÚZ.
- Obr. 50 Obsahy kadmia, chromu a olova v půdách Ostravy, převyšující meze normy.
Matýsek, 1996.
- Obr. 51 Průmyslové znečištění půd kovy podle indikace magnetické susceptibility.
Hodnoty poměru obsahu kovu k jeho nejvyšší přípustné koncentraci.
Matýsek, 1996.
- Obr. 52 Hodnoty radiace na haldách po těžbě uranu u Dolní Rožínky. Izonormály r / h.
Manová, 1967.
- Obr. 53 Horninový (Huttonův) cyklus, ovlivňující zásadním způsobem látkovou bilanci jednotlivých geosfér.
- Obr. 54 Podíl hlavních producentů CO₂ v r. 2002.
Hodnota emisí CO₂ byla v r. 2002 celkem 24 100 Mt.
Olah et al., 2006.
- Obr. 55 Spojení koloběhu uhlíku a síry v geologických procesech.
Bouška et al., 1980.
- Obr. 56 Propojení cyklů uhlíku a křemíku.
Bouška et al., 1980.
- Obr. 57 Roční změny koncentrace dusíku a CH₄ v ovzduší v posledních dvou tisíciletích a v posledních deseti tisíci letech.
Goudie et al., 2006.
- Obr. 58 Souvislost odchylek izotopů síry a uhlíku indikují v geologickém vývoji Země vyrovnávání změn teploty.
- Obr. 59 Zmenšování oblastí přirozeného rozšíření bizonů na území Severní Ameriky od r. 1800.
Goudie et al., 2006
- Obr. 60 Invaze divokých včel na území Jižní Ameriky, zavlečených tam v r. 1957.
Goudie et al., 2006

- Obr. 61 Rozsah lesů na území Evropy v r. 990 a v r. 1990 n.l. indikuje postup odlesnění.
Goudie et al., 2006
- Obr. 62 Současné odlesňování v tropických oblastech kontinentů.
Goudie et al., 2006
- Obr. 63 Korálové útesy kolem ostrovů v Tichém oceánu.
Merck et al., 1986
- Obr. 64 Jih Španělska byl před třiceti lety zalesněnou krajinou, dnes zcela převládají pole.
Foto ATP
- Obr. 65 Produkce elektřiny v GWh v jednotlivých zemích (A) a podíl jednotlivých zemí
v % na celkové produkci geotermálních elektráren.
- Obr. 66 Instalovaná kapacita větrných elektráren 1990 – 2004.
Olah et al., 2006
- Obr. 67 Podíl jednotlivých zemí na celkové produkci CO₂ ve světě.
- Obr. 68 Geotermální elektrárna Salton Sea v USA uvolňuje značné množství páry a v ní
obsažených plynů, zejména sloučenin síry.
- Obr. 69 Výskyty asfaltových písků v Kanadě, provincie Alberta.
Geoscientist, 2008
- Obr. 70 Výskyty bitumenových břidlic v USA (Utah, Colorado, Wyoming).
Geoscientist, 2008
- Obr. 71 Rozsah ropných polí v zemích Středního Východu (šrafovaně). Černě jsou
vyznačena nejvýznamnější těžená pole. Celkový počet těžných polí v oblasti
Perského zálivu je kolem 400.
Geoscientist, 2008
- Obr. 72 Světová produkce síry podle zdrojů.
- Obr. 73 Celková produkce CO₂ spalovacími procesy podle průmyslových zdrojů.
- Obr. 74 Hranice zájmových sfér států v oblasti Arktidy.
- Obr. 75 Denní produkce a dovoz ropy do USA v milionech barelů v období 1970 – 2000.
- Obr. 76 Ložiska ropy v ČR.

- Obr. 77 Přehled těžby ropy MND a.s. Hodonín v l. 1971 – 1993.
Uhlí, rudy, geol. průzkum, 2004
- Obr. 78 Růst celkové produkce zemního plynu ve světě v l. 1965 – 2003 v miliardách m³.
Olah et al., 2006
- Obr. 79 Ložiska černého uhlí v ČR. Stav v r. 2007.
Ročenka Geofondu, 2007
- Obr. 80 Ložiska hnědého uhlí v ČR. Stav v r. 2007.
Ročenka Geofondu, 2007
- Obr. 81 Ložiska lignitu v ČR. Stav v r. 2007.
Ročenka Geofondu, 2007
- Obr. 82 Rozšíření uhelných slojí v podloží příkrovů vnějších Západních Karpat. Uvedeny vrty, jimiž byly výskyty ověřeny.
- Obr. 83 Přehled těžby zemního plynu MND a.s. Hodonín v l. 1971 – 1993.
Uhlí, rudy, geol. průzkum, 2004
- Obr. 84 Podzemní zásobníky plynu v ČR.
Lidové noviny 15. 3. 2008
- Obr. 85 Výskyty ložisek hydrátů metanu v mořích a na kontinentech.
Olah et al., 2006
- Obr. 86 Emise skleníkových plynů z biopaliv ve srovnání s fosilními palivy.
Lidové noviny 9. 1. 2008
- Obr. 87 Ložiska zemního plynu ČR, stav 2007. Ročenka Geofondu, 2007
- Obr. 88 Větrná elektrárna Gorgonia Pass u Palm Springs v Kalifornii.
Murck et al., 2006
- Obr. 89 Hlavní směry a počty dnů bez větru na území ČR.
Zdroj ČHMÚ
- Obr. 90 Situace přílivové elektrárny Bay of Fundy v Kanadě.
Goudie et al., 2006

- Obr. 91 Schema studeného (modře) a teplého (červeně) proudění ve světových oceánech.
- Obr. 92 Vodní elektrárny v ČR.
- Obr. 93 Vodní elektrárna Dalešice.
- Obr. 94 Projekt kombinované přečerpávací elektrárny Lipno – Aschach.
Lidové noviny 2008
- Obr. 95 Geologické schema přepokládaného magmatického krbu pod kalderou Long Valley v Kalifornii.
- Obr. 96 Geotermální elektrárna Mammoth Lake v Kalifornii. Stav 1993
- Obr. 97 Pokusná geotermální elektrárna využívající suché teplo hornin. Los Alamos v Novém Mexiku. Stav 1993
- Obr. 98 Pokusný vrt v magmatickém krbu Long Valley kaldery v Kalifornii v r. 1993.
- Obr. 99 Geologická situace kaldery Long Valley v Kalifornii.
- Obr. 100 Schema jaderného reaktoru.
- Obr. 101 Ložiska uranu v ČR. Stav v r. 2007.
Ročenka Geogondu, 2007
- Obr. 102 Celková produkce jaderných elektráren v jednotliv. zemích v r. 1965 – 2005.
Olah et al., 2006
- Obr. 103 Podíl jednotlivých zdrojů energie na produkci CO₂ v g / cal.
Cílek, 2007
- Obr. 104 Dráhy radioaktivních mraků po výbuchu jaderného reaktoru v Černobyli. Lidové noviny 2006
- Obr. 105 Montánní formy georeliéfu. Jáma Kimberley „Big hole“ v Jihoafrické republice je hluboká kilometr. Převážně ruční práce. Důl byl opuštěn již v r. 1914.
Foto kuhlsey.com
- Obr. 106 Montánní formy georeliéfu. Důl na diamanty Myrnij (hloubka přes 500 m, průměr 1200 m).
Foto deputy dog.com
- Obr. 107 Montánní formy georeliéfu. Povrchový důl a haldy hlušiny. Bingham Canyon.

Utah, USA.
Foto wikipedia.org

- Obr. 108 Sejpy po těžbě zlata u Jakutska na Sibiři. Stav v r. 1984.
- Obr. 109 Mapa střetů zájmů mezi využitím zdrojů nerostných surovin a ochranou přírodního prostředí ČR.
Geofond Praha
- Obr. 110 Emise oxidů síry (a) a HgS (b).
- Obr. 111 Podíl záborů půdy zemědělstvím, dobýváním, průmyslem, městy a dopravou.
- Obr. 112 Vysýchání půdy v oblastech nízkých srážek (Čína). 100 největších katastrof.
Rebo, 2006
- Obr. 113 Trasa plánovaného ropovodu Nabucco ze Středního Východu do Evropy,
- Obr. 114 Schema mezinárodního obchodu s mědí. Údaje v milionech tun. Kužvart, 1990
- Obr. 115 Světový obchod ropou v tisících barelů za den.
Mineral Facts and Problems, 1976
- Obr. 116 Strategicky důležité trasy ropovodů v kaspické oblasti.
Lidové noviny 2007
- Obr. 117 Schema ropovodů ve Střední Evropě.
- Obr. 118 Vysokotlaké, středně- a nízkotlaké plynovody a ropovody na území ČR.
- Obr. 119 Dálnice a rychlostní silnice na území ČR. ŘSD ČR
- Obr. 120 Plánovaný zavodňovací kanál z Obu do Kazachstánu.
- Obr. 121 Kalifornský kanál přivádějící vodu z řek Sacramento a San Joaquin do oblasti velkých měst na západě USA. Stav 2003.
- Obr. 122 Přehradní hráz Tři soutěsky na řece Jang c' Tiang v Číně.
- Obr. 123 Důsledky válečných konfliktů a jejich dopad na životní prostředí.
Lidové noviny 29. 5. 2008
- Obr. 124 Katastrofické znečištění ovzduší ze zapálených kuvajtských naftových polí ve

válce v Zálivu (a) a (b).

- Obr. 125 Ochranné pohyblivé hráze proti záplavám na Temži, v Holandsku a v Benátkách.
- Obr. 126 Záplavy v Ústí nad Labem v r. 2000.
- Obr. 127 Záplavy na řece Otavě v Písku v r. 2002.
- Obr. 128 Jak si někteří vodohospodáři představují ideální koryta našich řek.
- Obr. 129 Tsunami na poloostrově Meulaboh v Indonézii bylo způsobeno v prosinci r. 2004 zemětřesením v Indickém oceánu severně od Sumatry. Přišlo o život 283 000 lidí.
100 největších katastrof, Rebo, 2006
- Obr. 130 Stejně tsunami zničilo obec Gleebruck. Na leteckém snímku je obec při příchodu vln (A) a po jejich ústupu (B).
100 největších katastrof, Rebo, 2006
- Obr. 131 Vlivy rostoucích velkých měst.
Geoscientist, 2006, upraveno
- Obr. 132 Úprava zemědělsky obdělávané krajiny v severním Jemenu. Oáza Nalat-Seet.
Burkert et al., German research, 2007
- Obr. 133 Zemědělské formy georeliéfu – terasové uspořádání svahu masívu Jabal al Akbar v severním Ománu.
Burkert et al., German research, 2007
- Obr. 134 Množství dopadajícího kosmického záření na Zemi za uplynulých 30 let.
Lidové noviny 12. 7. 2007
- Obr. 135 Vliv Slunce a Měsíce na rozložení slapových jevů (přílivu) ve světových oceánech.
- Obr. 136 Meteoritický kráter v Arizoně.
- Obr. 137 Přehled velkých kráterů po dopadu meteoritů na Zemi.
- Obr. 138 Růst počtu obyvatel Země po dobu existence člověka.
Lidové noviny 15. 8. 2008
- Obr. 139 Obyvatelstvo na území dnešní České republiky od 10. století podnes.
Lidové noviny 15. 8. 2008