

Antropogenní geomorfologie

Poznámky k přednášce

Poznámky z uvedených podkladů zpracoval Karel Kirchner:

- Bílková, D., Cílek, V., Hromas, J. (2002): Podzemí v Čechách, na Moravě, ve Slezsku. Olympia Praha, 272 s.
- Czudek, T. (1997): Reliéf Moravy a Slezska v kvartéru. Sursum Tišnov, 213 s.
- Červinka, P. (1995): Antropogenní transformace přírodní sféry. UK Praha, Karolinum, 68 s.
- Demek, J. (1984): Obecná geomorfologie III. UJEP Brno, 139 s.
- Demek, J. (1987): Obecná geomorfologie. Academia Praha, 476 s.
- Kukal, Z. (1983): Přírodní katastrofy. Horizont Praha, 264 s.
- Kužvart, M., Pešek, J., René, M. (1986): Geologie ložisek nerostných surovin. UK Praha, 150 s.
- Kukal, Z., Reichmann, F. (2000): Horninové prostředí České republiky. ČGÚ Praha. 189 s.
- Lacika, J. (1997): Geomorfológia. Technická Univerzita vo Zvolene, Zvolen, 172 s.
- McGuire, B., Mason, I., Kilburn Ch. (2002): Natural hazards and environmental change. Arnold London, 187 s.
- Nemčok, A., Pašek, J., Rybář, J. (1974): Dělení svahových pohybů. Sborník geologických věd, hydrogeologie, inženýrská geologie, 1974, s. 77-97.
- Přichystal, A., Náplava, M. (1995): Záhada Býčí skály aneb jeskyně plná otazníků. Amaprint Třebíč, 176 s.
- Podborský, V. a kol. (1993): Praveké dějiny Moravy. Vlastivěda moravská. Země a lid. Sc. 3. MVS Brno, 543 s.
- Svoboda, A. (2001): Brněnské podzemí. R-atelier Brno, 166 s.
- Svoboda, K. (1990): Tajemné megality. Svědkové doby kamenné. Horizont Praha, 176 s.
- Zapletal, L. (1969): Úvod do antropogenní geomorfologie I. UP Olomouc, 278 s.

Citované práce obsahují další příbuznou literaturu, další citace jsou uvedeny přímo v textu.

Ústav geoniky AV ČR, pobočka Brno 2004

I. Antropogenní geomorfologie - Úvod

Dílčí věda obecné geomorfologie

Zvyšující se vliv lidské činnosti, člověk geomorfologickým činitelem, antropogenní tvary součástí složka kulturní krajiny, tvary i ovlivněné procesy. Území ovlivněné člověkem až 85% zemského povrchu. Zvýšení těžby nafty více jak 180 krát, antropogenní podíl na plaveninách a splaveninách v řekách je asi $7 \cdot 10^6$ za rok, antropogenní denudace představuje $1 \cdot 10^{10}$ za rok – 42% celkové hodnoty denudace (podle údajů z poloviny 70 let 20.stol.).

Význam: - při hodnocení dynamiky současných gem. procesů je nezbytné přihlídnout k ovlivnění člověkem, - studium interakce přírodních a antropogenních procesů základ pro prognózování, - antropogenní tvary reliéfu jsou progresivní části reliéfu a jejich počet stoupá, - poznání ant.tvarů základ pro studium vazeb mezi přírodními a antropogenními složkami v kulturní krajině

Význam **abiotického prostředí** a jeho ovlivnění člověkem zdůrazněn

v geologii:

Američan G.P. Marsh (1864): kniha Man and Nature, v roce 1885 "The Earth as modified by human action" (vlivy na organický i anorganický svět)

Hodnocení horninového prostředí mez. konference v **Princetonu (USA) 1955** – sborník "Man's role in changing face of the Earth" – doceněna úloha horninového prostředí

B.L. Turner a kol. (1990): Earth as transformed by human action – úloha člověka v přeměně Země

1965 – Environmental Geology – úloha geověd v ochraně životního prostředí (Springer)

1991 – **mezinárodní konference evropských ministrů ŽP Dobříš** – požadavek na zhodnocení situace ŽP v Evropě sborník 1995 „Europe's environment, the Dobříš Assessment, horninové prostředí je připomenuto

v ČR – významná úloha ČGS Praha v rámci MŽP

Soubor geologických map životního prostředí v měřítku 1:50 000

Mapa - Vliv těžby na životní prostředí 1:500 000, Reichman ed.) vliv 169 ložisek rudních a nerudních surovin na ŽP

Geofond ČR – Registry vrtů, svahových deformací, ložisek, poddolovaných území apod.

v geomorfologii:

Poprvé použil pravděpodobně názvu **antropogenní geomorfologie** (anthropogene geomorphologie) E. Fels (1934) v Německu,

první údaje o antropogenních tvarech dále v Anglii R.L. Sherlock (1923): The influence of the man as an agent in geographical change. Geographical Journal 61.

Antropogenní geomorfologie **součástí učebnic** obecné geomorfologie (Luis, Klimaszewski, Machtschek, Thornbury, Faibrige, Panov, H.F. Garner, Demek, Lacika)

i učebnicí fyzické geografie (Gadner 1977, Ordway 1972, Flint-Skinner 1977).

Antropogenní geomorfologii jsou věnovány i samostatné učebnice – Zapletal 1969, Demek 1984, Dov Nir 1983, Goudie 1983, Červinka 1996.

Antropogenní geomorfologie byla v minulosti rozvíjena na katedrách geografie Př.F. Olomouc (Zapletal, Duda), Př.F. Brno (Konečný), Geografický ústav ČSAV Brno (Demek, Stehlík, Ivan, Hrádek, Loučková, stala se součástí geomorfologického mapování (Czudek, Balatka, Sládek). Na katedře FG a GEO PřF. V Ostravě (Buzek) studium ovlivnění eroze půdy působením lidské činnosti. Na katedře FG a GEO Př.F. Ku Praha - Červinka, Kliment.

Zhodnocení výzkumů antropogenní geomorfologie Zapletal (1968,1969), Konečný 1978, Kirchner 1979, Ivan-Kirchner 1988).

Antropogenní geomorfologie

- *studuje tvary reliéfu (geneticky stejnorodé plochy a tvary), vytvořené lidskou činností a procesy, které způsobují jejich vznik, vývoj a zánik v prostoru a čase.*

- *charakterizuje morfologii a složení antropogenního reliéfu, zabývá se genezí a antropogenními geo. procesy, kterými reliéf vzniká, vyvíjí se a zaniká.*

- *antropogenní morfogeneze – všechny přímé a nepřímé vlivy lidské společnosti na reliéf pevnin a dna oceánů (v užším pojetí)*

- *studium vzhledu, vzniku a stáří antropogenních tvarů reliéfu, prostorovo- časový aspekt registrace, hodnocení a prognózy (v širším pojetí)*

antropogenní transformace reliéfu – komplexní působení člověka na reliéf a jeho důsledky

Uplatnění pojmu horninové prostředí a jeho zakomponování do antropogenní geomorfologie:

Prostředí tvořené horninami – upřesnění vůči ostatním termínům:

Zemská kůra - svrchní část litosféry mocnost od několika km (oceány) až do 70-80 km (mladá pásemná pohoří - orogény), oddělena Mohorovičičovou diskontinuitou od svrchního pláště

Litosféra – 100 až 120 km zemská kůra a svrchní plášť plouvou na plastičtější astenosféře

geosféra – volné použité ve smyslu sféry kde se odehrávají geo- procesy (litosféra, hydrosféra, spodní část atmosféry, pedosféra)

horninové prostředí vliv člověka : **definice** (Kukal- Reichmann 2000): *horninové prostředí je nejsvrchnější částí zemské kůry. kde se projevuje nebo může projevit lidská činnost. Je tvořeno pevnými horninami, nezpěvnými zeminami, půdou a vším, co se v nich nachází, tedy nerostnými surovinami, podzemní vodou i plyny v pórech hornin a půd.*

Definice:

Antropogenní geomorfologie se zabývá vzhledem, genezí a stářím tvarů reliéfu, vytvořených přímo i nepřímo působením lidské činnosti ve vazbě na horninové prostředí.

Tvary povrchové i podpovrchové

otázka dosahu lidské činnosti tj. dolní hranice horninové prostředí : stavební a hornické práce, **hluboké vrty**, Kola 12 262 m, vrt KTB (1991-94) 9100 m, Kontinentale Tiefbohrung v Horní Falci městečko Windischeschenbach

husté sítě vrtů v prospekčních oblastech vápenec, žel. rudy, uran

Příbram –max. hloubka dolů 1838 m Jáma č. 16 (stříbro, barevné kovy uran), Kutná Hora – max. hloubka 550 m (stříbro, barevné rudy), Zdice max. hloubka 1180 m (sed. železné rudy)

Světové max. 3780 m v Jihoafrické republice

Zajímavost velkolom ČSA dno v hloubce 160-200 m pod okolním terénem, okolní nadm. výška 230 , dno lomu 30 m n.m.

Dolní hranice horninového prostředí klade Kukul a Reichmann (2000) do hloubky 5 km.

II. Terminologické problémy antropogenní geomorfologie

Základní členění

Zapletal – **přímé** antropogenní procesy probíhají podle vůle člověka a s využitím techniky (**agradace** konvexní tvary reliéfu, **degradace** konkávní tvary, **planace** antropogenní plošiny, **exkavace** tj. vytváření podzemních prostor vyjímáním horniny a zemin tzv. antropogenní suterén)

- **nepřímé** antropogenní procesy (podmíněny nejen člověkem ale i přírodou, složité. Poklesy, sesuvy, posuvy, deformace terénu do stupňů, diagenese, odprýskávání, eroze a denudace.

Milkov (1974) přímé a podmíněné antropogenní procesy. *Kotlov* (1977) procesy přírodní, přírodně-antropogenní (kvalitativně i kvantitativně ovlivněny činností člověka), procesy antropogenní (vyvolané činností člověka).

Demek (1977): působení člověka na reliéf 1. přímé nebo nepřímé ovlivňování přírodních geomorfologických procesů (urychlování, zpomalování), 2. neúmyslným vytvářením povrchových tvarů, 3. plánovitým vytvářením nových a tvarů (tzv. technogenních tvarů)

Ivan, Kirchner (1988): - **antropogenní tvary** vzniklé technogenními procesy s podtypem modifikovaných a tvarů (např. haldy rozřezané stržemi, zářez postižený sesouváním), - nepřímé AT vznikají **vyvolané a. tvary** (tvary, které by na daném místě nemohly vzniknout bez přispění člověka (sníženiny v oblastech těžby, abraze na březích vodních nádrží), **antropogenně modifikované přírodní tvary** – tvary vzniklé procesy jejichž intenzita byla ovlivněna člověkem (urychlená eroze i sedimentace, vliv přehrad, regulace vodních toků apod.).

V naší přednášce budeme vycházet z ovlivnění přírodních procesů (endogenních i exogenních) činností lidské společnosti, vznikají nepřímé a. procesy a antropogenně modifikované přírodní tvary nebo vyvolané a. tvary (či přírodně-antropogenní t., antropogenně podmíněné t.).

III. Klasifikace antropogenních tvarů

Podle tvaru, velikosti (kubatury, plošné rozlohy, a výšky, hloubky), petrografického složení, barvy, polohy v terénu, podílu antropogenního faktoru na jejich vzniku, podle stáří a vegetačního, jak zapadají do celkového rázu krajiny.

Tvar: **konvexní** (vypuklé, vyšší nadm. výška než původní reliéf), základní tvar v půdorysu bodový, lineární, plošný, **konkávní** (vyduté, vhloubené), nadm. výška nižší než původní přírodní reliéf, základní tvar v půdorysu bodový, lineární, plošný, antropogenní terénní zrcadla (ploché tvary díky antr. sedimentaci), **smíšené**

Morfologie: např. haldy kuželovité, kupovité, hřbetové, hřebenovité, tabulové, terasovité, lomy stěnové jámová, etážové, valy symetrické, asymetrické, nesmí být samoúčelná.

Petrografické složení: haldy hornické, energetické, průmyslové (chemické, hutní) podle hořlavosti.

Vznik: genetická klasifikace, těžební, průmyslové, zemědělské, vodohospodářské, sídelní, dopravní, vojenské, oslavné, pohřební, rekreační.

Velikost: makrotvary (haldy, poklesové kotliny, terasy, náspy), mikrotvary (pinky, sejpoviště, mohyly, rýhy), hranice smluvní

Velikost: číselné vyjádření plošná rozloha všech tvarů, kubatura konvexních tvarů, hloubka konkávních, výška konvexních tvarů

Stáří: tvary živé tj. vznikající, vyvinuté-zralé

Rychlost vývoje: vyšší rychlost než u přírodních, technogenní tvary řadově dny, měsíce, roky. Zanikání tvarů trvá stovky až tisíce let.

Poloha v povrchové části zemské kůry: povrchové, hlubinné (podzemní, podpovrchové)

Poloha v rámci rozsáhlejších tvarů: haldy rovinné, svahové, kamenolomy stěnové, jámové.

Vegetační kryt: bez vegetačního krytu, ozelenělé přirozeně, uměle.

Podle typu rekultivace: lesní, zemědělská, vodní

Celkový ráz krajiny: estetické hledisko, hygienické hledisko.

IV. Rámcový vývoj působení lidské společnosti na reliéf

Neuvědomělé působení, před 3 mil. let člověk jako nový činitel, převaha přírody nad člověkem raně civilizační typ

V různých částech země se působení časové liší vzhledem k různé úrovni vývoje společnosti.

Paleolit (*starší doba kamenná*)

Starý paleolit 1 000 000- 250 000 př.n.l

Střední paleolit 250 000 - 40 000 př.n.l.

Mladý paleolit 40 000- 8 000 př.n.l.

Svrchní fáze mladého paleolitu 22 000 až 18 000 př.n.l. vrchol posledního zalednění, který přešel v pozdní glaciál (18 000 – 9 000 př.n.l., pozdní paleolit)

Poslední glaciál Würm začíná před asi 115 000 lety

Narušení reliéfu nepatrné, získávání materiálu k výrobě kamenných nástrojů (čepele, rydla, škrabadla) primární naleziště pazourku, glaciální sedimenty.

Mezolit (střední doba kamenná, konečný paleolit) 8 000 - 6 000 př.n.l.

Počátek holocénu

Neolit (*mladší doba kamenná*) 5 700,5 500 – 3 700 př.n.l.

Žárové zemědělství, příprava půdy k setí brázdící tyče, dřevěné či parohové kopáče, později hákové oradlo, keramika, kácení lesů, pastevectví, dlouhé stavby, sběr přírodních plodin, těžba a štípání rohovců, objev studny v Mohelnici, výstavba rondelů – sociokulturní architektura,

Atlantik

Eneolit (pozdní doba kamenná) 3 700 – 1 900 př.n.l.

Zemědělství - oradlo, chov domácích zvířat, lov, první uplatňování mědi, později zlata a stříbra k výrobě šperků, zbraní, nástrojů, přísun soli, jantaru, vyhledávání přírodních zdrojů

Epiatlantik

Doba bronzová 1 900 – 750 př.n.l.

Těžba kovů (měď, cín), rýžování zlata, kovolitectví-slévačství, zvyšující se hustota osídlení, opevněná hradiska, pohřbívání – mohyly, zachovány v oblasti Ždánického lesa a Chřibů a na Znojemsku (Bošovice průměr 16 m, výška 150 cm), zemědělství, chov domácích zvířat, hrnčířství.

Západní Čechy, Plzeňsko, Klatovsko (řadově desítky až stovky mohyl).

Starší doba železná – halštatská 750 – 400 př.n.l.

Bronzové srpy byly nahrazeny železnými, rolnictví, chov, pastevectví, čtyřkolové vozy. Masové používání železa, kovolitci, diferenciacie společnosti. Na Moravě horákovská kultura. Pohřbívání ve velkých mohylách. Zemnicové chýše, později obnovována hradiště (např. Leskoun, Plaveč, nové hradiska a opevnění Morkůvky, Borkovany – Ždánický les, Jevišovice).

Jeskyně **Býčí skála** (podle Přichystal Náplava 1995).

vchod pod 52 m vysokou skalní stěnou, stará výtoková jeskyně Jedovnického potoka (ztrácí se v Rudickém propadání), jeskyně Rudického propadání, Býčí skály a spodní patra j. Barová vytéká u křižovatky v Josefově. Přístupno prvních 320 m tzv. **Předsín** nálezy již v paleolitu po tzv. Šenkův sifon, nynější vchod vystřílen Aloisem z Lichtenštejna v roce 1796.

Dr. Jindřich Wankl - zahájení výzkumů v 1867, 1872 prokopal Předsín a nálezy interpretoval jako pohřeb halštatského velmože. Nález: dvě velká žárovíště, vrstva vypáleného vápence až několik metrů silnou, vrstev zuhelnatělého obilí a uhlí, nad uhlím spečené předměty, obilniny, látky, železo, přes 40 zbytků koster většinou žen, trupy koní bez hlav a nohou

již více jak 100 let diskuze Wankel

- pohřeb náčelníka,
- bohatá prospektorská či podnikatelská skupina (kováři, žele. rudy),
- - v letech 1980 85 nová interpretace (Nekvasil, Stloukal, Weber) úkryt obyvatelstav, které zahynulo pod spadnutým stropem (náhodný výbuch)
- - obětní síň obětiště s možnou přítomností kovářny

Vápenec byl interpretován jako sintr

Mohyla Hlásnica, Šaratice – mohyla Kopeček (obvod 90 m, výška 5 m).

Doba laténská - mladší doba železná– 400 př.n.l. – 0 n.l.

Keltové, obdělávání půdy železnými srpy, rotační mlýnky, hrnčířský kruh, oradlo s železnou radlicí, železářství – kladivo, pořiz, kleště. Hradiska – oppida, stezky, dálkový obchod, mince. Řemesla, dobývání kovů, nerostů. Umělecká řemesla.

Hradiska – Podmokly, **Stradonice** plocha 80 ha, **Hrazany** 30 ha plocha, hradby široké 5- 10 m, výška 4- 5 m, **Staré Hradisko** na Prostějovsku nejdůležitější na Moravě, plocha 37 ha, hradba 2800m dlouhá, hradby až 8 m široké, již na mapě Komenského z roku 1627 podle nálezů jantaru, odhad až 2500 obyvatel, **Hostýn** (19 ha, strategické hradisko, – koncentrace obyvatelstva, mocenská střediska.

Doba římská 1 až 4. stol. n.l.

Zánik oppid, sídliště vesnického typu, pronikání germánského obyvatelstva, řemesla, zemědělství, hradisko Mušov (podlažní topení, vodovod, 9-10 ha, mohutné opevnění, příkop, X. legie,

Doba stěhování národů 4. až 6 stol. n. l.

Pronikání Slovanů, r. 375 nápor Hunů další řetězová reakce ostatních národů, 451 zastaven nápor Hunů v bitvě na Katalaunských polích menší hustota osídlení než v době římské

Staroslovanské období až starší doba hradištní 6. až 8 stol. n.l.

Raný středověk (doba slovanská, hradištní) 6.-12. stol.

zahrnuje i střední doba hradištní - Velká Morava 9 .stol. n. l. až počátek 10 stol. n..l.
Hradiska, pohřbívání do mohyl, zánik Velké Moravy kolem roku 905

V. Významné prehistorické vlivy člověka na reliéf

Těžba – pazourek **Krzemionky** u Ostrowa Swietokrzyskiego (střední Polsko) asi 1000 těžebních míst v hloubce 4-10 m, radiolarit ve **Vídni-Maueru** (v provozu v období 5700 až 2000 mladší a pozdní doba kamenná)

Hornické dobývání nebylo raritou v Evropě - zde registrováno 250 děl

ve světě: Lion Cavern ve Swaziland hornická štola, těžba hematitu (jako barevný pigment) odhad 120 000 let

Qena nilská delta Egypt, těžba rohovce z říčních písků, až 2 m hluboké jámy, 35 000 počátek mladého paleolitu,

Česká republika - hornická činnost - nerudy

neolitické jámové lomy na mramor na **Bílém kameni** u Sázavy (průměr 5.10 m, hloubka 1-3 m, těženo kamennými sekeromlaty)

Tušimice – těžba křemence v šachticích až 4 m, hlubokých s horizontálními chodbami, mladší a pozdní doba kamenná

Hlinsko u Lipníka, lom Podhůra, jámy o hloubce 1,2 až 3 m průměr 2-5 m, těžba prachovců a drob na sekeromlaty a sekerky (asi 3000 – 2600 př.n.l.),

Nejrozsáhlejší pravěké těžební pole **Krumlovský les** (Vedrovice, Jezeřany-Maršovice). Plocha 100 ha, těžební revíry, jámy průměr až 10 m, hloubka 4 m, dobývání rohovců. Těžba zřejmě začala v v pozdní době kamenné, nejrozsáhlejší dobývání až ze starší doby bronzové, smysl gigantické těžby je zatím záhadou. (podrobněji Oliva, M., Neruda, ., Přichystal, A. 1999: Paradoxy těžby a distribuce rohovce z Krumlovského lesa. PA, XC, Praha).

Želešice-zelené břidlice, rohovce u **Olomučan** v Moravském krasu, **Stránská skála** – těžba rohovců z vápenců,

Hornická činnost - rudy

2000 (1900) – 750 doba bronzová pravděpodobná těžba **mědi** v západních Čechách a v Krušných horách z Rakouska dobývání mědi **Mitterberg** (1800-300 př.n.l., šachty hliuboké až 100-105 m, štolý do 400 m).

Megalitické stavby

Od roku 5500 př.n.l. (neolit) až 1500 př.n.l. kamenné památníky megalitické kultury

Tvary megalitů (obrovité vztyčené kameny): - **menhir** svisle zapuštěný, hrubě opracovaný,- **stéla** štíhlejší opracovaný kámen, **kromlechy** – do kruhu seřazené menhiry, kamenné prstence, **trilit** – napodobení brány, **dolmen** – dva nebo více vztyčených kamenů pokrytých plochými kameny (stoly, přístřešky, hroby), **henge** – seskupení velkých menhirů, kruhů a řad pro kultovní a astronomické účely, **megalitické hroby** – typ dolmenů, chodbové hroby, hroby kryté náspem nebo mohylou (hrobové mohyly)

České menhiry (podle Svobody 1990) - české menhiry lze s určitou pravděpodobností považovat za menhiry podle analogií se západoevropskými lokalitami.

Nálezy v sz. Čechách mezi Labem a Vltavou a Ohří a Berouňkou, celkem zaznamenáno 23 lokalit

Nejvýznamnější menhiry: **Chabry** – Ládevská ul. Praha, 1,5 m vysoký kámen (v okolí keltské nálezy, šňůrová keramiky, zvoncové poháry), **Klobouky** – (severně Slaného) náš nejvyšší menhir 3,5 m, původně obklopen 6 až 12 menšími kameny, diskuze k pravosti menhiru, v okolí archeologické nálezy (Keltové...), **Ledce** (jv. Slaného dva kameny 0,7 a 0,8 m)

Samostatná skupina menhirů **soutok Otavy a Volyně** u Strakonice část zničena, v oblasti keltské nálezy.

Kounovské kamenné řady – asi 1,7 km sv. od obce Kounov (plošina na kopci Rovina 526 m, (podloží opuka), 2500 křemencových kamenů, výška od 2 dm až do 1 m, 16 rovnoběžných řad s-j. směru délka 200 až 300 m, vzdálenost mezi řadami 16 až 30 m. V prostoru žádné archeologické nálezy, teorie K. Žebery – zbytky zvětrávací kůry, zvětrávání, později vybírání a vymezování hranice pozemků.

Největší výskyty menhirů:

Velká Británie

Stonehenge, Salisbury, Avebury,

jedna z největších prehistorických mohyl **Silbury Hill** při řece Kennet (2800 př.n.l.), 40 m výška, základna na ploše 40 ha, hmota odhad 328 000 m³

Francie

- Bretaň, (např. Carnac, 400 ha, 5730 menhirů, výšky menhirů 4 – 7 m), bretaňská žula, neolit, eneolit.

Egypt – pyramidy, střední a jižní Amerika

Vliv zemědělství, zavlažování

Vodní dílo **Saa el-el Kafara** 30 km jižně od Káhiry (2650 až 2465 př.n.l.), hráz vysoká 12 m, dlouhá 108 m, zachovalá.

Přehrada pro zásobování **Ninive** (705 až 981 př.n.l.), kamenná přehrada **Šan-si** (asi 240 př.n.l.) Čína, hráz vysoká 30 m.

VI. Ovlivnění endogenních geomorfologických procesů

Ovlivnění nekonsolidovaných pokryvných útvarů a konsolidovaných hornin (těm bude věnována pozornost).

- přerozdělení statických tlaků na povrchu reliéfu

- přerozdělení dynamických tlaků v zemské kůře

VI. 1. Přerozdělení statických tlaků

– výstavba velkých vodních nádrží, urbanizovaných celků (městských aglomerací). Zatížení povrchu např. vodou – prohýbání povrchu, pohyby podél zlomů, doprovod antropogenní zemětřesení.

Klasický příklad – přehrada Boulder (Hoover) dam na řece Colorado. Napouštění v roce 1935, ukončení 1939. Délka přehrady 200 km, hloubka až 150 m, objem $37,5 \text{ km}^3$, hmotnost $3,75 \cdot 10^{10}$. Po napuštění byla v letech 1940-41 provedena nivelace opakovaná – prohnutí zemské kůry 0,78 m. Začaly otřesy zemské kůry v letech 1937-44 asi 6000 otřesů. Zjištěna závislost mezi otřesy a max. hladinou vody v nádrži, úprava přítoku výstavbou dalších nádrží Fleming Gorge a Glen Canyon, zemětřesení na polovinu.

Přehrada Vaiont, Itálie. Klenbová hráz 265,5 m, objem $0,17 \text{ km}^3$, hloubka 130 m. Stavba zakončena v roce 1960, otřesy při napouštění, vápence, dolomity, zlomy, při poklesu hladiny otřesy ustaly, 9.10. 1963 deště - max. zdvih obrovský sesuv, 165 m vysoká vlna, směrem k řece Piavě ztratila výšku, 2117 m mrtvých

Složitě vztahy vzniku antropogenně podmíněných zemětřesení a výstavby a provozu vodních nádrží. Závislost není vždy jednoznačná.

Pro vznik antropogenně podmíněných zemětřesení nutné předpoklady:

0,3 % ze zhruba 11 000 přehrad s přehradním tělesem vyšším než 10 m, u přehrad s přehradní zdí vyšší než 90 m již 10 %, u přehrad s výškou 140 m 21 %.

Podle Demka (1984): vznik zemětřesení je podmíněn:

1. napětím v zemské kůře a přítomností zlomů
2. výskytem rozpukaných hornin s možností infiltrace vody do hloubky
3. výskyt heterogenních hornin na dně nádrže – umožnění pohybu do hloubky pod tlakem
4. litologickým složením podloží, v sedimentech dochází k sesedání bez průvodní seismiky

Počátek seismických jevů souvisí s napouštěním přehradní nádrže, při zvyšování vodní vrstvy rostly počty a intenzita zemětřesení

Přírodní poklesy zemského povrchu nejsou obvykle rychlejší než 0,5 mm za rok, poklesy ovlivněné lidskou činností mnohonásobně rychlejší

Pokles dna Orlické přehrady 0,12 mm za rok (zaměřil Mačák 1980), kolem staveniště Temelína byla v 90 letech zjištěna epicentra zemětřesení reakce zemské kůry na zatížení přehradním jezerem orlické přehrady

Sídelní aglomerace - poklesy zemské kůry - v městě a v okolí kompenzační zdvihy (např. Moskva poklesy 12 mm v letech 1936-50). Komplex jevů: hmotnost objektů, odstraňování hornin při ražbě podzemních prostor, odčerpávání podzemní vody, v létě přehřátí a sesedání půdy při ochlazení. Např. vysoká budova na Smolenském nám. v Moskvě deprese o poloměru 120 m, hloubka 50 cm.

Tabulka: Rychlost poklesů zemského povrchu podmíněných lidskou činností (podle Kukala 1990 a Kukala, Reichmanna 2000)

oblast	druh lidské činnosti	rychlost poklesu v mm za rok
delta Pádu s Benátkami	čerpání podzemních vod	5-10
Wilmington, USA	těžba ropy a plynu	740
Las Vegas, USA	čerpání podzemních vod	35
Taipei	čerpání podzemních vod	100
Ekofisk, Severní moře	těžba ropy a plynu	30-70
jezero Mead, Colorado	přehradní jezero	20
Toktogul, řeka Narin	přehradní jezero	20-30
Kariba, řeka Zambezi	přehradní jezero	12,7
Orava, Slovensko	přehradní jezero	5,0

VI. 2. Přerozdělení dynamických tlaků

Vyčerpávání a načerpávání množství tekutin – typický příklad z Denveru USA, čerpání vody v roce 1962 do hlubokého vrtu (3671 m), situován v tektonickém pásmu, zemětřesení. Vhánění slané vody do vrtů k vytěžení ropy – aktivizace zlomů, vznik zemětřesení Kalifornie),

Vyčerpávání ropy a zemního plynu (Groznyj 1971), **podzemní vody** (prohnutí zemské kůry Las Vegas v letech 1935-50 36 cm).

Tabulka: Rychlost poklesu zemského povrchu v některých světových velkoměstech (podle Kukala 1990)

velkoměsto	příčina poklesu	období	celkový pokles (cm)
Mexico City	nestabilní podklad	1985-1990	850
Londýn	zástavba, čerpání vody	1750-1990	50
Bangkok	nestabilní podklad, čerpání vody	1900-1990	100
Osaka	zástavba, čerpání vody	1928-1990	300

Tokio	zástavba, nestabilní podklad čerpání vody	1950-1990	450
Long Beach, Kalifornie	čerpání vody	1941-1990	900

Gazifikace uhlí, těžba soli, těžba uhlí – důlní otřesy.

Podzemní jaderné výbuchy – Nevada pokusný polygon, zemětřesení, výbuch o síle 0,1 až 1,2 megaton TNT vyvolal zemětřesení o M 5-6., vertikální pohyby na povrchu až 1,2 m, horizontální 0,15 m, oživení= zlomy 0,3 – 8 km.

Podzemní zásobníky plynu (podle Plachý, S. 1995: Podzemní uskladňování plynu. Vysoká škola chemicko-technologická Praha, 145 s.)– skladování plynu, skladování letních přebytků pro pokrytí zvýšené spotřeby v zimě, potřeba uskladnit 20-25% objemu roční spotřeby, nejpříjemnější způsob podzemní uskladňování od poloviny 19.století rozmach výroby potřeba skladování svítiplynu (plynojemy – chicagský s kapacitou 600 000m³ ,

zemní plyn –

- využití vytěženého ložiska

1915-16 využití vytěženého ložiska Wellandský okres státu Ontario Kanada, USA podzemní zásobník na ložisku Zoar-Erie ve státě New York kapacita 62 mil. m³ , na konci 70 let v USA 400 podzemních zásobníků plynu s celkovou kapacitou 212 mld. m³ plynu.

- Další cesta hledání vhodných geologických struktur, které by byly schopny plyn přijmout podzemní zásobníky akviferového typu první pokus v USA v roce 1946, rozpukané vápencové souvrství v hloubce 170 m na pomezí států Kentucky a Indiana, nepodařilo se vytěsnit vodu, v roce 1950 ve státě Iowa ve vrstvách pískovců v hloubce 530-580 m uskladněno 530 mil. m³ ,

akviferové struktury – zásobníky v porézních strukturách vodonosné propustné vrstvy, voda vytlačena přetlakem plynu

- kavernové podzemní zásobníky

- loužením mohutných ložisek soli, - kaverny vytvořené výbuchem, - hornickým způsobem (rubáním) volné podzemní prostory staré opuštěné hlubinné doly nebo speciálně vyrubané, - zmrazením okolní horniny (zmrzlá voda v pórech vytváří bariéru pro uhlovodíkové látky)

Pohyby nadloží související s funkcí zásobníku zásobník Hrušky opakovaná geodetická měření od roku 1978 periodické oscilace odpovídající tlakovým cyklům, nárůst náklonu 0,4 až 0,5 mm za rok, náklony celého území s poklesem do centra propadliny, recentní pohyby podél tektonických poruch, těžba uhlí v Jihomoravském lignitovém revíru

Lobodice – podzemní zásobník akviferového typu, 1965-1990 svítiplyn, od roku 1990 zemní plyn

klastické sedimenty spodního badenu, těsnicí hornina bádenské jíly

PZP Tvrdonice, ložisko Hrušky – původní plynové ložisko, vybudován v letech 1972-74, uskladňování v hloubkách 1600 m baden, 1250 m sarmat, 1100 m sarmat

PZP Štramberk – plynové ložisko Příbor –jih, karpatský horizont, zahájen provoz v roce 1983

PZP Dolní Dunajovice – (stejnojmenné ložisko) 1989 – ložiskovou nádržní horninou jsou bazální klastika eggenburgu, pískovce

PZP Háje (Příbram) – kavernový podzemní zásobník, budován hornickým způsobem, zahájení provozu v roce 2000

PZP Třanovice – oblast ložiska Horní Žukov-Třanovice-Mistřovice, plynové ložisko, 1949-82 těžba, na žukovském hřebetu tři pohřbená údolí jako stratigrafický typ pasti, klastický materiál spodní baden, nadloží spodnobádenské tégly