

# ***Urychlení fluviálních procesů a procesů na vodních nádržích***

## **Cíle studia antropogenně urychlených procesů**

- vypracování základů a metod řízení
- Základ geomorfologické prognózování (jaké procesy působí, jejich dynamika, možnost výskytu dalších urychlených geomorfologických procesů),
- znalost přírodních procesů.

Fluviální procesy - povrchově tekoucí voda - hlavní odnosový činitel.

## ***Antropogenní ovlivnění fluviálních procesů se projevuje***

- v ovlivnění odtoku vody (odlesnění, regulace, výstavba vodních nádrží)
- v ovlivnění vlastností vody.

Člověk narušuje *fluviální erozi, transport i akumulaci*.

## ***Fluviální procesy nejčastěji ovlivňuje:***

- výstavba technických zařízení na řekách (jezy, přehrady, úpravy koryt, náhony),
- transformace (změny) vegetačního krytu odlesnění, požáry,, apod.)
- transformace funkčního využití ploch (orba, pastva, vysoušení, meliorace,
- transformace podmínek povrchového odtoku (úpravy reliéfu, např. výstavby parkovišť, úpravy koryt),rekreační a sportovní účely.

## ***Účinek ovlivnění se projevuje:***

- změnami režimu vodního toku a říčních sedimentů (denní, měsíční roční průtoky, max. minimální, průměrné)
- změnami koryta vodního toku (půdorysu, vlastností např. drsnosti).

## ***Hlavní příčina ovlivnění fluviálních procesů***

- *narušení vegetačního krytu* v pramenných oblastech vodních toků.

Vegetace, zejména lesní porosty, plní významnou regulační funkci - následně přívalové deště.

Odnos pod přirozeným lesem je malý, podle Bennetta (1955) odnos v lese 0,001 mm/rok, travnatý porost 0,006 mm/rok, kukuřice 13,3 mm/rok, vykácení lesa a přeměna na kukuřičné pole zvýšení eroze 11 600 x.

## ***Urychlená eroze na svahu***

- Plošná urychlená eroze (nesoustředěný odtok), plošný splach
- Stružková urychlená eroze (lineární), stružky
- Stržová urychlená eroze, strže
- Boční eroze, laterální

## Některé faktory

**ČR – odlesnění v 70 a 80 letech 20. století** - v důsledku poškození lesních porostů, urychlená vodní eroze plošná i stržová (*Jizerské hory, Krušné hory, Moravskoslezské Beskydy*)

**Modelové povodí Trkmanky** – výzkum eroze - podle Vaníčka (1963) odnos z povodí 3,3 mm/rok přirozená tvorba 0,1 mm/rok

**Kolonizace vrchovin 11.-12. stol.**, urychlená eroze v horní části povodí, sedimentace povodňových hlín v údolních nivách na středních a dolních tocích (vrstvy 3-5 m) – zejména dolní toky Dyje a Moravy

V důsledku morfologie, půdních poměrů a způsobu využití půdy je na území ČR ohroženo *různým stupněm silné vodní eroze více než 1,8 mil. ha zemědělské půdy (tj. přibližně 42 %)*.

Mezi nejvíce postižené oblasti na Moravě patří Vizovická vrchovina, Podbeskydská pahorkatina, Litenčická pahorkatina, moravské úvaly.

# Odlesnění rozsáhlých lesních ploch – kůrovcová kalamita – možnost rozvoje erozních procesů



Hostýnské vrchy – okolí Rajnochovic



Přírodní park Podkomorské lesy – okolí Chudčic, okolí Bystrce

## *Úpravy koryt vodních toků*

– zvýšení spádu, zvýšení eroze, napřimování toků Labe v úseku Jaroměř – Mělník v letech 1800-1950 zkráceno ze 400 km na 178 km.

**Morava** – Litovelské Pomoraví, anastomóza, náhony, rozdělování průtoku na náhon, zánik anastomózního říčního typu a vznik typu s hlavním tokem korytem řeky Moravy

**Napřímení toku** – zvýšení eroze- zaříznutí koryta- pokles hladiny podzemních vod- konsolidace povrchu nivy- změna nivní vegetace

## *Sedimentace v korytě*

Poznámka - Zavlažovací kanály – čistá voda vyšší erozní schopnost – zpevňování břehů

zvyšování dna řeky - zvyšování hrází **Chuang che** – místy 75 m nad terénem

**Příklad - Horní a střední tok Chuang-che (Žlutá řeka) - horské oblasti a rozsáhlá sprašová plošina (tabule).**

V důsledku odlesnění a intenzivního obhospodařování dochází k rozsáhlé plošné i stržové erozi a řekou transportovaný materiál je ukládán v podobě mohutných náplavových kuželů ve Východočínské nížině i v samotné deltě řeky.

*Šířka delty dosahuje 800 km a řeka se větví na 15 hlavních ramen.*

Protipovodňová ochrana - ochranné hráze (nejstarší jsou doloženy již z období 650 let př. n. l. – postupné navyšování hrází a v současnosti místy výška koryta až 75 m nad terénem a šířka koryta řeky 20 km.



[http://www.china.org.cn/environment/news/2009-05/21/content\\_17814265.htm](http://www.china.org.cn/environment/news/2009-05/21/content_17814265.htm)

[https://cs.wikipedia.org/wiki/%C5%BDlut%C3%A1\\_%C5%99eka#Pr%C5%AFb%C4%9Bh\\_toku](https://cs.wikipedia.org/wiki/%C5%BDlut%C3%A1_%C5%99eka#Pr%C5%AFb%C4%9Bh_toku)

Celkově je z území ČR průměrně vodními toky odnášeno 870 tis. t plavenin, 90 tis. t splavenin, 1 mil. t materiálu v roztoku a suspenzi ročně.

Celkově je tak za našeho území v dlouhodobém průměru odnášeno 2 mil. tun materiálu, což přepočteno na objem (při objemové hmotnosti  $1 \text{ g.cm}^{-3}$ ) odpovídá 2 mil.  $\text{m}^3$ .

***Přepočet na plochu České republiky (78 866  $\text{km}^2$ ), dostáváme hodnotu, která odpovídá úbytku mocnosti vrstvy 0,025 mm v průměru za rok.***

Obvykle je pro území ČR uváděna rychlost přepočtená za období 1000 let tj. 2,5 cm za 1000 let.

*Pravidelný monitoring plavenin ve vybraných stanicích provádí ČHMÚ od roku 1985 podrobněji  
Kirchner-Smolová 2010*



# Úpravy koryt vodních toků

Výrazné ovlivnění fluviálních procesů způsobuje také regulace koryt vodních toků - celkové zkrácení délky říční sítě, urychlení odtoku vody z povodí.

*Úpravy koryt vodních toků:*

změny spádových poměrů důsledkem zkrácení je zvýšení eroze a úpravou břehů snížení přirozené infiltrace.

Např. zkrácení délky vodních toků je příklad Labe v úseku Jaroměř–

Mělník, kde se v letech 1800 až 1950 zkrátila délka toku ze 400 na 178 km.

regulace toku Dyje, Vltavy, Jizery nebo Moravy.

Kilianová (2001) uvádí v období let 1836 až 1999 celkové zkrácení délky toku Moravy o 67,34 km, s výraznou diferencí na horním, středním a dolním toku Moravy.

*Největší změny délky toku byly zaznamenány na dolním toku Moravy v Dolnomoravském úvalu, kde v období let 1836–1999 došlo ke zkrácení délky toku celkově o 48 km.*

*Na středním toku v Hornomoravském úvalu došlo ke zkrácení o 13 km a v Mohelnické brázdě o 6 km.*

## Stav úprav na tocích ČR

Upraveno 9270 km – 25 % celkové délky toků s povodím > 5 km<sup>2</sup>, nejvíce upravené jsou toky s povodím nad 250 km<sup>2</sup> – 30 %,

### - ***ochrana před povodněmi***

- ✓ zvýšení průtočné kapacity,
- ✓ zatápění inundačních území (Morava, Dyje - 27 tis. ha),

### - ***omezení účinků erozní a akumulární činnosti v korytě toku***

- ✓ upravení splaveninového režimu,
- ✓ umožnění odběru povrchových vod
  - ✓ stabilizace koryta
  - ✓ objekty upravující sklon

- ✓ ***přeložky toků, odvodňování zemědělské půdy, výstavba vodních cest***  
(Labe: Střekov – hranice, Vltava: Vrané – Modřany, celkem 224 km).

[http://hgf10.vsb.cz/546/UT/chapter\\_1.html](http://hgf10.vsb.cz/546/UT/chapter_1.html)



## Řeka Morava v úseku Mikulčice – Tvrdonice

2. Vojenské mapování  
(1836-40) Morava  
současnost



## ***Velké vodní nádrže a jejich vlivy***

### **Ovlivnění fluviálních procesů v úseku nad přehradou:**

Degresivní akumulace, šíří se proti toku, vlna akumulace se šíří na řece Syrdarja až 0,6 km/rok, na řekách v rovině se šíří desítky až stovky km.

**Ovlivnění fluviálních procesů v úseku pod přehradou:** Uvolnění energie, voda bez sedimentů, zahloubení koryta

### **Procesy ve vlastní nádrži**

- Vznik nových abrazních procesů**
- Vznik nových nebo oživení starých svahových procesů***
- Usazování sedimentů na dně nádrže***
- Ovlivnění endogenních procesů***

***Sedimentace v přehradních nádržích je asi 100 x rychlejší než v jezerech přírodních*** (průměrná rychlost sedimentace 0,1-0,3 cm za rok)

Rychlost v cm za rok: Hooverova přehrada 50, Asuánská přehrada 15, Slapy 4, Lipno 2, Nechranice 20.



Brněnská přehrada - oblast přístaviště - Vev. Bitýška - Mečkov – květen 2009, Rokle červen 2009





Brněnská přehrada červenec 2009



## Protierozní opatření

- obecně organizační – specializace výroby
- agrotechnická
  - orba po vrstevnici (snížení hodnoty eroze o  $\frac{1}{2}$ .)
  - pásové obdělávání půdy snižuje hodnotu eroze o  $\frac{1}{4}$ ,
  - Terasování svahů - eroze je téměř přerušena

samovolný vznik teras.

Rekultivace, hrazení bystřin – soubor prací, terasování toku, vegetační prostředky.



# ***Urychlení kryogenních procesů zvl. termokrasových***

*Dlouhodobě zmrzlá půda – permafrost*

(permafrost) horniny s teplotou po dobu více než 2 roky pod bodem mrazu, kryogenní tvary souvisí se střídavým promrzáním a táním a s fázovými přeměnami vody, sezónní permafrost (měsíce)

**Narušení rovnováhy permafrostu** – změna tepelné bilance (dochází k deformaci sněžného, rostlinného, půdního pokryvu, narušení povrchového odtoku )

**Syngenetický led** (polygony ledových klínů a čočky rovnoměrně rozloženy v souvislosti se sedimentací)

**Epigenetický led** – rozložen při povrchu jednorázové zamrzání

**Degradace permafrostu - *zvýšení teploty hornin a zemin, či zmenšení mocnosti permafrostu***

Degradace permafrostu může být **regionální** (např. oteplením podnebí) **nebo lokální** (např. narušením vegetace a vytvořením talíku)

## ***Degradace permafrostu z hora vznik termokrasových sníženin***

Mírné svahy a rozvodí

Tání polygonů ledových klínů, vypuklá jádra – výrazná jádra bez vegetace ,  
bajdžarachy - celková sníženina d'ujod'a, hromadění vody – sníženina alas,  
v hloubce bez promrzání talik, - zanikání jezera, promrzání pingo, spojování  
v termokrasová údolí

## ***Degradace permafrostu z boku –***

termoeroze, termoabraze, vedoucí k termoplanaci reliéfu

Tání ledových klínů (prohlubně – strže v místech polygonů ledových klínů –  
mezi prohlubněmi jádra polygonů, bajdžarachy – vývoj amfiteatrální deprese,  
**termokar** – ústup stěny nižší úroveň polární nížiny

## Podzemní led ledových klínů – Jakutsk



Termokar u řeky Aldan – J.Demek <https://docplayer.cz/113150857-Vyznam-kryogennich-jevu-pro-paleoklimaticke-a-paleoekologicke-rekonstrukce-kvarteru.html>

# Hlavní aspekty narušení oblasti s permafrostem

Narušení rostlinného a půdního krytu

zvětšení radiační bilance, zvýšení průměrné roční teploty, zvětšení mocnosti činné vrstvy permafrostu

- kácení lesa, požáry, - urbanizace - výstavba, - těžební práce, - vedení produktovodů



Jakutsk – výstavba – porušení panelových domů

# Urychlení kryogenních procesů v oblasti dlouhodobě zmrzlé půdy v oblasti Centrální Jakutské nížiny



Údoní niva Angary severně Jakutsku, střední říční terasa



Severně Jakutsku dno alasu s degradací pingo



Severně Jakutsku - pingo



Severně Jakutsku březová tajga s lesní cestou – na kontaktu s polygony ledových klínů bahnitě sníženiny





Nevýrazná degradace permafrostu na pastvině, která byly navázána na původně zoranou plochu



Degradace permafrostu na pastvině, která byly navázána na původně zoranou plochu – projevy morfologického zvýraznění jader ledových klínů



Degradace permafrostu na pastvině, která byly navázána na původně zoranou plochu –vývoj bajdžarachů



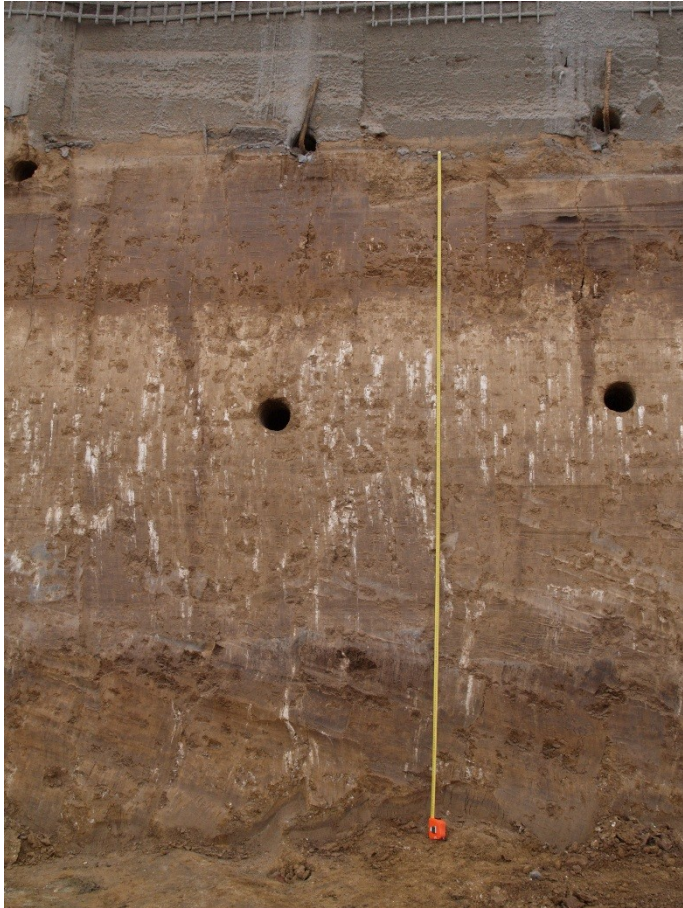
Degradace permafrostu na obnaženém svahu komunikace –vývoj bajdžarachů



Degradace permafrostu na obnaženém svahu komunikace – vývoj bajdžarachů až sníženina zaplněná vodou dujod'a

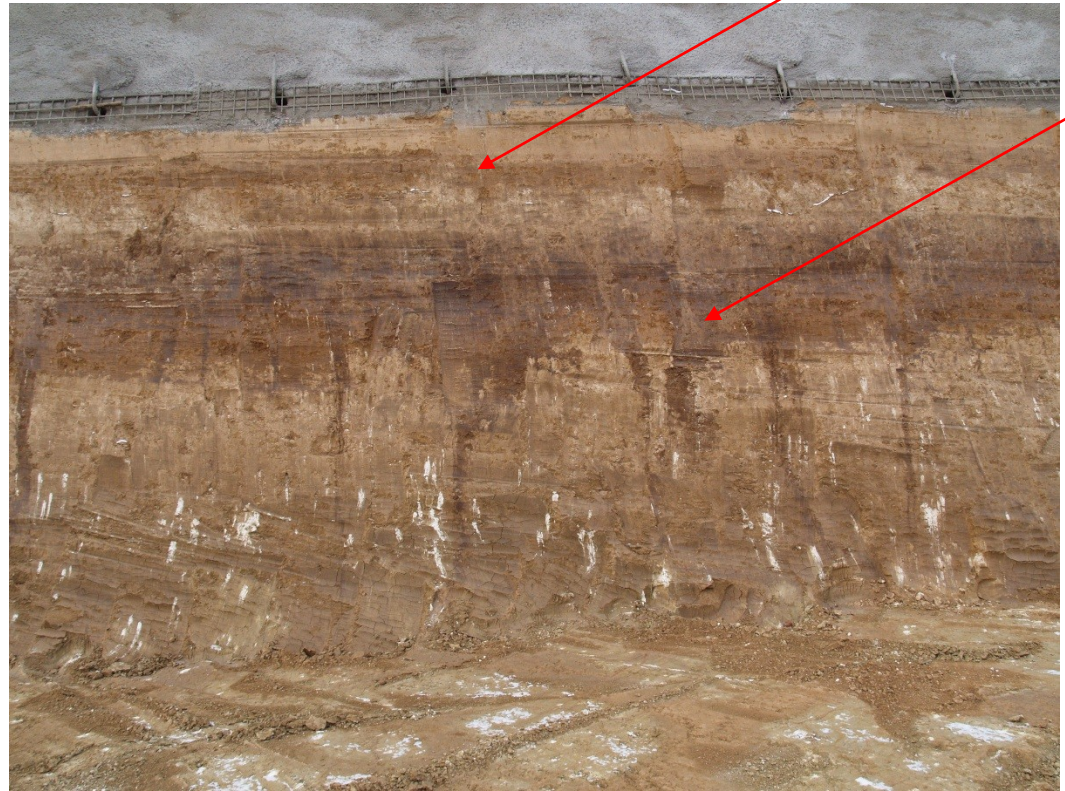
Fosilní kryogenní jevy pseudomorfózy – Žabovřesky – prosinec 2007 ražba tunelu mezi Žabovřeskou kotlinou a Řečkovicko-kuřimským prolomem v zářezu odkryty kryogenní jevy.

Spraše, paleopůdy, terasové šterky, neogénní sedimenty nadm. výška cca 240 m.



Ve spraších odkryty pohřbené paleopůdy a složitá síť klínovitých tvarů vyplněná černohnědým přemístěným materiálem pohřbených paleopůd.

Makroskopicky lze v profilu rozeznat dva výrazné půdní horizonty, z nichž vybíhají klínovité útvary.



Interpretovat možno jako pseudomorfózy po ledových klínech. Na bocích klínovitých útvarů jsou stopy po tlaku ledu. Na dolních koncích jsou stopy po štěpení typické pro ledové klíny.





Analýza profilů pseudomorfóz - permafrost se na Moravě opakovaně vyvíjel a degradoval i v nižších nadmořských výškách v chladných obdobích pleistocénu. Ledové klíny vyžadují pro svůj vývoj a uchování určité klimatické, zejména teplotní podmínky. Podle analogie se současnými periglaciálními oblastmi - předpoklad průměrná roční teplota vzduchu během agradace permafrostu a vzniku ledových klínů byla cca. -6 až -8 °C.

Během klimatického oteplení a degradace permafrostu byl prostor ledových klínů zaplněn roztátým a sesouvajícím se materiálem z paleopůd a vznikly pseudomorfózy po ledových klínech.



# Urychlení krasových procesů

Krasové procesy jsou pochody v krasových oblastech. Termínem kras je v geomorfologii označován soubor tvarů reliéfu v krasových (propustných a rozpustných) horninách.

**Kras je výsledkem interakcí mezi rozpustnými horninami a krasovými procesy (koroze, eroze).** Za krasové horniny považujeme ***uhličitanové (karbonátové) horniny***, které jsou rozpustné vodou obsahující oxid uhličitý (CO<sub>2</sub>),

***a evapority***, což jsou usazeniny vzniklé krystalizací ze slaných vod, v nichž se obsah solí koncentruje odpařováním (evaporací) – sůl kamenná, sádrovec a řadí se sem i led.

Proces krasovění spočívá především v korozi stěn puklin v krasových horninách a probíhá až na bázi krasovějících hornin nezávisle na hlavní erozní bázi, protože voda v krasu obíhá ***pod hydrostatickým tlakem***.

## Mezi nejvýznamnější způsoby ovlivnění krasovění lze považovat:

- těžbu karbonátových hornin,
- narušení hydrogeologického prostředí (změny odtoku vody, snížení hladiny podzemních vod, čerpání vody z vápencových lomů),
- zatížení krasových oblastí - úniky odpadních a technologických vod.

Urychlení krasových procesů se na povrchu projevuje: *vznikem nových závrťů nebo rychlejším prohlubováním již existujících.*

V důsledku zatížení (statického i dynamického) povrchu krasových oblastí dochází v nestabilních oblastech - ***k řícení podzemních dutin, - vzniku antropogenně podmíněných řícených závrťů nebo jeskyní*** (oblasti nové obytné zástavby, při výstavbě rekreačních a sportovních areálů či při nevhodné lokalizaci staveb jako doprovodných investic při zpřístupňování podzemních prostor ).

Další negativní dopady - úniky odpadních a technologických vod s obsahem chemických látek – urychlení procesu krasovění.

## Ovlivnění podzemních krasových oblastí

antropogenně podmíněné **speleoklimatické změny** (např. zvýšení teploty, snížení relativní vlhkosti vzduchu nebo zvýšení koncentrací CO<sub>2</sub>) - návštěvníci, osvětlení

**Zemědělství** - znečištění podzemních vod

**Ražba nových vstupů** do jeskynních systémů (vstup do Nové Amatérské jeskyně v Pustém žlebu),

**Ovlivňování vody v jeskynním systému** - zpřístupňování Pukevní jeskyně - k překonání až 18 m hlubokých sifonů byla v letech 1928–1929 vyražena odvodňovací štola o celkové délce v 447 m se stavidly, jimiž bylo možno regulovat hladinu Punkvy až o 6 m. Následně došlo v letech 1927–1933 pod vedením profesora K. Absolona k odčerpání vody, a celkově tak byla snížena hladina Punkvy až o 20 m.

## Punkevní jeskyně – vodní plavba



Autor: Pajast, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=3493937>

## ***Urychlení eolických procesů***

K urychlení a větší intenzitě přispívají zejména:

- změny vegetačního krytu,
- zemědělské obhospodařování v aridních (suchých) a semiaridních (polosuchých) oblastech,
- nadměrná pastva,
- rozrušení povrchu těžbou (například štěrkopísků, sprašových hlín).

## ***Větrná eroze , větrný odnos (deflace), sedimentace***

Prašné bouře (černé bouře)

USA, 1935 Kansas, prašný mrak do výšky 1,6 km, obsah 35 000 t/km<sup>3</sup>

**Desertifikace**, Sahara, zejména pastva rozšíření do oblasti Sahelu, růst 1 km ročně, oblast jezera Bajkal

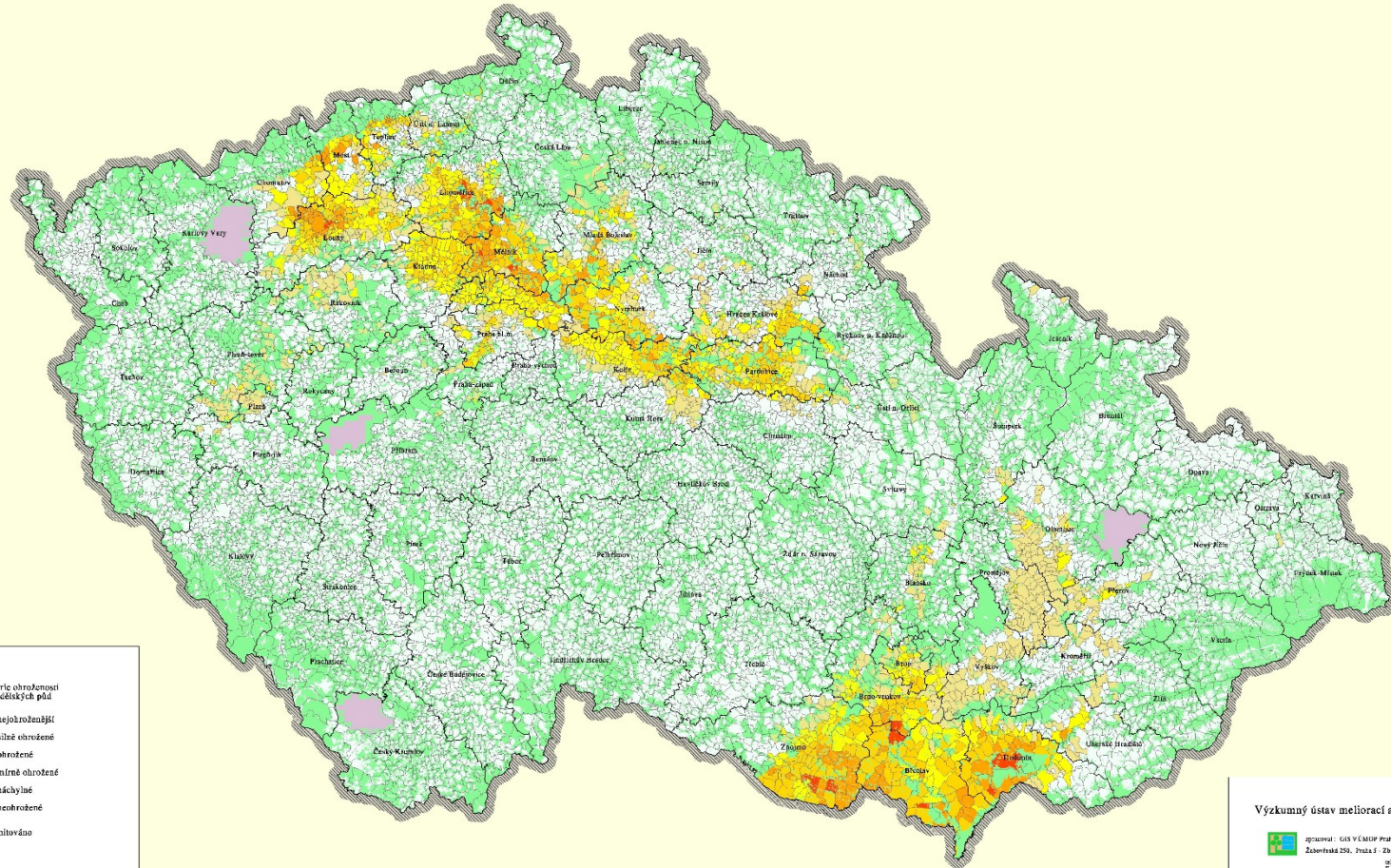
Česká republika doloženy *prachové bouře* v Bílých Karpatech, Vizovické vrchovině nebo na Znojemsku.

Nejvíce ohrožené eolickou erozí - jižní Morava - nejrizikovější katastrální území *Dubňany, Mutěnice, Mikulov na Moravě, Vranovice nad Svatkou, Hrádek u Znojma, Hrušovany nad Jevišovkou, Litobratřice, Šanov nad Jevišovkou a Velký Karlov* - např. v k. ú. *Dubňany* je větrnou erozí ohroženo více než 700 ha orné půdy, v k. ú. *Mutěnice* 1300 ha a v k. ú. *Litobratřice* 1200 ha.

Urychlení eolické eroze je zejména důsledkem intenzivního obdělávání pozemků. Došlo k odlesnění rozsáhlých ploch a rostoucí intenzita v 70. a 80. letech 20. století - důsledek zcelování pozemků a vytváření velkých lánů bez realizace protierozní ochrany.

**Antropogenní průmyslové krajiny** - rychlost eolické sedimentace v **cm za 1000 let** - New York 110, - Praha (celoroční průměr) 600, - Podkrušnohoří (celoroční průměr) 1400, průměr pro Evropu 4. pro Severní Ameriku 6,5.

# Mapa potenciální ohroženosti zemědělských půd větrnou erozí podle katastrů



mapový podklad katastrů : © ČÚZK Praha



**Příklad** - Brněnská přehrada – působení eolických procesů





## *Urychlení marinních a lakustrinních procesů*

Marinní procesy(lakustrinní) - exogenní geomorfologické procesy v pobřežním pásmu. Pobřežní linie - proměnlivá kontaktní hranice mezi vodou a souší, přímoří (coast) je definováno jako pevnina ležící podél mořského břehu a pobřeží (shore), jako část pobřeží, která se rozkládá mezi pobřežní linií při odlivu a linií, kam až zasahuje příboj při přílivu.

K urychlení marinních a lakustrinních procesů dochází v pobřežních oblastech, které jsou ovlivněny antropogenní činností zejména průmyslovou činností nebo rozšiřováním ploch pro rekreaci a sport.

Pobřežní oblasti, které tvoří pláže a mělčiny, snižují energii vln postupujících k pobřeží a přirozeně chrání pobřeží před narušením marinními a lakustrinními procesy.

Jakákoliv změna (narušení) přírodního prostředí pak ovlivní rychlost procesů, nejčastěji pak dochází k urychlení abrazivních procesů

## **Přímé ovlivnění**

- výstavba hrází na mořském nebo jezerním pobřeží,
- povrchová těžba v šelfu,
- výstavba nových ostrovů v pobřežní oblasti,
- úprava pláží,
- stavba vlnolamů,
- využití energie vln (přílivové elektrárny).

## **Nepřímé ovlivnění:**

- snížení množství materiálů přinášených vodními toky (zadržení v přehradách, regulace, řek, těžba štěrku z pobřeží) → zvýšení abraze,
- podpovrchová těžba na šelfu (např. ropa a zemní plyn).

Např. dochází ke zvýšení abraze, např. zachycení sedimentů Nilu v Asuánské přehradě - rozrušování nilské delty

Abrazní procesy na přehradách

## **Abrazní procesy na přehradách**

Ukončení procesů - vytvoření rovnovážného profilu pobřežního svahu

**Přírodní podmínky** – vlastnosti hornin, morfografické vlastnosti svahu, hydrologické podmínky (vodní proudy, led), klimatické poměry (vítr)

**Antropogenní podmínky** – režim nádrže, výstavba objektů na březích, ochranná opatření na březích, činnost na přilehlých svazích, plavba a s tím spojená vznik vln.



Přístav Bodrum – Turecko – ochranné hráze



Příklad Brněnská přehrada

Brněnská přehrada – Sokolské koupaliště  
abraze



## *Urychlení geomorfologických procesů spojených s působením podzemní vody*

Aktivizace sufoze - čerpání podzemní vody, - soustředěný odtok z asfaltových ploch, - odtok v kanalizačních systémech, - ztráty vody při zavlažování, - poklesy hladin vodních nádrží (vývoj sufoze v nezpevněných sedimentech)

Brno 15. února 1976 - 12:50 hod. ul. Pekařská v Brně - propad vozovky u chodníku na tramvajovém ostrůvku před nemocnicí Sv. Anny (v jámě muž a jedna žena). Pětačtyřicetiletou Marii Bartošovou (45 let) se nepodařilo najít.

Poškozené vodovodní potrubí na Pekařské – pokles tlaku vody ve vodárně

Kráter hloubka 3-3,5 m hloubka

1992 zbytky kostry v brně Černovicích







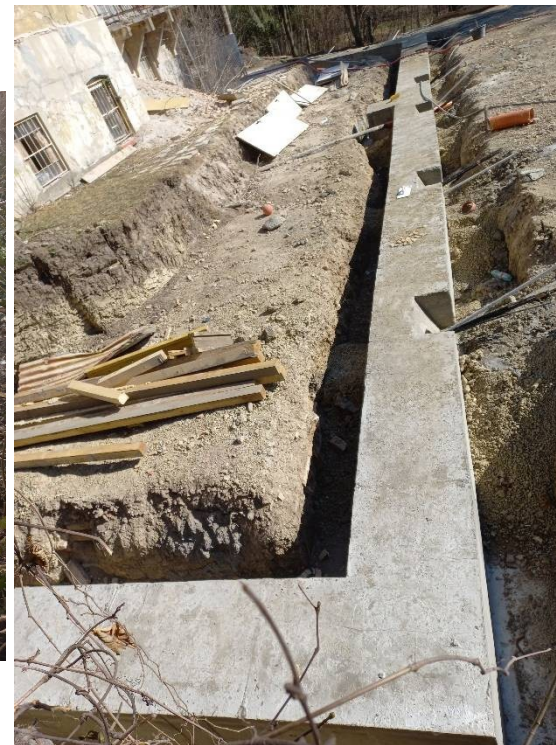
# Zpomalení přírodních exogenních procesů

(podrobněji Kirchner-Smolová, 2010 kap. 7.2.).

## Svahové procesy

zaplnění trhlin v terénu, drenážování vrty, štoly)

Technické (odvádění vody přitékající na ohrožené území, odvádění vody),  
vegetace odvádí vodu, snižuje vlhkost, technická opatření kotvené zdi, piloty,  
gabiony, přitížení paty svahu



Arnolda vila – pilotová kotvená stěna – březen 2022

**Fluviální procesy - eroze** ohrožené území technické prostředky (terasování svahů, odvodňování, zatravňování, zalesňování zvyšování infiltrace (vsakovací pásy), biotechnické prostředky (břehové porosty), technické prostředky (zachycování plavenin a splavenin)

## **Marinní a lakustrinní procesy**

biotechnické a technické prostředky (vlnolamy, mola, výhony, ochranné zdi)

## **Eolické procesy**

pěstelské metody (pěstování jednoletých výškově rozdílných rostlin, větrolamy),