



VIZP – Vodohospodářské inženýrství a životní prostředí

Přednáška č.3 – Vodní toky

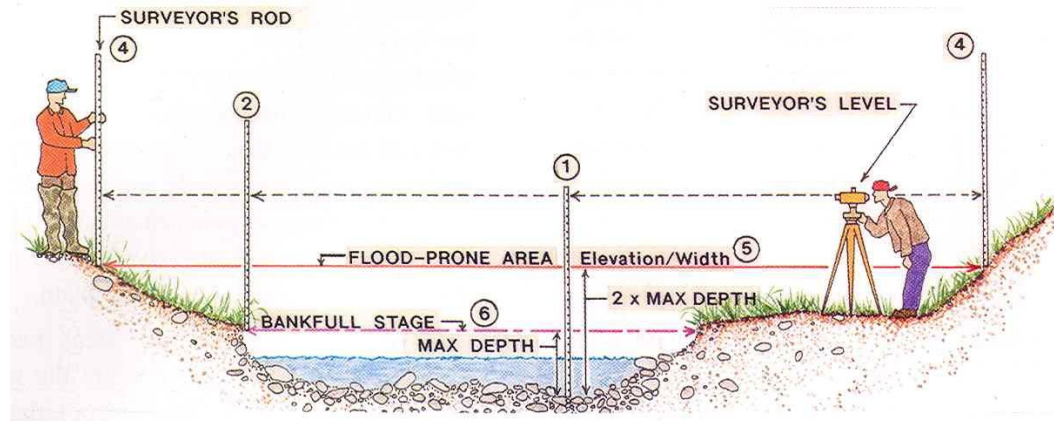
- ✓ Přírozené vodní toky
- ✓ Účel úprav vodních toků, návrhové veličiny
- ✓ Opevnění upraveného koryta
- ✓ Ekologizace vodních toků

Přirozené vodní toky

Korytový průtok – maximální průtok, který provede koryto bez vylití z břehů, v našich podmínkách zpravidla Q_1 až Q_2 .

Základní geometrické charakteristiky používané pro morfologické posouzení přirozených toků

- ✓ **šířka hladiny, průměrná a maximální hloubka koryta při korytovém průtoku**
- ✓ **poměr šířky říční nivy a k šířce koryta**
- ✓ **rozvlněnost trasy** – poměr délky osy koryta a délky údolnice
- ✓ **sklon dna koryta**
- ✓ **šířka meandrujícího pásu**




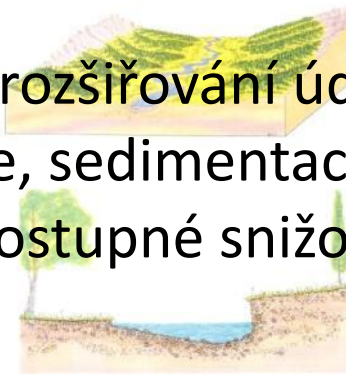


Faktory ovlivňující vývoj říční sítě

Jednotlivé toky i celé říční sítě jsou důsledkem dlouhodobého dynamického vývoje, který ovlivňuje celá řada faktorů, kterými mohou být zejména

- ✓ **klimatické a meteorologické faktory** zásadním způsobem působí na srážko-odtokový režim a v důsledku na vodnost toku (mimo jiné m-denní a N-leté průtoky), ta se může s časem měnit
- ✓ **fyzikálně geografické vlastnosti** – zejména sklonitosti svahů a zejména údolnice
- ✓ **pedologické a geologické faktory** – na nich závisí vlastnosti aluviálních sedimentů říčních teras (především čára zrnitosti)
- ✓ **rostlinná pokrývka** může nezanedbatelně omezit erozní procesy zejména břehů přirozených toků

Základní morfologické typy přirozených koryt v Česku

Morfologie přirozených toků je úzce spjata s podélným profilem

- ✓ **Horské toky** – velký sklon dna (často $> 4\%$), málo zakřivená trasa, šířka koryta blízká šířce údolí, materiál dna tvořen buď rostlým skalním podložím nebo velmi hrubým štěrkem, dominantní eroze
- ✓ **Podhorské toky** – postupné rozšiřování údolí, snížení sklonu dna, trasa koryta se zakřivuje, sedimentace nesoudržného materiálu do říčních teras, postupné snižování zrnitost materiálu dna se zmírňuje
- ✓ **Střední úseky toků** – sklon dna $< 1\%$, materiál dna tvořen zejména písky a štěrky, další významné zakřivování trasy koryta
- ✓ **Dolní úseky toků** – sklon dna často $< 1\text{‰}$, materiál dna tvořen jemným hlinitým materiálem, velmi široká říční niva, významné zakřivení trasy koryta

Větvící se a meandrující koryta

Větvící se koryta jsou typické pro štěrkové toky s velmi intenzivním chodem splavenin (typické řeky v Beskydech a na Slovensku)

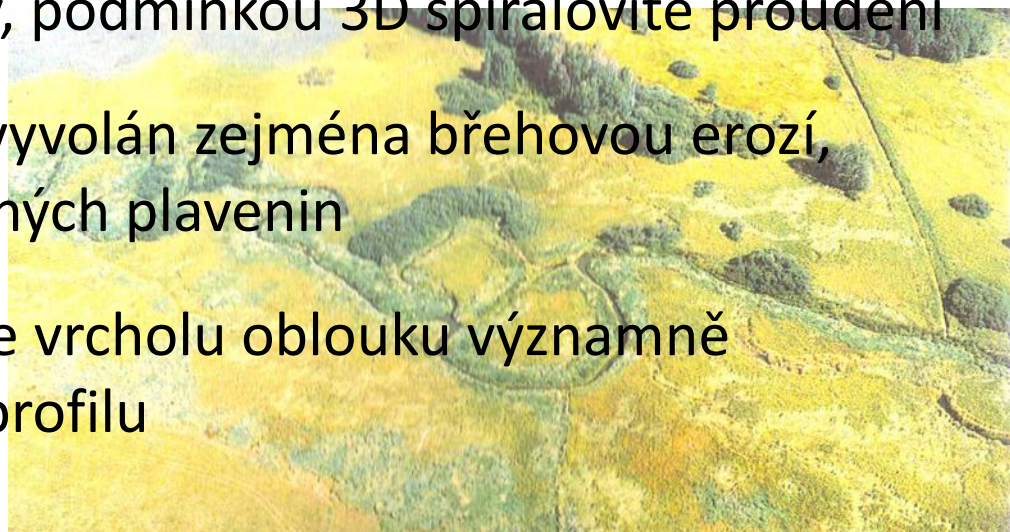


- ✓ Koryto je tvořeno řadou samostatných ramen s pohyblivými nánosy, dynamický vývoj spojen se změnou morfologie dna
- ✓ Poměrně široká a mělká koryta, dominantní pohyb dnových splavenin



Pro **meandrující koryta** je charakteristická vysoká hodnota koeficientu zakřivenosti osy, podmínkou 3D spirálovité proudění

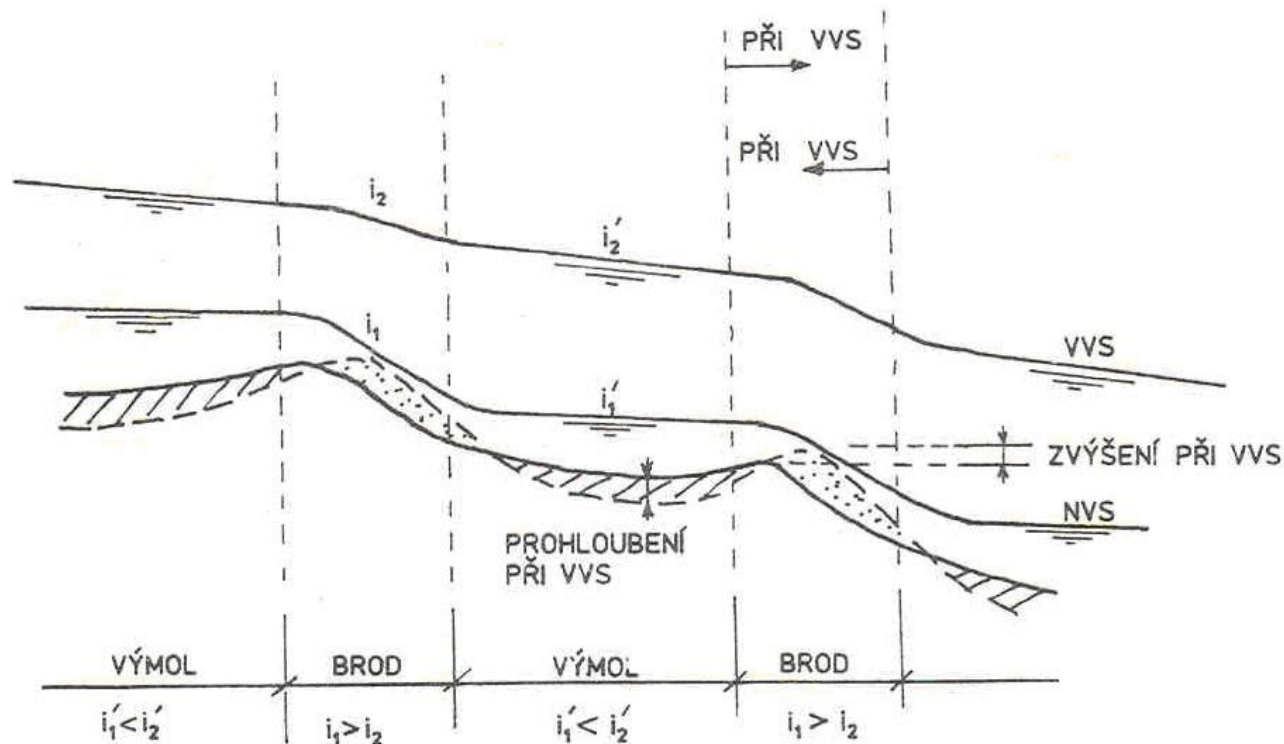
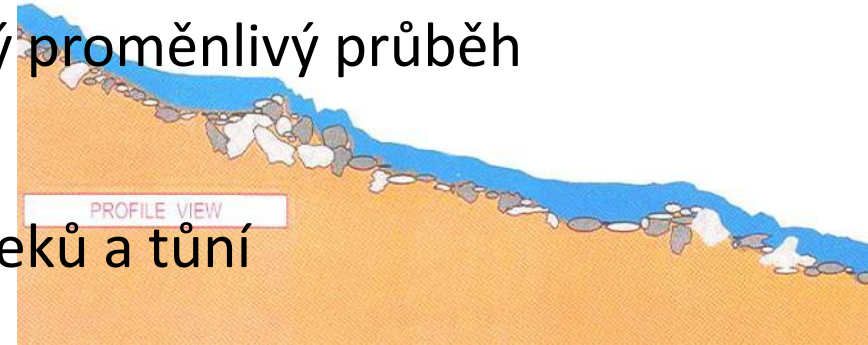
- ✓ Dynamický vývoj koryta je vyvolán zejména břehovou erozí, významný pohyb jemnozrnných plavenin
- ✓ Poměrně hluboká koryta, ve vrcholu oblouku významně asymetrický tvar příčného profilu



Podélný profil přirozených toků

Pro přirozené toky je charakteristický proměnlivý průběh podélného profilu dna koryta

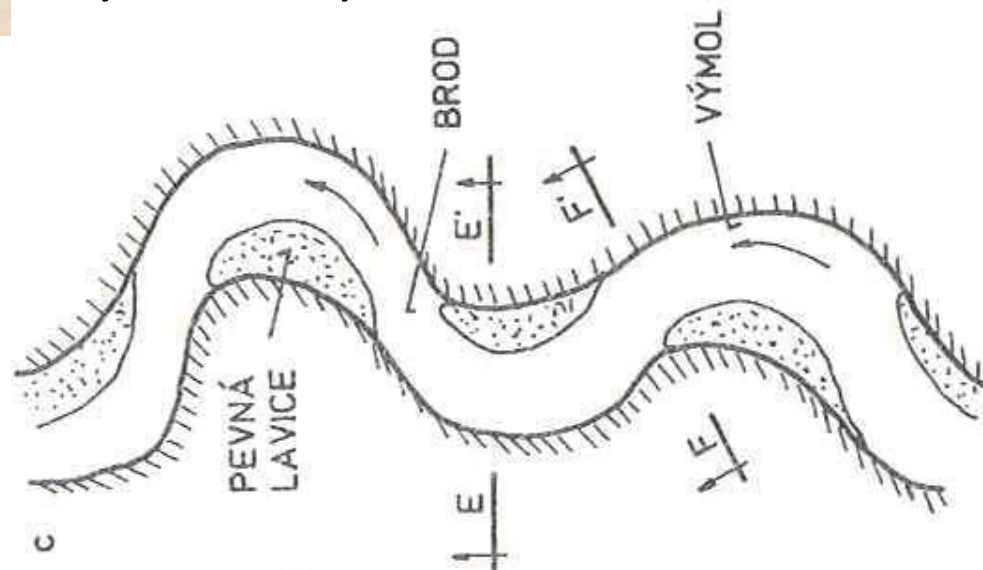
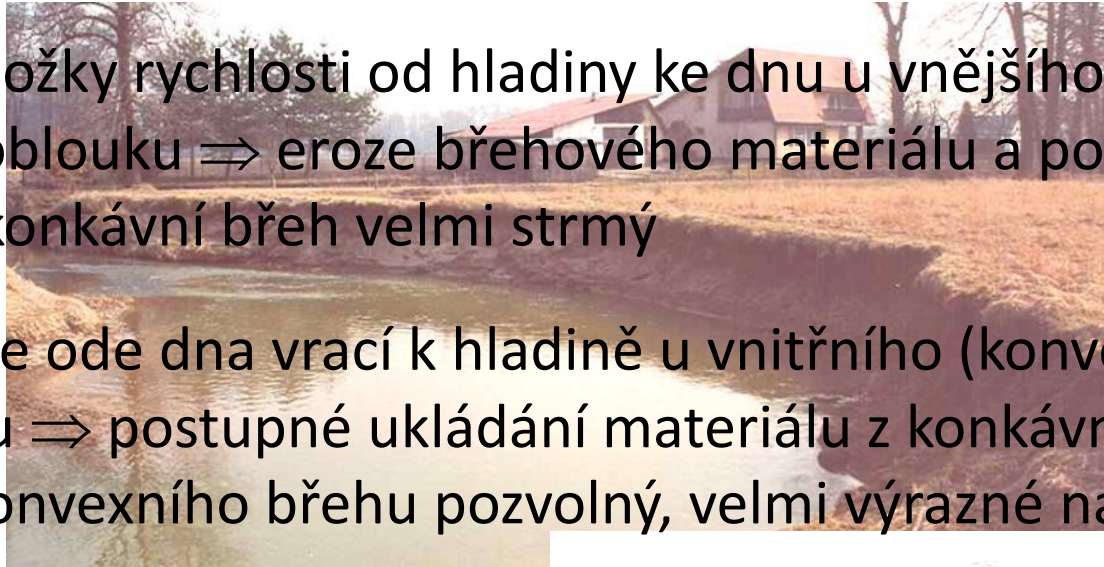
- ✓ Pravidelné střídání brodových úseků a tůň
- ✓ Dynamický vývoj dnových útvarů v závislosti na okamžitých průtokových poměrech \Rightarrow postupné přesouvání brodů a tůň



Trasa a příčné profily zakřiveného úseku

Charakter významně zakřivených úseků toků vyplývá z 3D spirálovitého proudění \Rightarrow asymetrický tvar profilu v oblouku

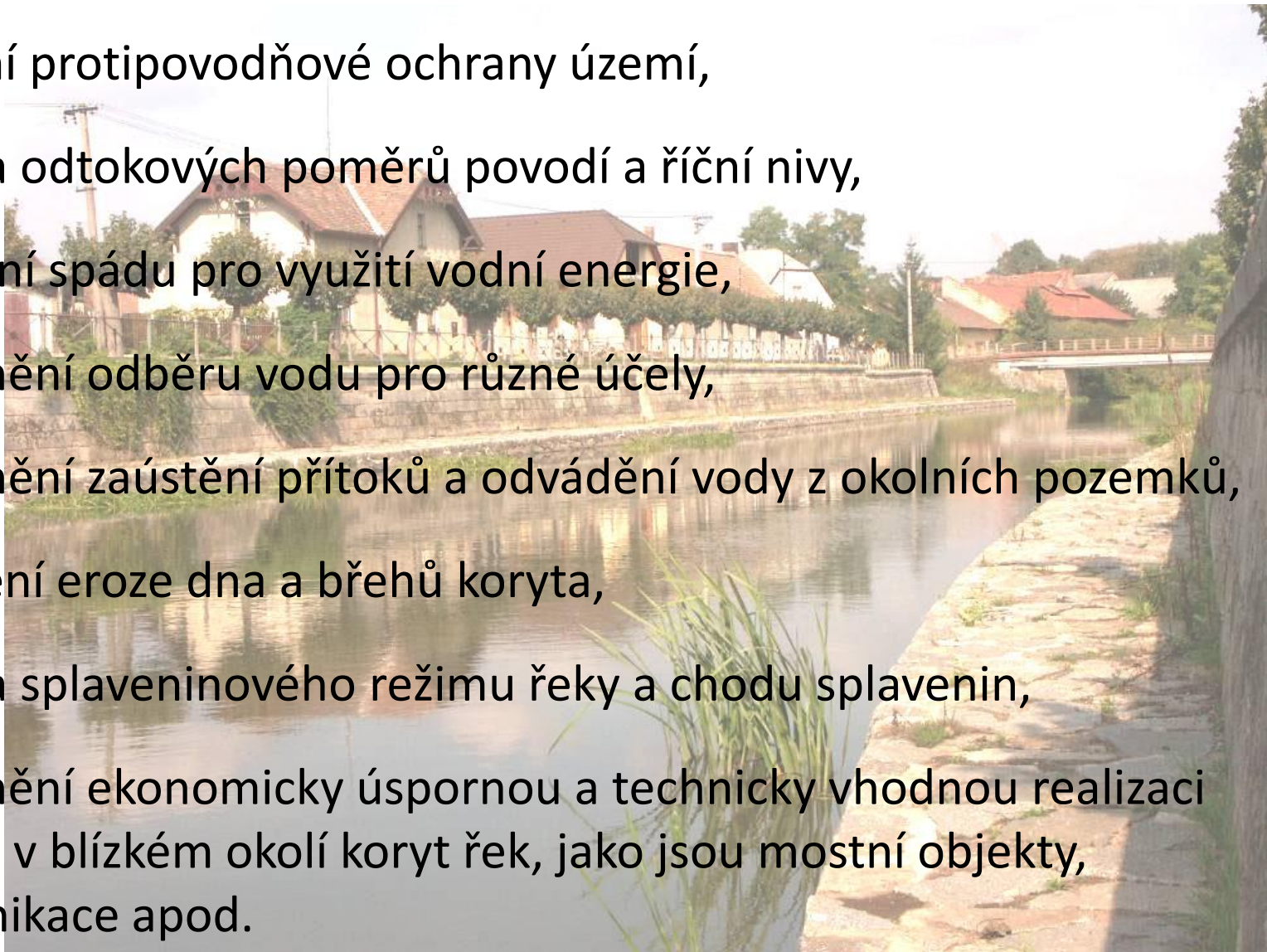
- ✓ Svislé složky rychlosti od hladiny ke dnu u vnějšího (**konkávního**) břehu oblouku \Rightarrow eroze břehového materiálu a posun břehové hrany, konkávní břeh velmi strmý
- ✓ Proud se ode dna vrací k hladině u vnitřního (konvexního) břehu oblouku \Rightarrow postupné ukládání materiálu z konkávního břehu, sklon konvexního břehu pozvolný, velmi výrazné nános
- ✓ V místě přechodu jednoho oblouku do druhého krátký přímý brodový úsek se symetrickým profilem



Účel úprav vodních toků

Mezi základní účely provádění úprav vodních toků patří zejména

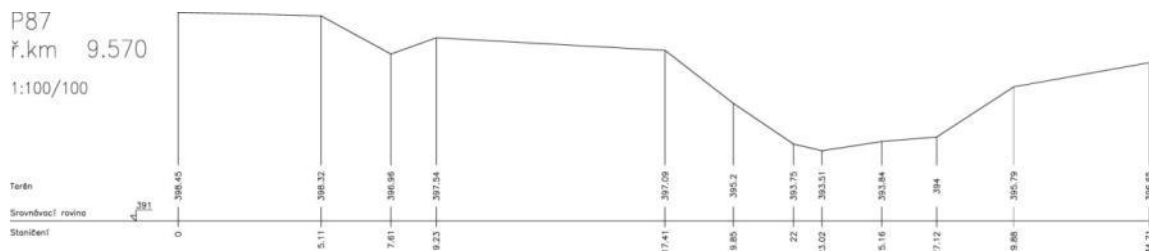
- ✓ zvýšení protipovodňové ochrany území,
- ✓ úprava odtokových poměrů povodí a říční nivy,
- ✓ zajištění spádu pro využití vodní energie,
- ✓ umožnění odběru vody pro různé účely,
- ✓ umožnění zaústění přítoků a odvádění vody z okolních pozemků,
- ✓ omezení eroze dna a břehů koryta,
- ✓ úprava splaveninového režimu řeky a chodu splavenin,
- ✓ umožnění ekonomicky úspornou a technicky vhodnou realizaci staveb v blízkém okolí koryt řek, jako jsou mostní objekty, komunikace apod.



Podklady pro navrhování úprav

Při navrhování úprav toků se klade velký důraz na ekologický stav, norma ČSN 75 2101 Ekologizace úprav vodních toků je nadřazena technickým normám TNV 75 2101 Úpravy řek a TNV 75 2102 Úpravy potoků. Z ostatních podkladů je třeba zdůraznit

- ✓ **geodetické podklady** – zejména podrobné zaměření koryta a jeho blízkého okolí
- ✓ **hydrologické údaje** – m-denní a N-leté průtoky
- ✓ **dokumentace** přítoků, všech zaústění (kanalizace, drenáží apod.), vodních děl a všech dalších objektů na toku v upravovaném úseku – zpravidla součástí technickoprovozní evidence toku
- ✓ **vodohospodářské studie** toku zejména obsahující průběh hladin povodňových průtoků



Návrhové veličiny

Návrhové veličiny vyplývají z analýzy účelů návrhu úpravy, mohou jimi být například

- ✓ **návrhový průtok** pro kapacitu koryta, případně pro odolnost
- ✓ **návrhová hloubka vody** – zajištění hloubky pro odběr vody, minimální plavební hloubka
- ✓ požadovaná **šířka hladiny** a **poloměr zakřivení oblouku** – zvláště sledované u splavných toků
- ✓ **návrhová úroveň hladiny** – problematika zaústění přítoků, vztah s hladinou podzemní vody
- ✓ požadovaná **rychlost proudění** – zabránění zanášení koryta ...

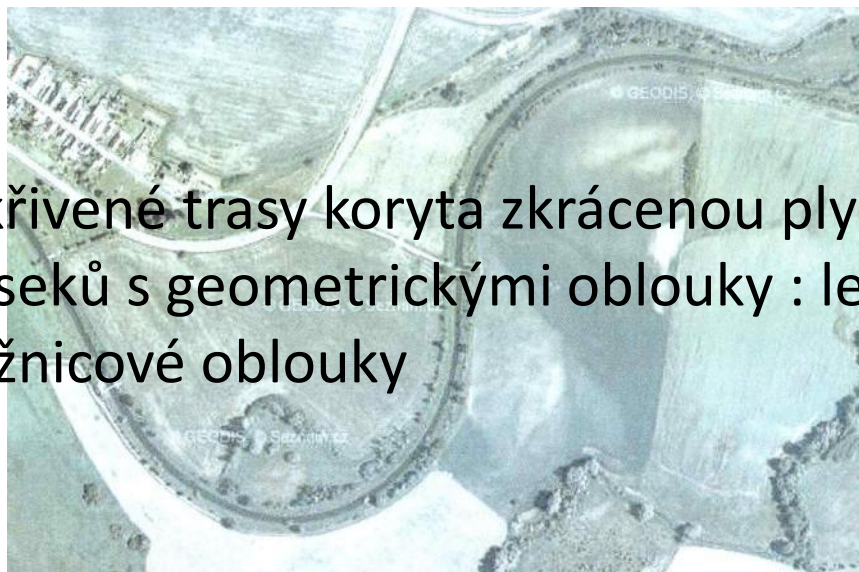
Návrh trasy koryta

Návrh trasy koryta významně ovlivňuje sklonové poměry toku.

Minulost

Náhrada přirozené zakřivené trasy koryta zkrácenou plynulou.

Střídání přímých úseků s geometrickými oblouky : lemniskátové křivky, složené kružnicové oblouky

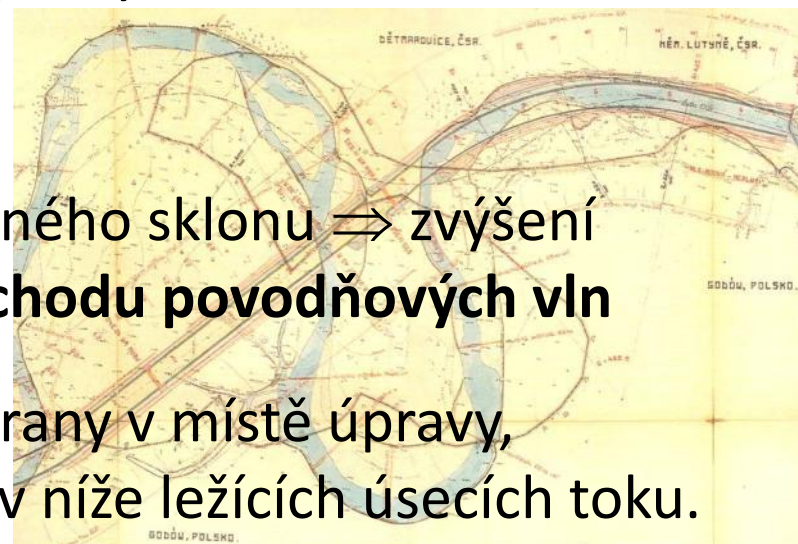


Současnost

Pokud možno minimální zásahy do trasy koryta

Zkrácení trasy koryta \Rightarrow zvětšení podélného sklonu \Rightarrow zvýšení rychlosti proudění \Rightarrow **zrychlení průchodu povodňových vln**

Důsledek : zvýšení protipovodňové ochrany v místě úpravy, zhoršení vývoje povodňové situace v níže ležících úsecích toku.



Návrh příčného profilu

Z hlediska potřeb provádění úprav se zpravidla pro návrh příčného profilu úpravy používají jednoduché geometrické obrazce

✓ Obdélníkový profil – zejména v městských tratích

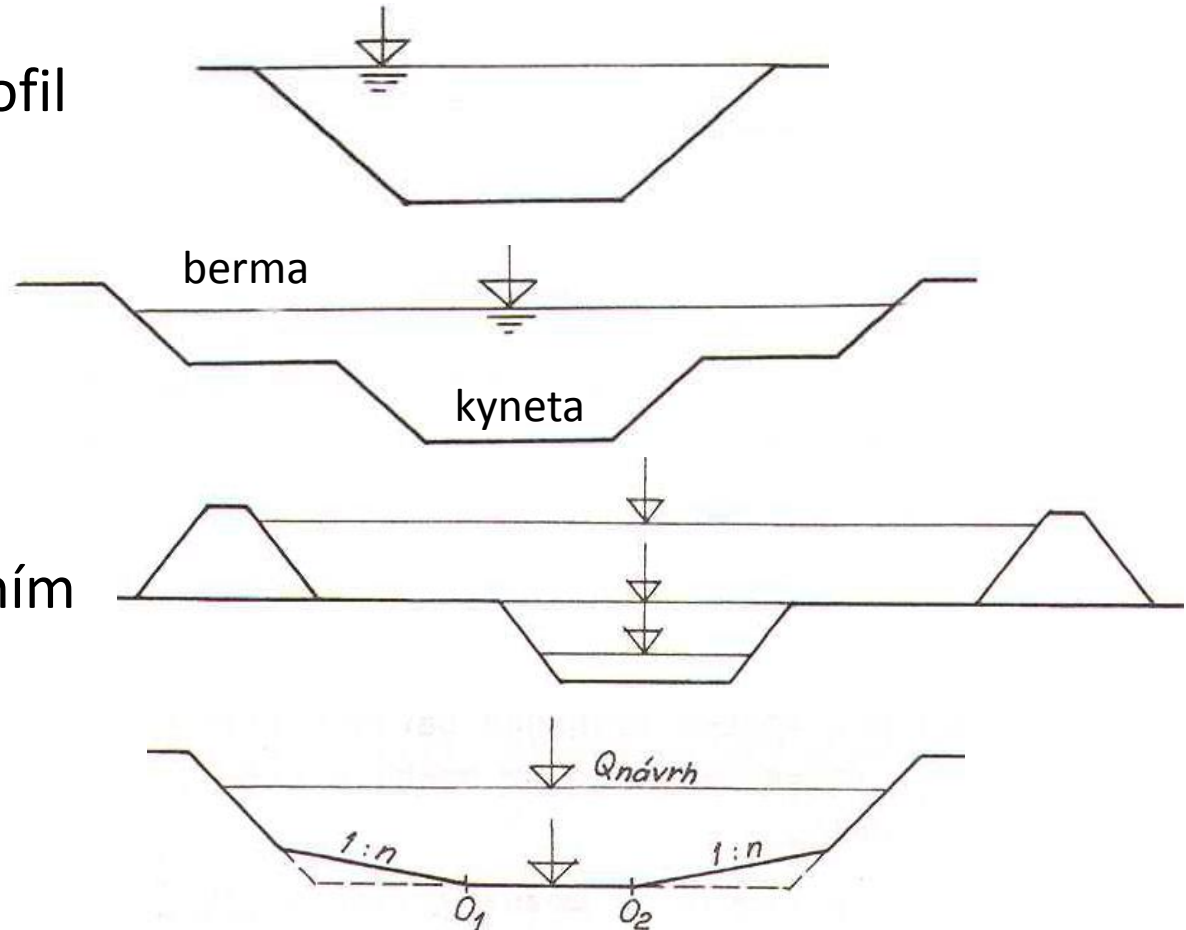
✓ Lichoběžníkový profil

✓ Složený průřez

✓ Profily s ohrázováním

✓ Miskovitá koryta

✓ Nepravidelné profily



Posouzení stability upraveného koryta

Posouzení správné funkce koryta pomocí metody založené na **rychlosti proudění** – koryto by se nemělo zanášet ani podléhat nevhodné erozi

$$v_u < v < v_v \quad v_v = 5.88 \cdot h^{1/6} \cdot d_e^{1/3} \quad v_u \cong 0.7 \cdot v_v$$

v_v nevymílací rychlost, v_u usazovací rychlost, d_e efektivní zrno

Druhá metoda je založená na posouzení **tečného napětí** τ , koryto je stabilní pokud platí

$$\tau < \tau_c \quad \tau = \rho \cdot g \cdot R \cdot i \quad \tau_c = 760 \cdot d_e$$

τ_c - kritické tečné napětí

Oba principy umožňují posuzovat stabilitu vybraných částí koryta (dno koryta, břehové svahy), a to jak v přímém úseku, tak i v oblouku

Stabilizace podélného sklonu

Stabilizace dna se zpravidla neprovádí plošným opevněním dna, ale zabezpečením dna ve vybraných profilech. Nabízí se následující technická řešení

- ✓ **pevné a pohyblivé jezy**, problém s migrací živočichů, nyní často požadavky na doplnění o rybí přechody
- ✓ **stupně ve dně**
- ✓ **balvanité skluzy** – preferovány z ekologického hlediska
- ✓ **dnové prahy**



Hrazení bystřin

Systematická úprava toků v horských oblastech s velkým sklonem dna a jeho potenciální erozí.

Realizace zejména v první polovině 20.století jako důsledek extrémních povodní z let 1880 a 1897.

Podstata technického řešení

- ✓ Stabilizace podélného sklonu toku **kaskádou stabilizačních stupňů ve dně** se vzdáleností v desítkách metrů
- ✓ Výstavba **štěrkových přehrážek** k zachycení chodu splavenin



Opevnění příčného profilu

Opevňování částí profilů

- ✓ opevnění dna koryta – plošně se provádí jen výjimečně
- ✓ opevnění dna berem – zpravidla zatravnění
- ✓ **opevnění paty břehových svahů** – nejvíce rizikové místo
- ✓ **opevnění břehových svahů**

Základní technické postupy opevnění břehových svahů a jejich pat

- ✓ **Vegetační opevnění**
- ✓ **Nevegetační opevnění**
- ✓ **Kombinované opevnění**

Vegetační opevnění

Pro vegetační opevnění využíván materiál rostlinného původu

- ✓ Výhody: materiál z blízkého okolí, regenerační schopnost, zapojení do okolní krajiny
- ✓ Omezení: nutné klimatické, půdní a hydrobiologické podmínky, nutnost správné druhové skladby

Druhy vegetačního opevnění

- ✓ Opevnění **travním porostem** (osetí, drnování travní koberce, nástřík), pouze nad hladinou Q_{180d} až Q_{90d} , (pro horní část břehových svahů), odolává dlouhodobě rychlosti 2m/s.
- ✓ Opevnění **vrbovým porostem** (vrbové řízky, vrbový pokryv, haťové povázky, válečky, zápletové plůtky), opevnění celých břehových svahů i jejich pat, 2x odolnější než tráva

Nevegetační opevnění

Poddajné typy nevegetačního opevnění mohou reagovat na mírné deformace koryta

- ✓ **Kamenný zához** – lomový kámen (až 200 kg), opevnění pat svahů
- ✓ **Kamenný pohoz** – opevnění břehových svahů (sklon max 1:2)
- ✓ **Rovnanina** – neopracované balvany s vazbou, vyklínování spár



Nepoddajné nevegetační opevnění

- ✓ **Kamenné dlažby** na sucho, na cementovou maltu, ...
- ✓ Dlažby z betonových tvárnic, pouze pokud není dostatek kamenů
- ✓ Velkoplošné betonové desky – pouze pro umělé kanály
- ✓ **Svislé opěrné zdi** – v intravilánech obcí a měst s nutností obdélníkových profilů (betonové, zděné, gabiony)



Revitalizace vodních toků

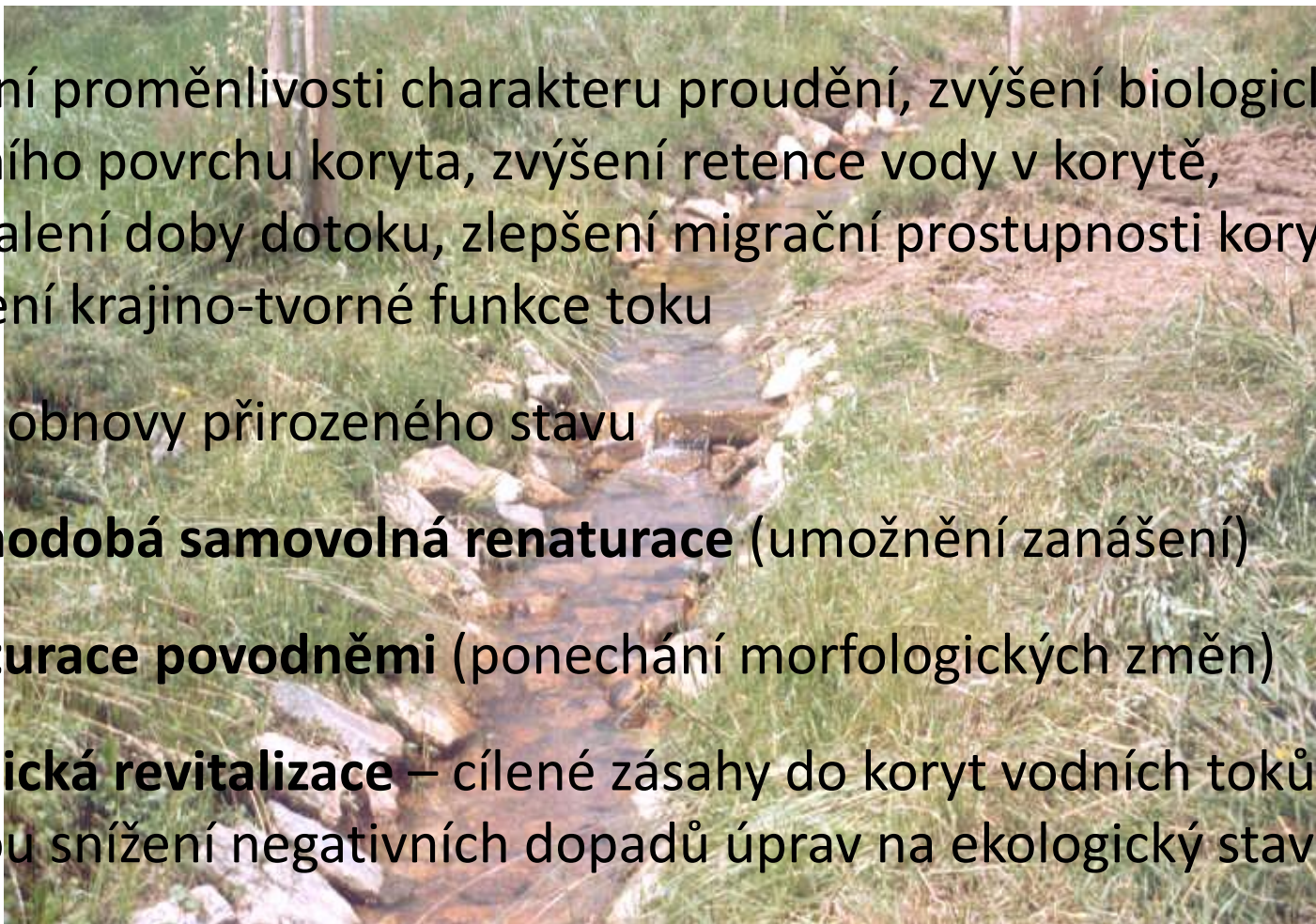
Revitalizace vodních toků - snaha o zmírnění negativních dopadů technických úprav toků na jejich ekologický stav

Hlavní cíle revitalizací

- ✓ Zvýšení proměnlivosti charakteru proudění, zvýšení biologicky aktivního povrchu koryta, zvýšení retence vody v korytě, zpomalení doby dotoku, zlepšení migrační prostupnosti koryta, zlepšení krajino-tvorné funkce toku

Možnosti obnovy přirozeného stavu

- ✓ **Dlouhodobá samovolná renaturace** (umožnění zanášení)
- ✓ **Renaturace povodněmi** (ponechání morfologických změn)
- ✓ **Technická revitalizace** – cílené zásahy do koryt vodních toků se snahou snížení negativních dopadů úprav na ekologický stav



Základní přístupy k řešení protipovodňové ochrany (PPO)

Zamezení vyběžení vody do inundačního území

Zvýšení kapacity průtočného průřezu koryta vodního toku, výstavba ochranných linií (hráze, zdi) – návrhová veličina vybraný průtok z „N-letých průtoků“

Snížení velikosti povodňového průtoku

Vodní nádrže s retenčním účinkem, suché nádrže, poldry
návrhová veličina hydrogram povodňové vlny \Rightarrow objem povodňové vlny

Kombinovaný přístup

Užití v případě komplexního řešení PPO pro delší úseky toků

Návrh komplexního řešení PPO v Povodí Opavy

Původní návrh

Výstavba „velké“ nádrže Nové Heřminovy, zatopení části obce

Současný komplexní návrh se zaměřením na přírodě blízká opatření

Výstavba „malé“ nádrže Nové Heřminovy, transformace průtoku Q_{100} na Q_{10} , revitalizace v zátopě nádrže

5 suchých nádrží v povodí a opatření v ploše povodí

Revitalizace a úpravy toků v obcích pod nádrží nové Heřminovy na návrhový průtok Q_{10} (Zátor, Brantice, Kostelec, Krnov)

Řešení splaveninového režimu v důsledku nádrže

Řešení migrační prostupnosti přes profil nádrže

Migrační zprůchodnění řeky Opavy v úsecích mimo nádrž

Rozšíření monitorovací sítě

0 1 2 4 6 8 km



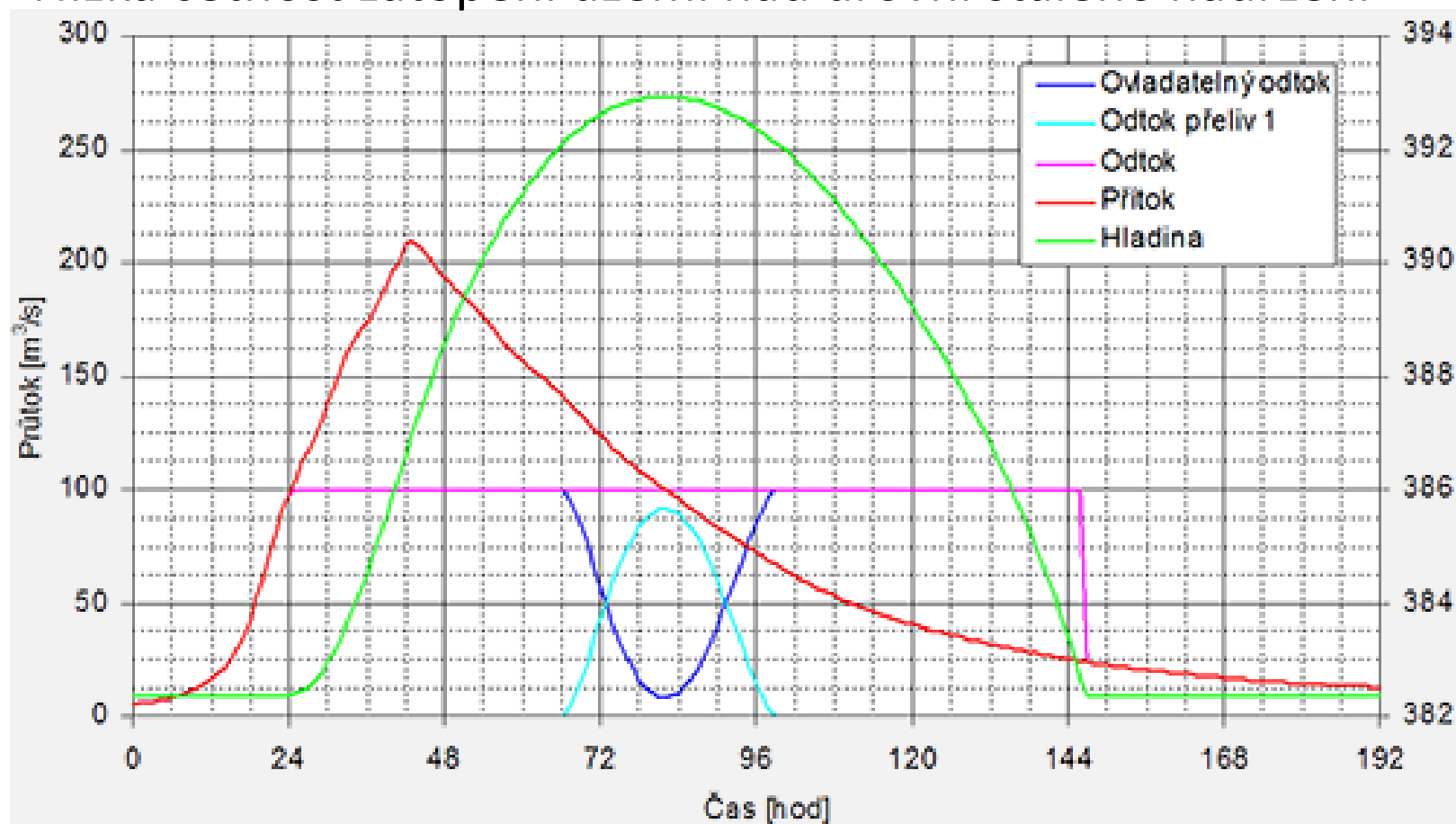
Navrhovaná vodohospodářská funkce VD Nové Heřminovy

Zpracováno dle podkladů správce toku Povodí Odry, státní podnik

Bezpečnost přehrady posouzena pro návrhovou PV_{1000}

Kapacita spodních výpustí $Q_{SP} > Q_{10}$

Nízká četnost zatopení území nad úrovní stálého nadržení



Závěr

- ✓ Přirozené vodní toky, základní morfologický typy
- ✓ Účel provádění úprav, základní přístupy řešení
- ✓ Návrhové veličiny pro úpravy toků, podélný profil úpravy, příčný profil úpravy
- ✓ Přístupy k opevnění upraveného koryta
- ✓ Možnosti zlepšení nevhodného ekologického stavu upravených toků
- ✓ Přístupy k řešení protipovodňové ochrany

Doporučené odkazy pro hlubší studium

Raplík, Výbora, Mareš: Úprava tokov, Alfa, 1987

Mareš: Úpravy toků, ČVUT v Praze, Fakulta stavební

<http://hydraulika.fsv.cvut.cz/Toky/default.htm>