



Program



- **Analýza následků povodní**
 - **Analýza vazeb mezi úpravami toků a projevy povodní**
 - Index upravenosti toku
 - Statistické hodnocení vazeb mezi úpravami toků a následky povodní
 - Identifikace kritických prvků říční sítě
 - Matematické modelování
 - **Modelování povodňových škod**
 - Východiska
 - Principy modelů
 - Aplikace



I. Analýza následků povodní

6.1.2010

VaV SM2/57/05

3

Principy a metody hodnocení



- Princip
 - Vyhodnocení vazeb mezi změnami prostředí a průběhem a následky povodní
- Metody
 - Index upravenosti toku – hodnocení intenzity upravenosti říční sítě
 - Identifikace kritických prvků říční sítě
 - Hodnocení struktury geomorfologických projevů povodně
 - Statistické hodnocení vazeb mezi úpravami toků a nivy a geomorfologickými projevy povodní
 - Modelování vlivu úprav koryta toku na průběh povodně

6.1.2010

VaV SM2/57/05

4

Metody hodnocení

6.1.2010

VaV SM2/57/05

5

Index upravenosti toku

6.1.2010

VaV SM2/57/05

6



Index upravenosti toku

Syntetický ukazatel antropogenní upravenosti toku

1. bodové hodnocení intenzity upravenosti v jednotlivých parametrech.
2. Odvození indexu upravenosti toku pro ucelené úseky toků nebo bilanční povodí
 - Vyhodnocení na rozdílných prostorových úrovních:
 - Analýza prostorové distribuce upravenosti podle jednotlivých ukazatelů
 - Výpočet kumulativního indexu upravenosti a analýza jeho prostorové distribuce
 - Výpočet průměrných hodnot indexu upravenosti pro jednotlivé toky a dílčí povodí
 - Výpočet kumulativních hodnot indexu upravenosti pro jednotlivé toky a dílčí povodí

6.1.2010

VaV SM2/57/05

7



Bodové hodnocení parametrů upravenosti

- Kvantitativní vyjádření skórováním intenzity upravenosti v těchto kategoriích.
- Jednotlivým parametrům jsou přiřazeny body v jednotné škále 1-5 podle míry potenciálního ovlivnění proudění při povodni.
 - Upravenost trasy toku
 - Upravenost podélného profilu
 - Upravenost koryta toku
 - Upravenost příbřežní zóny
 - Upravenost údolní nivy

6.1.2010

VaV SM2/57/05

8



Skórování ukazatelů upravenosti

- Skórování odráží význam daného typu úpravy toku nebo nivy pro potenciální ovlivnění průběhu a následků povodně.

Upravenost trasy toku	
Chromání trasy toku	1
Dvojitý mostový nebo zářezový a úzký výřez nebo most 5 m	2
Úzký výřez nebo zářezový a úzký výřez 1 m	3
Trasa bez změny směru upravená a úzký výřez 1 m	4
Trasa se změnou směru upravená a úzký výřez 1 m	5

Upravenost podélného profilu	
Čerpaní a charakter příkružek	1
Úsek bez příkružek	2
Výšleň nad 1 mky jst" na 100 m délky úseku	3
Více než 1 mky jst" nebo úsek na 100 m délky úseku nebo výšleň jst" a technování úseku	4
Průmysl a technování úseku	5

Upravenost příbřežní zóny	
Zastavení kategorie vyřadí	1
Les, trávy, roviny, past	2
Leska	3
Zemědělná	4
Hornická zástavba	5

Upravenost dna a koryta	
Čerpaní/ zářezové upravenosti	1
Dělní bez zářezek úseku	2
Výšleň nad 1 mky jst" na 100 m délky úseku nebo výšleň jst" a technování úseku	3
Úseky s výšleň nad 1 mky jst" na 100 m délky úseku nebo výšleň jst" a technování úseku	4
Zářezové úseky nebo zářezové úseky	5

Upravenost úložní nivy	
Zastavení kategorie vyřadí	1
Les, trávy, roviny, past	2
Leska	3
Zemědělná	4
Hornická zástavba	5

6.1.2010

VaV SM2/57/05

9



I_{TE} Index upravenosti úseku

- Určení hodnot upravenosti pro hlavní intenzitní ukazatele v rámci jednoho úseku.
 - upravenost trasy toku (T_T)
 - upravenost podélného profilu toku (T_L),
 - upravenost koryta (T_B)
 - upravenost příbřežní zóny (T_F)
- Hodnoty ve škále 1-5 bodů.

$$I_{TE} = \frac{T_T + T_L + T_B + T_F}{4}$$

- Index upravenosti úseku I_{TE}
- Index kumulované upravenosti úseku I_{TEC}

I_{TE} index upravenosti úseku
 T_T upravenost trasy toku
 T_L upravenost podélného profilu
 T_B upravenost koryta toku
 T_F upravenost příbřežní zóny

6.1.2010

VaV SM2/57/05

10

I_{TA} Průměrný index upravenosti říční sítě



- Průměrný index upravenosti I_{TA}
- Hodnota vypočtena jako suma hodnot indexu kumulované upravenosti úseku I_{TE}
- Základní míra upravenosti celého toku, uceleného úseku toku, subpovodí nebo povodí
- Hodnoty 1-5

$$I_{TA} = \frac{\sum_{i=1}^n I_{TE}}{n}$$

I_{TA} index upravenosti toku
 I_{TE} index upravenosti úseku
 I_{TEC} index kumulované upravenosti úseku

6.1.2010

VaV SM2/57/05

11

I_{TW} Vážený index upravenosti říční sítě



- Celková upravenost vážená délkou úseků
- Vhodnější vyjádření celkové intenzity upravenosti říční sítě než průměrný index
- Zohledňuje délkovou heterogenitu úseků
- Vhodný v územích s výrazně proměnlivou délkou úseků
- Hodnoty 1-5

$$I_{TW} = \frac{\sum_{i=1}^n I_{TE} \times l}{\sum_{i=1}^n l}$$

I_{TW} vážený index upravenosti toku
 I_{TE} index upravenosti úseku
 l délka úseku
 n počet úseků

6.1.2010

VaV SM2/57/05

12



Příklad – povodí Opavy

- Komplexní analýza povodí
 - Mapování upravenosti
 - Mapování následků povodně 2007
 - Identifikace kritických prvků říční sítě



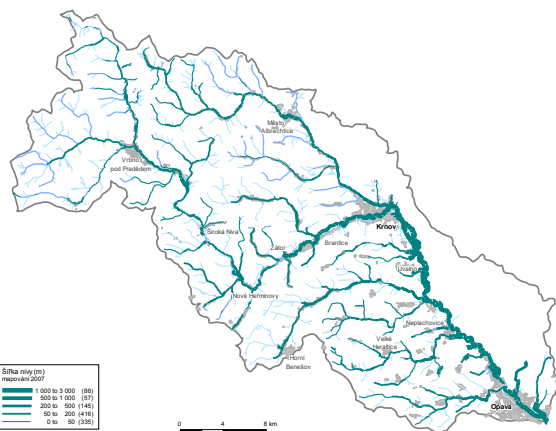
6.1.2010

VaV SM2/57/05

13



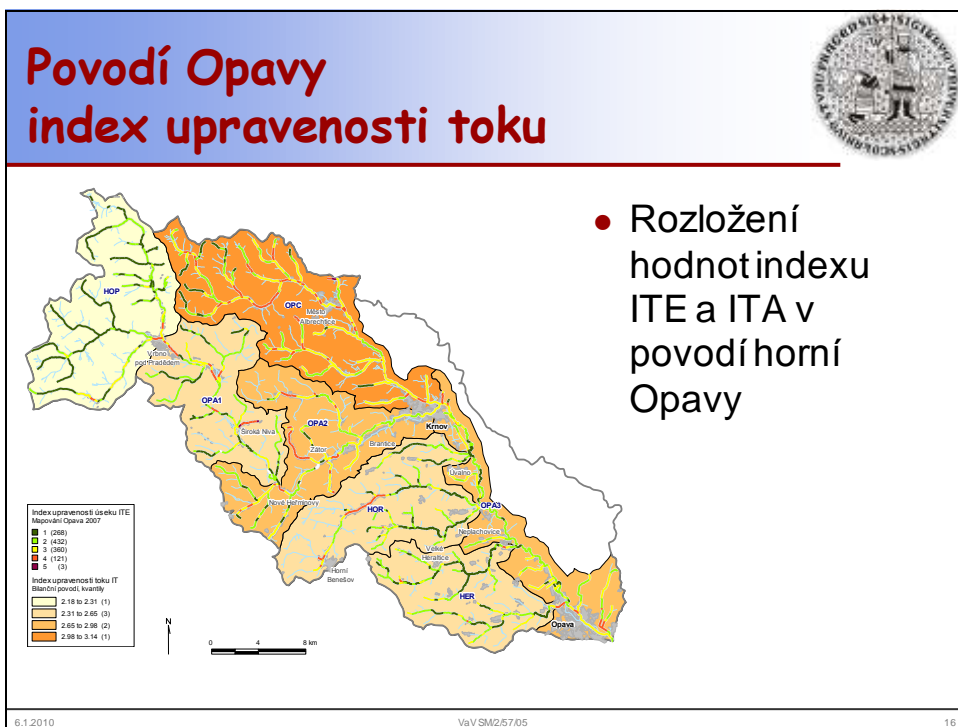
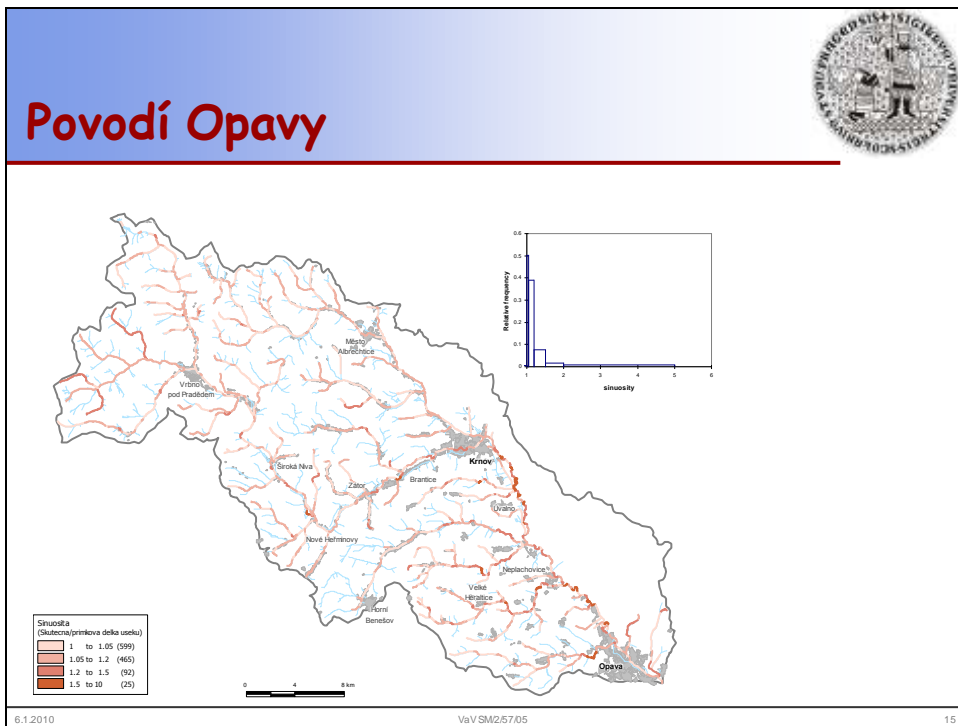
Povodí Opavy – šířka nivy



6.1.2010

VaV SM2/57/05

14



Povodí Opavy - rozložení hodnot upravenosti



Povodí	ITA	TS	TL	TB	TF
Horní Opava	2.19	3.36	1.69	1.79	1.90
Opavice	2.96	3.93	2.53	2.34	3.06
Opava pod Vrbnem	2.61	3.94	2.33	1.83	2.34
Opava nad Krnovem	3.01	3.80	2.44	2.65	3.14
Opava pod Krnovem	2.70	3.36	2.36	1.74	3.33
Hořina a přítoky pod Krnovem	2.46	3.54	2.07	1.57	2.67
Heraltický p přítoky nad Opavou	2.39	3.46	1.90	1.43	2.77
Celkem	2.61	3.63	2.18	1.90	2.73

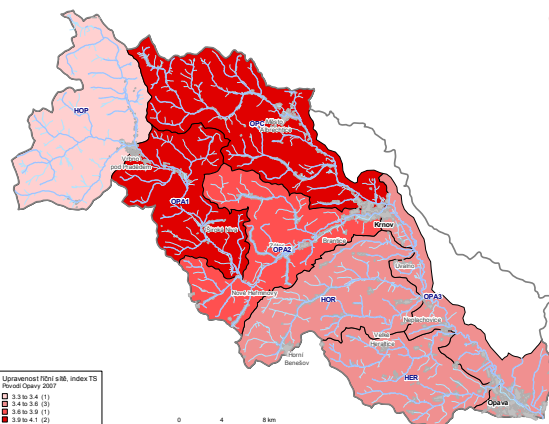
- Rozdílné hodnoty indexu ITA
- Rozdílné příčiny v jednotlivých povodích

6.1.2010

VaV SM2/57/05

17

Povodí Opavy - upravenost trasy

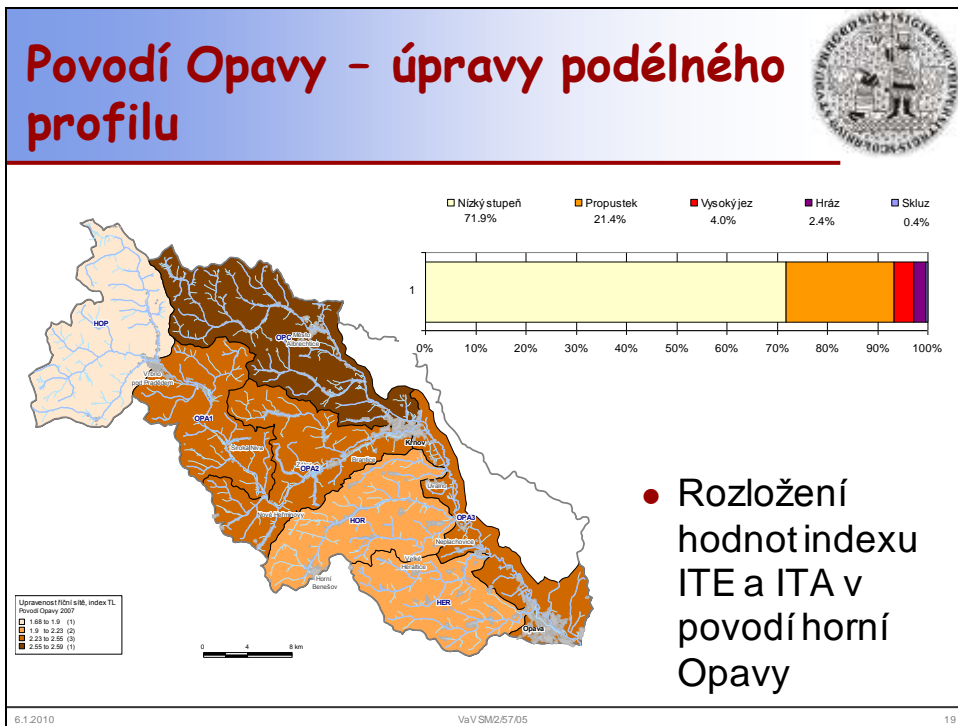


- Rozložení hodnot indexu ITE a ITA v povodí horní Opavy

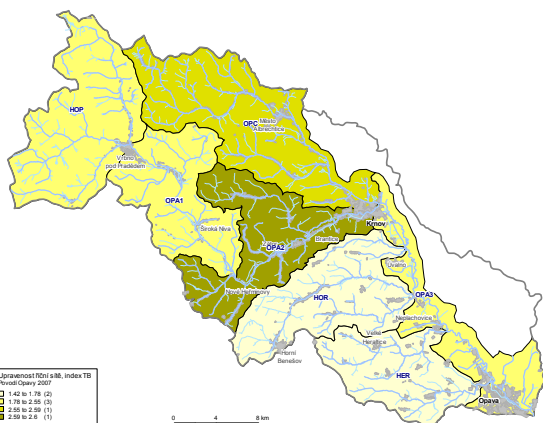
6.1.2010

VaV SM2/57/05

18



Povodí Opavy - upravenost břehu a dna



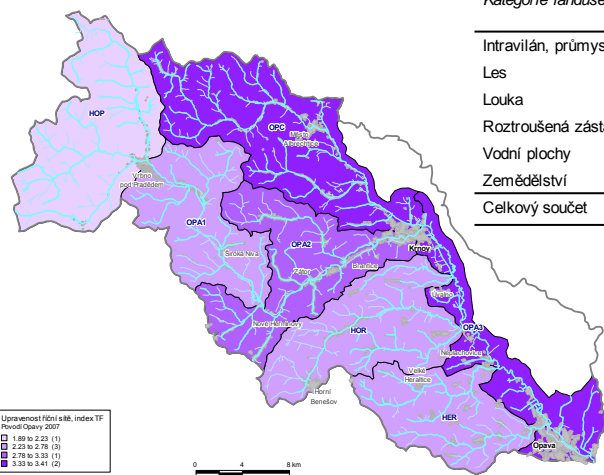
- Rozložení hodnot indexu ITE a ITA v povodí horní Opavy

6.1.2010

VaV SM2/57/05

21

Povodí Opavy - upravenost břehu a dna



Kategorie landuse	Příbřežní zóna %	Údolní niva %
Intravilán, průmysl	11.7%	12.7%
Les	42.9%	36.8%
Louka	18.4%	18.9%
Roztroušená zástavba	10.1%	11.5%
Vodní plochy	1.2%	1.6%
Zemědělství	15.8%	18.5%
Celkový součet	100.0%	100.0%

- Rozložení hodnot indexu ITE a ITA v povodí horní Opavy

6.1.2010

VaV SM2/57/05

22

Identifikace kritických prvků říční sítě

Co jsou kritické prvky říční sítě?

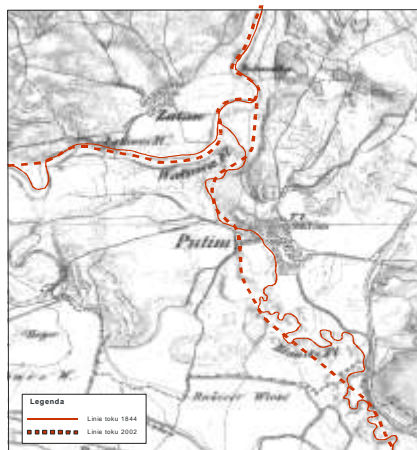


- Antropogenní úpravy toků a nivy mají na ovlivnění proudění a tím i na průběh a následky povodně vliv zejména v následujících aspektech:
 - Zrychlení proudění a postupu povodňové vlny
 - Výskyt potenciálních překážek proudění
 - Nevhodná struktura upravenosti průběhu trasy toku
 - Omezující využití retenčního potenciálu údolní nivy
 - Intravilány obcí a průmyslová sídla bez adekvátní protipovodňové ochrany

Úpravy urychlující postup povodňové vlny



- Zrychlení proudění a postupu povodňové vlny
- Kritéria
 - výskyt umělého napřímění trasy toku v daném úseku
 - umělé zpevnění břehu a dna koryta kamennou dlažbou nebo betonem
 - umělé zvýšení kapacity koryta jeho zahloubením
 - sinuosita úseku nižší než 1,05



6.1.2010

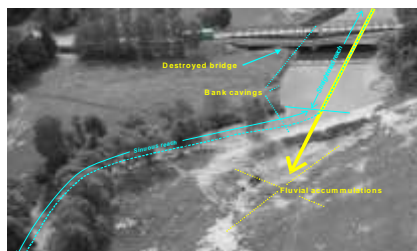
VaV SM2/57/05

25

Nevhodná struktura upravenosti trasy toku



- Nevhodná struktura upravenosti trasy toku
 - Návaznost uměle napříměných úseků, zaústěných do zákrutových nebo meandrujících úseků toku.
 - Nízká frekvence výskytu
 - Zpravidla značné škody:
 - Intenzivní eroze
 - Rozsáhlé akumulace
 - Destrukce objektů

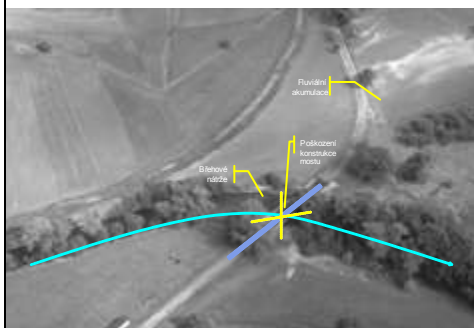


6.1.2010

VaV SM2/57/05

26

Potenciální překážky proudění



- Objekty, které při vysokém vodním stavu mohou měnit charakter proudění, vychylovat směr toku nebo působit jako dočasná překážka proudění.
- Zkušenosti z extrémních povodní 1997 a 2002 – ohniska následků
- Kritické objekty
 - vysoké jezy
 - propustky
 - nízké nebo nedostatečně dimenzované mosty
 - objekty představující překážku proudění v inundačním území
 - objekty v korytě toku
 - budovy na břehu toku ovlivňující směr proudění při rozlivu

6.1.2010

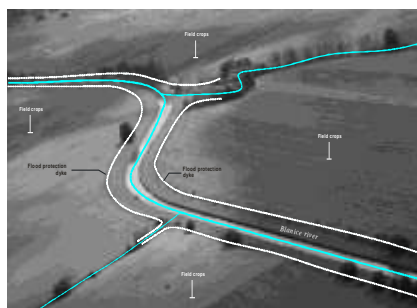
VaV SM2/57/05

27

Omezení využití retenčního potenciálu nivy



- Na řadě toků v důsledku úprav omezení využitelnosti retenčního a transformačního potenciálu, který nabízí údolní niva.
- Nejčastěji protipovodňové hráže, které brání před rozlivem vody do údolní nivy při vyšších vodních stavech.
- Kritéria pro identifikaci
 - ochranné hráže podél toku
 - bez současného výskytu intravilánu nebo průmyslu v inundační zóně



6.1.2010

VaV SM2/57/05

28

Kritéria pro identifikaci kritických prvků



Kritický aspekt	Ukazatele použité pro hodnocení	Kritéria pro výběr kritických prvků
Omezení využití retenčního a transformačního potenciálu údolní nivy	- Využití území příbřežní zóny - Využití území údolní nivy - Kontinuita inundační zóny - Úpravy dna toku	(Landuse příbřežní zóny ≠ průmysl nebo intravilán) OR Landuse údolní nivy ≠ průmysl nebo intravilán) AND (Hráze paralelně s korytem OR Umělé zvýšení kapacity koryta)
Výskyt potenciálních překážek proudění	- Kontinuita toku - Kontinuita inundační zóny	Propustek OR Vysoký jez OR Most OR Hráz napříč nivou Umělé napětí toku
Úpravy urychlující odtok	- Upravenost trasy toku - Upravenost dna a koryta - Sinuosita	AND Úprava běhu a dna kamennou dlažbou nebo betonem AND Sinuosita < 1.05
Nevhodné střídání úprav trasy toku	- Půdorysný charakter trasy toku - Sinuosita	Aktuální úsek (Umělé napětí toku AND Sinuosita < 1.05) AND Následující úsek Meandry nebo zákruty (Landuse příbřežní zóny = průmysl nebo intravilán) OR Landuse údolní nivy = průmysl nebo intravilán) AND (Úsek bez ochranných hrází OR Úsek bez zkapacitnění koryta)
Intravilány nebo průmyslové objekty v nivě bez protipovodňové ochrany	- Využití území příbřežní zóny - Využití území údolní nivy - Kontinuita inundační zóny - Úpravy dna toku	(Landuse příbřežní zóny = průmysl nebo intravilán) OR Landuse údolní nivy = průmysl nebo intravilán) AND (Úsek bez ochranných hrází OR Úsek bez zkapacitnění koryta)

6.1.2010

VAV SM25705

29

Identifikace kritických prvků



- Rekódování a dotazování v GIS
- Dotazy SQL
- Automatizace
 - MapBasic

```

REKODOVANI_A_LANDUSE_MBYK
UPDATE REKOD SET CRIT_DETAKCIE = 0
UPDATE REKOD SET CRIT_SINUSITA = 0
UPDATE REKOD SET CRIT_PRAZE = 0
UPDATE REKOD SET CRIT_UPRAVENOST = 0

* Prvky kritického toku
* -----
SELECT * FROM REKOD WHERE TRIM(CRIT_DETAKCIE) < 0 OR TRIM(CRIT_SINUSITA) < 0
UPDATE REKOD SET CRIT_DETAKCIE = 0
UPDATE REKOD SET CRIT_SINUSITA = 0
UPDATE REKOD SET CRIT_PRAZE = 0
UPDATE REKOD SET CRIT_UPRAVENOST = 0

* Prvky kritického toku
* -----
SELECT * FROM REKOD WHERE TRIM(CRIT_DETAKCIE) < 0 OR TRIM(CRIT_SINUSITA) < 0
UPDATE REKOD SET CRIT_DETAKCIE = 0
UPDATE REKOD SET CRIT_SINUSITA = 0
UPDATE REKOD SET CRIT_PRAZE = 0
UPDATE REKOD SET CRIT_UPRAVENOST = 0

* Prvky kritického toku
* -----
SELECT * FROM REKOD WHERE TRIM(CRIT_DETAKCIE) < 0 OR TRIM(CRIT_SINUSITA) < 0
UPDATE REKOD SET CRIT_DETAKCIE = 0
UPDATE REKOD SET CRIT_SINUSITA = 0
UPDATE REKOD SET CRIT_PRAZE = 0
UPDATE REKOD SET CRIT_UPRAVENOST = 0

* Prvky kritického toku
* -----
SELECT * FROM REKOD WHERE TRIM(CRIT_DETAKCIE) < 0 OR TRIM(CRIT_SINUSITA) < 0
UPDATE REKOD SET CRIT_DETAKCIE = 0
UPDATE REKOD SET CRIT_SINUSITA = 0
UPDATE REKOD SET CRIT_PRAZE = 0
UPDATE REKOD SET CRIT_UPRAVENOST = 0

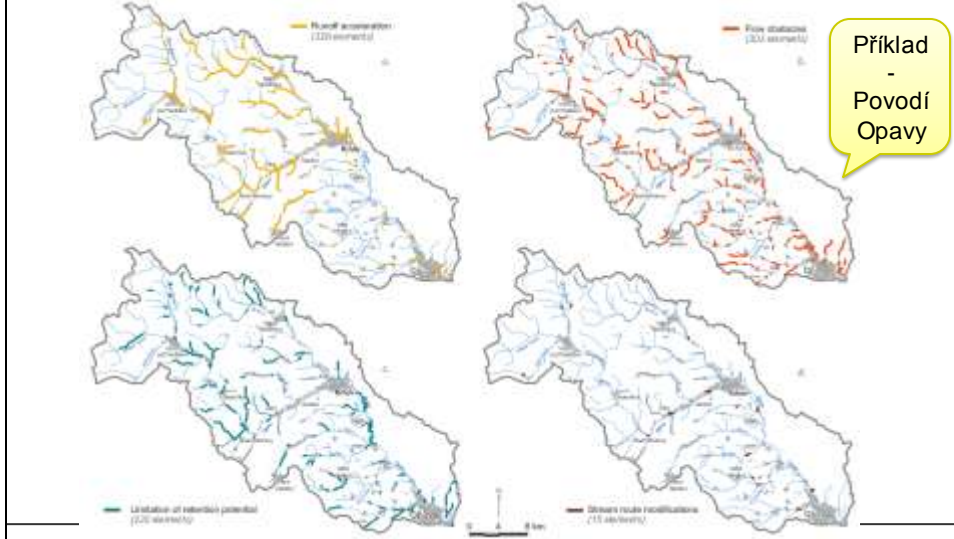
```

6.1.2010

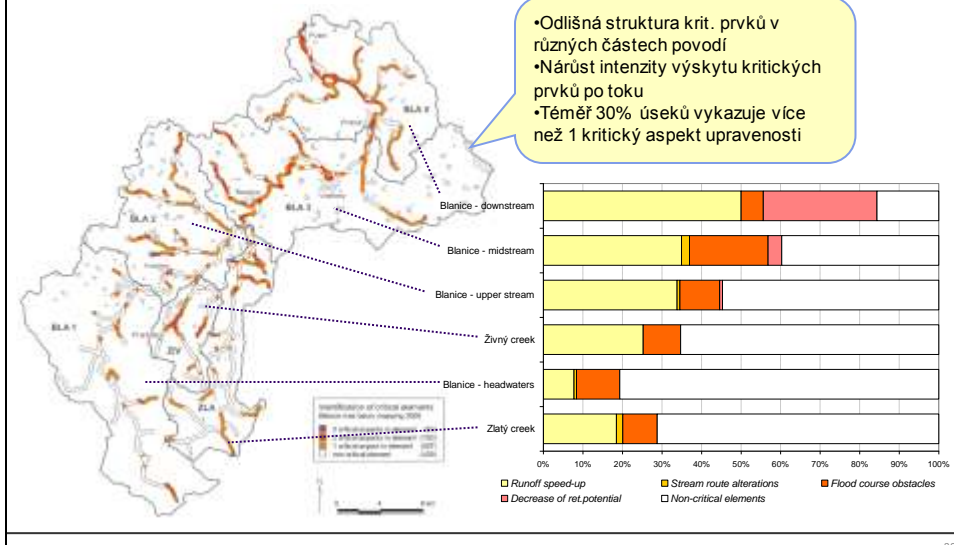
VAV SM25705

30

Identifikace kritických úseků



Prostorové rozložení kritických prvků



Typologie geomorfologických projevů povodně

6.1.2010

VaV SM2/57/05

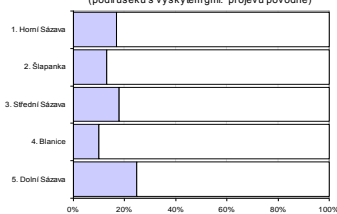
33

Typologie geomorfologických projevů povodně 2006

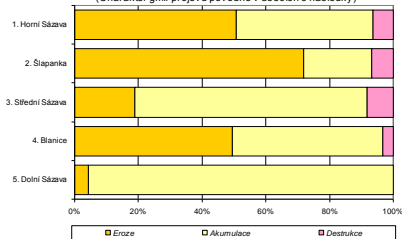


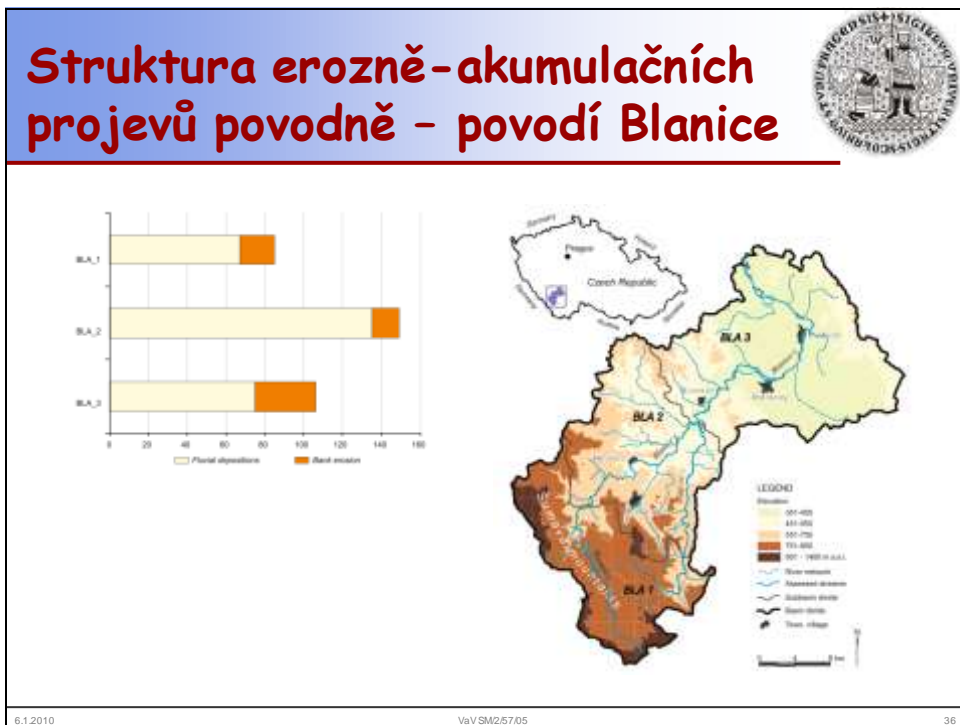
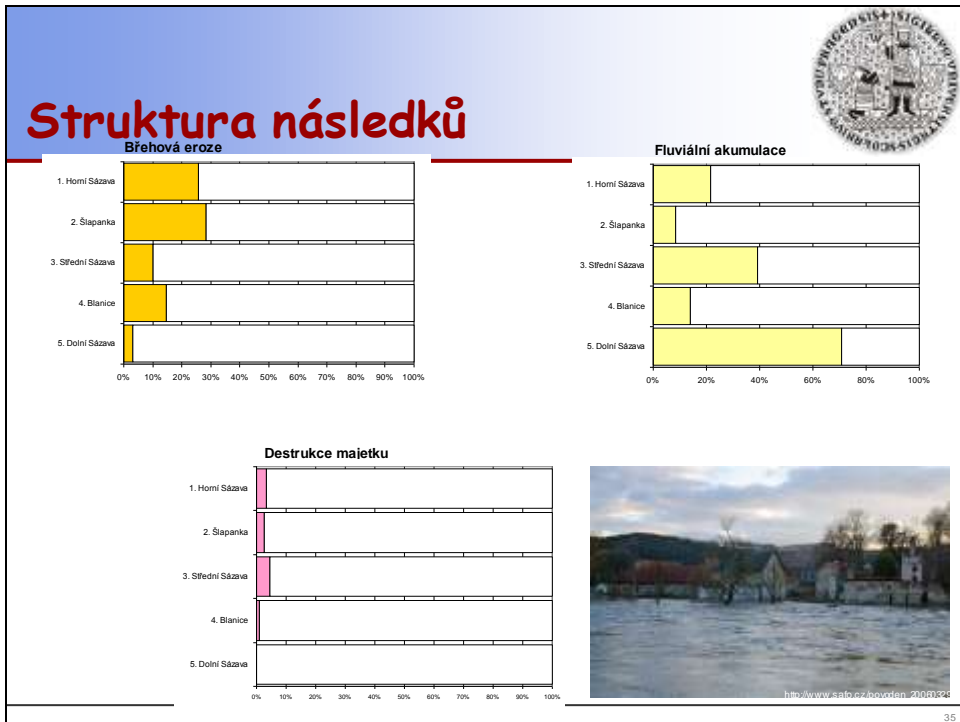
- **Struktura geomorfologických následků a destrukčních projevů povodně výrazně odlišná na horní, střední a dolní části toku.**
 - **Horní tok** Sázavy, Šlapanka a Sázavka – geomorf. projevy povodně na 62 % délky hodnoceného úseku, přičemž převažují akumulační projevy (37,4 %) nad erozními (22,6 %);
 - **Střední úsek** projevy povodně na 92,2 % délky toku, přičemž dominují akumulační tvary (81,6 %);
 - **Dolní tok** je naopak 75,6 % délky toku bez morfologických projevů, přičemž erozní tvary zde mírně převažují nad akumulačními.
 - **Destrukční projevy** především na horním a středním toku.

Četnost výskytu projevů povodně
(podílu úseku s výskytem geomorf. projevu povodně)



Struktura geomorf. projevů
(Charakter geomorf. projevů povodně v úsecích s následky)

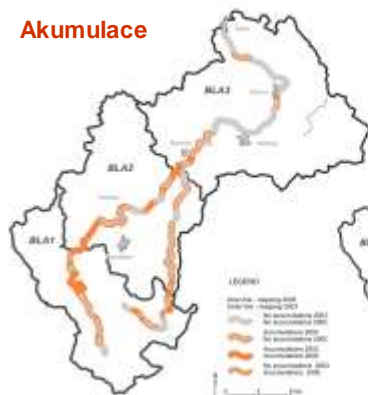




Ústup geomorfologických projevů povodně v čase



Akumulace



Eroze



- Příklad – mapování povodí Blanice 2003 - 05

6.1.2010

VaV SM2/57/05

37

**Statistické hodnocení vazeb
mezi upraveností říční sítě a
projevy povodní**

6.1.2010

VaV SM2/57/05

38



Statistické hodnocení

- Korelační analýza
- Faktorová analýza
- Shluková analýza
- Rozhodovací pravidla
- Regresní stromy

6.1.2010

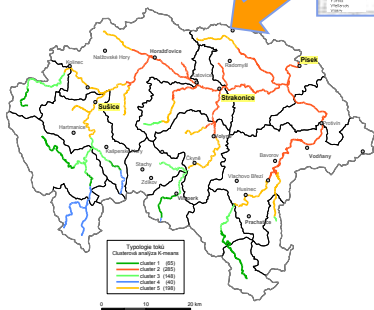
VaV SM2/57/05

39

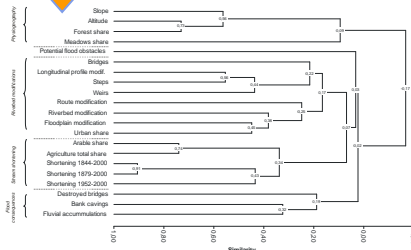
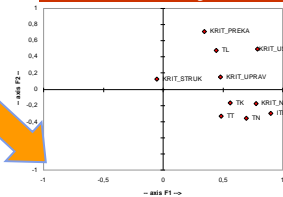
GIS integrace a statistická analýza dat



Typologie pov. rizika



Faktorová analýza



Shluková analýza

40

Korelační analýza

6.1.2010

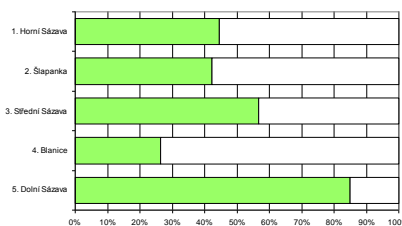
VaV SM2/57/05

41

Korelační analýza



- Testování lineárního vztahu mezi geomorfologickými projevy povodně a ukazateli antropogenní upravenosti
- Korelace mezi následky a ukazateli antropogenní upravenosti zpravidla slabá



	EROZE	AKUMULACE	DESTRUKCE	TT	TL	TK	TN	ITEC	KRIT_PREKA	KRIT_UPRAV	KRIT_STRUK	KRIT_NIVA	KRIT_USEK
EROZE	1,000												
AKUMULACE	-0,624	1,000											
DESTRUKCE	-0,085	-0,320	1,000										
TT	-0,163	-0,055	0,091	1,000									
TL	0,129	-0,141	0,122	0,024	1,000								
TK	-0,090	-0,177	0,262	0,371	0,231	1,000							
TN	-0,279	0,039	0,226	0,349	0,027	0,337	1,000						
ITEC	-0,182	-0,113	0,273	0,686	0,430	0,732	0,724	1,000					
KRIT_PREKA	0,233	-0,160	0,073	-0,002	0,274	0,113	-0,017	0,121	1,000				
KRIT_UPRAV	-0,005	-0,117	0,267	0,192	0,378	0,245	0,243	0,396	0,163	1,000			
KRIT_STRUK	0,120	-0,031	0,044	-0,112	-0,025	-0,075	-0,081	-0,116	-0,008	-0,015	1,000		
KRIT_NIVA	-0,122	-0,100	0,277	0,302	0,128	0,307	0,742	0,610	0,084	0,327	-0,046	1,000	
KRIT_USEK	0,099	-0,191	0,273	0,194	0,328	0,289	0,454	0,494	0,725	0,507	0,143	0,693	1,000

Příklad – povodí Sázavy, jarní povodeň 2006

42

Faktorová analýza

6.1.2010

VaV SM2/57/05

43

Faktorová analýza



- **Definice**
 - Faktorová analýza je statistická metoda, sloužící k tomu, aby vysvětlila rozptyl pozorovaných proměnných pomocí menšího počtu latentních proměnných – tzv. faktorů. (*Wikipedia*)
- **Použití**
 - Hledání společných prvků variability v souboru proměnných, popisujících upravenost říční sítě pro jednotlivé typy geomorfologických projevů povodně

6.1.2010

VaV SM2/57/05

44



Faktorová analýza

- Hlavní faktory ovlivňující výskyt povodňových projevů
- Výběr záznamů s povodňovými projevy
 - Všechny typy projevů
 - Odděleně – erozní, akumulační, destrukční
- Faktorová analýza
- 2 dominantní faktory (77% variability),
 - F1 – faktor celkové upravenosti (I_{TE})
 - F2 – faktor překážek proudění
 - F3 – faktor upravenosti podél. profilu (jezy)

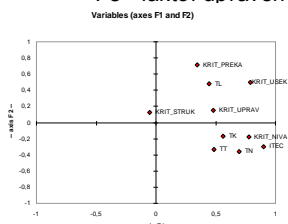
Príklad – povodí Sázavy,
jarní povodeň 2006

Eigenvalues

	F1	F2	F3	F4
Eigenvalue	3.723	1.426	0.987	0.550
total % variance	37.235	14.265	9.874	5.498
% cumulative	37.235	51.500	61.374	66.871
common % variance	55,681	21,332	14,766	8,221
% cumulative	55,681	77,013	91,779	100,000

Factor loadings

	F1	F2	F3	F4	Initial	Final	Specific variance
					Communality	Communality	
TT	0.486	-0.335	0.117	0.284	0.471	0.443	0.557
TL	0.442	0.476	0.684	-0.331	0.185	0.999	0.001
TK	0.561	-0.166	0.229	0.229	0.536	0.447	0.553
TN	0.695	-0.362	-0.225	-0.147	0.560	0.686	0.314
ITEC	0.900	-0.298	0.274	0.164	0.536	0.999	0.001
KRIT_PREKA	0.345	0.711	-0.166	0.359	0.525	0.783	0.217
KRIT_UPRAV	0.482	0.154	0.085	-0.105	0.257	0.274	0.726
KRIT_STRUK	-0.055	0.126	-0.103	-0.066	0.020	0.034	0.966
KRIT_NIVA	0.779	-0.174	-0.370	-0.333	0.550	0.885	0.115
KRIT_USEK	0.790	0.494	-0.363	0.005	0.525	0.999	0.001



45

Faktorová analýza

- FA pro soubory s konkrétními typy následků
 - Erozní projevy
 - Fluviální akumulace
 - Destrukční projevy
- Zjištěné rozdíly
 - První dva faktory pro všechny varianty shodné (74-79 % variability)
 - F1 – index upravenosti
 - F2 – kritické typy překážek
 - Rozdíly – třetí faktor (11-15% variability)
 - Eroze – upravenost podélného profilu (jezy)
 - Akumulace – využití údolní nivy
 - Destrukce – kritická struktura trasy toku

Eroze

	F1	F2	F3	F4	Initial	Final	Specific
					Communality	Communality	variance
TT	0.542	-0.277	0.069	0.392	0.531	0.530	0.470
TL	0.448	0.229	0.794	-0.342	0.227	0.999	0.001
TK	0.579	-0.211	0.164	0.295	0.862	0.471	0.529
TN	0.683	-0.300	-0.365	-0.197	0.598	0.729	0.271
ITEC	0.908	-0.313	0.209	0.182	0.552	0.999	0.001
KRIT_PREKA	0.355	0.728	-0.070	0.340	0.611	0.799	0.201
KRIT_UPRAV	0.505	0.088	0.089	-0.213	0.236	0.316	0.684
KRIT_STRUK	-0.070	0.158	-0.100	-0.102	0.035	0.050	0.950
KRIT_NIVA	0.769	-0.150	-0.342	-0.339	0.598	0.845	0.155
KRIT_USEK	0.759	0.598	-0.256	-0.029	0.611	0.999	0.001

Akumulace

	F1	F2	F3	F4	Initial	Final	Specific
					Communality	Communality	variance
TT	0.434	-0.388	-0.092	0.224	0.430	0.397	0.603
TL	0.295	0.191	-0.458	0.398	0.146	0.432	0.568
TK	0.488	-0.223	-0.339	0.025	0.475	0.365	0.635
TN	0.725	-0.224	0.260	-0.117	0.548	0.658	0.342
ITEC	0.879	-0.373	-0.236	-0.042	0.548	0.999	0.001
KRIT_PREKA	0.293	0.668	-0.276	0.318	0.510	0.999	0.001
KRIT_UPRAV	0.327	0.069	-0.072	0.214	0.118	0.183	0.817
KRIT_STRUK	-0.068	0.101	0.033	0.181	0.019	0.041	0.959
KRIT_NIVA	0.752	0.001	0.610	0.191	0.469	0.836	0.164
KRIT_USEK	0.738	0.637	0.204	0.088	0.510	0.999	0.001

Destrukce

	F1	F2	F3	F4	Initial	Final	Specific
					Communality	Communality	variance
TT	0.688	-0.453	-0.001	-0.221	1.000	0.741	0.259
TL	0.565	0.493	-0.173	-0.215	1.000	0.638	0.362
TK	0.867	-0.236	-0.100	-0.234	1.000	0.824	0.176
TN	0.858	-0.440	0.227	0.290	1.000	0.982	0.018
ITEC	0.940	-0.225	-0.038	-0.253	1.000	0.999	0.001
KRIT_PREKA	0.321	0.694	-0.167	0.119	1.000	0.613	0.387
KRIT_UPRAV	0.712	0.423	-0.211	-0.148	1.000	0.712	0.288
KRIT_STRUK	-0.288	0.238	0.676	-0.305	1.000	0.999	0.001
KRIT_NIVA	0.776	-0.161	0.239	0.407	1.000	0.852	0.148
KRIT_USEK	0.802	0.629	0.181	0.210	1.000	0.999	0.001

46





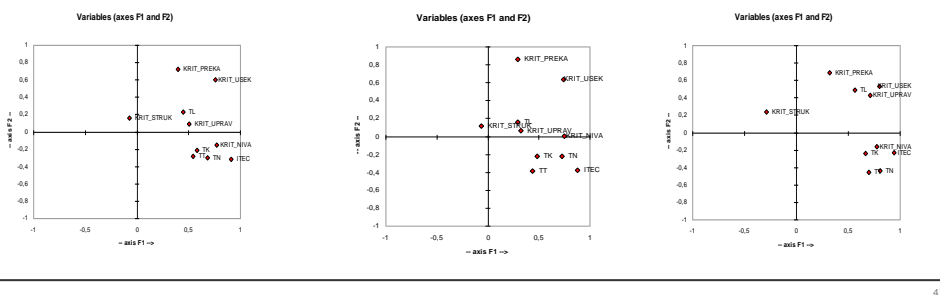
FA - eroze

Výsledky

Rozhodující prvky antropogenní upravenosti, které mají vliv na průběh a následky povodní jsou

- celková upravenost toku a nivy
- výskyt kritických typů překážek proudění.

Celková vazba výskytu antropogenních úprav toků na výskyt erozních, akumulačních a destruktivních projevů povodně je však slabá.

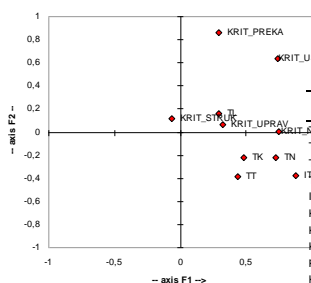


FA - akumulace

- Výběr pouze pro akumulační projevy
- 4 faktory

První 3 faktory

93,5% variability



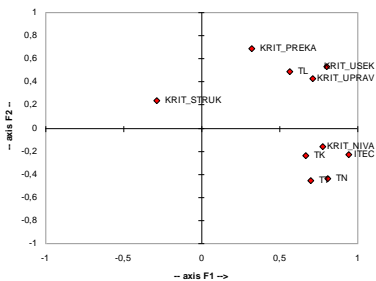
	F1	F2	F3	F4
Eigenvalue	3,211	1,614	0,867	0,393
total % variance	32,112	16,136	8,074	3,926
% cumulative	32,112	48,249	56,922	60,849
common % variance	52,774	26,518	14,255	6,453
% cumulative	52,774	79,292	93,547	100,000

	F1	F2	F3	F4	Initial Communality	Final Communality	Specific variance
TL	0,434	-0,388	-0,092	-0,224	0,430	0,397	0,603
TK	0,295	0,164	-0,438	0,356	0,146	0,432	0,568
TN	0,486	-0,223	-0,329	0,025	0,475	0,395	0,605
ITEC	0,725	-0,224	0,260	-0,117	0,548	0,658	0,342
KRIT_PREKA	0,879	-0,373	-0,295	-0,042	0,548	0,999	0,001
KRIT_UPRAV	0,293	0,858	-0,276	-0,318	0,510	0,999	0,001
KRIT_STRUK	0,327	0,069	-0,072	0,214	0,118	0,163	0,837
KRIT_NIVA	-0,068	0,120	0,093	0,181	0,019	0,061	0,939
KRIT_USEK	0,752	0,001	0,510	0,101	0,469	0,836	0,164
	0,738	0,637	0,204	0,088	0,510	0,999	0,001



FA - destrukce

Variables (axes F1 and F2)



	F1	F2	F3	F4
Eigenvalue	4,793	1,776	0,981	0,698
total % variance	47,932	17,759	9,809	6,981
% cumulative	47,932	65,691	75,500	82,481
common % variance	58,113	21,531	11,892	8,464
% cumulative	58,113	79,644	91,536	100,000

	F1	F2	F3	F4	Initial Communality	Final Communality	Specific variance
TT	0,698	-0,453	-0,001	-0,221	1,000	0,741	0,259
TL	0,565	0,493	-0,173	-0,215	1,000	0,638	0,362
TK	0,667	-0,236	-0,106	-0,334	1,000	0,624	0,376
TN	0,808	-0,440	0,227	0,290	1,000	0,982	0,018
ITEC	0,940	-0,225	-0,038	-0,253	1,000	0,999	0,001
KRIT_PREKA	0,321	0,684	-0,167	0,119	1,000	0,613	0,387
KRIT_UPRAV	0,712	0,428	-0,011	-0,148	1,000	0,712	0,288
KRIT_STRUK	-0,288	0,238	0,876	-0,305	1,000	0,999	0,001
KRIT_NIVA	0,776	-0,161	0,239	0,407	1,000	0,852	0,148
KRIT_USEK	0,802	0,529	0,181	0,210	1,000	0,999	0,001

49

Shluková analýza

Shluková analýza



• Definice

- Vícerozměrná statistická metoda, která se používá ke klasifikaci objektů.
- Slouží k třídění jednotek do skupin (shluků) tak, aby si jednotky náležící do stejné skupiny byly podobnější než objekty ze skupin různých.
- Shlukovou analýzu je možné provádět jak na množině objektů, tak na množině znaků (*Wikipedia*).

• Použití

- Cíl – najít funkční vazby mezi určitými typy úprav a projevy povodní
- Identifikace parametrů, které mají podobné charakteristiky výskytu
- Klasifikace úseků toků podle společných znaků

6.1.2010

VaV SM2/57/05

51

Analýza vazeb parametrů upravenosti a následků



• Shlukování parametrů

- Metoda AHC (Agglomerative hierarchical clustering)
- Vizualizace dendrogram
- Postup
 - Vstupní data z GIS
 - Výpočet v XL-Stat
 - Zpětná integrace do GIS.

• FG parametry

- Sklon úseku
- Střední nadmořská výška
- Sinusita úseku

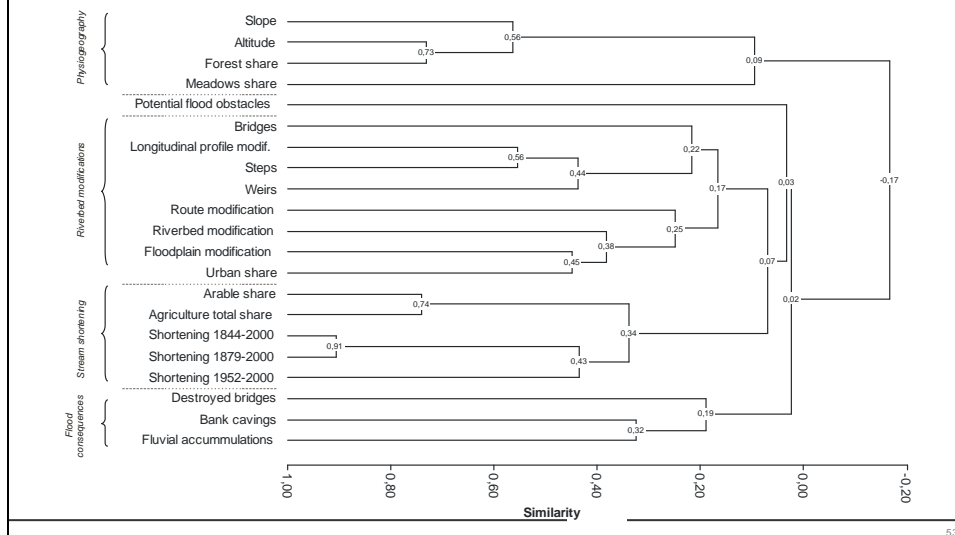
• Úpravy toků a nivy

- Potenciální překážky proudění
- Mosty
- Propustky
- Jezy
- Index upravenosti trasy toku
- Index upravenosti podélného profilu
- Index upravenosti koryta
- Index upravenosti nivy
- Podíl luk a pastvin
- Podíl lesa
- Podíl urbanizovaných ploch
- Podíl zemědělských ploch
- Podíl omé půdy
- Zkrácení říční sítě 2VM-současnost
- Zkrácení říční sítě 3VM-současnost
- Zkrácení říční sítě 1952-současnost

• Následky povodní

- Fluvialní akumulace
- Břehová eroze
- Destrukce objektů

Příklad – povodí Blanice

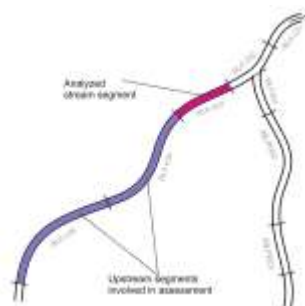


53

Výsledky



- Prostá analýza současného výskytu příčin a následků v daném úseku dává velmi slabé vazby
- Vztah příčina – následek je u některých typů ovlivnění vázán na větší prostor – možnost hodnocení v souslednosti úseků



6.1.2010

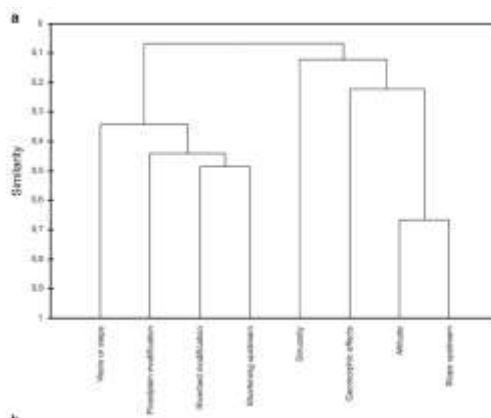
VaV SM2/57/05

54

Shluková analýza



- Analýza následků povodně
 - Veškeré geomorfologické projevy
 - Faktory úprav toku nezávislé
 - Neurčité vazby



6.1.2010

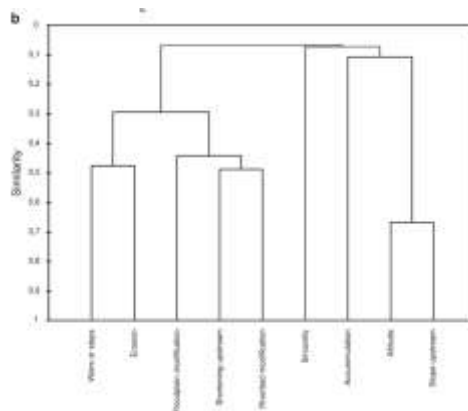
VaV SM2/57/05

55

Shluková analýza



- Analýza následků povodně
 - Oddělení erozních a akumulačních forem
 - Eroze – vazba na překážky v podélném profilu
 - Akumulace – vazba na sklon, nadm. výšku a sinuositu



6.1.2010

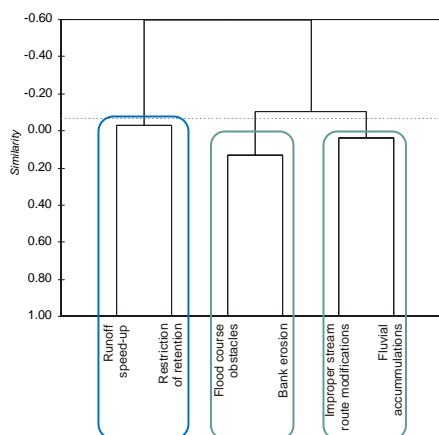
VaV SM2/57/05

56

Klasifikace kritických úseků



- Vstupní data
 - Místo vlastních parametrů už identifikované kritické aspekty upravenosti
- Výsledky
 - Zřetelnější vazby
 - Eroze x překážky proudění
 - Akumulace x střídání úpravy trasy toku



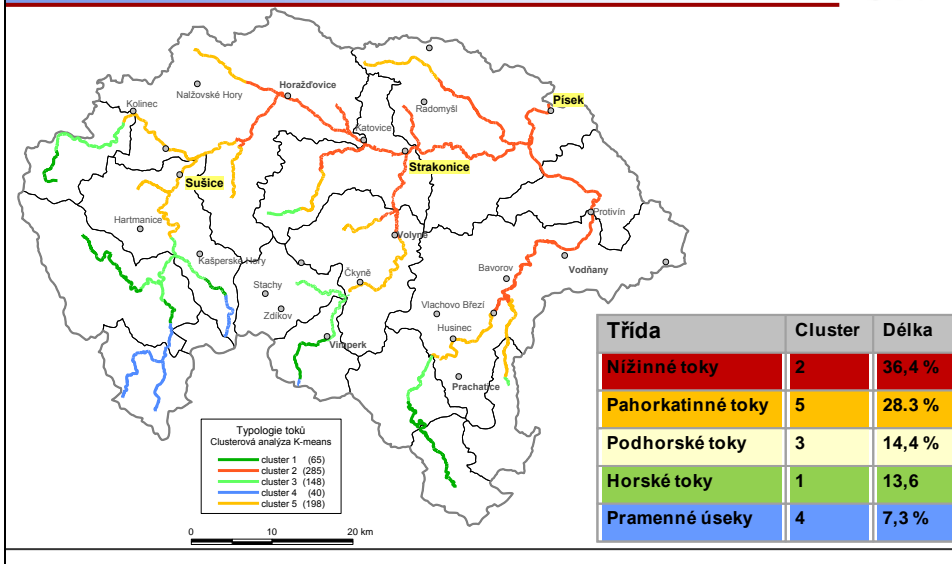
Typologie úseků z hlediska charakteru úprav a následků



- Shlukování úseků
- Možnost regionalizace souvislostí mezi projevy povodně a ovlivňujícími faktory
- Řešení:
 - Metoda K-means
 - Export dat z GIS
 - Výpočet v XL-Stat
 - Zpětná integrace do GIS.

Parametr
střední výška úseku
sklon
upravenost koryta
vedení trasy koryta
upravenost úseku v podélném profilu
upravenost údolní nivy
počet jezů
počet mostů
počet nevhodně umístěných objektů
počet skalních stupňů v korytě
podíl urbanizovaných ploch
podíl orné půdy
podíl veškeré zemědělské půdy
podíl plochy luk
lesů a vodních ploch
zkrácení říční sítě mezi časovými horizonty 1844 – 1876 -1952 – 2002
dále počet zjištěných akumulací po povodni 2002
počet břehových nátrží
počet zničených mostů a počet sesuvů.

Příklad - typologie toků v povodí Otavy



Komplexní klasifikace - výsledky



• Třída 1

- Horské toky Šumavy
- Vysoký spád toku
- Poloha v jádrové zóně povodně – vysoká četnost erozních i akumulčních následků

• Třída 2

- Nížinná oblast
- Nejvyšší intenzita upraveností toků a údolní nivy
- Nejvyšší průměrný počet břehových nátrží
- Druhý nejvyšší průměrný výskyt povodňových akumulací

• Třída 3

- Toky na strmě ukloněných svazích na úpatí Šumavy.
- Značná upravenost koryt toků
- Nejvyšší podíl luk na využití údolní nivy ze všech tříd.
- Druhý nejvyšší počet břehových nátrží a nejvyšší podíl stržených či destruuovaných mostů

• Třída 4

- Pramenné úseky toků s nejvyšší průměrnou nadmořskou výškou a i nejvyšším spádem toku
- Upravenost toků je zde nejnižší, průměrný podíl lesnatosti těchto úseků se blíží 90%.
- Díky nepatrné intenzitě osídlení a infrastruktury zanedbatelný podíl na povodňových škodách.

• Třída 5

- Pahorkatinné toky s nízkým průměrným sklonem, předcházející zóně třídy 2
- Nejvyšší četnost nevhodně umístěných objektů v toku či údolní nivě, představující překážku pro proudění.
- Absolutně nejvyšší průměrný podíl čerstvých fluvialních akumulací.

Regresní stromy

6.1.2010

VaV SM2/57/05

61

Regresní (klasifikační) stromy



- **Definice**
 - Klasifikační metoda, která umožňuje vysvětlit nebo predikovat příslušnost objektu k určité třídě.
 - Cílem použití metody je rozdělit soubor na menší entity s co nejmenší entropií.
 - Hierarchicky řazená klasifikace – podoba stromu
- **Použití**
 - Vysvětlení podmínek výskytu následků povodně v daném prostředí
 - Výběr proměnných na základě předchozí statistické analýzy – nejlépe CA

6.1.2010

VaV SM2/57/05

62



Příklad – povodí Blanice

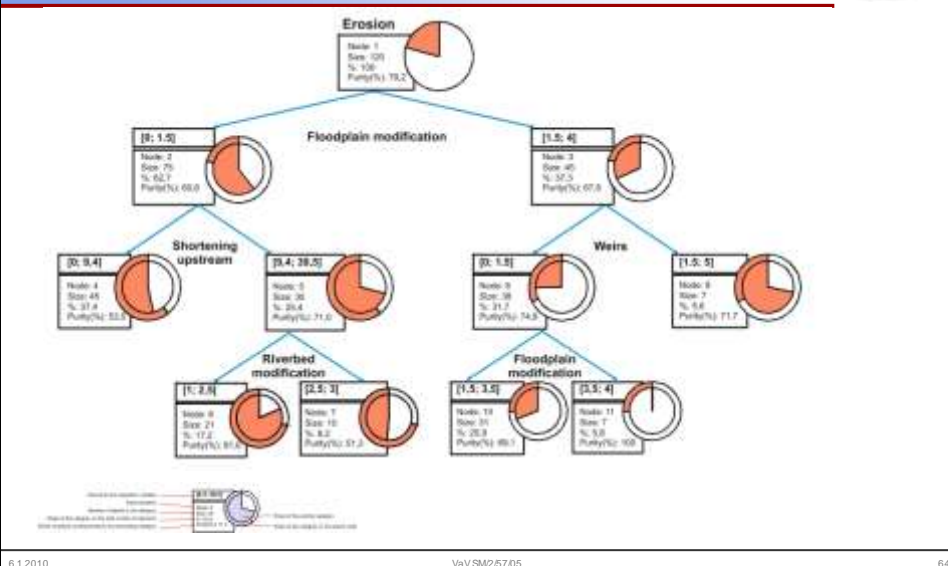
- 1. krok - Výběr proměnných
 - Shluková analýza
 - Výsledek
 - Proměnné, nejtěsněji vázané na výskyt erozních a akumulčních tvarů
 - 2. krok – Vysvětlení podmínek výskytu
 - Regresní stromy
 - Nalezení prahových hodnot pro jednotlivé parametry
- Vybrané parametry
 - Eroze
 - Průměr zkrácení 2 předcházejících úseků
 - Počet jezů
 - Upravenost koryta
 - Akumulace
 - Průměrný sklon dvou předcházejících úseků
 - Průměrná výška úseku
 - Sinuositá úseku

6.1.2010

VaV SM2/57/05

63

Podmínky výskytu gmf. projevů povodně - Eroze

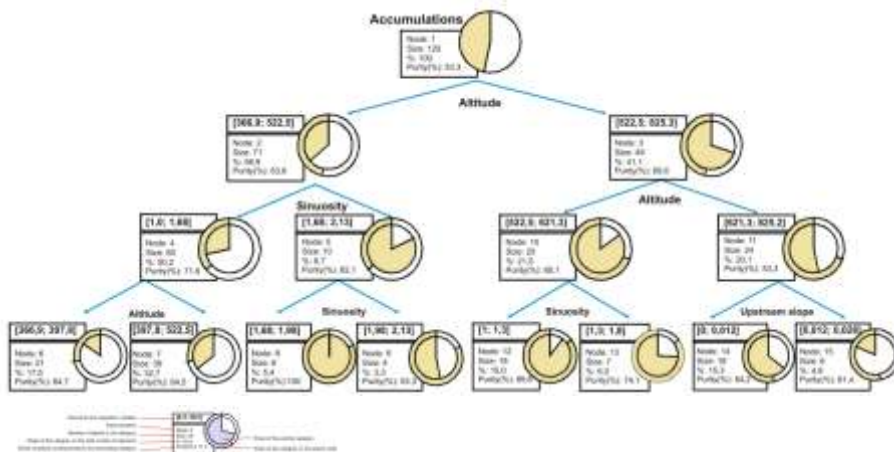


6.1.2010

VaV SM2/57/05

64

Podmínky výskytu gmf. projevů povodně - Akumulace



6.1.2010

VaV SM2/57/05

65

Výsledky



- Akumulace
 - V nížinné části povodí vazba na vysokou sinuositu.
 - Vysoká pravděpodobnost výskytu (80%), ale nízká četnost
 - Vysoká četnost výskytu v podhorských oblastech - v nadm. výšce 522-621 m.n.m. (83%) bez dalších podminujících faktorů
- Eroze
 - Úseky s přírodním charakterem land use více náchylné (60,6%)
 - Kritická kombinace: vysoká hodnota zkrácení předchozích úseků a přírodní charakter daného úseku (71 %)

6.1.2010

VaV SM2/57/05

66

Rozhodovací pravidla

6.1.2010

VaV SM2/57/05

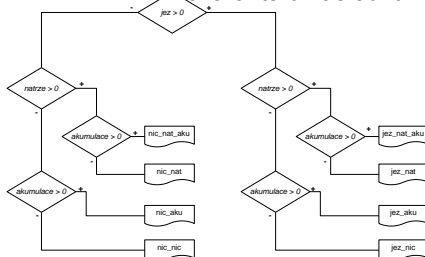
67

Metodika - klasifikace podle rozhodovacích pravidel



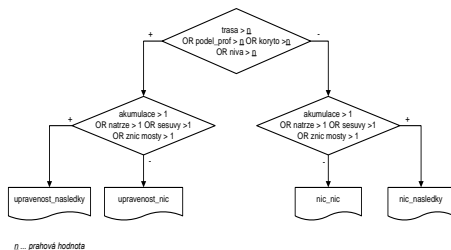
- Využití klasifikace na základě rozhodovacích pravidel
 - Rozhodující je výskyt alespoň jednoho z uvažovaných projevů následků povodně, nikoliv četnost:
- Výsledné základní třídy:
 - zkrácení s následky
 - zkrácení + žádné následky
 - bez zkrácení s následky
 - bez zkrácení + bez následků
- Rozšířená varianta podle charakteru následků

- akumulace
- břehová nátrž
- sesuv
- destrukce objektu na toku





Upravenost toků a následky povodně



g – prahová hodnota

- 4 třídy
 - upravenost s následky
 - upravenost bez následků
 - bez úprav s následky
 - bez úprav a bez následků

• Parametry upravenosti

- Trasa toku
- Podélný profil
- Koryto toku
- Příbřežní zóna
- Souhrn - celková upravenost

• Reklasifikace hodnot intenzity upravenosti

- 1 – 4 → min. – max.
- 0 → neklasifikováno, nádrž

Upravenost a následky

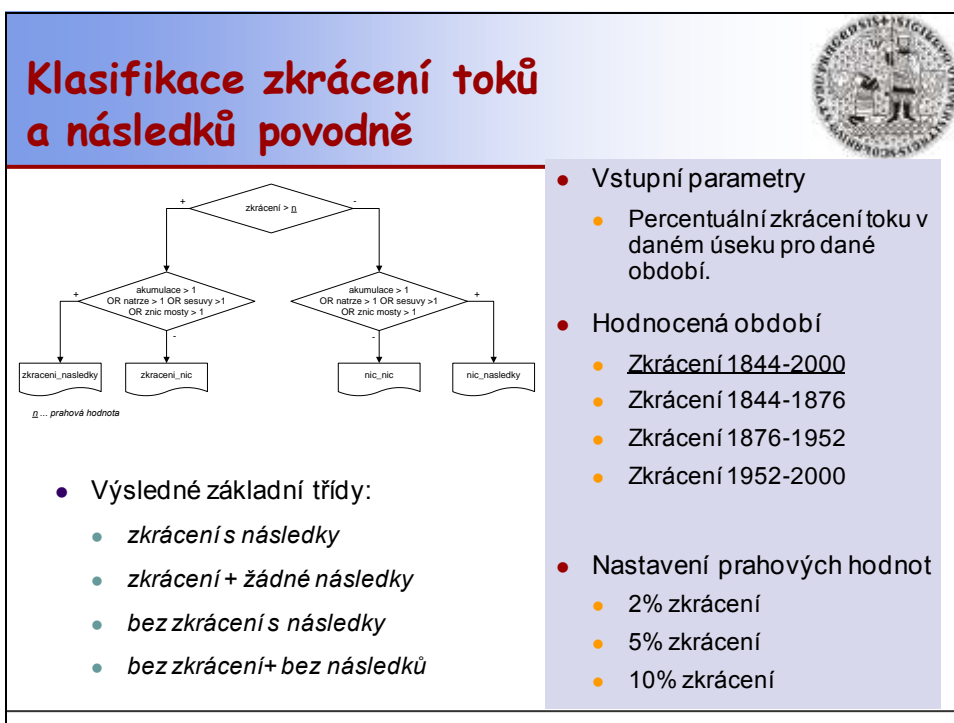
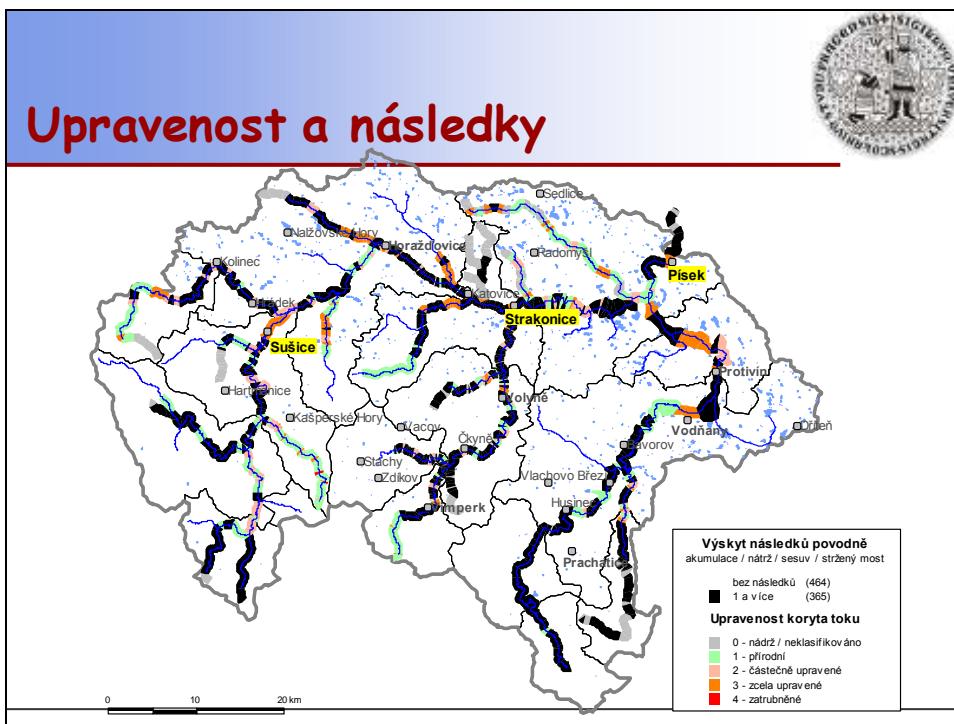


	Trasa toku	Podélný profil	Koryto toku	Příbřežní zóna	Uprav > 1	Uprav > 2
podíl úseků s následky	44.0%	44.0%	44.0%	44.0%	44.0%	44.0%
podíl upravených úseků na následcích	85.2%	22.7%	49.3%	59.5%	92.1%	83.8%
podíl následků v upravených úsecích	47.3%	48.3%	47.5%	47.1%	45.7%	45.4%

- Upravenost koryta toku alespoň v jednom parametru 88% úseků.
- Na polovině těchto úseků nacházíme následky povodně – fluviaální akumulace, břehové nátrže, poškozené mosty apod.
- Podíl úseků, ve kterých nacházíme projevy povodně se výrazně nemění ani při vyšší intenzitě upravenosti.

- Přes 92% nalezených následků povodně se nachází v úsecích, které byly alespoň v jednom z hodnocených parametrů částečně upraveny činností člověka.

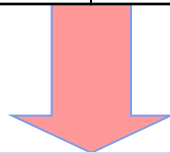




Zkrácení toků a následky povodně

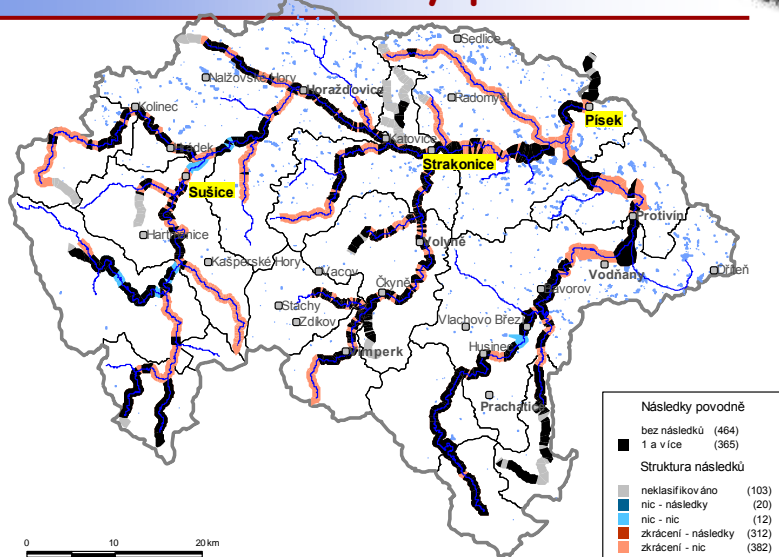


	zkrácení > 2%	zkrácení > 5%	zkrácení > 10%
podíl upravených	95.6%	62.9%	24.1%
podíl úseků s následky	45.7%	45.7%	45.7%
podíl upravených úseků na následcích	94.0%	65.9%	20.5%
podíl následků v upravených úsecích	44.9%	47.8%	38.9%



Míra závislosti zkrácení toku a výskytu následků povodně je závislá na prahové hodnotě zkrácení říční sítě, brané jako vstupní kritérium.

Zkrácení toků a následky povodně



Modelování vlivu úprav toků na průběh povodně

6.1.2010

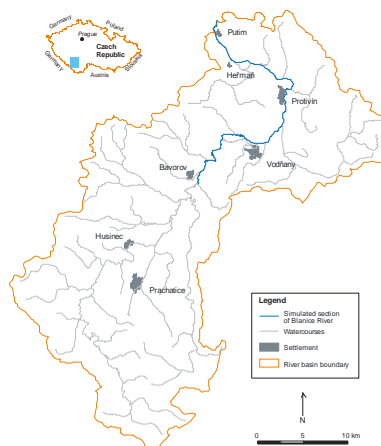
VaV SM2/57/05

75

Možnosti modelování



- Hydraulické modelování
- Zahrnutí úprav koryta toku a objektů do hydraulického modelu koryta
 - Sledování vlivu úprav na hydrologické charakteristiky povodňové vlny
 - Kulminace
 - Tvar povodňové vlny
 - Doba doběhu



6.1.2010

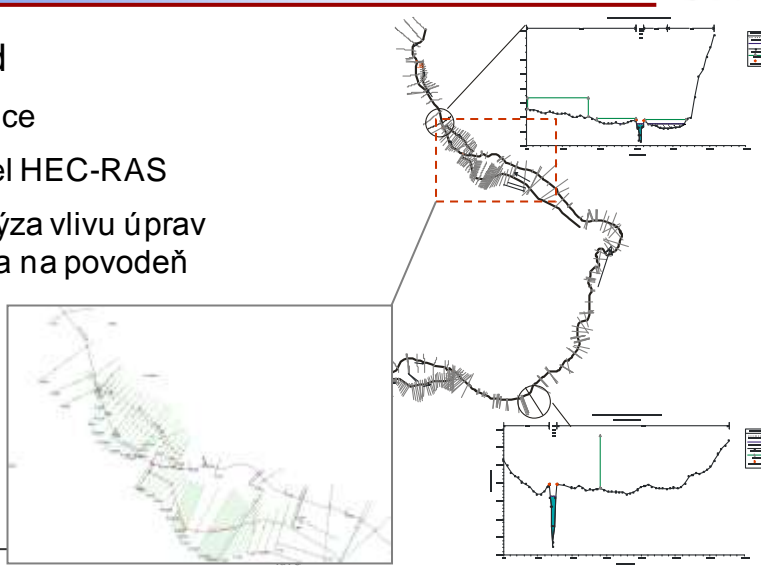
VaV SM2/57/05

76

Model HEC-RAS

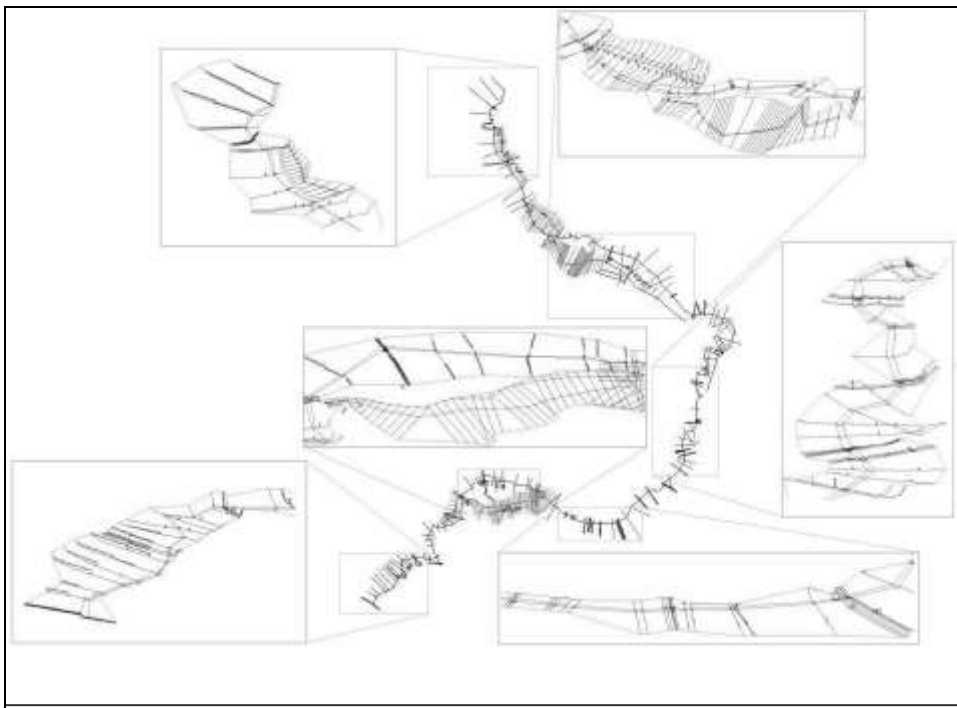


- Příklad
 - Blanice
 - Model HEC-RAS
 - Analýza vlivu úprav koryta na povodeň 2002



6.1.2010

7



6.1.2010

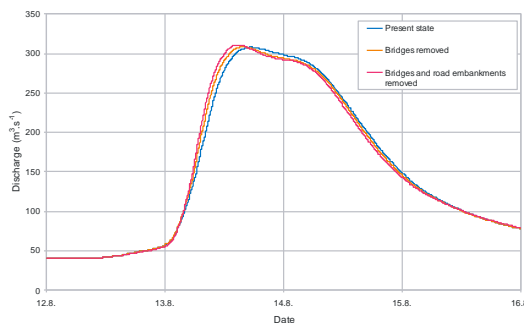
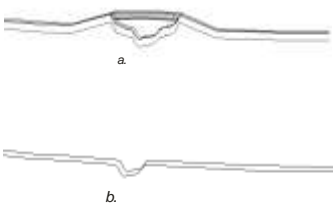
VaV SM257/05

78

Úpravy korytového modelu



- Odstranění mostů a náspů



6.1.2010

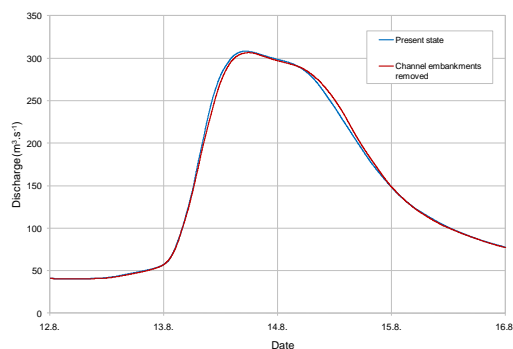
VaV SM2/57/05

79

Úpravy korytového modelu



- Odstranění bočních hrází



6.1.2010

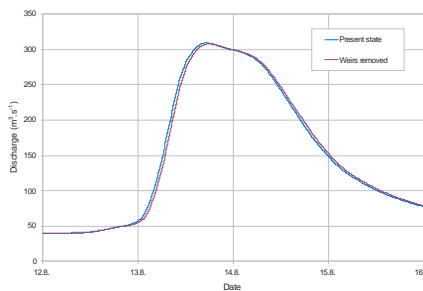
VaV SM2/57/05

80



Výsledek

- Velmi nízký efekt odstranění úprav koryta
- Důvod
 - Mimořádná extremita povodně 2002
 - Rozliv přes hráze
 - Odtok nivou
 - Vyšší význam u méně extrémních povodní



6.1.2010

VaV SM2/57/05

81

Závěr

6.1.2010

VaV SM2/57/05

82

Vliv úprav toků na průběh a následky povodní



- **Vliv změn landuse, zkrácení toků, upravenosti koryta, odlesnění, odvodnění**
 - význam klesá s rostoucí extremitou povodně
 - vliv na urychlení odtoku, časování souběhu povod. vln a strmost povodňové vlny
- **Vliv upravenosti nivy a nevhodně umístěných objektů**
 - význam roste s extremitou povodně, maximální efekt při úplném zapojení údolní nivy do odtoku
 - vliv na akceleraci erozních a akumulčních procesů
 - značný vliv na škody

Metodika výzkumu



- Zásadní vliv terénních metod sběru dat
- Klíčový integrační prvek - GIS
- Základ pro interpretaci – statistické metody
- Při interpretaci je nezbytné mít zkušenost z terénu





Literatura

- Langhammer, J., 2009. Analysis of the relationship between the stream regulations and the geomorphologic effects of floods. *Natural Hazards*. Available at: <http://www.springerlink.com/index/10.1007/s11069-009-9456-2>.
- Langhammer, J. 2008. Geographic Approaches to Flood Risk Modeling. In: Dostál, P. (ed.): Evolution of Geographical Systems and Risk Processes in the Global Context. P3K, Praha, pp. 81-99
- Langhammer, J., Šobr, M., Vaněk, T., 2008. Současné přístupy k řešení protipovodňové ochrany na příkladu povodí horní Opavy. In: Langhammer, J. (ed.): Údolní niva jako prostor ovlivňující průběh a následky povodní. PŘF UK, Praha, pp. 52-70
- Langhammer, J. 2008. Využití hydromorfologického monitoringu pro analýzu vlivu upravenosti říční sítě na průběh a následky povodní. In: Langhammer, J. (ed.): Údolní niva jako prostor ovlivňující průběh a následky povodní. PŘF UK, Praha, pp. 93-112
- Langhammer, J. and Vilímek, V., 2008. Landscape changes as a factor affecting the course and consequences of extreme floods in the Otava river basin, Czech Republic, Environmental Monitoring and Assessment. 144 (1-3): 53-66.
- Sitaf, J., Langhammer, J. 2008. Modelování vlivu antropogenních úprav koryta toku na průběh povodní. In: Langhammer, J. (ed.): Údolní niva jako prostor ovlivňující průběh a následky povodní. PŘF UK, Praha, pp. 124-136



Děkuji za pozornost!

Dr. Jakub Langhammer

langhamr@natur.cuni.cz