

# Změny sladkovodních ekosystémů v prostoru a čase

Z8025 (učebna Z2, pondělí 16.00-17.50)

## 12. Časo-prostorové aspekty adaptačních opatření a revitalizací degradovaných ekosystémů

---



**GEOGRAFICKÝ ÚSTAV**  
PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA MU

**Mgr. Karel Brabec, Ph.D.**

brabec@sci.muni.cz

# SYLABUS

1. Úvod – teoretické koncepty
2. Prostorové škály říční krajiny
3. Změny vodních toků v podélném profilu
4. Laterální a vertikální interakce vodních toků s okolním prostředím
5. Stojaté vody – vztahy k povodí, procesy ve vazbě na prostorové členění
6. Dlouhodobé trendy ve vývoji vodních ekosystémů
7. Sezonní dynamika faktorů prostředí a biologických společenstev
8. Teplotní režim povrchových vod
9. Ekologické aspekty průtokového režimu a hydraulických podmínek
10. Antropogenní modifikace vodních ekosystémů (se zřetelem na časoprostorové aspekty)
11. Potenciální dopady změn klimatu ve sladkovodních ekosystémech
- 12. Časo-prostorové aspekty adaptačních opatření a revitalizací degradovaných ekosystémů**
13. Případové studie

# DEGRADACE VODNÍCH EKOSYSTÉMŮ



- znečištění (živiny, toxické látky)

→ kvalita vody



- regulace (regulation/channelization)

→ fyzikální změny habitatů



- regulace průtoku

→ kvantita vody

# STREAM RESTORATION

Activity to improve the status of degraded waters, by improving either water quality or by changing hydromorphological conditions

- **water quality (pollution originating from settlement, agriculture, industry)**

stop/reduce waste water releases, support self-purification processes (bank, channel)

- **stream ecosystem (channelization, flow regulation, riparian zone)**

restore hydromorphological conditions – more natural flow regime, channel structure, floodplain



# NÁPRAVA DEGRADACÍ

## Stream restoration, rehabilitation and remediation – what is the difference?

- **revitalizace** (restoration)

restoration project will restore an environment to its original condition

- **rehabilitace** (rehabilitation)

improving the condition of a stream environment, even if not to its original condition, is a valuable exercise. Ecological rehabilitation is the re-establishment of a functional community with stable indigenous vegetation cover. It includes stabilisation and revegetation.

- **renaturalizace** (renaturalization)

specific type of restoration caused by natural events (e.g. floods, gradual destruction of regulation structures)

- **remediace** (remediation) – např. fytoremediace

in cases when rehabilitation is not possible because the changes to the stream are too severe (inputs from the catchment will never support original conditions) aim is to improve ecological conditions

# REMEDIACE – PŘÍKLAD KONTAMINACE KOVY

## Ex Situ

- odvodnění
- rozdělení frakcí sedimentů (jemné obsahují hodně kontaminantů)
- promývání půdy
- zesklňování (zahřívání na vysokou teplotu)

# REMEDIACE – PŘÍKLAD KONTAMINACE KOVY

## In Situ

- fytoremediace
- in situ zesklennění
- in situ promývání
- zpevnění, stabilizace
- elektrokinéza
- překrytí půdy a sedimentů

# ČASOVÝ A PROSTOROVÝ ASPEKT REVITALIZACÍ

- BACI schéma – revitalizovaný vs. původní (regulovaný) úsek
- data umožňující časové srovnání BACI vzácné (Before-After)
- časové nebo prostorové určení referenčních podmínek
- časoprostorový aspekt degradace
- indikátory
- komplexní revitalizace na různých prostorových škálách
- udržování revitalizací



# REVITALIZACE STOJATÝCH VOD

- odstranění/zmírnění přítoku s kontaminujícími látkami (nebo živinami)
- přítok – usazování – reaktivita plavenin/sedimentů
- průhlednost – makrofyta
- pobřežní vegetace (tlumení vlivů okolní krajiny)
- charakter povodí (vegetace, využití krajiny, bodové zdroje v povodí)

# REMEDIACE – PŘÍKLAD EUTROFIZACE

## Brněnská přehrada

- sinice
- odtěženo 320 tun naplavenin
- dno vyvápňeno
- instalace přes 20 tzv. aeračních věží, které mísí vodu a provzdušňují ji, což znesnadňuje růst sinic
- změnila se i rybí obsádka; z nádrže bylo odvezeno 11200 kusů bílých ryb a nahradilo je 4400 štik a 12500 candátů, kteří vodu tolik neznečišťují
- udržovat kvalitu vody pomáhá vsypávání síranu železitého (sráží fosfor) do přehrady a sbírání biomasy z její hladiny

# REMEDIACE – PŘÍKLAD EUTROFIZACE (BRNĚNSKÁ PŘEHRADA)

## opatření v povodí

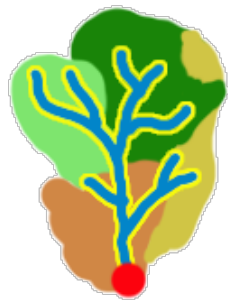
- modernizace nebo stavba nových čistíren a kanalizací
- u malých obcí je řešením i vytváření biotopů s mokřady s kořenovým samočisticím systémem
- srážení fosforu na přítoku

# REVITALIZACE



- v korytě (in-stream)
- říční koridor/pobřežní vegetace
- povodí





**Interakce mezi vodními a terestrickými ekosystémy v rámci různých prostorových škál říční sítě (říční koridory – využití krajiny – indikační charakteristiky makrozoobentosu)**

- **krajina v okolí toku jako potenciální zdroj narušení fluviálních ekosystémů**
- **význam vegetace v břehové linii**
- **vyhodnocení účinků spolupůsobících stresorů**

# REVITALIZACE ŘÍČNÍCH EKOSYSTÉMŮ

## Program revitalizace říčních systémů (od roku 1992)

- záměrem bylo obnovení funkce vodních ekosystémů v krajině
- vyhlášen po suché zimě a ohrožení zdrojů vody pro Prahu
- málo komplexních akcí
- často nejasný přínos pro obnovu přirozených procesů a společenstev
- odbahňování rybníků

## TYPY OPATŘENÍ

### časové etapy

- 1. generace – původní trasa, původní profil koryta, původní opevnění – vkládání spádových objektů, tůní a prohlubní
- 2. generace – nová trasa, nové mělčí koryto, odstranění opevnění
- 3. komplexní řešení v rámci pásu údolní nivy, napojení revitalizace toku na okolí

# Hodnocení revitalizací – případové studie

## Bečva



- renaturace (povodeň)
- korytotvorné procesy
- biota a ekologické procesy specifické pro jednotlivé habitaty
- hydraulické modely - sedimenty
- funkce dřevní hmoty





# Hodnocení revitalizací – případové studie

## Morava

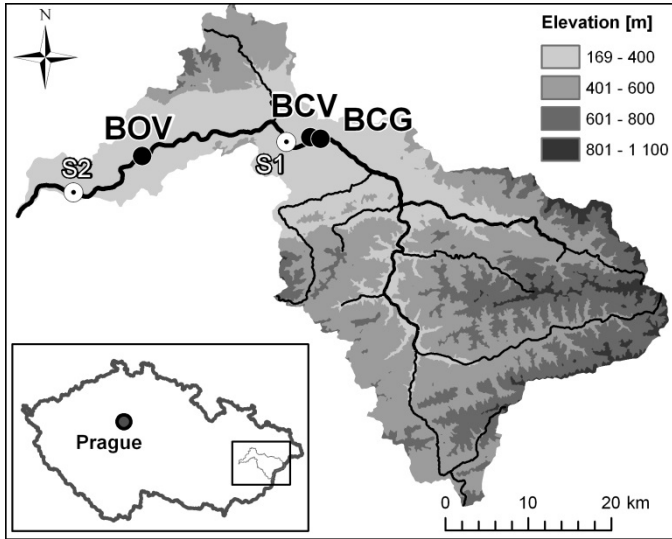


- renaturalizace (pozvolná)
- přírodě blízké hydromorfologické podmínky proti proudu
- omezené korytotvorné procesy

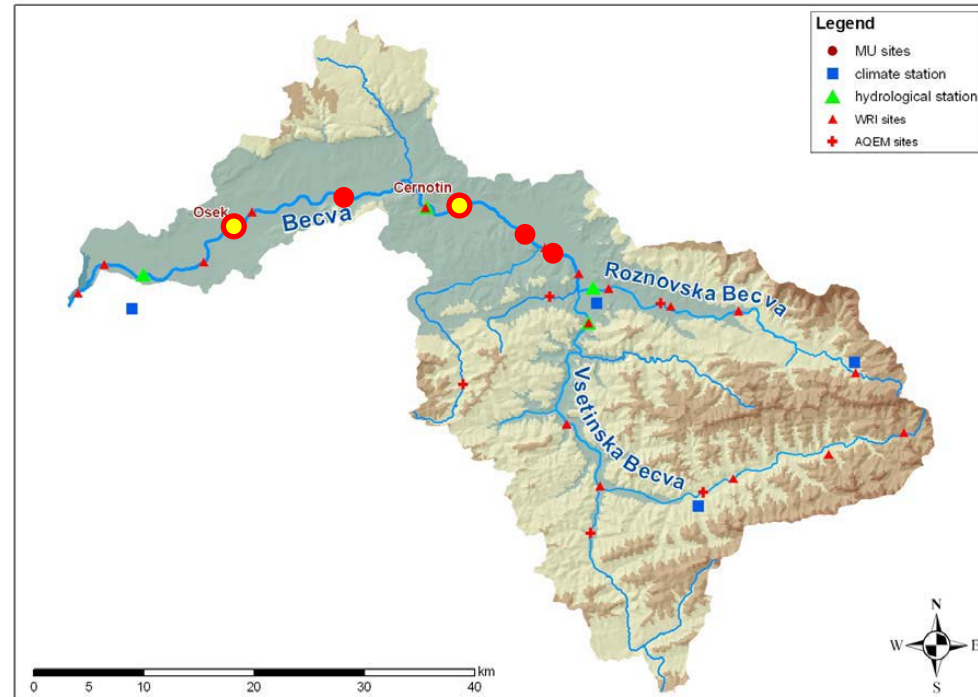
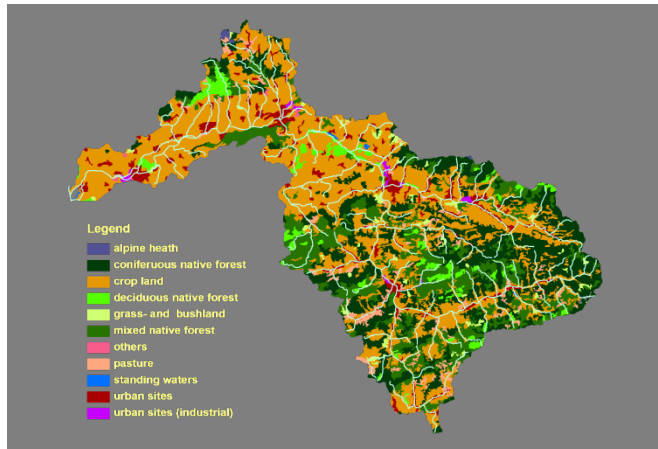
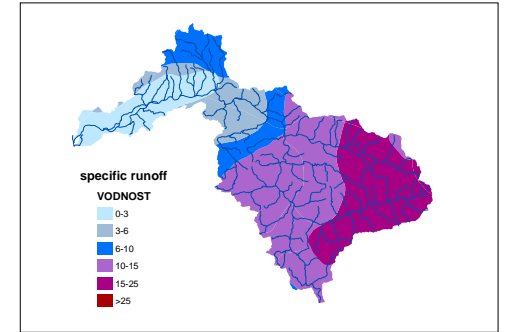


# BEČVA

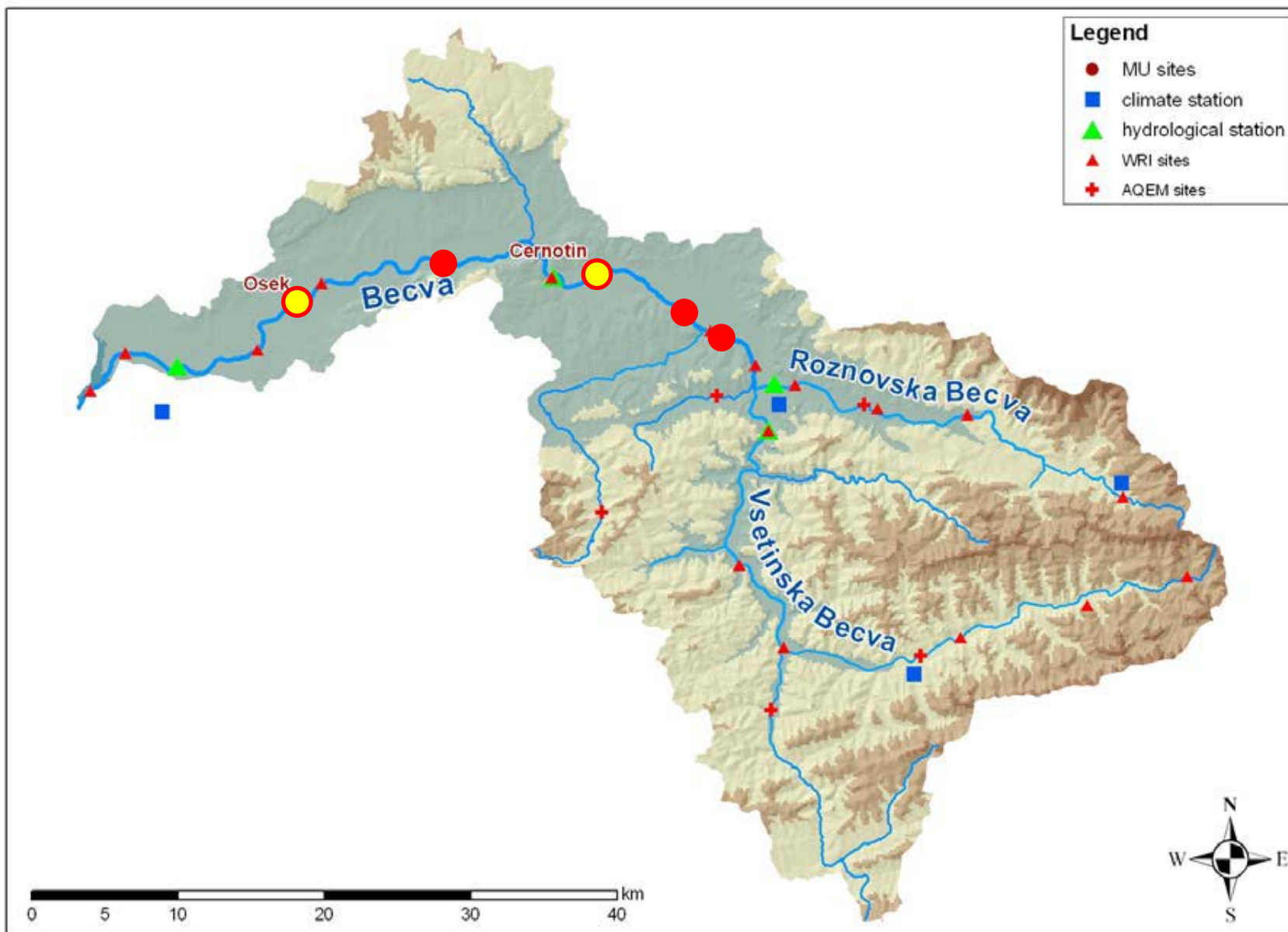
## Povodí



	BOV	BCV	BCG
altitude	219	254	255
catchment area (km <sup>2</sup> )	1527	1222	1222
slope (m/km)	2.23	2.55	1.69



## LOKALITY



# změny řeky Bečvy v čase

2. vojenské mapování, 1819-1858



před povodněmi 1997



po povodních 1997



# PROSTOROVÉ SCHÉMA STUDIE

## Bečva – Osek

kanalizace  
zpevnění břehů  
změna příčného profilu  
**stagnace**



regulovaný (BOG)

revitalizovaný (BOV)



## Bečva – Černotín

kanalizace  
zpevnění břehů  
změna příčného profilu



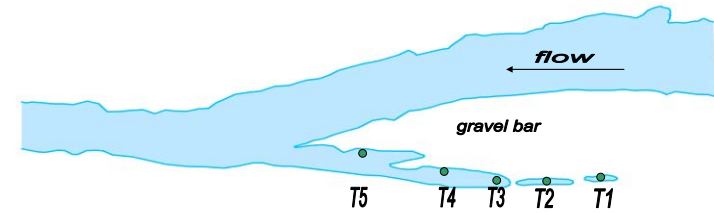
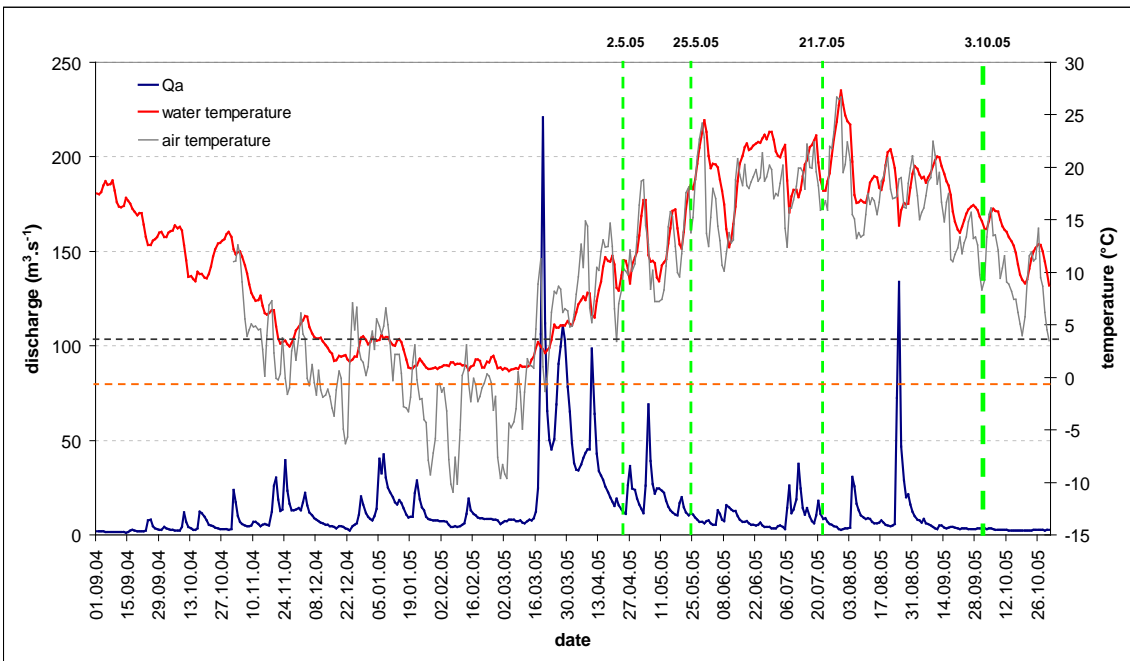
regulovaný (BCG)

revitalizovaný (BCV)



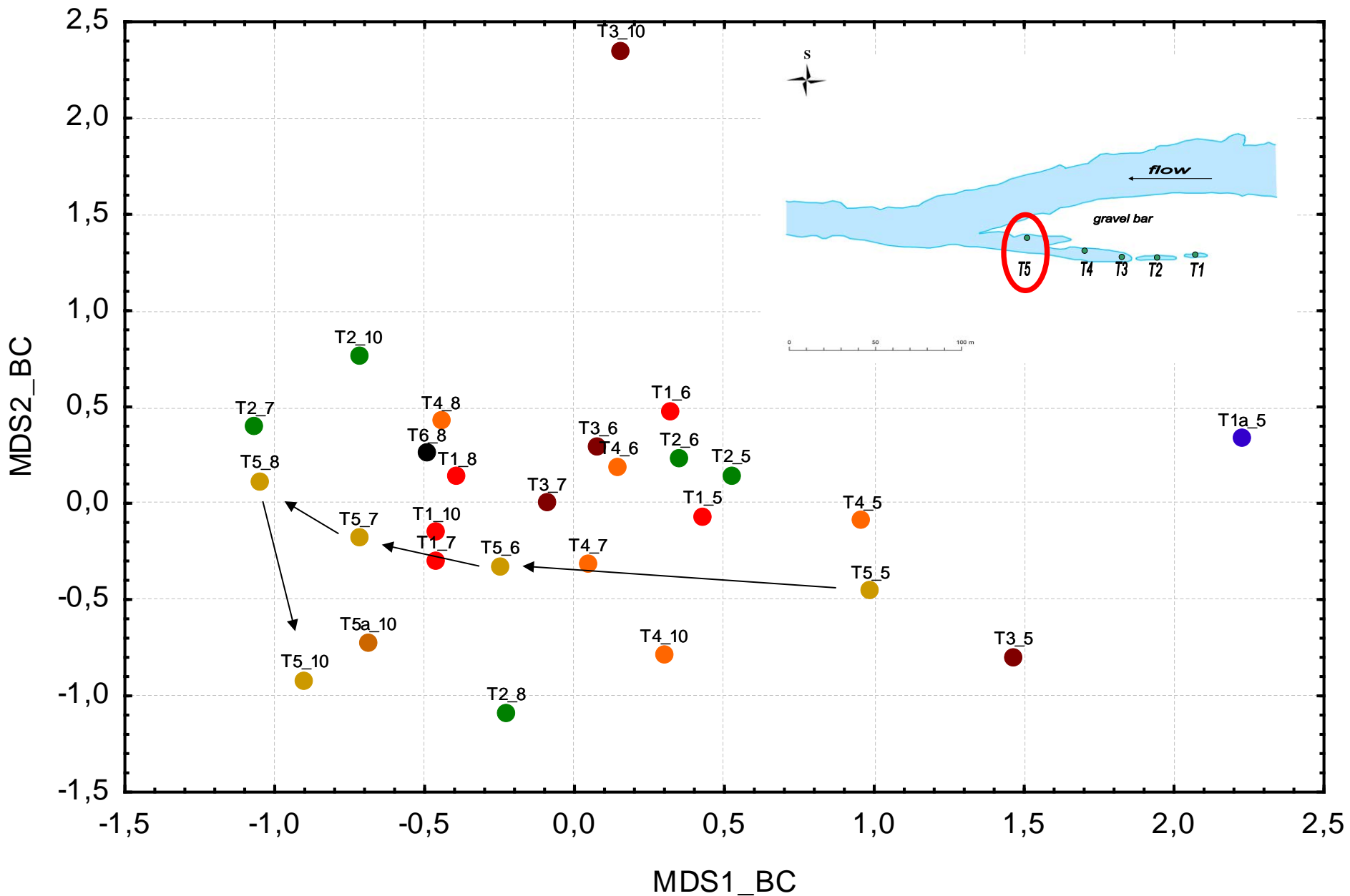
# FYTOBENTOS

## koryto x pobřežní tůň



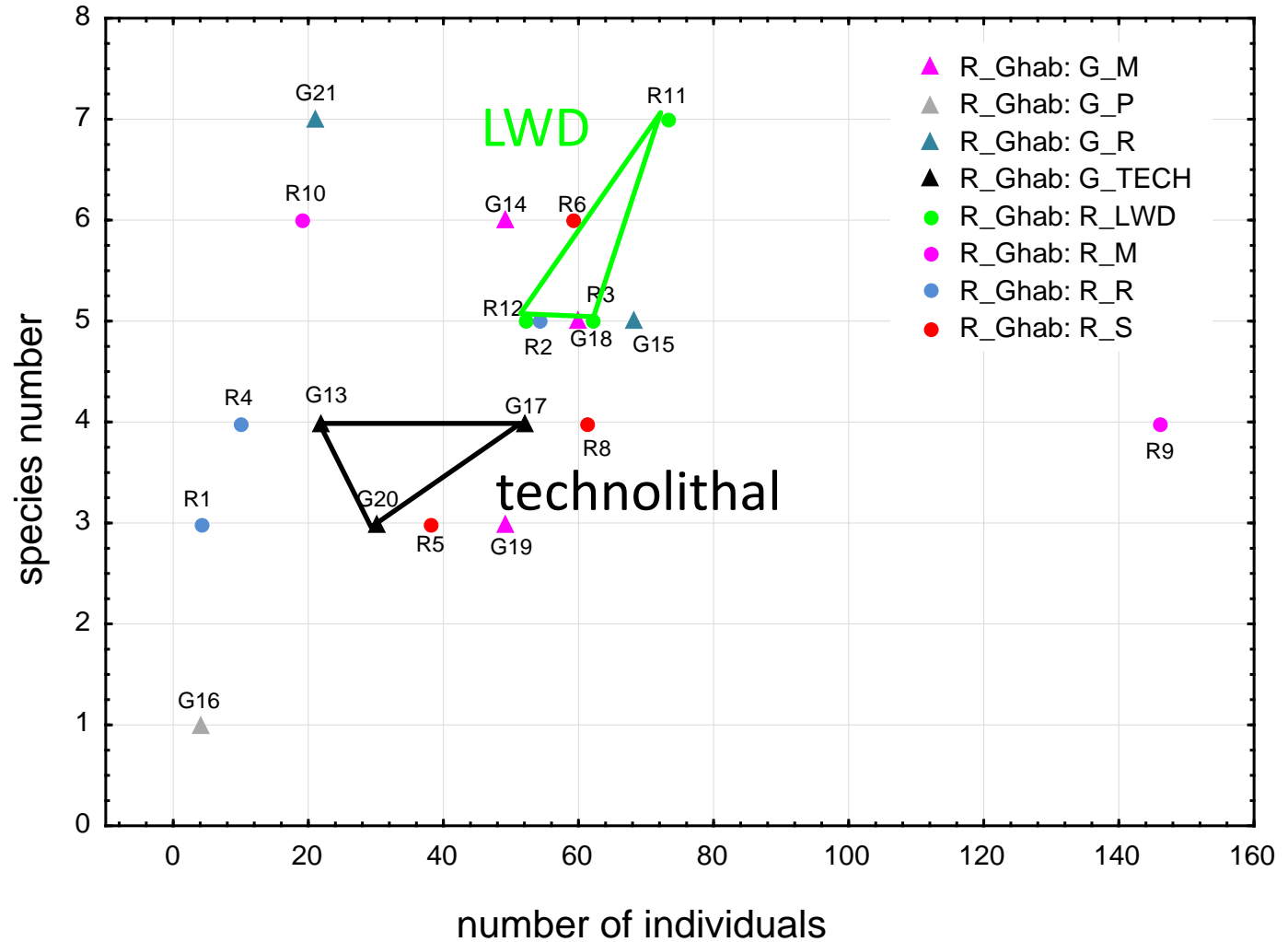
# FYTOBENTOS

## koryto x pobřežní tůň



# RYBY

## habitatová studie (Bečva-Černotín, 2006)





# RYBY

## škála úseku toku (Bečva-Osek, 2014)

total number of taxa 12 12

Becva-Osek	REG	REST	
Species	Total	Total	Species-English
<i>Blicca bjoerkna</i>	1		Silver Bream
<i>Tinca tinca</i>	1		Tench
<i>Carassius auratus</i>	2		Goldfish
<i>Vimba vimba</i>	5		Vimba
<i>Rhodeus amarus</i>	3	1	Bitterling
<i>Gobio gobio</i>	3	53	Gudgeon
<i>Gobio kessleri</i>	4	17	Kessler's Gudgeon
<i>Alburnoides bipunctatus</i>	4	155	Riffle minnow
<i>Perca fluviatilis</i>	6	2	Perch
<i>Pseudorasbora parva</i>	9	5	Stone moroco
<i>Alburnus albidus</i>	10	163	Stoneloach
<i>Squalius cephalus</i>	195	136	Chub
<i>Barbatula barbatula</i>		4	Stoneloach
<i>Leuciscus leuciscus</i>		15	Dace
<i>Chondrostoma nasus</i>		37	Nase
<i>Barbus barbus</i>		303	Barbel

### critically threatened species

macroinvertebrates 11 vs 33 (main sample)  
18 vs 33 (marginal habitats only)

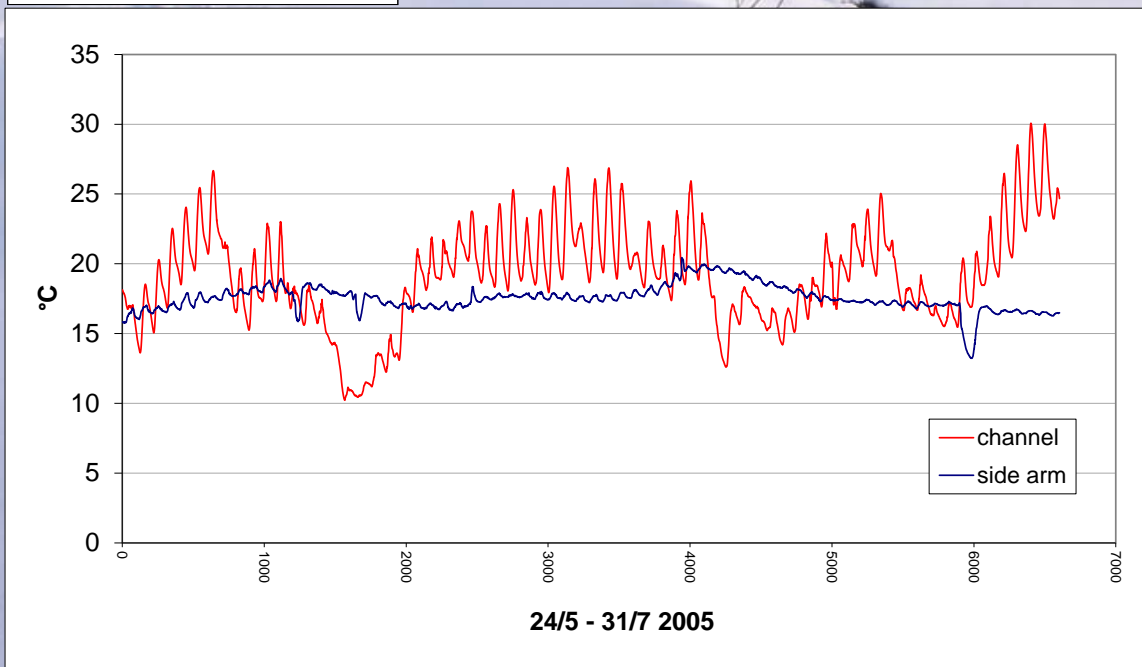
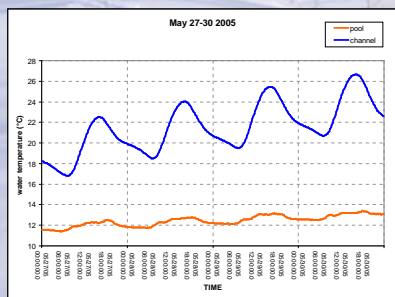
## škála habitatu (Bečva-Černotín, 2006)

total number of taxa 11 12

Becva - Cernotin		REG	REST
species	short code	REG	REST
<i>Anguilla anguilla</i>	AN	1	0
<i>Chondrostoma nasus</i>	CN	1	1
<i>Perca fluviatilis</i>	PF	1	4
<i>Rutilus rutilus</i>	RR	1	6
<i>Alburnus alburnus</i>	AA	1	23
<i>Phoxinus phoxinus</i>	PP	3	2
<i>Barbatula barbatula</i>	NB	17	6
<i>Alburnoides bipunctatus</i>	AP	20	48
<i>Barbus barbus</i>	BB	57	67
<i>Gobio gobio</i>	GG	59	59
<i>Leuciscus cephalus</i>	LC	194	360
<i>Pseudorasbora parva</i>	PR	0	1
<i>Tinca tinca</i>	TT	0	1



# Pobřežní tůň



- *hydraulika*
- *substráty*
- *teplota*
- *zamrzání*
- *chemismus vody*
- *povrchové a podzemní vody*

# ZÁVĚRY

- habitaty i společenstva jsou více diferencovány na podzim (ve srovnání s jarem)
- vztahy mezi biotou a parametry prostředí byly popsány pro 4 typy habitatů (pobřežní tůň, okraj hlavního koryta, peřeje a tišiny hlavního koryta)
- podobné ekologické vztahy byly zaznamenány v podmínkách středně velkého i malého toku (Bečva vs. Kněhyně)
- renaturalizace jsou limitovány malou délkou úseků toků, odstraňováním dřevní hmoty z koryta, boční eroze je limitována požadavky vlastníků pozemků



- výsledky na škále habitatů umožňují lépe navázat biologickou odezvu na jednotlivé hydromorfologické struktury

## SOUHRN VÝSLEDKŮ

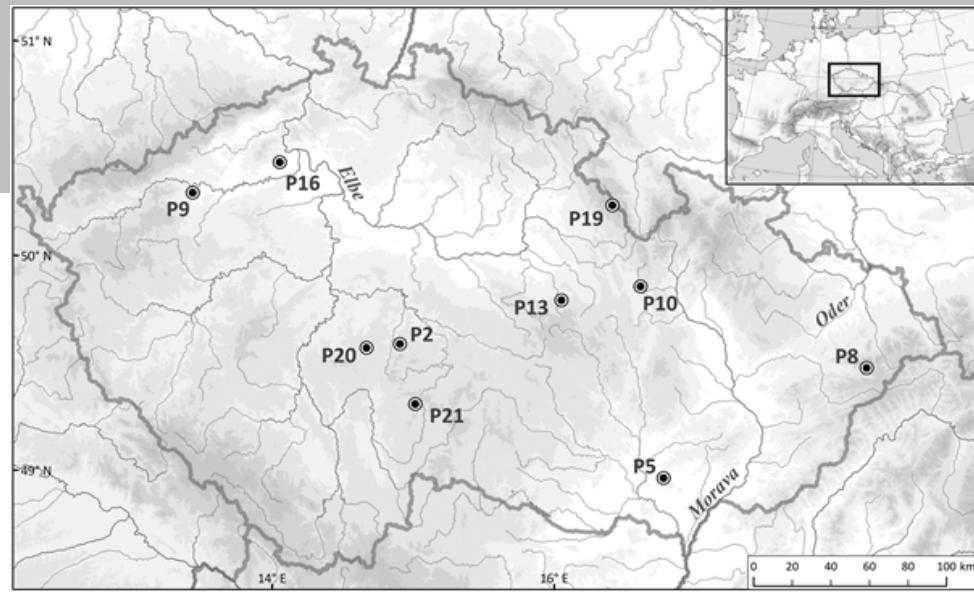
- navržena klasifikace habitatů vycházející ze struktury a procesů fluviálních ekosystémů
- vyhodnocena prostorová distribuce bioty (makrozoobentos, fytobentos, ryby) vůči faktorům prostředí
- sezónní dynamika průtoku, teploty vody, chemismu, makrozoobentosu a fytobentosu
- vytvořen model hydraulických parametrů v korytě pilotní lokality + rozsah jednotlivých habitatů při různých průtocích

## VÝSTUPY PRO PRAXI

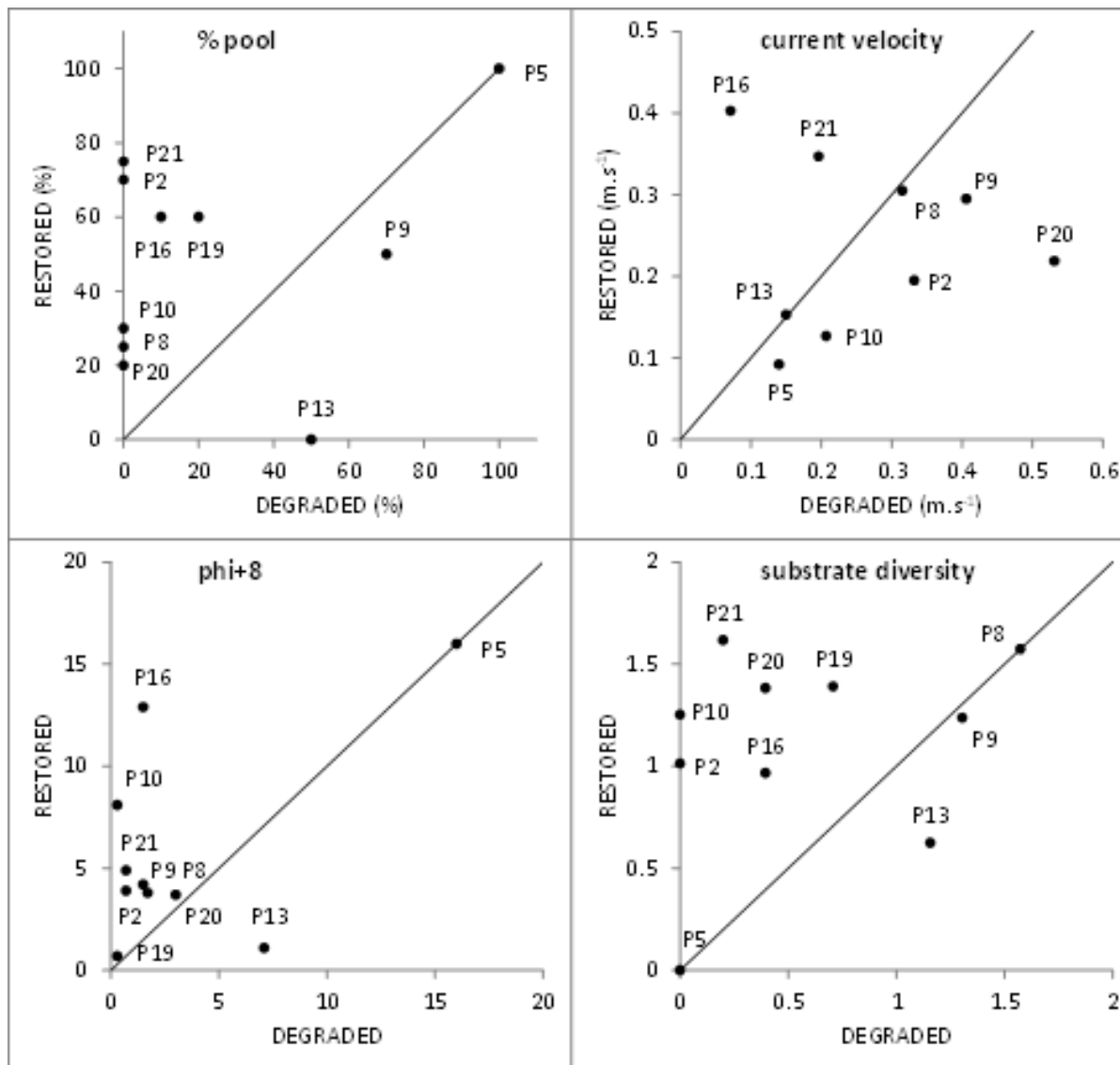
- ekologické projevy samovolné renaturalizace po povodních
- podklady pro vytvoření metodik hodnocení renaturalizací
- vyhodnocení významu příbřežních habitatů
- pozorování významu dřevní hmoty pro vytváření pestré mozaiky habitatů s přirozenou sezónní dynamikou → její ponechání v korytě by podmínky posunulo k přirozenému stavu
- rozšíření poznatků o vazbě bioty na typy substrátu a hydraulické podmínky – využití při bioindikaci

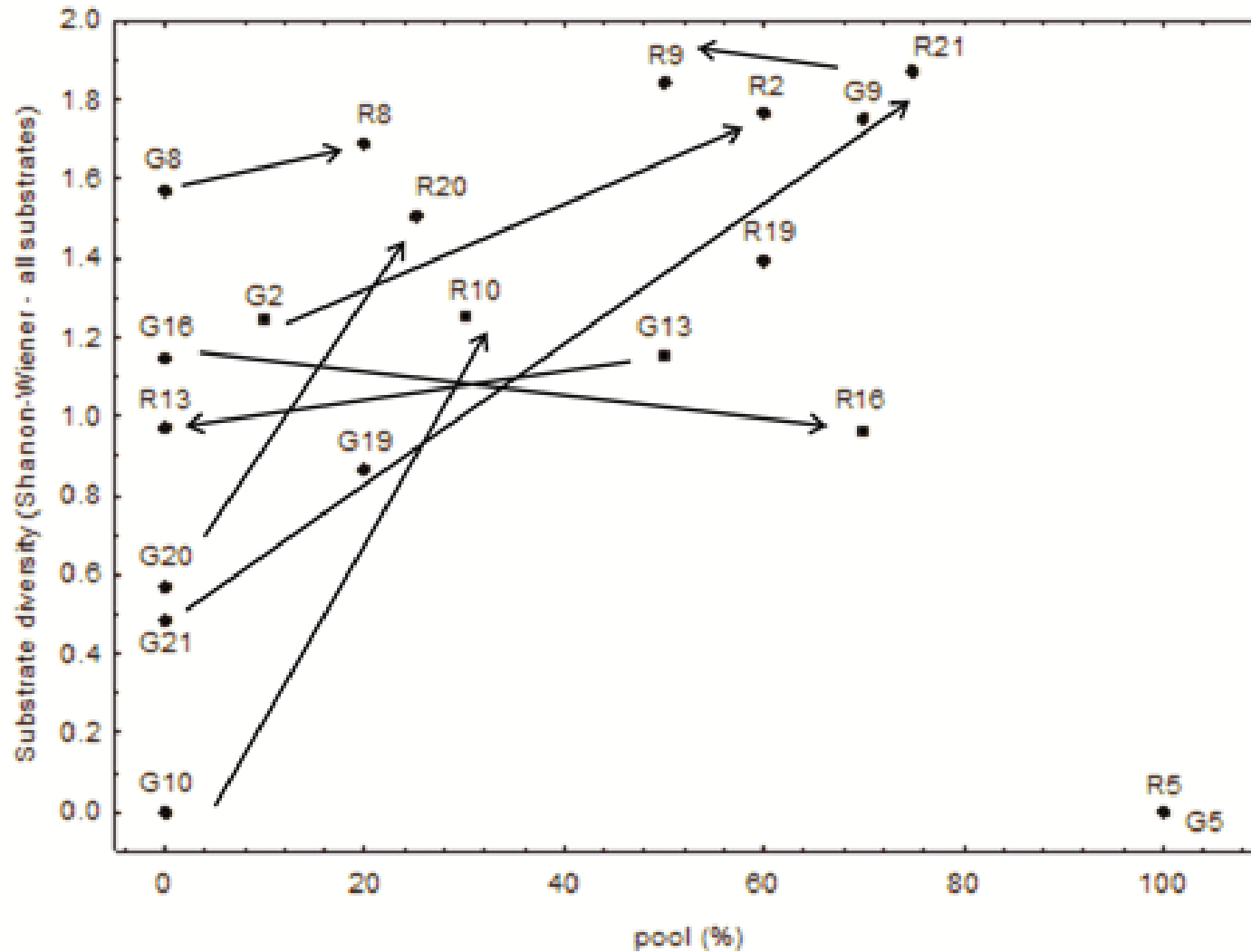
## DATA

- 10 párů lokalit (regulovaný-revitalizovaný úsek)
  - bentičtí bezobratlí odebrání metodou PERLA (WFD monitoring) – jarní a letní vzorky (2005)
  - charakteristiky revitalizace, popis lokalit
  - data poskytnutá Výzkumným ústavem vodohospodářským TGM (Dr. Rozkošný)
- 
- nadmořská výška: 170-780 m n.m.
  - plocha povodí: 2,2-59,9 km<sup>2</sup>
  - délka revitalizovaného úseku: 0.4-10.0 km



# SOUHRN VÝSLEDKŮ – CHARAKTERISTIKY HABITATŮ



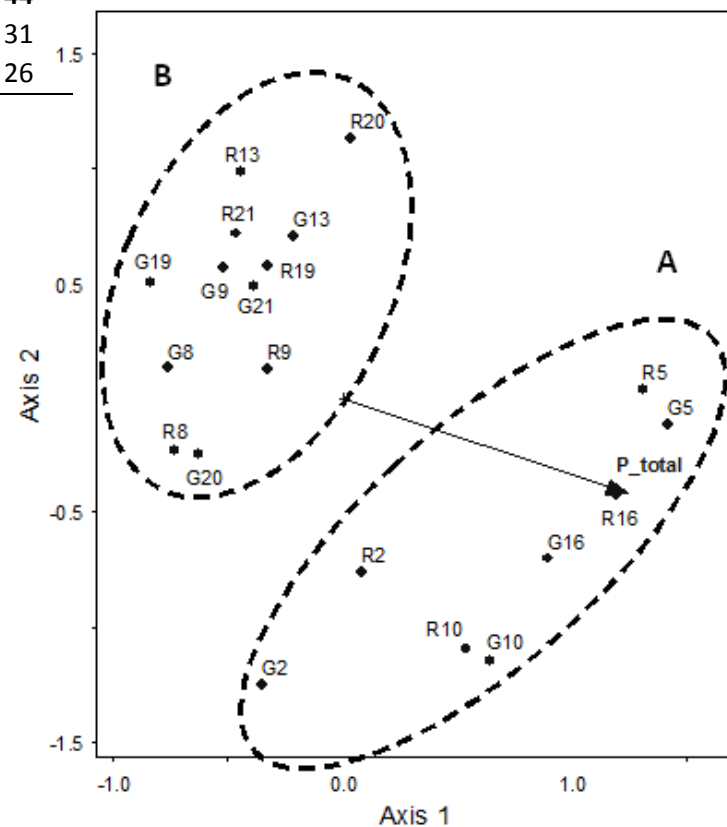
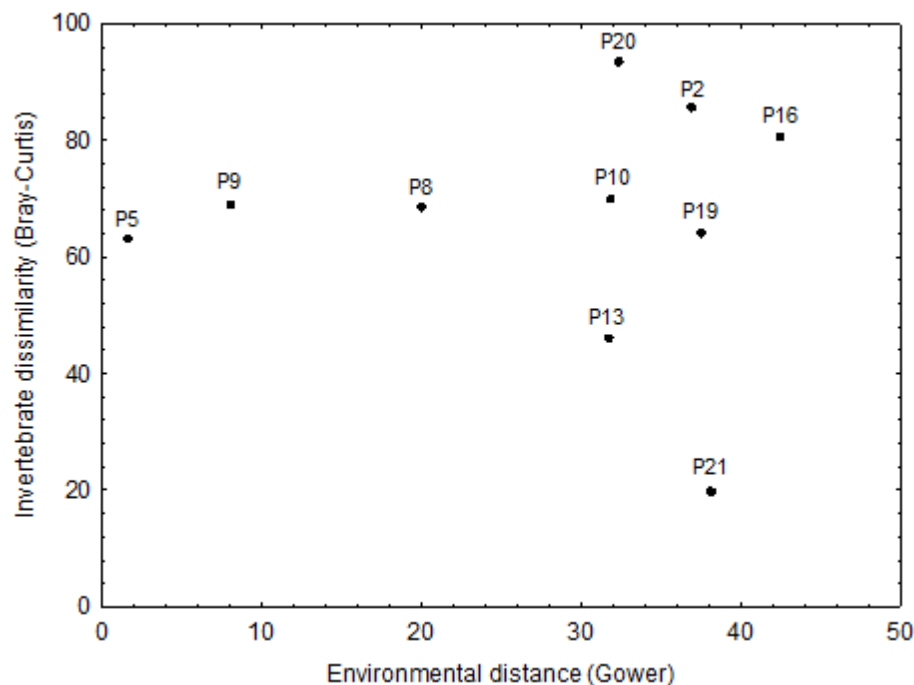




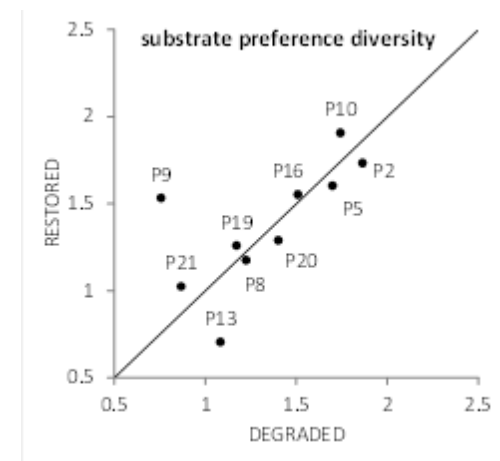
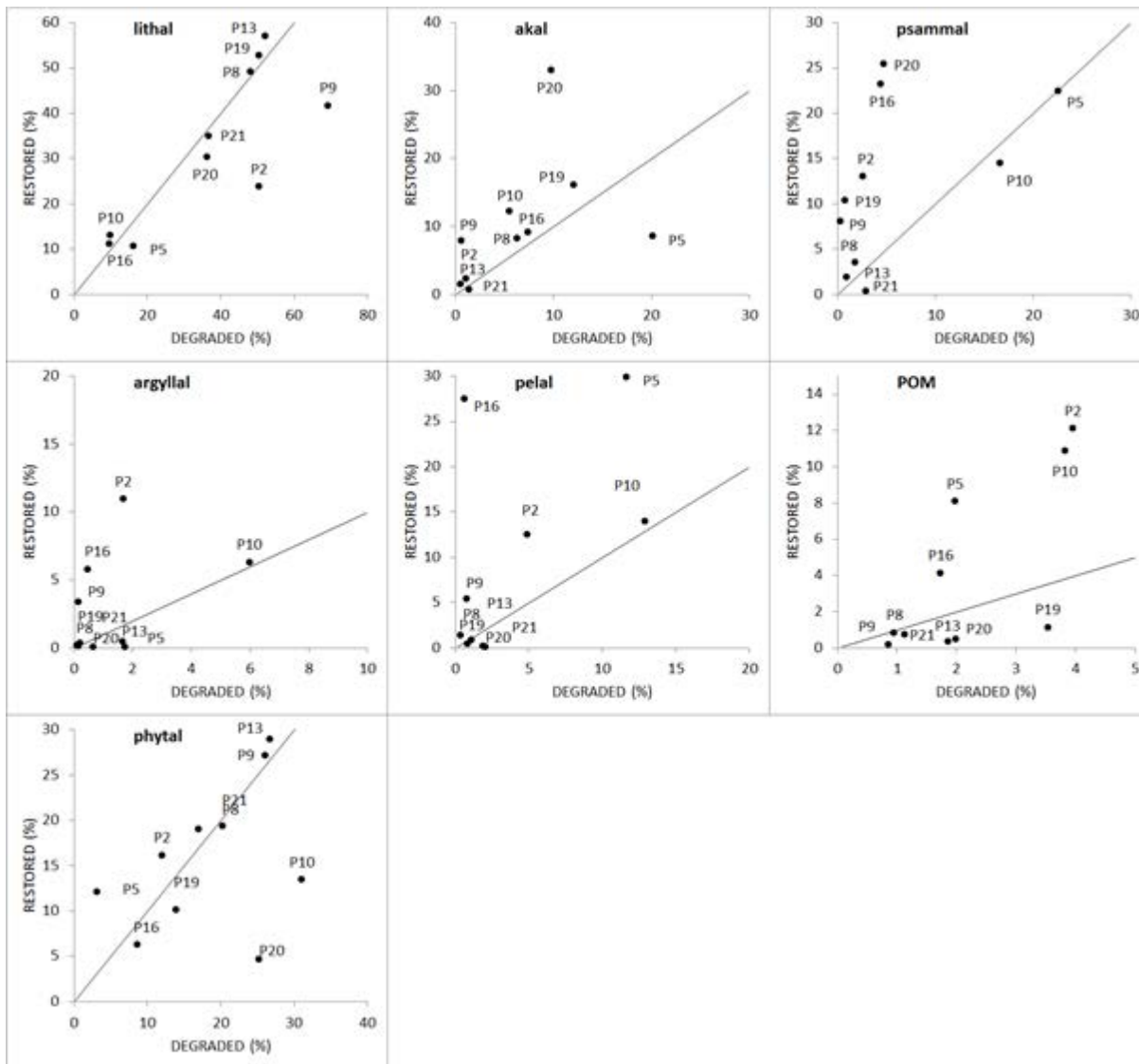
## SOUHRN VÝSLEDKŮ – DIVERZITA, ŠKÁLY

Tab. 1. Number of macroinvertebrate taxa in degraded (D) and restored (R) stretches; R+ is number of taxa unique for degraded (R-) or restored (R+) stretch – pairwise comparison; C represents number of common taxa within a pair; Total number indicates sum of taxa found within pairs altogether.

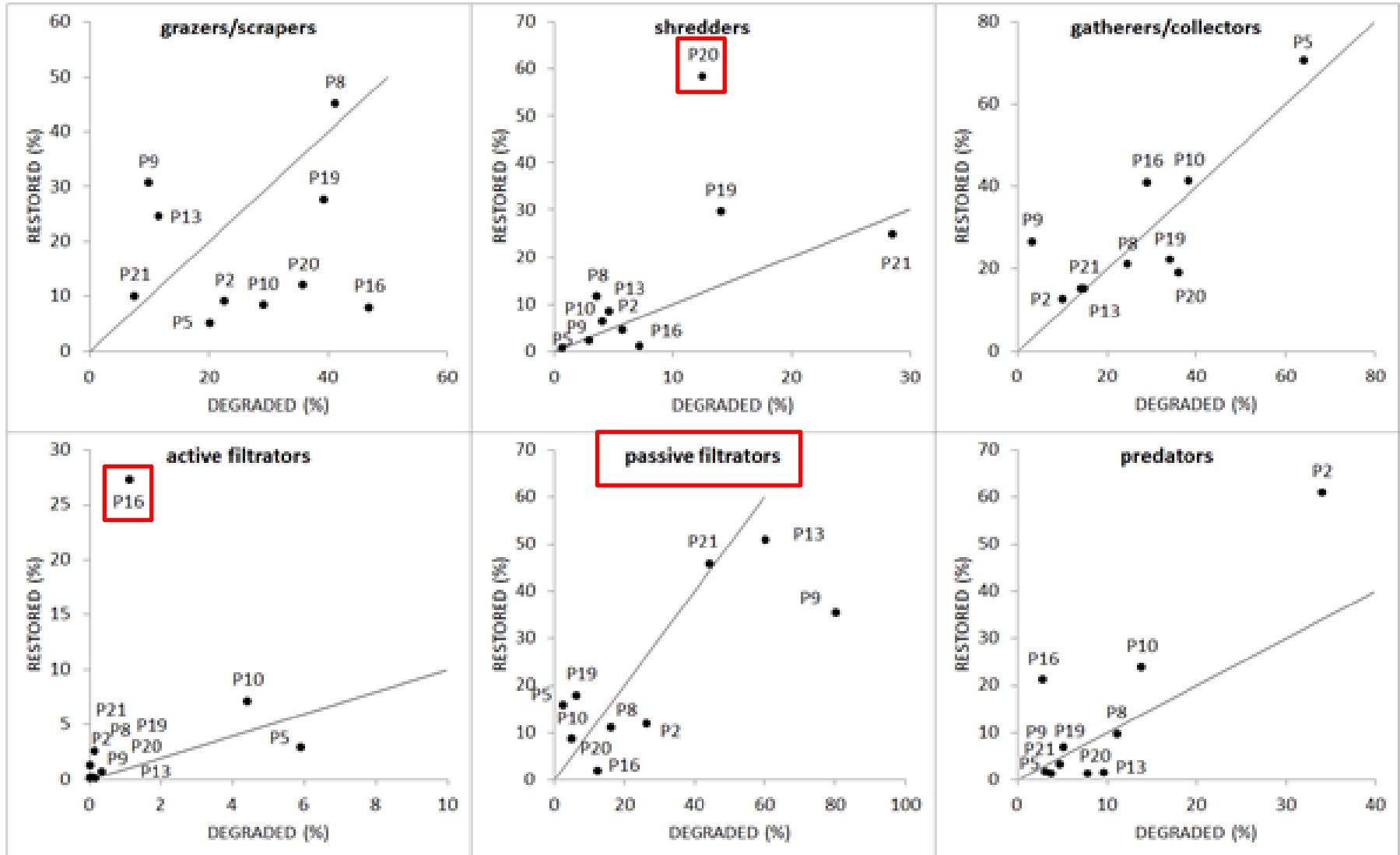
	P10	P16	P2	P5	P13	P19	P20	P21	P8	P9
R+	16	13	12	11	14	10	9	13	16	18
R-	16	10	6	12	20	19	24	10	28	13
C	9	6	8	13	14	26	18	17	29	13
<b>Total</b>	<b>41</b>	<b>29</b>	<b>26</b>	<b>36</b>	<b>48</b>	<b>55</b>	<b>51</b>	<b>40</b>	<b>73</b>	<b>44</b>
R	25	19	20	24	28	36	27	30	45	31
D	25	16	14	25	34	45	42	27	57	26



# SOUHRN VÝSLEDKŮ – SUBSTRÁTOVÉ PREFERENCE BEZOBRATLÝCH



# SOUHRN VÝSLEDKŮ – POTRAVNÍ STRATEGIE



- rozdíl většiny MZB metrik mezi regulovanými a revitalizovanými úseky není konzistentní napříč celým datovým souborem (Wilcoxonův test nevýznamný)
- byly prokázány vazby některých charakteristik makrozoobentosu na parametry prostředí měněné revitalizačními zásahy
- u jednotlivých revitalizací jsou směry změn protichůdné (abiota i biota)
- vhodné by bylo stanovit referenční podmínky z hlediska hydromorfologie a porovnat s modelovaným referenčním společenstvem
- změny společenstev jsou více ovlivňovány gradientem eutrofizace než hydromorfologickými změnami

## VÝSTUPY PRO PRAXI

- ukazují se směry, kterými by bylo vhodné upravit metodiky používané v rutinním monitoringu pro hodnocení ekologických dopadů revitalizací
- zahrnutí poříčních tůní, rozdělení vzorků podle základních typů habitatů, termín vzorkování – pozdní léto-ranný podzim → diferenciací habitatů z hlediska podmínek prostředí i biologických společenstev
- významnou roli při hodnocení hrají stresory působící v povodí revitalizované lokality (eutrofizace)
- pro přesnější vyhodnocení účinků revitalizace je třeba monitorovat soubor parametrů prostředí i biotu v uspořádání BACI (**B**efore-**A**fter-**C**ontrol-**I**mpacted)
- potřeba ustanovení standardní metodiky, která by byla povinnou součástí schvalovacího procesu revitalizace

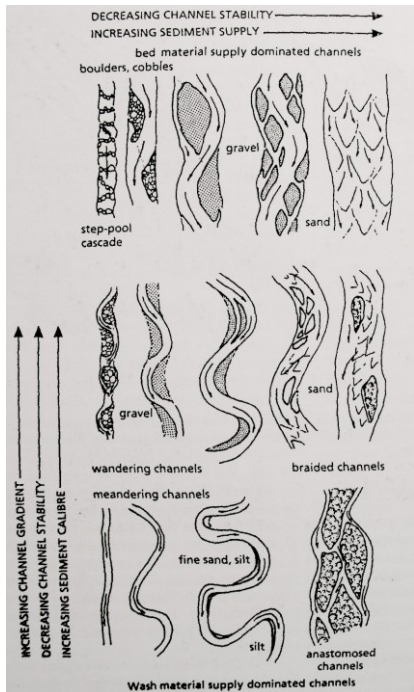
# HYDROMORPHOLOGICAL DEGRADATION

## HYDROMORPHOLOGY

hydrology, fluvial processes shape, structures, forms

### CHANNEL PATTERN

(straightening, single channel stabilization)



### CHANNEL CROSS-SECTION

#### BANK STABILIZATION

Natural/unmodified	Artificial/modified
Vertical/undercut	Resectioned
Vertical + toe	Reinforced - whole bank
Steep (>45°)	Reinforced - top only
Gentle	Reinforced - toe only
Composite	Artificial two-stage
	Poached
	Embanked
	Set-back embankments



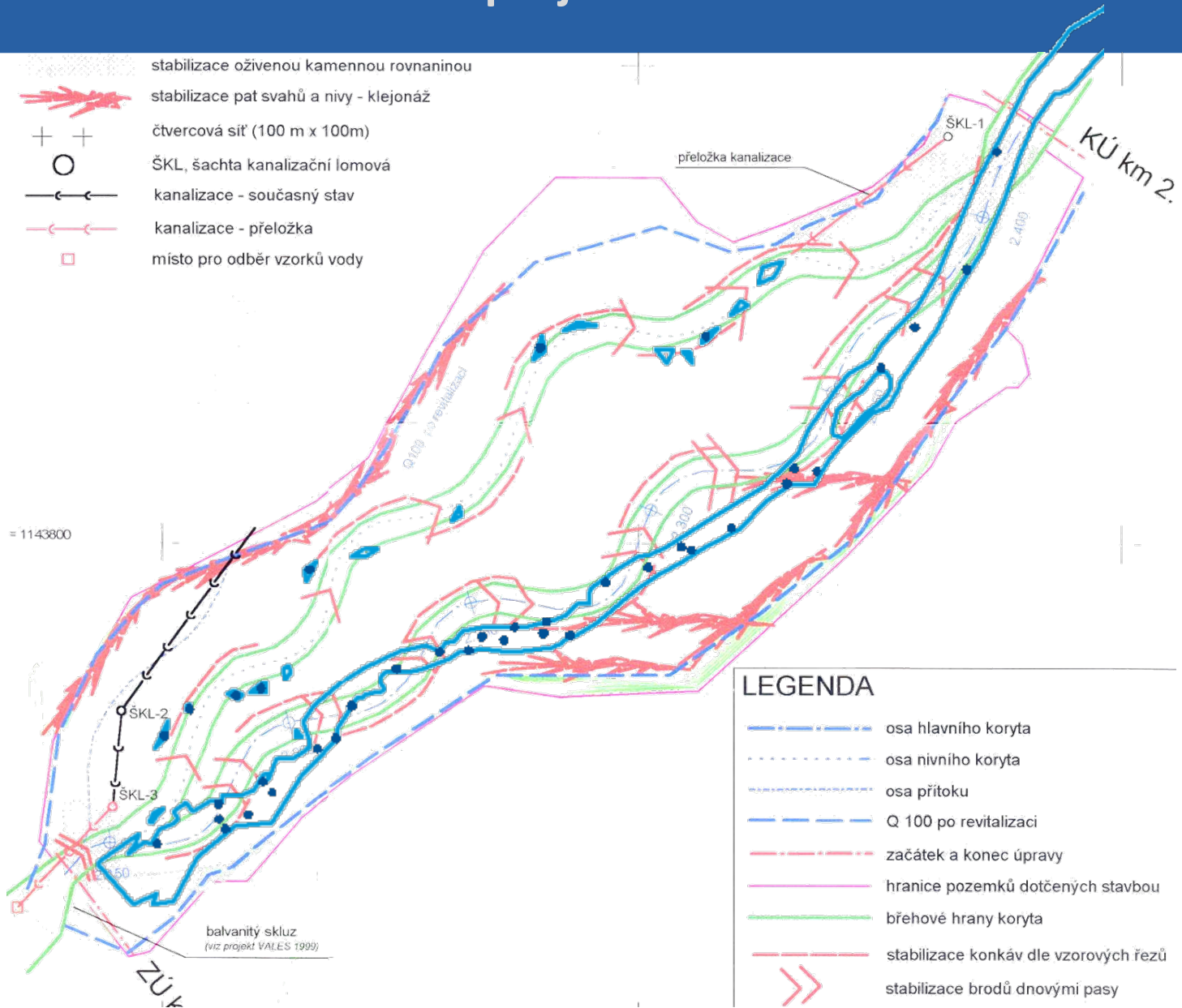


*Catchment area: 18 km<sup>2</sup>*

*Altitude: 525 m*

*Stream length : 6.8 km*

# Kněhyně stream restoration project





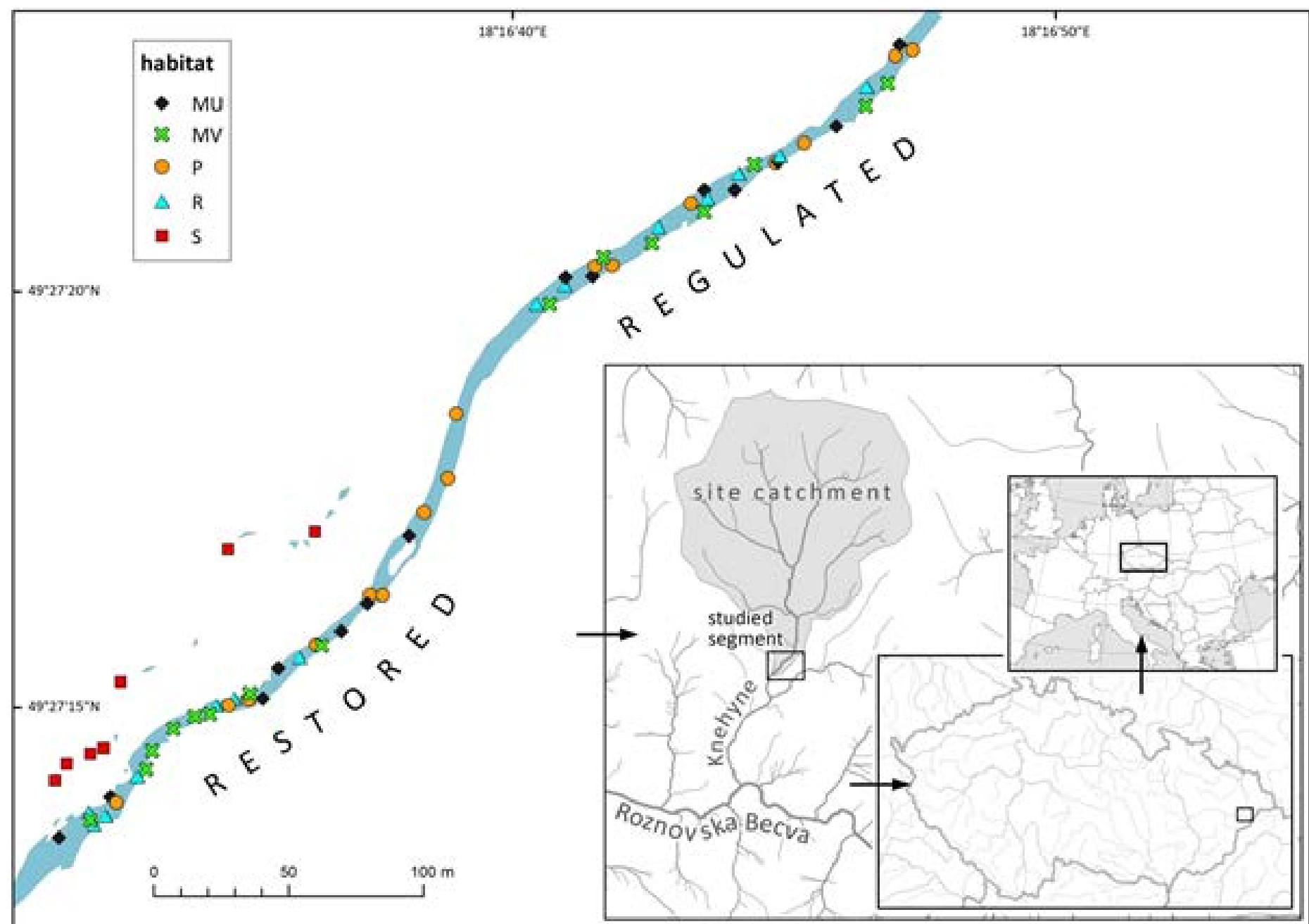
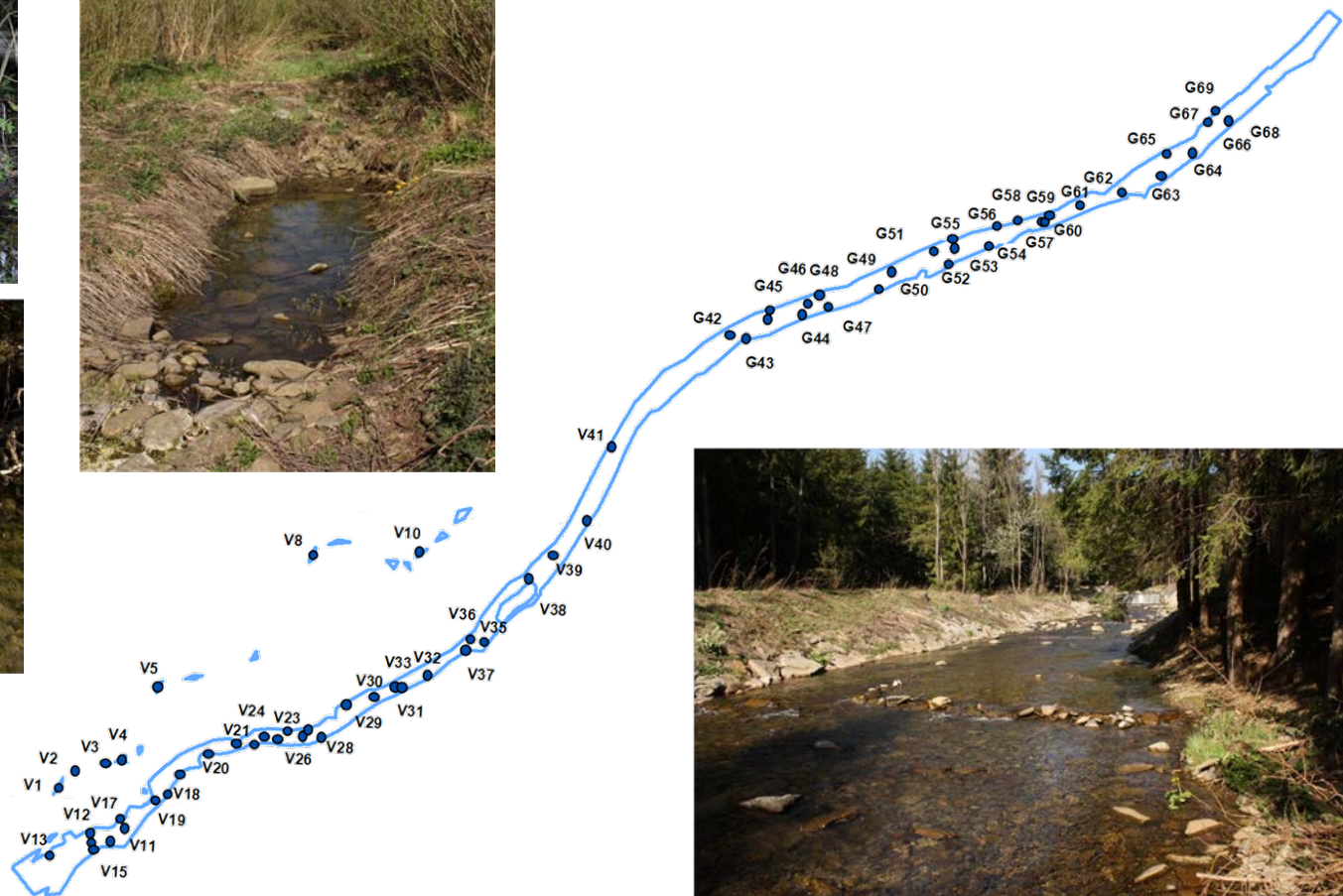


Fig. 1. Location of sampling points at restored and regulated stretches of Knehyně stream (MU=unvegetated margins, MV=vegetated margins, P=channel pools, R=riffles, S=side arm pools).

# 4. REVITALIZACE NA ÚROVNI HABITATŮ - KNĚHYNĚ

## LOKALITA



# HYDROMORPHOLOGY

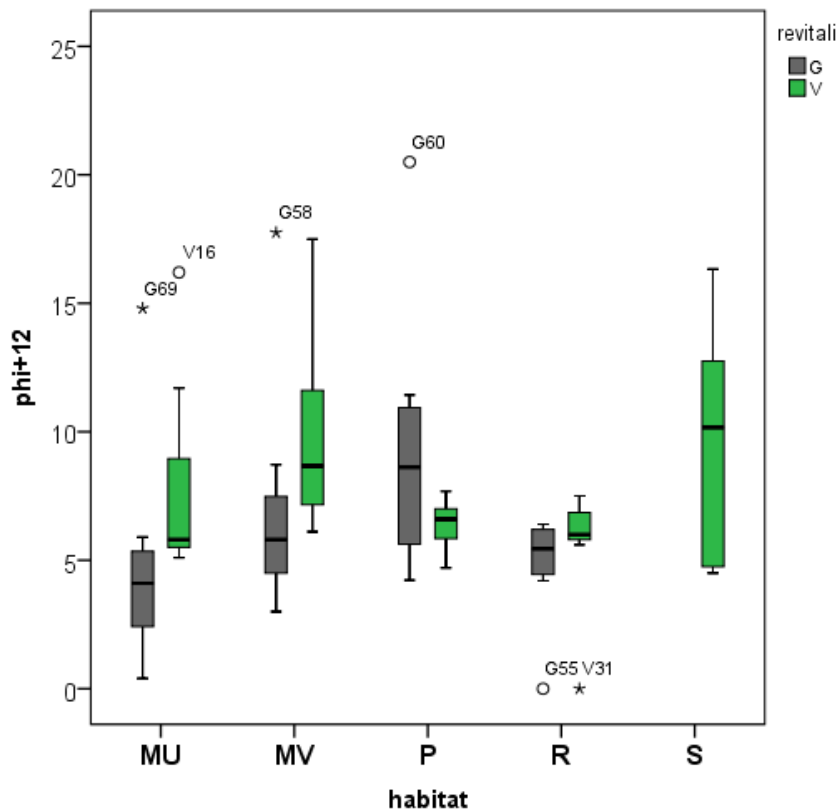


# HYDROMORPHOLOGY



# ENVIRONMENTAL PARAMETERS

## mineral substrate (phi+12) (particle size)



### VxG difference (all habitats):

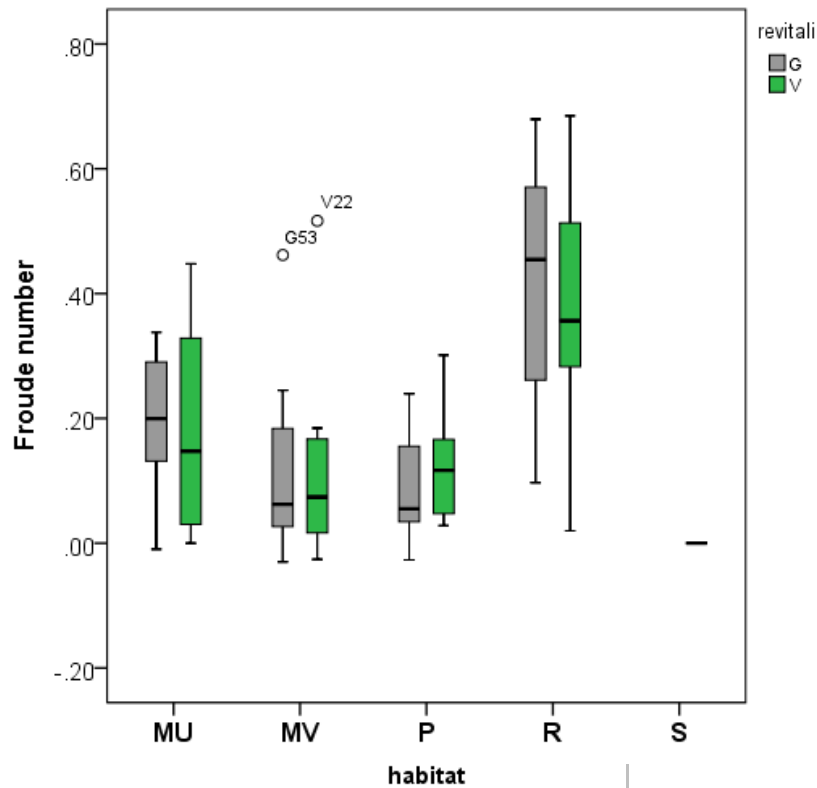
- CPOM (V>G)\*
- phi+12 (V>G)\*

### VxG difference (habitats):

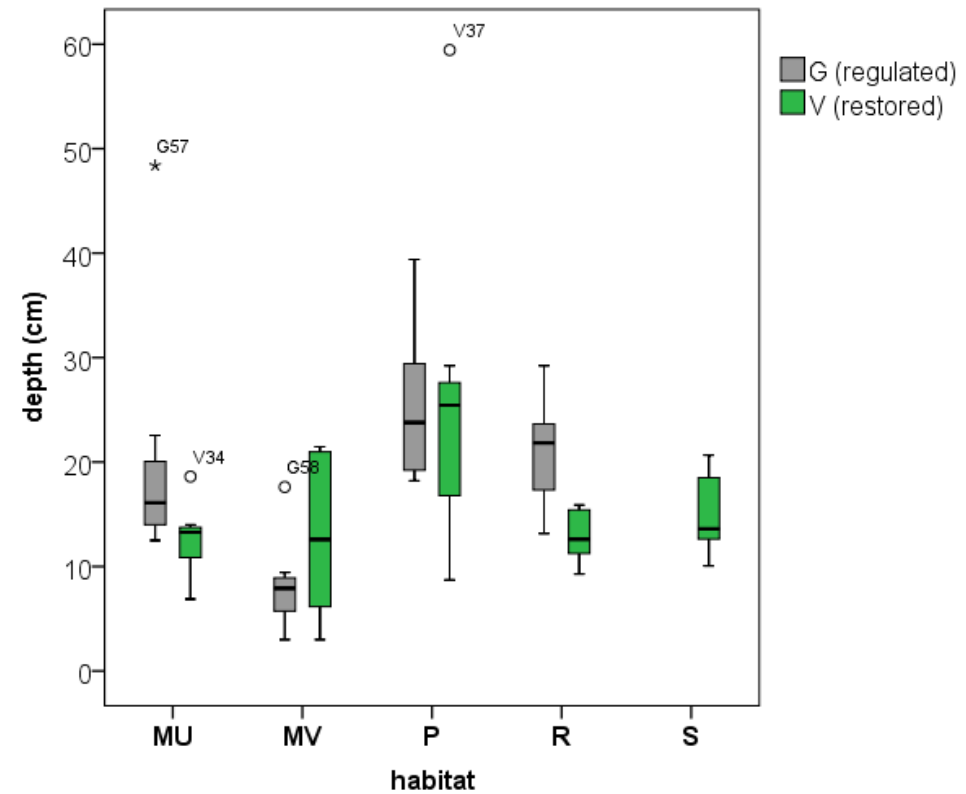
- MV: FPOM (V<G)\*
- R: depth (V<G)\* \*

# ENVIRONMENTAL PARAMETERS

## Froude number



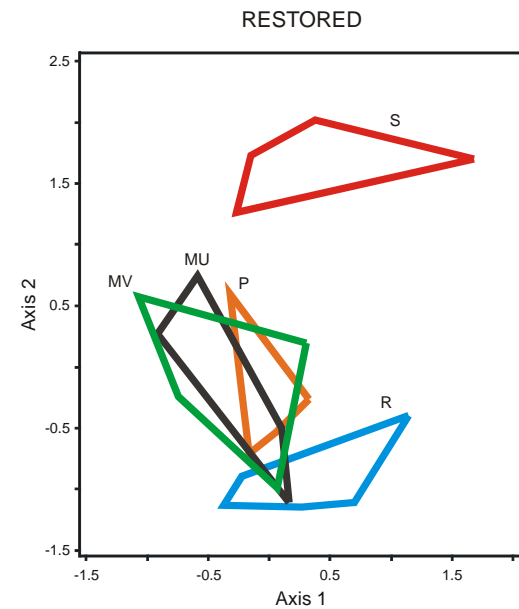
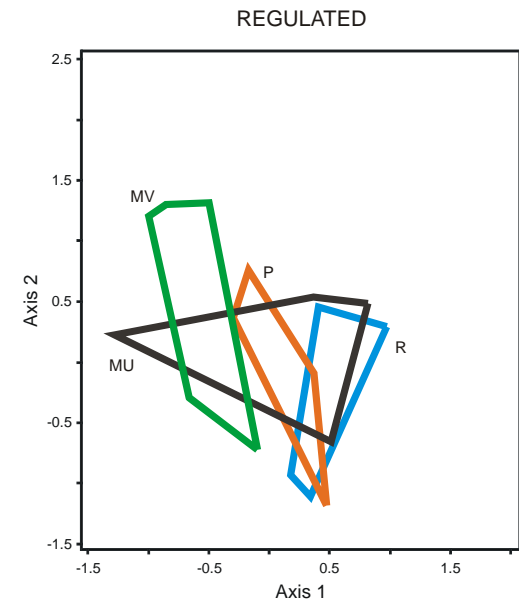
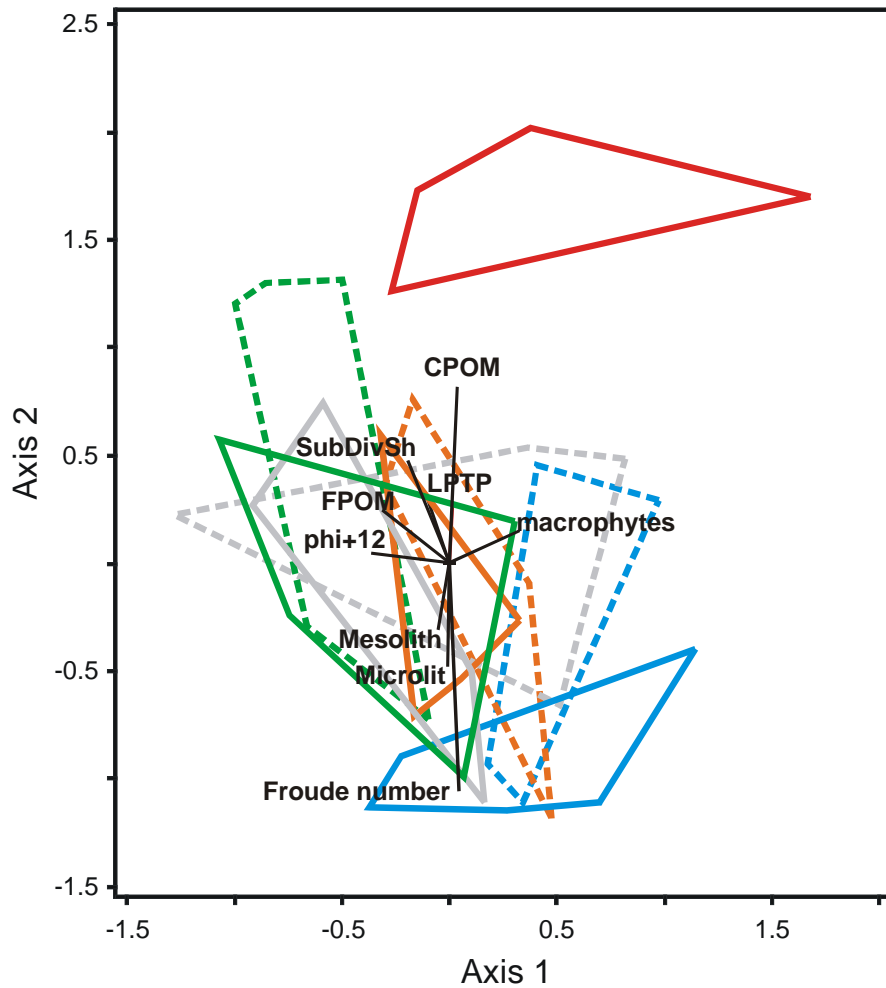
## depth



■ G (regulated)  
■ V (restored)

# Macroinvertebrate communities

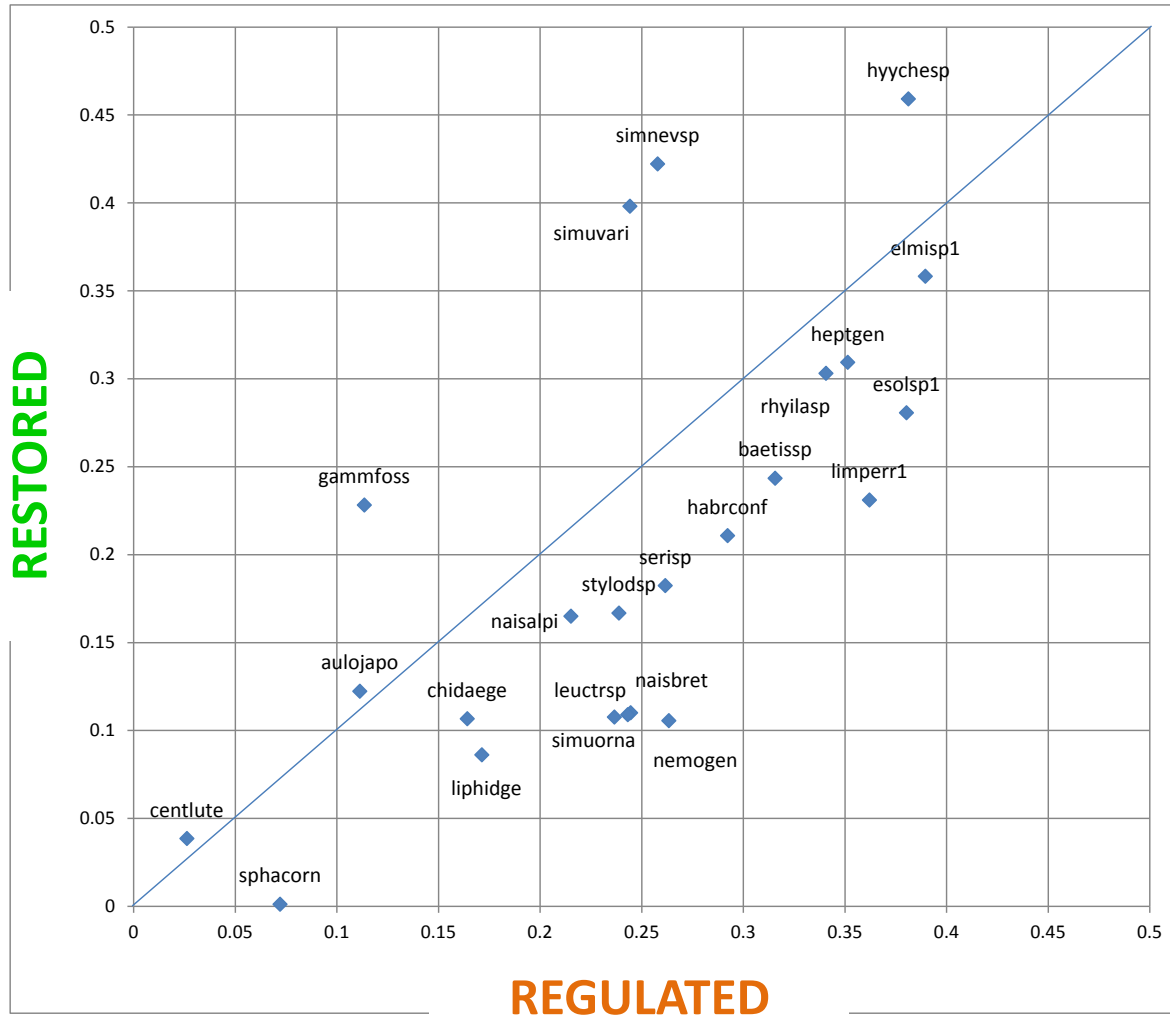
## Multidimensional Scaling (Bray-Curtis dissimilarity)



# ENVIRONMENTAL PREFERENCES (weighted average)

## Froude number

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{gD}}$$

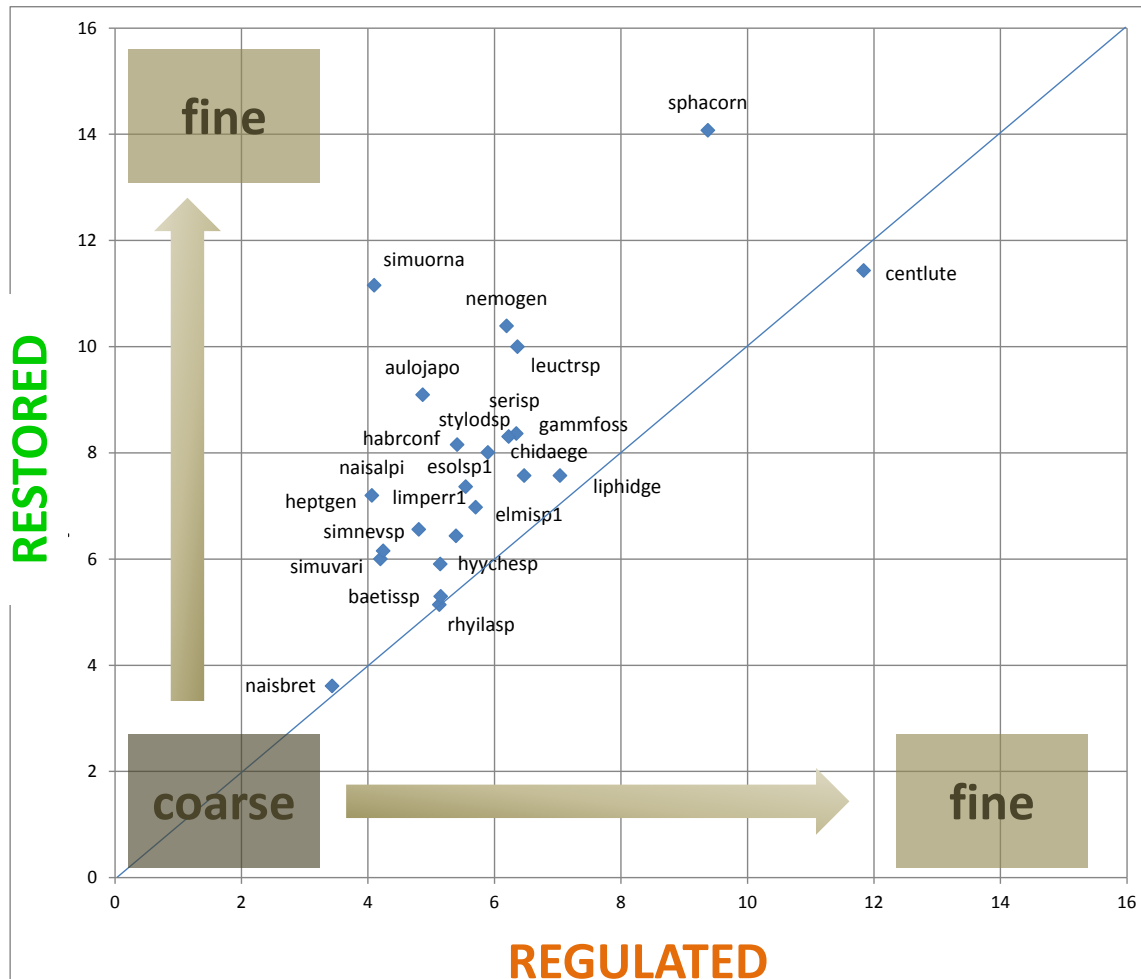


- hydraulic preferences of frequently occurred taxa were identified
- majority of taxa preferred lower Froude number in restored stretch than in regulated



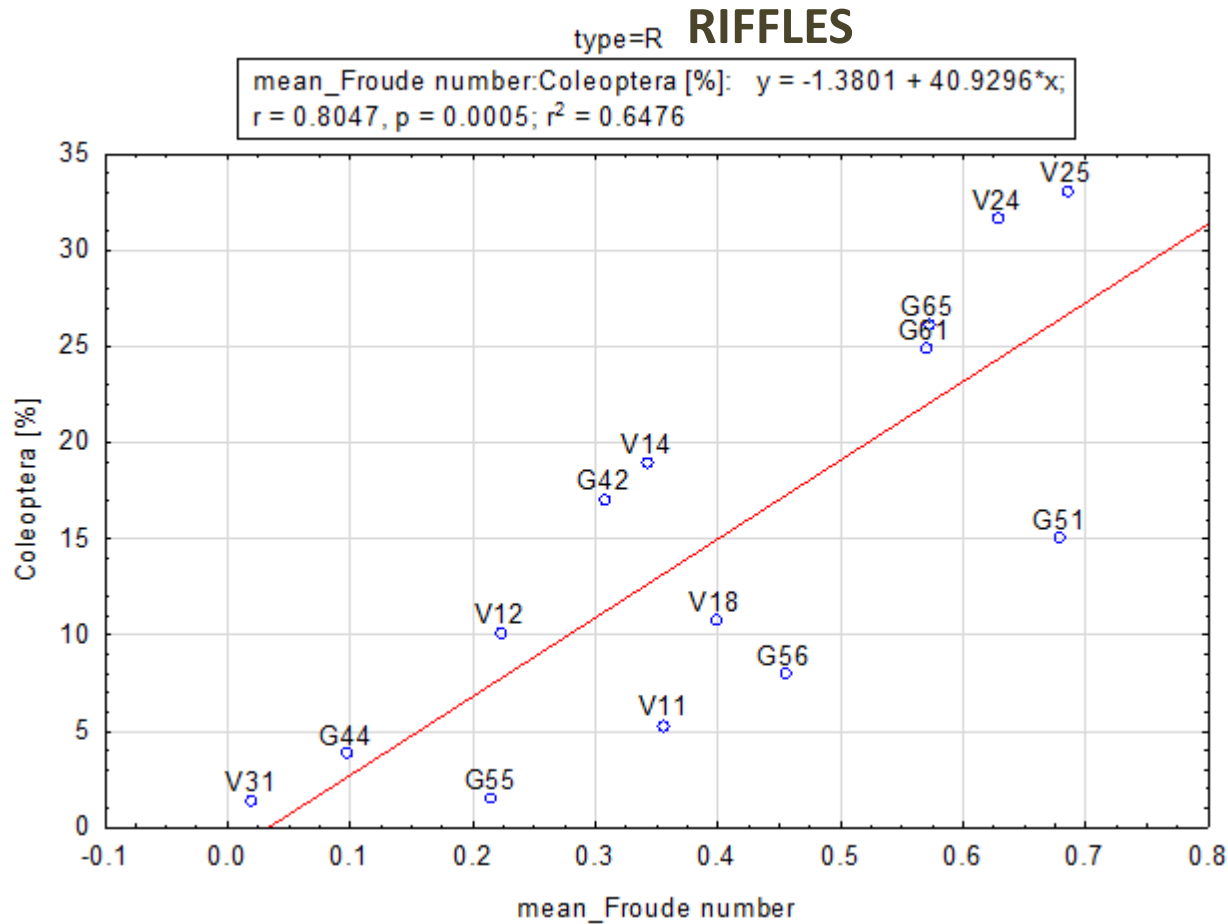
# ENVIRONMENTAL PREFERENCES (weighted average)

substrate (phi+12)



- identified linkages between taxa and substrate particle size
- taxa occurred at finer substrate in restored stretch

## Froude number x % Coleoptera abundance



habitat-specific relationships

# Kněhyně stream habitats



## pools of lateral channel



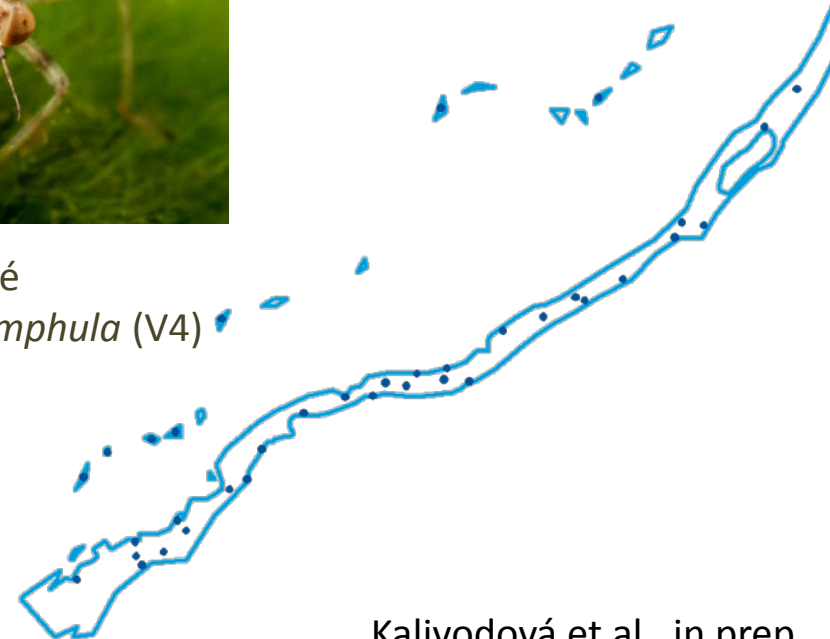
uchatka toulavá



*Radix labiata* (V4)



šidélko ruměnné  
*Pyrrhosoma nymphula* (V4)



# SPECIFIC TAXA

## riffles



restored



*Heptageniidae Gen. sp.*



*Baetis sp.*

regulated



*Limnius perrisi*



Chironomidae

# SPECIFIC TAXA

## pools (main channel)



restored



*Habroleptoides confusa*

regulated



*Simulium ornatum*



*Leuctra* sp.

## vegetated marginal habitats (MV)



restored



*Centroptilum luteolum*, *Baetis* sp.

regulated



*Aulodrilus japonicus*



*Gammarus fossarum*

## unvegetated marginal habitats (MU)



restored



*Habroleptoides confusa*



*Gammarus fossarum*



*Hydropsyche* sp.

regulated

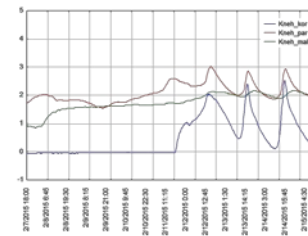
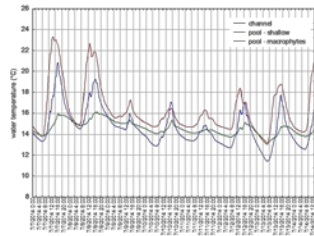


*Simulium ornatum*

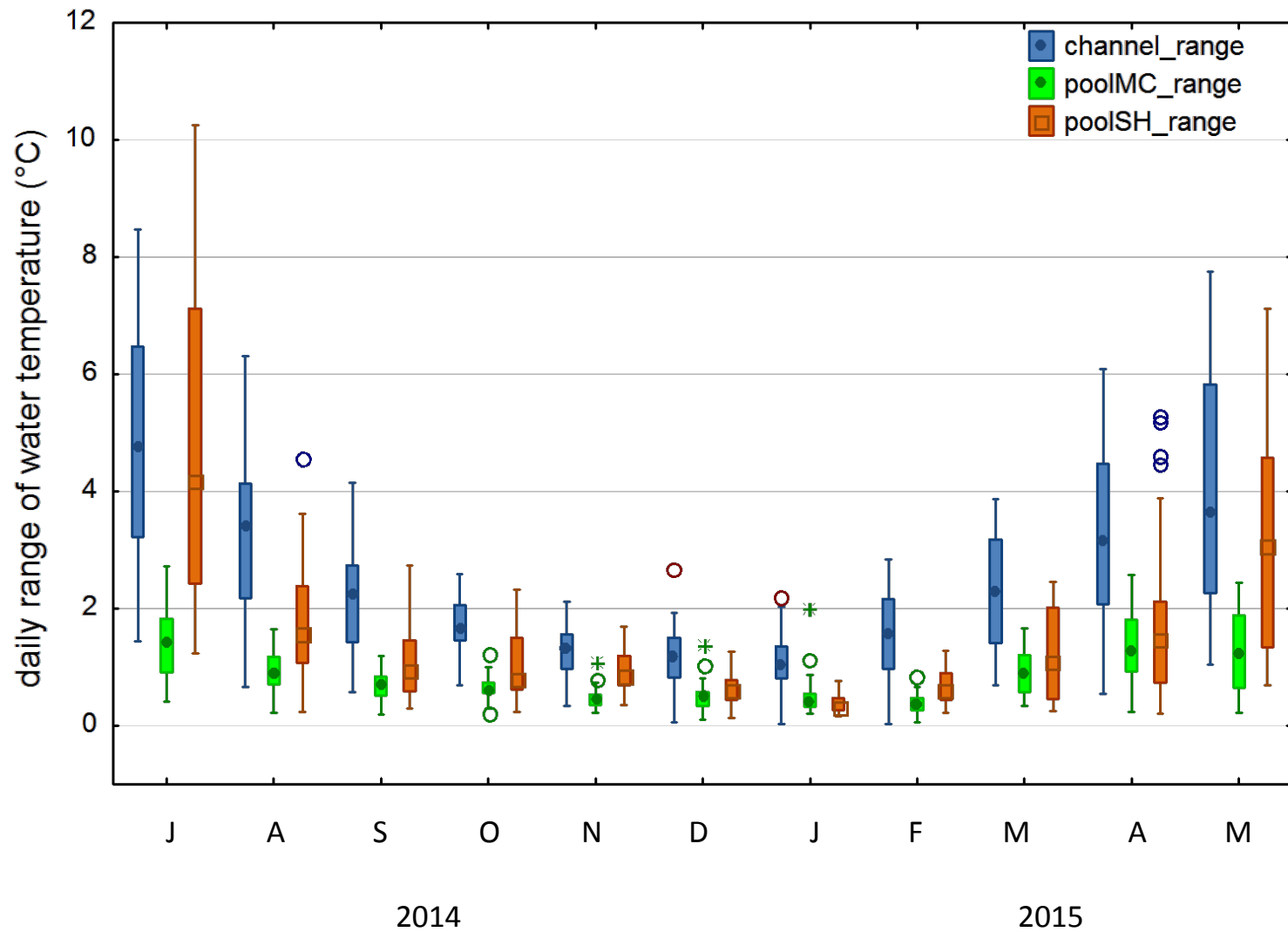


# 4. REVITALIZACE NA ÚROVNI HABITATŮ - KNĚHYNĚ

## TEPLOTA



## TEPLOTA



## SOUHRN VÝSLEDKŮ

- byla otestována klasifikace habitatů v podmínkách malého toku
- prokázány habitatově specifické rozdíly mezi regulovaným a revitalizovaným úsekem toku
- zaznamenány specifické podmínky v tůních sekundárního koryta (teplota, O<sub>2</sub>)
- makrozoobentos v těchto tůních se strukturou lišil od všech ostatních habitatů a nejvýrazněji přispíval k rozdílu mezi revitalizovaným a regulovaným úsekem
- přestože sekundární koryto nefunguje podle původního záměru projektu, přispívá k heterogenitě parametrů prostředí i obohacení biodiverzity na revitalizované lokalitě
- problémem je nedostatek sedimentů přinášených z povodí, zarůstání štěrkové lavice vrbami, hrázky budované rekreanty

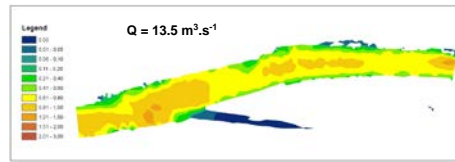
## VÝSTUPY PRO PRAXI

- ověření funkčnosti principů hodnocení ekologických účinků revitalizace
- podklady pro vyhodnocení reakce vodních organismů
- informace o teplotním režimu, vodivosti a saturaci kyslíku (datalogery)
- v budoucnu bude možné vyhodnotit účinky udržovacích prací (vegetace, zastínění)
- zaznamenání sukcese společenstev (opakovaná vzorkování)
- návrh indikátorů specifických pro revitalizovaný úsek
- obecné principy využitelné i na jiných lokalitách

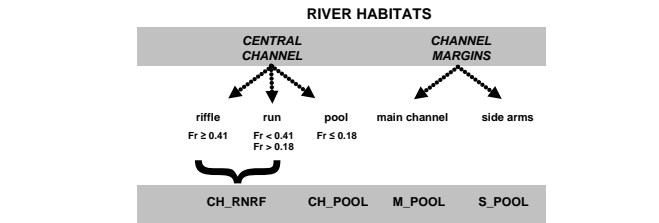
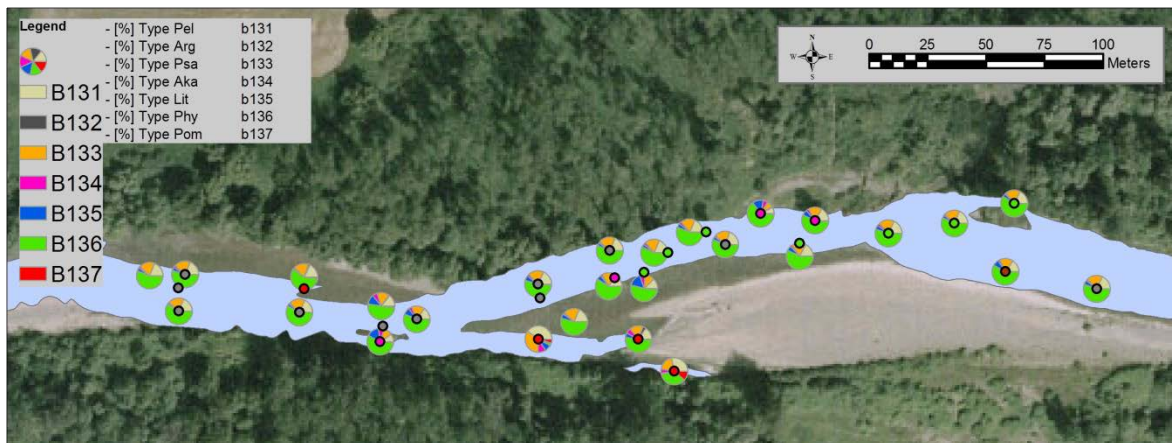
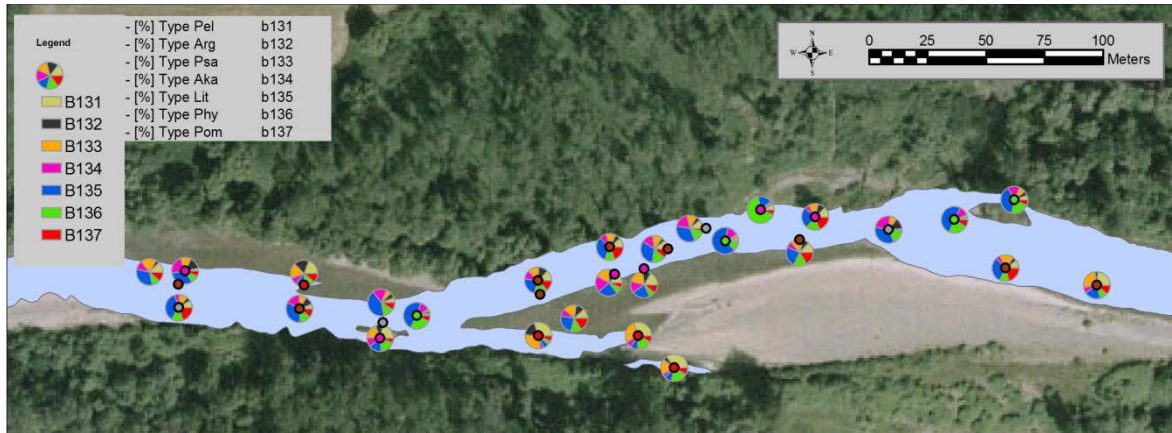
# CLIMATE CHANGE x FRESHWATER ECOSYSTEMS



GOCE-CT-2003-505540



## macroinvertebrate substrate preference (autumn x spring)



## Becva River (renaturalization)

channel forming processes

large woody debris

side arms

Jahnig S.C., Brabec K., Buffagni A., Erba S., Lorenz A.W., Ofenbock T., Verdonschot P.F.M., Hering D., 2010: A comparative analysis of restoration measures and their effects on hydromorphology and benthic invertebrates in 26 central and southern European rivers. *Journal of applied ecology* 47(3): 671-680.

Verdonschot, P.F.M.; Hering, D.; Murphy, J.; Jähnig, S.C.; Rose, N.L.; Wolfram Graf, W.; Brabec, K.; Sandin, L., 2010. Climate Change and the Hydrology and Morphology of Freshwater Ecosystems. In: Kernan, M., Battarbee, R.W., Moss, B. (eds), *Climate change impacts on freshwater ecosystems*. Chichester, UK, Wiley-Blackwell, p. 65 - 83.

# RIVER RESTORATION



*REstoring rivers FOR effective catchment Management (2011-2015)*

GRANT NO. 282656

- **complex study** on ecological consequences of river restorations (biota groups, stable isotopes, hydromorphological surveys) – paired sites at Becva and Morava Rivers
- macroinvertebrate response to **restoration of small streams** (contribution to meta-data analysis, detailed analyses based on 10 pairs of sites)
- **microhabitat study** at restored Knehyne stream
- **habitat/matrix specific accumulation of heavy metals** at Svratka River

