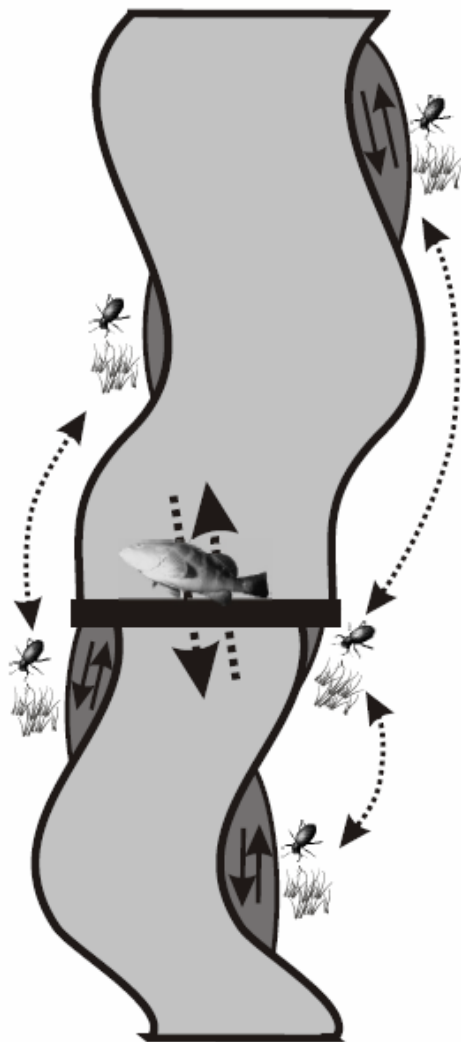


Horký, P. a kol.

Studie migrace ryb přes kartáčové rybí přechody na řece Sázavě

Úvod

Fragmentace toků příčnými překážkami a jejich následná degradace je stále aktuální problém managementu vodních ekosystémů, který je řešený i v rámci EU.



Negativní důsledky

- *izolace populací*
- *omezení toku genů*
- *nedostupnost prostředí*
- *snížení druhové diverzity*
- *degradace společenstev*

(Lucas & Baras, 2001)

Úvod

Obecně doporučovaným nejlepším řešením fragmentace toku je celkové odstranění příčné překážky, které mimo obnovení průchodnosti umožní i celkovou revitalizaci toku do přírodě blízké podoby (Cowx & Welcomme, 1998).



odstranění překážky (*úplná revitalizace*)



obecný zájem (*zásobárna pitné vody*)

kompromis = rybí přechod



Úvod

Pro kaprovité druhy ryb se nejčastěji používají následující typy rybích přechodů.

komůrkový



štěrbínový



bypass



Úvod

Pro kaprovité druhy ryb se nejčastěji používají následující typy rybích přechodů.

komůrkový



štěrbínový



bypass



Úvod

Pro kaprovité druhy ryb se nejčastěji používají následující typy rybích přechodů.

komůrkový



štěrbínový



bypass



Úvod

Jednou z posledních novinek z hlediska technologie výstavby rybích přechodů jsou tzv. kartáčové rybí přechody, které byly vyvinuté v roce 2000 v Německu.



Výhody

- **Hydraulické parametry**
- **Biologická účinnost**
- **Jednoduchost konstrukce**

(Hassinger, 2002)

V ČR se tuto technologii jako první rozhodl testovat státní podnik Povodí Vltavy v souvislosti s aplikací kartáčů do šterkových nebo sportovních propustí.

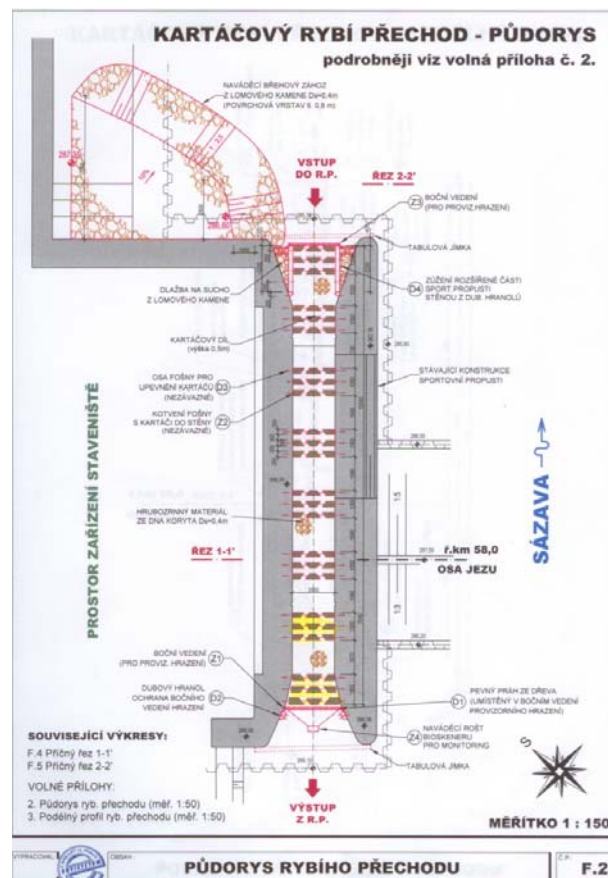
Úvod

Na základě pilotních testování byla postavena soustava čtyř navazujících kartáčových rybích přechodů na řece Sázavě (*Pyskočely, Černé Budy, Kavalier, Budín*).

Předpoklady funkčnosti

- ovlivnění migrace faktory prostředí (teplota, průtok, osvit)
- žádná velikostní ani druhová selektivita
- prostupnost pro dostatečné množství ryb
- všechny přechody by měly mít srovnatelnou účinnost

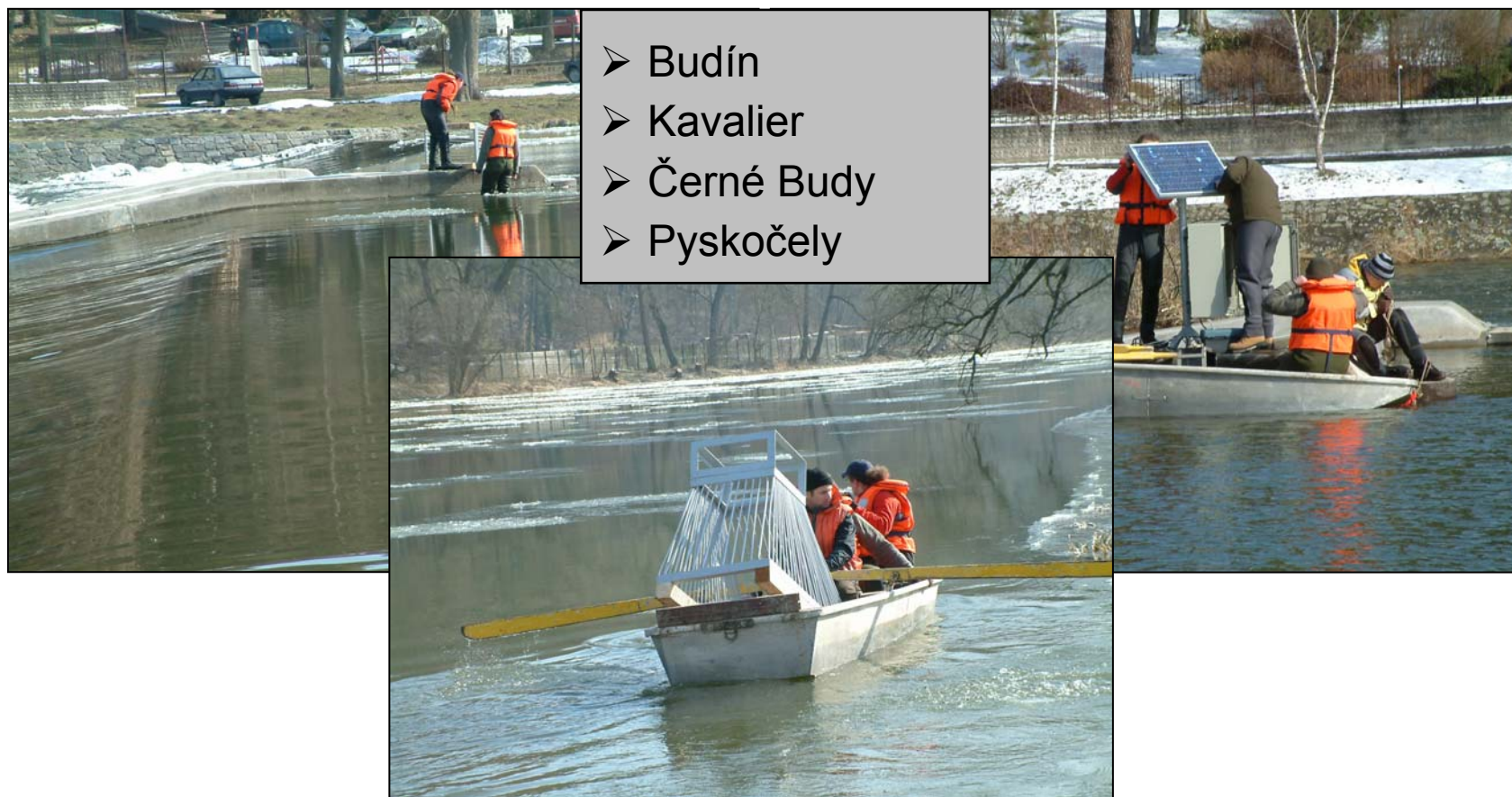
Testování



Předpoklady funkčnosti kartáčových rybích přechodů byly testovány kombinací dvou moderních sledovacích metod (VAKI a PIT).

Materiál a metoda

V roce 2010 byly současně testovány předpoklady funkčnosti všech čtyř kartáčových rybích přechodů.



Terénní sledování začalo v březnu při teplotě blízké 0°C, tedy v dostatečném předstihu před zahájením reprodukčních migrací.

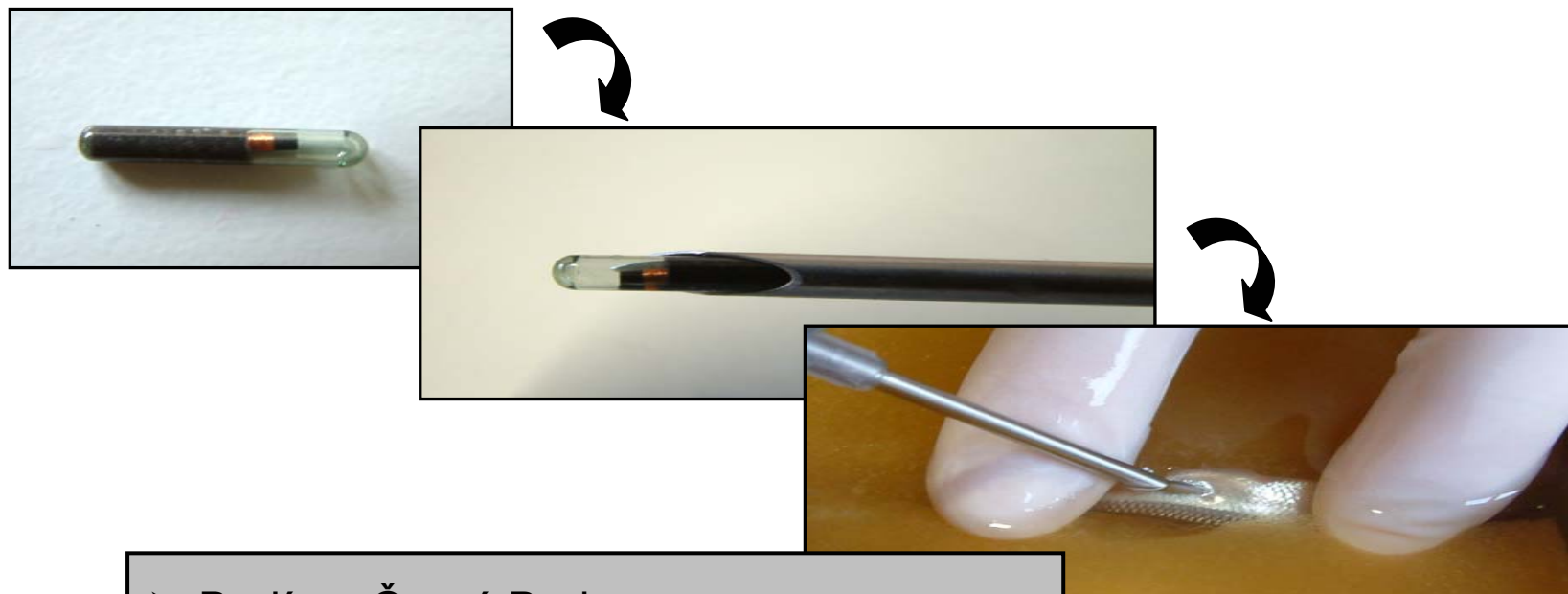
Sledování pomocí bioskeneru VAKI bylo realizované v pravidelných týdenních intervalech od 15.3. do 11.6.



➤ Kavalier a Pyskočely

V tomto období bylo provedeno dvanáct úplných diurnálních cyklů sledování na jezu Kavalier a šest úplných diurnálních cyklů na jezu Pyskočely.

Sledování pomocí technologie PIT bylo zahájeno odlovy ryb 15.3. a ukončeno odebráním sledovacího zařízení 16.6.



- Budín a Černé Budy
- označeno 17 druhů ryb (bolen, candát, cejn, cejnek, hrouzek, ježdík, okoun, ostroretka, parma, perlín, plotice, podoustev, úhoř, proudník, pstruh, štika, tloušť)

Celkem bylo označeno 1612 ryb, z nichž 839 bylo použitých pro ověření funkčnosti jezu v Budíně a 773 pro ověření funkčnosti jezu v Černých Budech.

Sledování pomocí technologie PIT bylo zahájeno odlovy ryb 15.3. a ukončeno odebráním sledovacího zařízení 16.6.



- Budín a Černé Budy
- označeno 17 druhů ryb (bolen, candát, cejn, cejnek, hrouzek, ježdík, okoun, ostroretka, parma, perlín, plotice, podoustev, úhoř, proudník, pstruh, štika, tloušť)

Celkem bylo označeno 1612 ryb, z nichž 839 bylo použitých pro ověření funkčnosti jezu v Budíně a 773 pro ověření funkčnosti jezu v Černých Budech.

Veškerá data byla zpracována a vyhodnocena pomocí statistického softwaru SAS.

Procedura MIXED

- zobecněný lineární model obohacený o náhodné efekty

+

Procedura GENMOD

- logistická regrese



$$y = b_0 + b_1 x$$

$$s.e. = \sqrt{1 + \frac{1}{n} + \frac{n(x_0 - \bar{x})^2}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2}}$$

$$= 3.169 \cdot 3.22 \cdot \sqrt{1 + \frac{1}{12} + \frac{12 \cdot (x_0 - \bar{x})^2}{\sum (x_i - \bar{x})^2}}$$

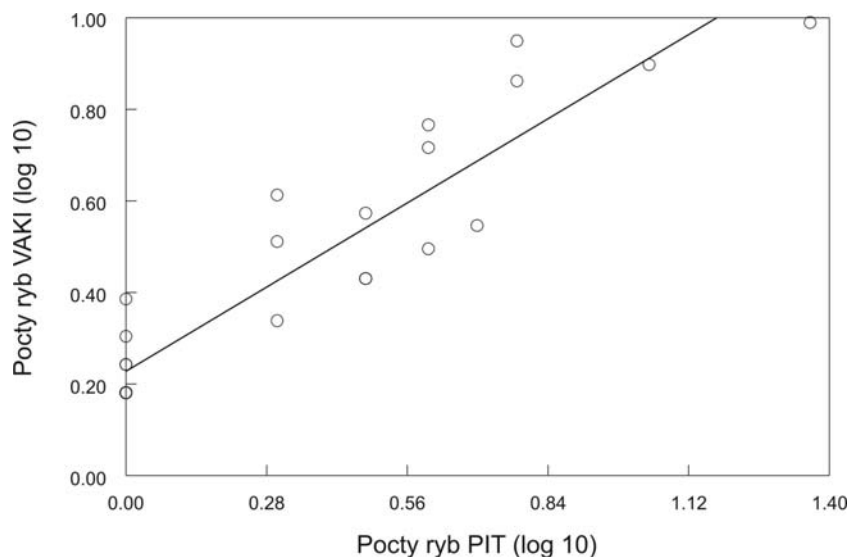
$$\frac{\partial}{\partial \theta} \ln f_{a, \sigma^2}(\xi_1) = \frac{(\xi_1 - a)}{\sigma^2} f_{a, \sigma^2}(\xi_1) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \exp\left\{-\frac{(\xi_1 - a)^2}{2\sigma^2}\right\} \cdot \frac{(\xi_1 - a)}{\sigma^2}$$

$$\frac{\partial}{\partial \theta} \ln L(x, \theta) = \frac{\partial}{\partial \theta} \ln \left(\prod_{i=1}^n f(x_i, \theta) \right) = \sum_{i=1}^n \frac{\partial}{\partial \theta} \ln f(x_i, \theta)$$

$$\frac{\partial}{\partial \theta} \ln f(x, \theta) = \frac{\partial}{\partial \theta} \ln \left(\frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} \exp\left\{-\frac{(x - \mu)^2}{2\sigma^2}\right\} \right) = \frac{\partial}{\partial \theta} \left(-\frac{(x - \mu)^2}{2\sigma^2} - \ln \sigma - \frac{1}{2} \ln 2\pi \right)$$

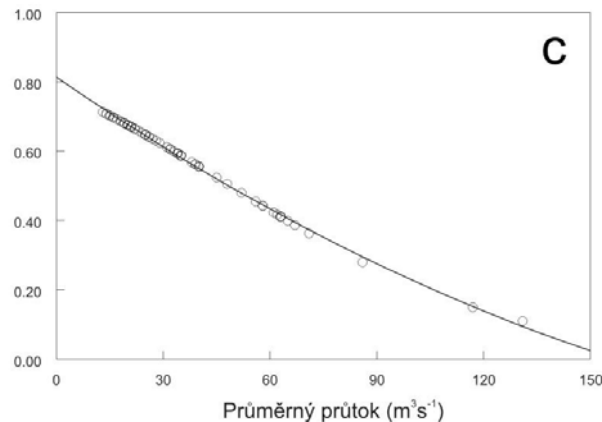
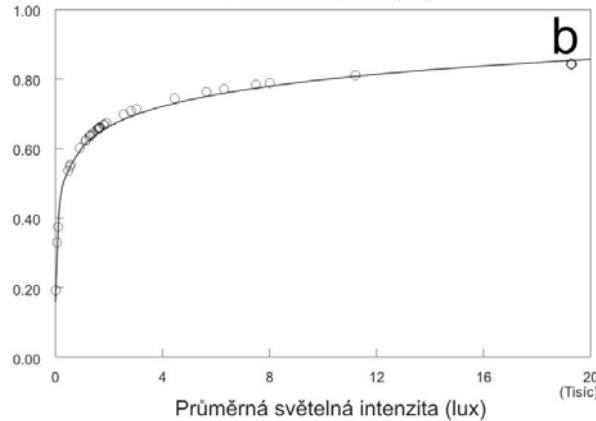
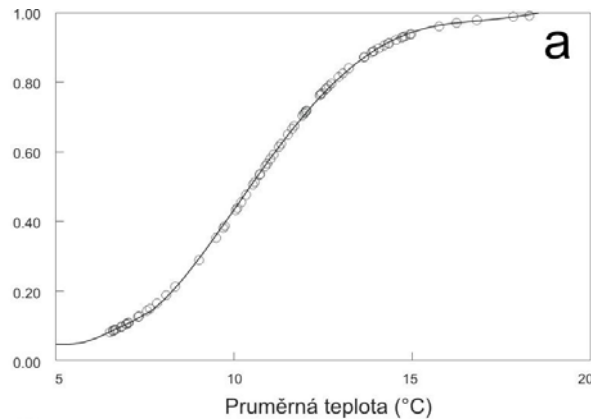
V rybích přechodech na jednotlivých jezích bylo zaznamenáno odlišné množství migrujících jedinců.

Pyskočely	Černé Budy	Kavalier	Budín
<ul style="list-style-type: none">• VAKI• 17 jedinců	<ul style="list-style-type: none">• PIT• 32 jedinců	<ul style="list-style-type: none">• VAKI• 146 jedinců	<ul style="list-style-type: none">• PIT• 74 jedinců



Obě metody sledování (PIT a VAKI) jsou vzájemně srovnatelné a shodně zachycují obecné trendy v migraci ryb ($F_{1,25} = 6.39$; $P < 0.0182$).

Pravděpodobnost výskytu ryb v přechodu

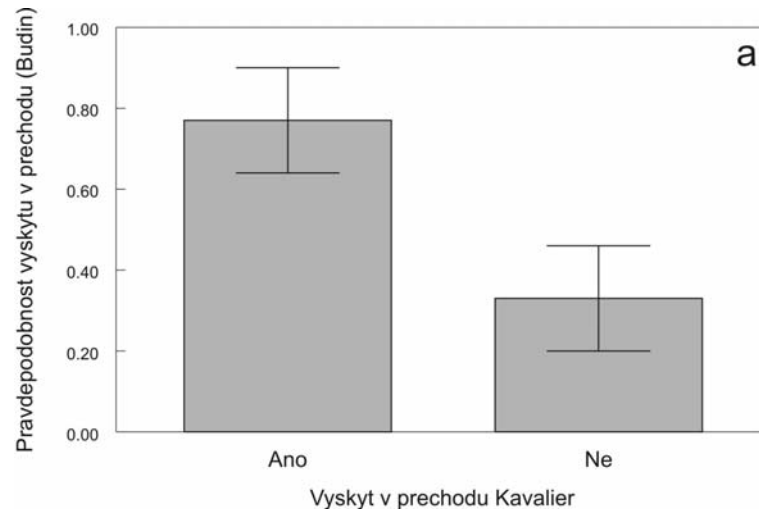
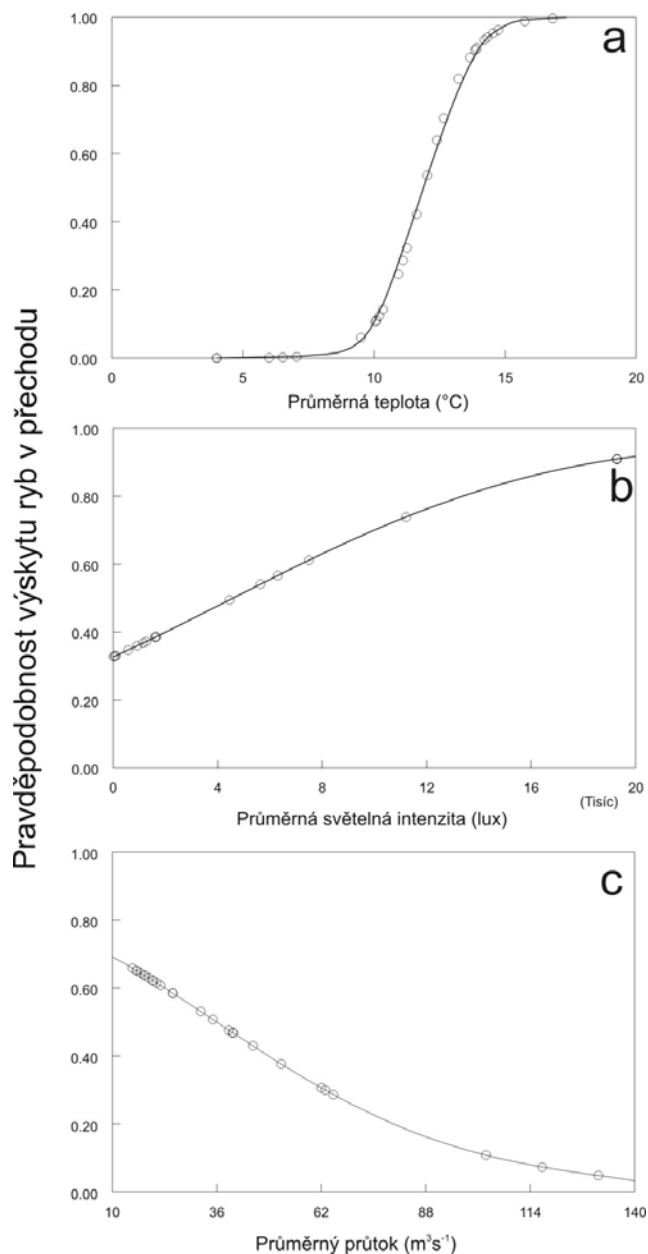


pravděpodobnost, že jakákoliv ryba překoná jakýkoliv rybí přechod

- ↑ s teplotou ($\chi^2 = 33.3$; d.f. = 1; $P < 0.0001$)
- ↑ s osvitom ($\chi^2 = 4.94$; d.f. = 1; $P < 0.0262$)
- ↓ s průtokem ($\chi^2 = 5.01$; d.f. = 1; $P < 0.0252$)

Výsledky

Specifické trendy v migraci ryb - Budín

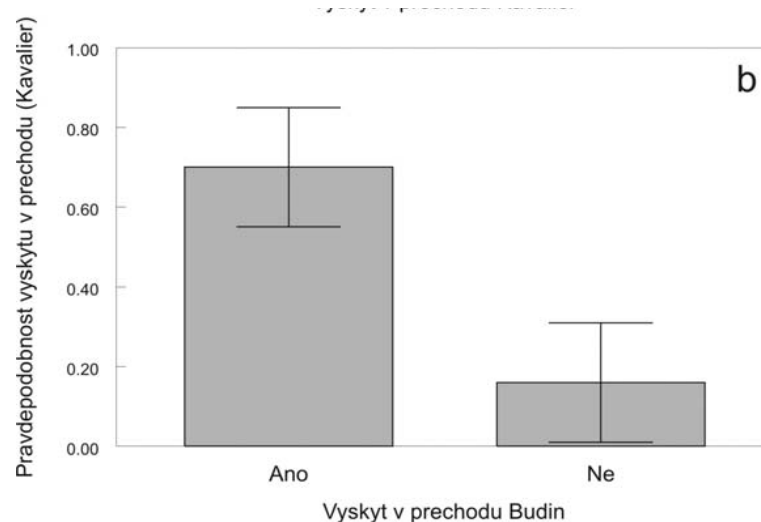
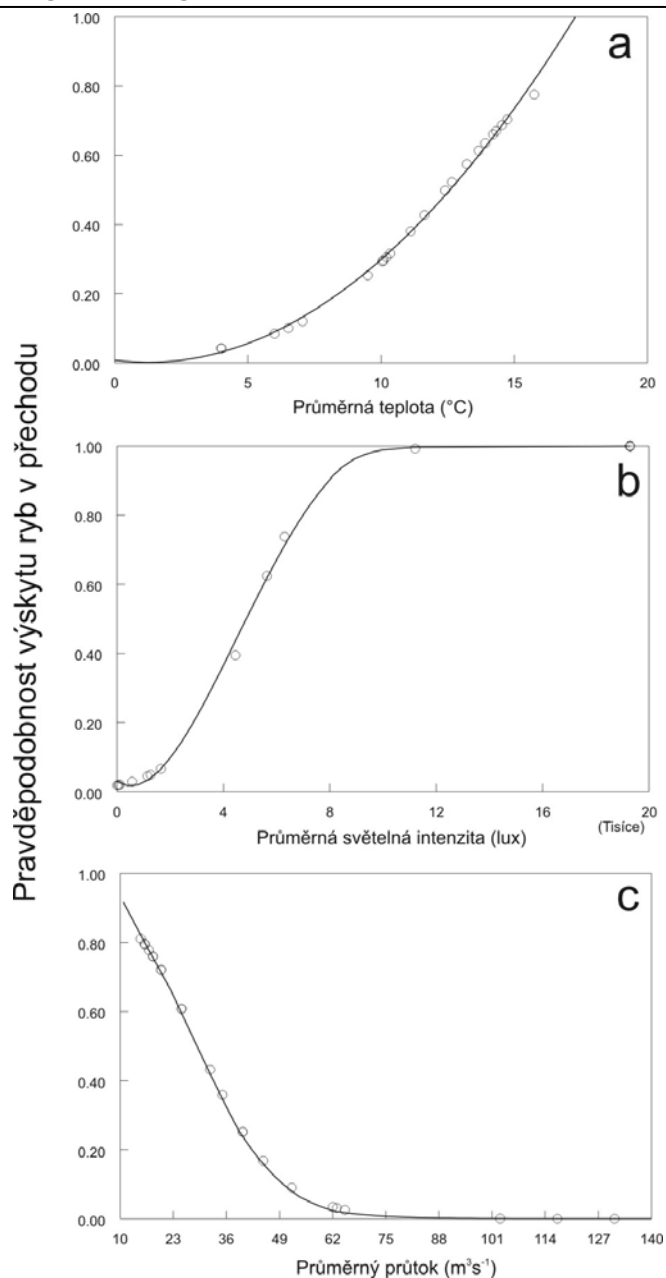


***pravděpodobnost, že jakákoliv ryba
překoná rybí přechod na jezu Budín***

- ↑ s teplotou ($\chi^2 = 20.34$; d.f. = 1; $P < 0.0001$)
- ↑ s osvitom ($\chi^2 = 5.39$; d.f. = 1; $P < 0.0203$)
- ↓ s průtokem ($\chi^2 = 4.02$; d.f. = 1; $P < 0.0451$)
- ↑ s výskytem ryb na Kavalieru ($\chi^2 = 4.94$; d.f. = 1; $P < 0.0262$)

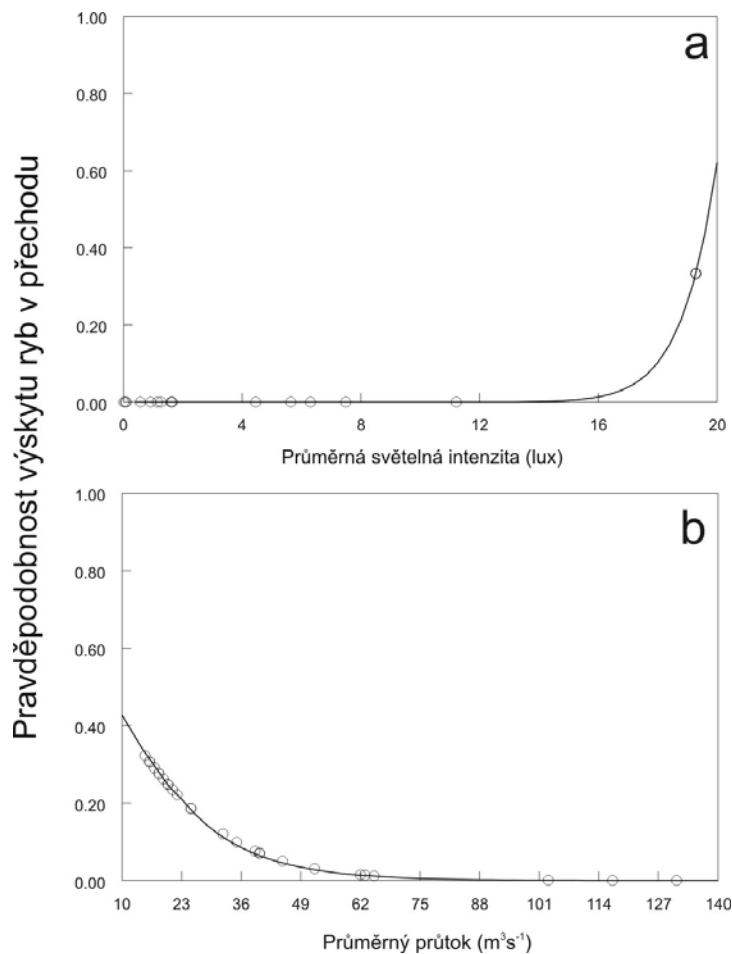
Výsledky

Specifické trendy v migraci ryb - Kavalier



***pravděpodobnost, že jakákoliv ryba
překoná rybí přechod na jezu Kavalier***

- ↑ s teplotou ($\chi^2 = 5.52$; d.f. = 1; $P < 0.0188$)
- ↑ s osvitem ($\chi^2 = 16.18$; d.f. = 1; $P < 0.0001$)
- ↓ s průtokem ($\chi^2 = 11.19$; d.f. = 1; $P < 0.0008$)
- ↑ s výskytem ryb na Budíně ($\chi^2 = 6.74$; d.f. = 1; $P < 0.0094$)



***pravděpodobnost, že jakákoliv ryba
překoná rybí přechod na jezu Černé Budy***

- ↗ s osvitem ($\chi^2 = 5.57$; d.f. = 1; $P < 0.0183$)
- ↘ s průtokem ($\chi^2 = 4.94$; d.f. = 1; $P < 0.0262$)

- ***Pravděpodobnost, že jakákoliv ryba překoná rybí přechod na jezu Pyskočely nebyla ovlivněná žádným z hodnocených parametrů prostředí.***
- ***Výskyt ryb v rybím přechodu na jezu Pyskočely tak lze označit za náhodný.***



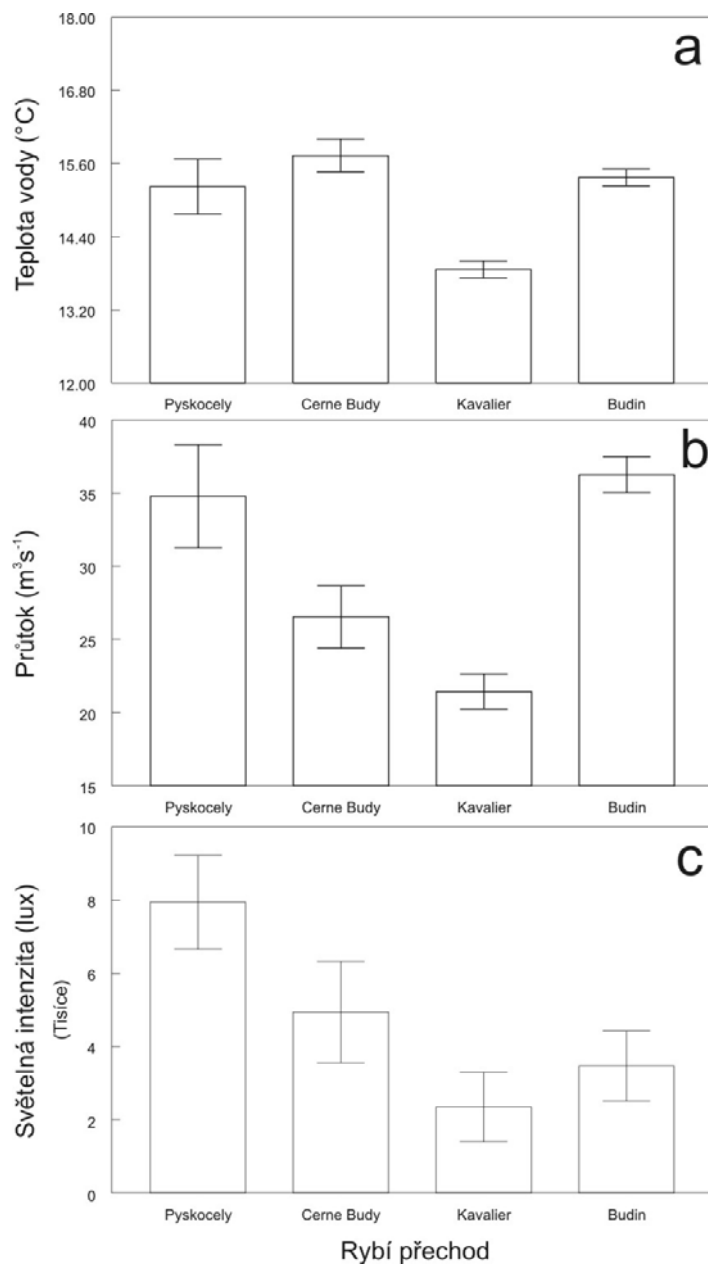
Účinnost jednotlivých přechodů byla porovnána na základě hodnot pravděpodobnosti.

Pyskočely	Černé Budy	Kavalier	Budín
<ul style="list-style-type: none">• VAKI• P – NS• účinnost ↓ 1 %	<ul style="list-style-type: none">• PIT• P = 0.33• účinnost 4 %	<ul style="list-style-type: none">• VAKI• P = 0.87• účinnost 8 %	<ul style="list-style-type: none">• PIT• P = 0.86• účinnost 8%

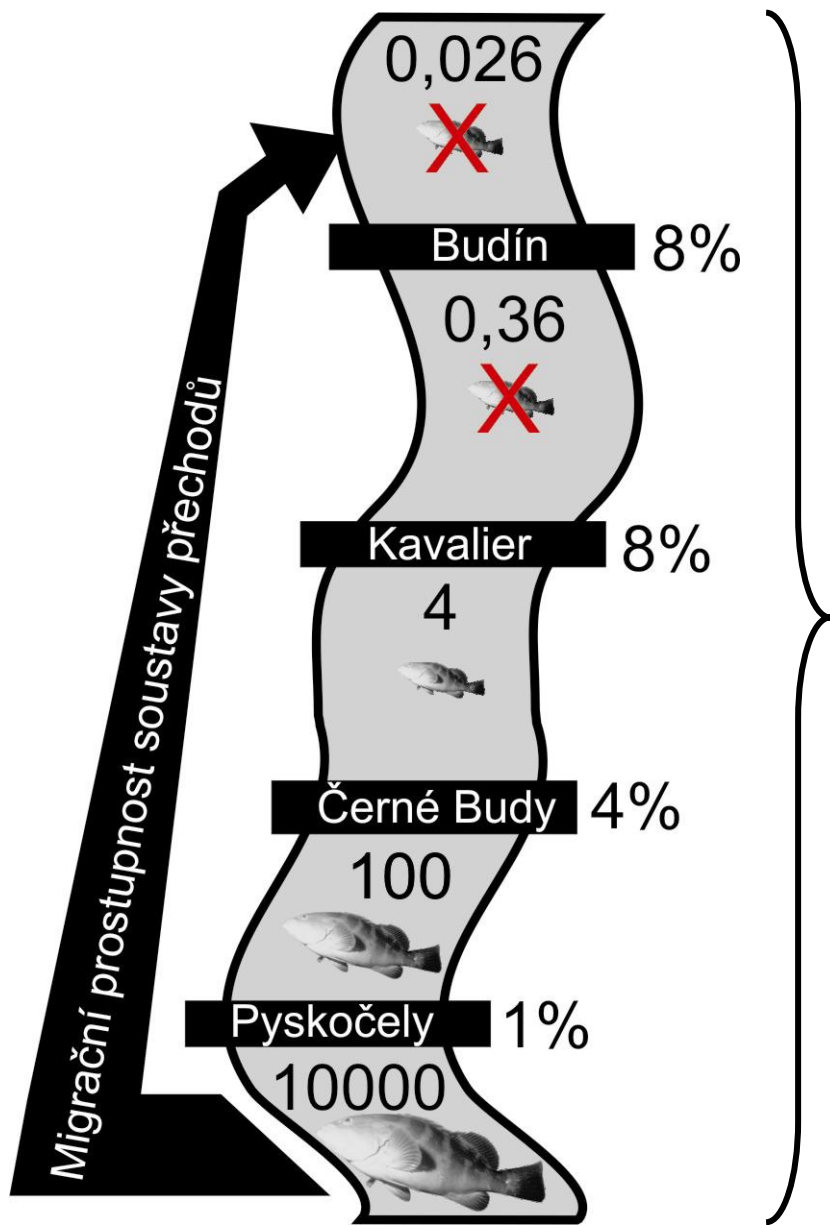
Jednotlivé přechody mají odlišnou účinnost

Výsledky

Porovnání podmínek prostředí při vstupu do přechodů



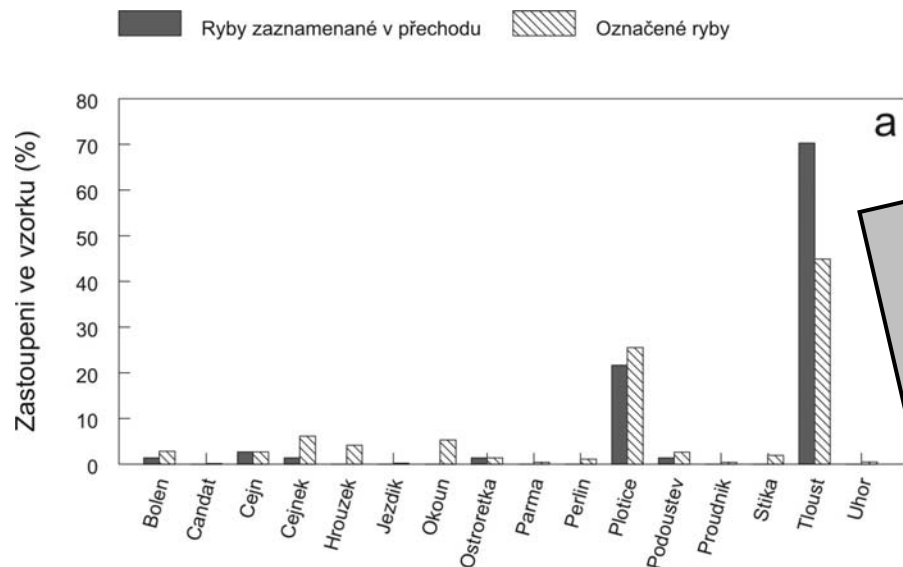
Ryby do jednotlivých přechodů vstupovaly za různých podmínek prostředí.



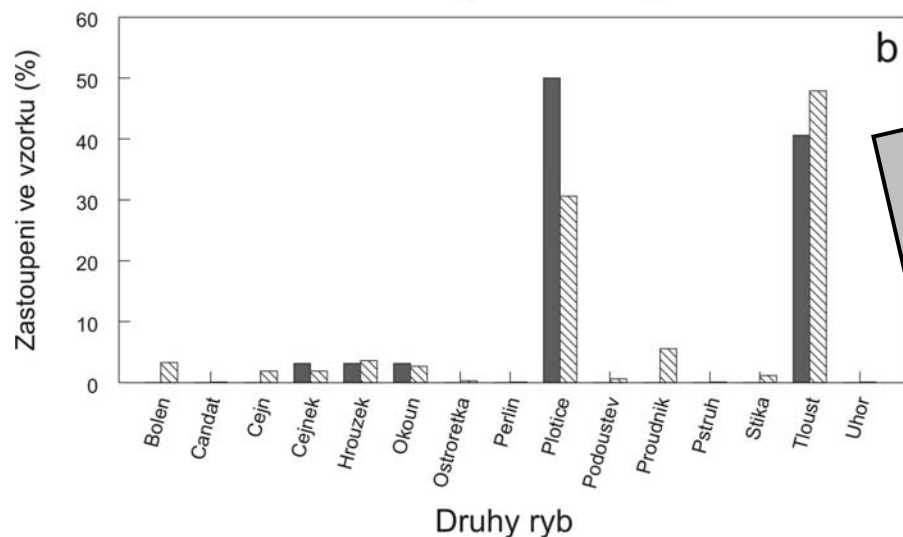
Sledovaný devítikilometrový úsek řeky Sázavy je jako celek v podélném profilu migračně neprostupný.



Druhovou selektivitu bylo možné vyhodnotit na jezích vybavených technologií PIT. Z celkového počtu 17 označených druhů jich bylo v přechodu zaznamenáno 9.

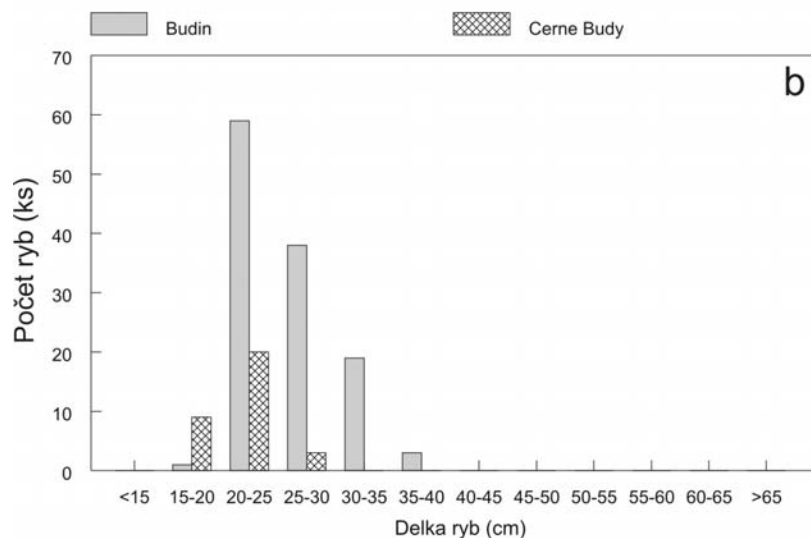
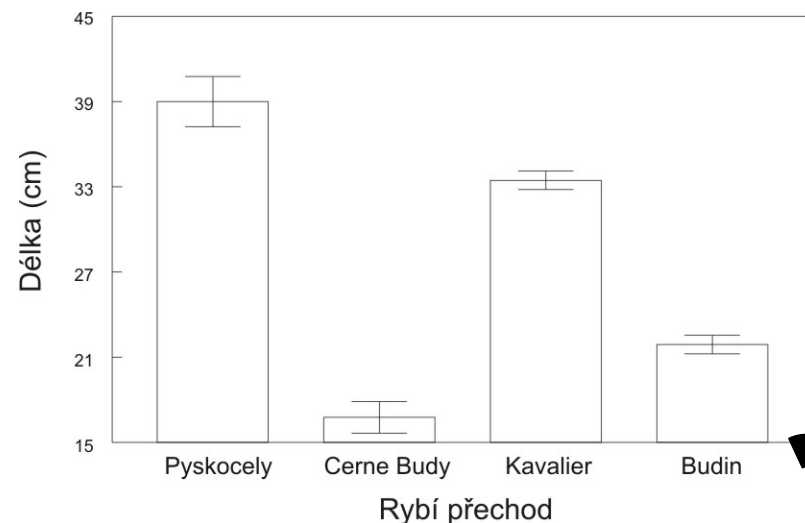
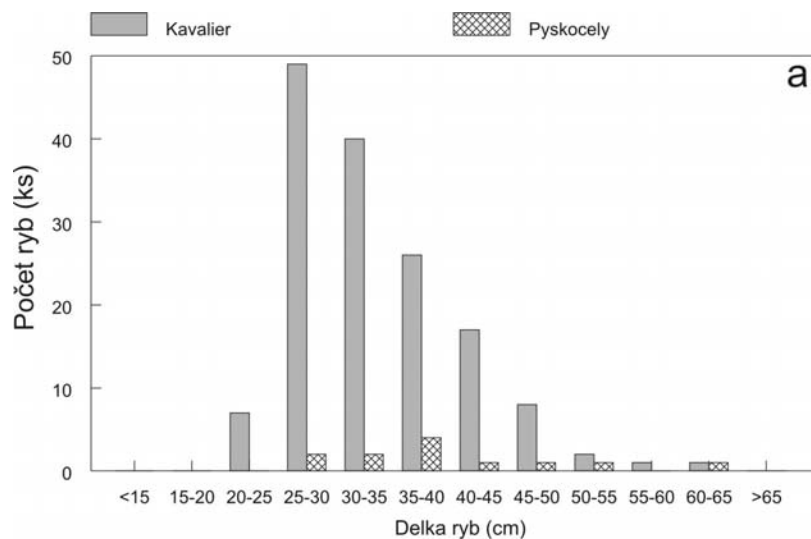


Rybí přechod na jezu Budín je druhově selektivní.
 $(\chi^2 = 25.1397; \text{d.f.} = 15; P < 0.0481)$



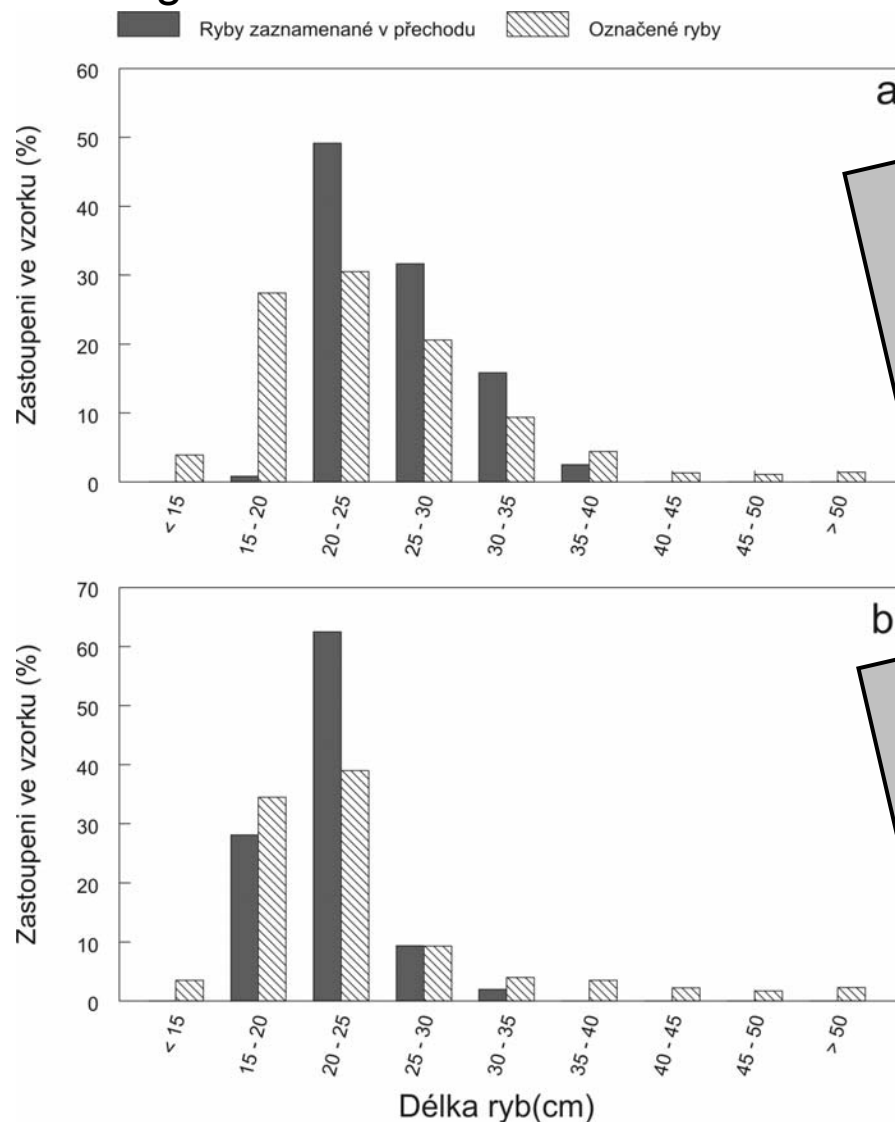
Rybí přechod na jezu Černé Budy není druhově selektivní.
 $(\chi^2 = 8.8395; \text{d.f.} = 14; P < 0.8412)$

V soustavě přechodů byly zaznamenány ryby v rozsahu celkové délky 15 – 64 cm.



Soustava rybích přechodů je jako celek velikostně selektivní, protože každý přechod preferovala jiná velikostní skupina ryb ($F_{3, 380} = 122.8$; $P < 0.0001$; Adj. $P < 0.05$).

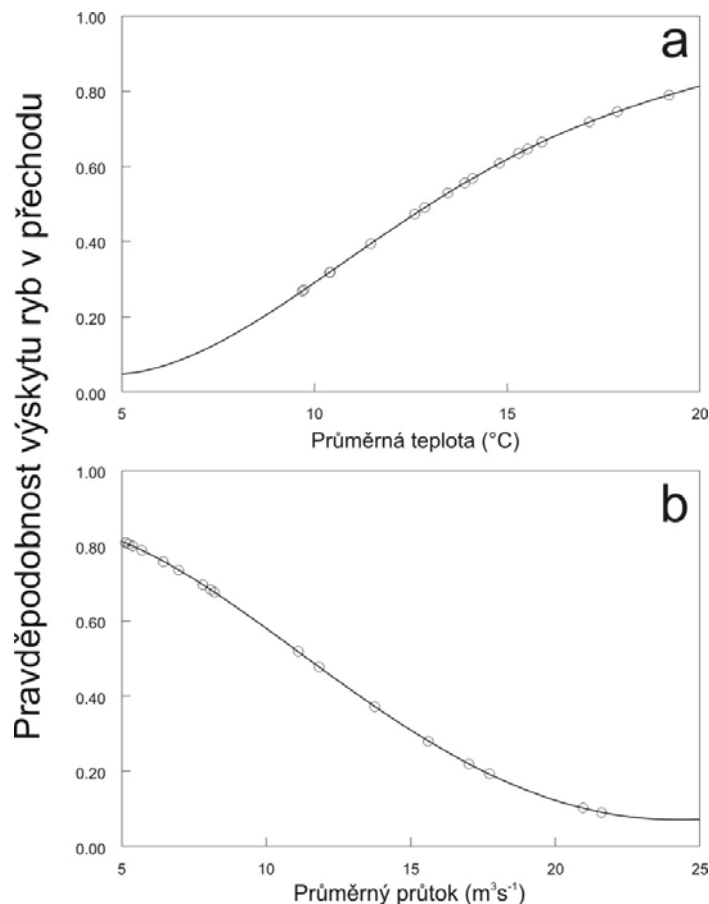
Velikostní selektivitu bylo možné samostatně vyhodnotit na jezích vybavených technologií PIT.



Rybí přechod na jezu Budín je velikostně selektivní.
 ($\chi^2 = 67.262$; d.f. = 8; $P < 0.0001$)

Rybí přechod na jezu Černé Budy není velikostně selektivní.
 ($\chi^2 = 10.4124$; d.f. = 8; $P < 0.2373$)

Hydrologická situace byla v roce 2010 odlišná od cca. desetiletého průměru.



pravděpodobnost, že jakákoliv ryba překoná rybí přechod na jezu Budín v roce 2008

- ↑ s teplotou ($\chi^2 = 4.08$; d.f. = 1; $P < 0.0433$)
- ↓ s průtokem ($\chi^2 = 4.93$; d.f. = 1; $P < 0.0264$)



Budín 2008

- VAKI
- P = 0,80

Budín 2010

- PIT
- P = 0,82


Na základě výše uvedených analýz lze konstatovat, že vliv hydrologické situace v roce 2010 na výsledky této studie byl zanedbatelný.

Účinnost kartáčových rybích přechodů na Sázavě byla proměnlivá v rozmezí 1–8%.

Účinnost přechodu by měla být 90 % (Lucas & Baras, 2001)

Tyto účinnosti byly vyhodnocené jako nedostatečné:

- 50 % účinnost (Aarestrup, 2003)
- 28 – 38 % účinnost (Lucas & Mercer, 1996)
- 12 – 16 % účinnost (Lucas, 2000)



Kartáčové rybí přechody na Sázavě mají nedostatečnou účinnost.

Kaprovité druhy ryb při reprodukčních migracích běžně překonávají vzdálenosti několika desítek kilometrů (např. tloušť 35 km, cejn 59 km). Neprostupnost 9 km úseku Sázavy jako celku tak pro ně představuje závažnou limitaci.

Celková účinnost přechodu se skládá ze dvou částí. První vyjadřuje schopnost ryb nalézt vstup do přechodu a druhá schopnost přechod úspěšně překonat.

Nalezení vstupu

- nevhodné umístění ve vztahu k proudnici a břehové linii
- nedostatečný lákavý proud
- nedostatečná kapacita

Jezové propusti jsou lokalizovány mimo hlavní proudnici

kapacita přechodů je 2 - 5 x menší než doporučované minimum



Omezená schopnost ryb nalézt vstup do přechodu je největším problémem testovaných přechodů.

Celková účinnost přechodu se skládá ze dvou částí. První vyjadřuje schopnost ryb nalézt vstup do přechodu a druhá schopnost přechod úspěšně překonat.

Překonání přechodu

- přechod jsou schopné překonat ryby velikosti 15 – 65 cm
- obecně odpovídající rychlosti proudění
- některé přechody mají vyšší sklon



Doporučovaný maximální sklon 5%

Pyskočely	Černé Budy	Kavalier	Budín
<ul style="list-style-type: none">• sklon 6,6 %• P – NS• účinnost ↓ 1 %	<ul style="list-style-type: none">• sklon 6,4 %• P = 0.33• účinnost 4 %	<ul style="list-style-type: none">• sklon 4,3 %• P = 0.87• účinnost 8 %	<ul style="list-style-type: none">• sklon 5,2 %• P = 0.86• účinnost 8%

Problémem při překonávání testovaných přechodů může být sklon některých z nich.

Bolen a proudník reprezentují skupinu reofilních druhů, které obvykle přechody migrují v dostatečném množství (např. Lelek & Libosvářský, 1960; Lucas & Baras, 2001).

- bolen z 50 jedinců zaznamenán **1**
- proudník ze 46 jedinců zaznamenáno **0**
- podoustev z 27 jedinců zaznamenán **1**



Vstup do kartáčových rybích přechodů na Sázavě není pro reofilní druhy dostatečně atraktivní.

Účinnost kartáčových přechodů pro skupinu reofilních migrantů byla velmi nízká.

Výhody

- hydraulické parametry
- relativně snadná a rychlá výstavba
- nižší počáteční investice

X**Nevýhody**

- zanášení trati přechodu
- vysoké udržovací náklady (výměna kartáčů po cca. 5 letech) – zdroje? legislativa?

řešení = obohacení štěrbinových přechodů



- Významné vylepšení hydraulických parametrů
- Delší životnost kartáčů (ledové jevy apod.)
- Funkčnost přechodu i po skončení životnosti kartáčů

Testované rybí přechody obecně nesplňují předpoklady funkčnosti

- ovlivnění migrace faktory prostředí je prokazatelné pouze v některých přechodech
- přechody jsou jako celek velikostně selektivní
- přechody jsou částečně druhově selektivní
- přechody jsou jako celek migračně neprostupné
- přechody mají odlišnou účinnost



Kartáčovou technologii nelze plošně aplikovat do jezových propustí.

Technologie kartáčových přechodů **je** za předpokladu dodržení obecně platných podmínek pro výstavbu přechodu (umístění vstupu, kapacita, sklon apod.) **vhodná**. Je však důležité zvážit **rizika** spojená s nutnou pravidelnou výměnou a opotřebováním kartáčů.