

Říční ekosystémy

Z4825 (učebna Z6, 17.2. 2020, 13.00-14.50)

1. Fyzikální charakteristiky



GEOGRAFICKÝ ÚSTAV
PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA MU

Mgr. Karel Brabec, Ph.D.

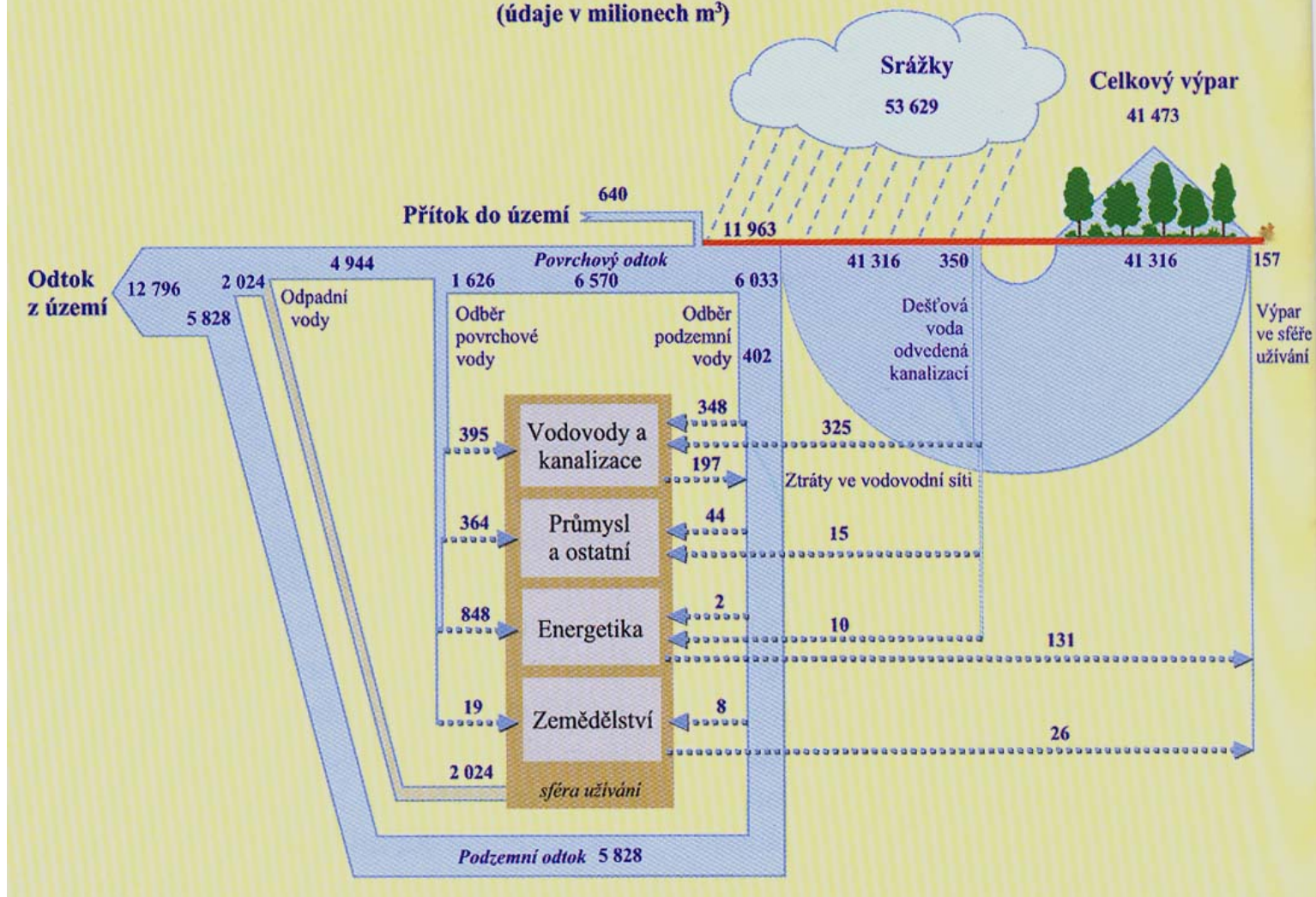
brabec@sci.muni.cz

SYLABUS

1. Fluviální struktury a procesy, říční síť a krajina, fyzikální charakteristiky
2. Chemické charakteristiky, cykly látek
3. Sedimenty, hydraulické faktory, typy substrátu, organická hmota a procesy
4. Říční biota – mikroorganismy, řasy, makrofyta, produkce a dekompozice
5. Říční biota – bezobratlí živočichové
6. Říční biota – ryby a další obratlovci
7. Potravní sítě, toky látek a energie
8. Regulace a morfologická degradace vodních toků
9. Znečištění vodních toků a kombinace stresorů
10. Vodohospodářské strategie, hodnocení stavu vod
11. Ochrana a revitalizace říčních ekosystémů
12. Případové studie
13. Exkurze: regulovaný tok v městské krajině

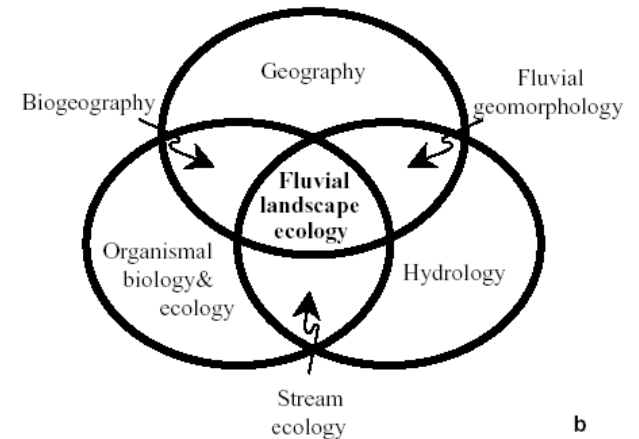
Vztah zdrojů a užívání vody v ČR v roce 2004

(údaje v milionech m³)



ZÁKLADNÍ POZNATKY

- struktury
- procesy
- vztahy



APLIKACE VĚDOMOSTÍ

- poznání systému a jeho změn
- výzkumná/expertní podpora praxe (např. vodohospodářské, ochranářské)

PŘÍPADOVÉ STUDIE

- aktuální témata
- metodické rozbory
- interdisciplinarita

struktury

- struktura fluviálních systémů (fyzikální)
- říční biota
- vztahy ve společenstvech

procesy

- dynamika organické hmoty
- ekosystémové procesy
- hodnocení stavu ekosystému

vztahy mezi strukturami a procesy

- hydrologické a morfologické charakteristiky
- vazba chemismu vody a sedimentů na fyzikální vlastnosti
- biochemické procesy

ekologické vztahy

- abiotické charakteristiky jako prostředí pro společenstva organismů
- vliv organismů na říční procesy
- bioindikace změn prostředí

FLUVIÁLNÍ STRUKTURY A PROCESY

Fluviální struktury

- **koryto** (minerální a biotický substrát)
- **břehy** (ekoton, regulace)



Fluviální procesy

- eroze – transport – sedimentace
- **ekologické procesy** (asimilace, respirace, rozklad organické hmoty, aktivita organismů)

KONCEPTY FLUVIÁLNÍCH EKOSYSTÉMŮ

J. N. Am. Benthol. Soc., 2010, 29(1):84-99
 © 2010 by The North American Benthological Society
 DOI: 10.1899/08-048.1
 Published online: 5 February 2010

Patch dynamics and environmental heterogeneity in lotic ecosystems

Kirk O. Winemiller¹

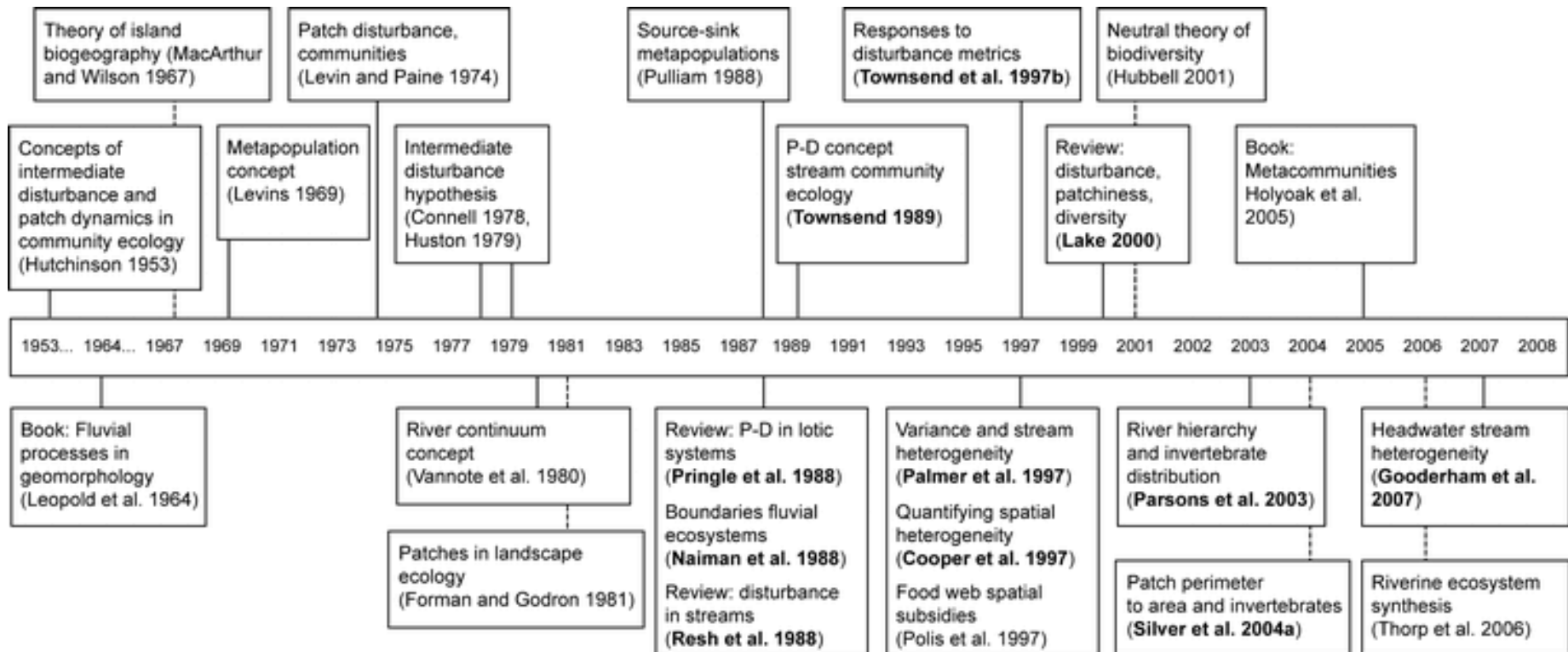
*Department of Wildlife and Fisheries Sciences, Texas A&M University,
 College Station, Texas 77843-2258 USA*

Alexander S. Flecker²

Department of Ecology and Evolutionary Biology, Cornell University, Ithaca, New York 14853 USA

David J. Hoeinghaus³

*Department of Biological Sciences and the Institute of Applied Science, University of North Texas,
 1155 Union Circle 310559, Denton, Texas 76203-5017 USA*



KONCEPTY FLUVIÁLNÍCH EKOSYSTÉMŮ

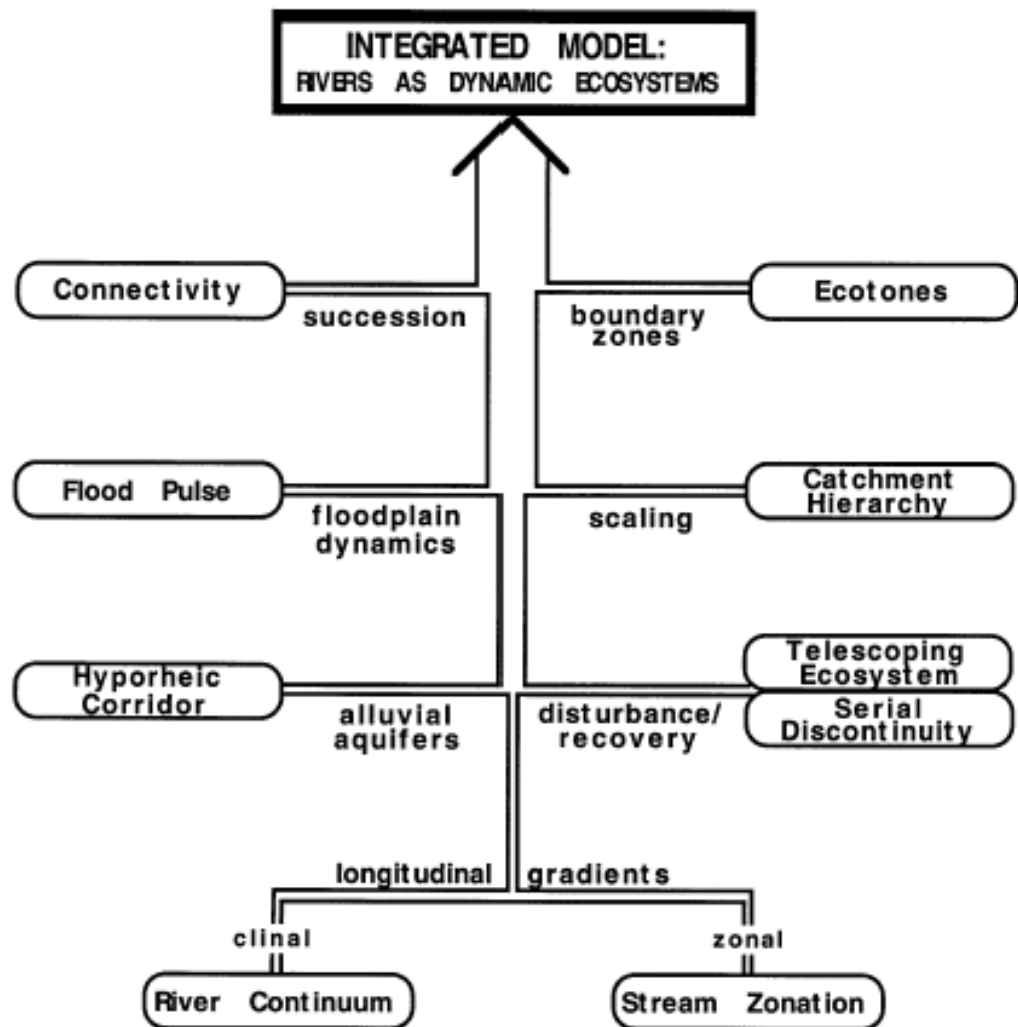
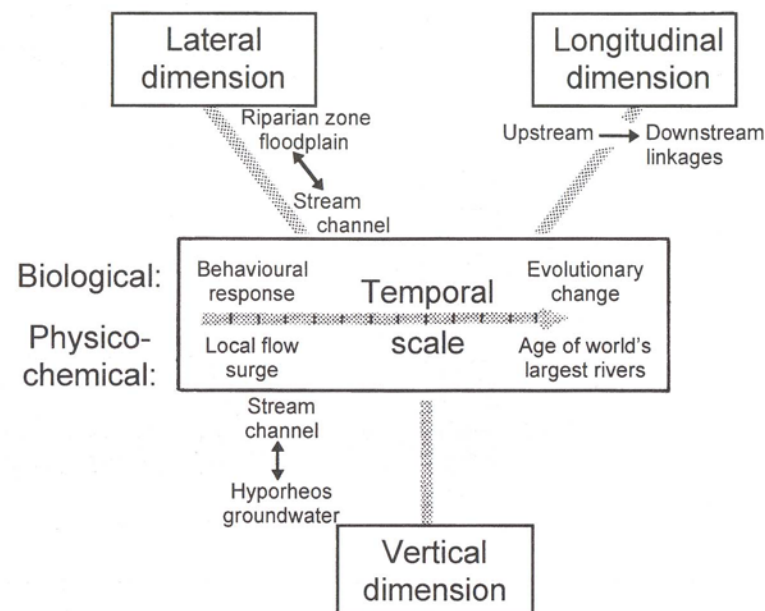


Fig. 2. A modular framework for developing an integrated model of dynamic river ecosystems.

River Futures, s. 45

- gradienty v rámci 4 dimenzí říčních systémů
- fraktální vztahy v říční síti
- diskontinuity vytvářející prostorovou různorodost (heterogenitu)
- hierarchická dynamika plošek

Fig. 1.4 The four-dimensional nature of stream and river ecosystems. (Adapted from Ward, 1989.)



ŘÍČNÍ EKOSYSTÉMY - ŠKÁLY

Freshwater Biology (2002) 47, 501-515

Riverine landscapes: taking landscape ecology into the water

JOHN A. WIENS¹

Fig. 3.8 Patchiness in flow in a river system. Depth (a) and current velocity (b) contours for a low gradient reach of the River Coln, England. (Redrawn from Mackey *et al.* 1982.)

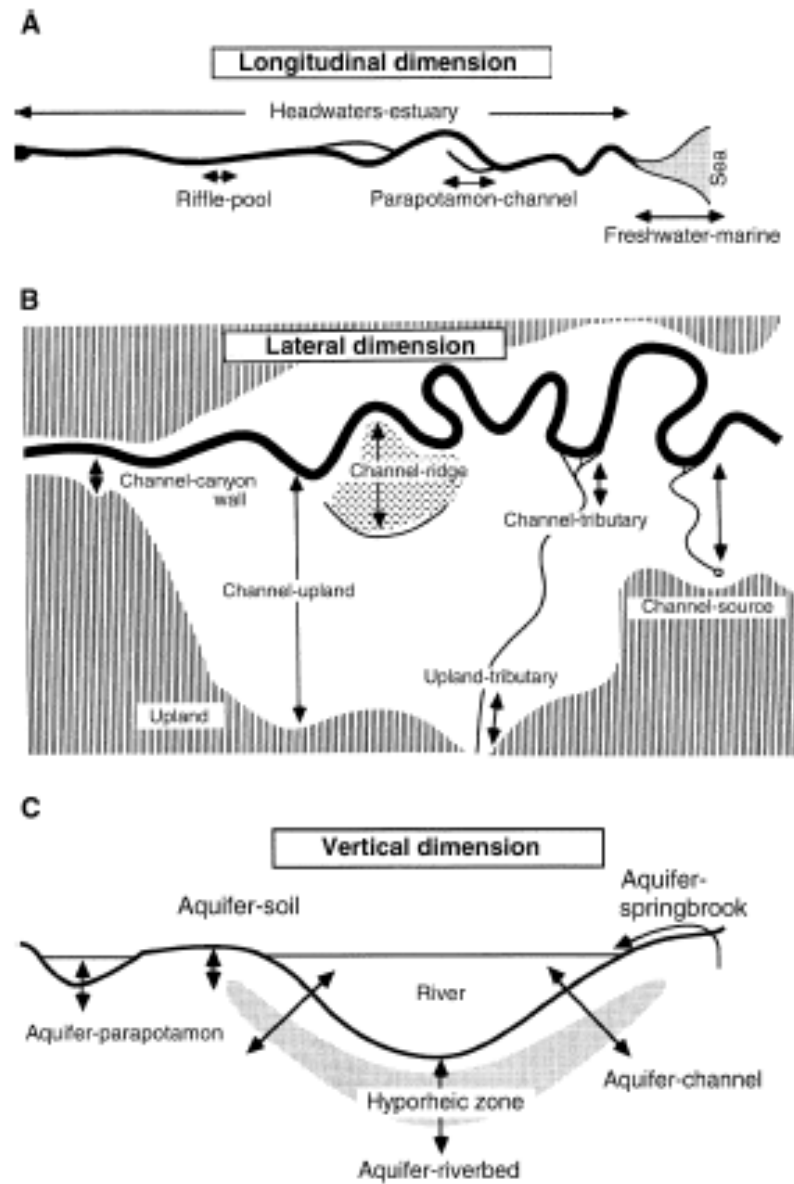
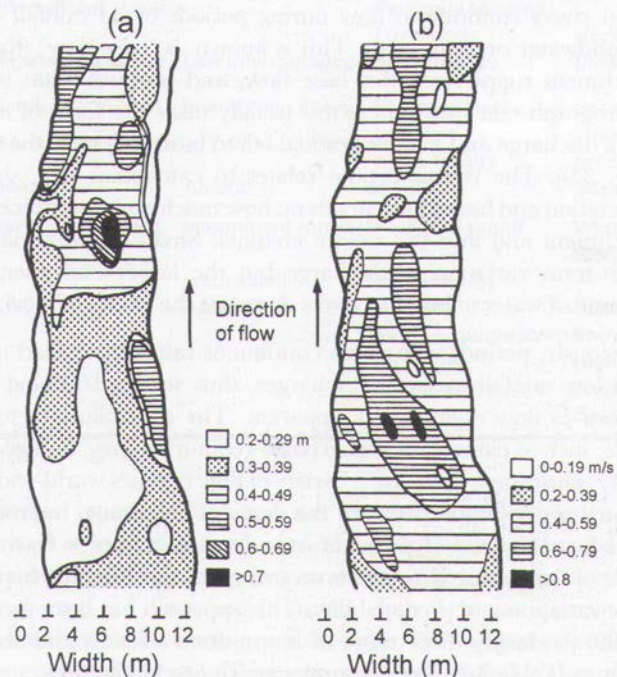
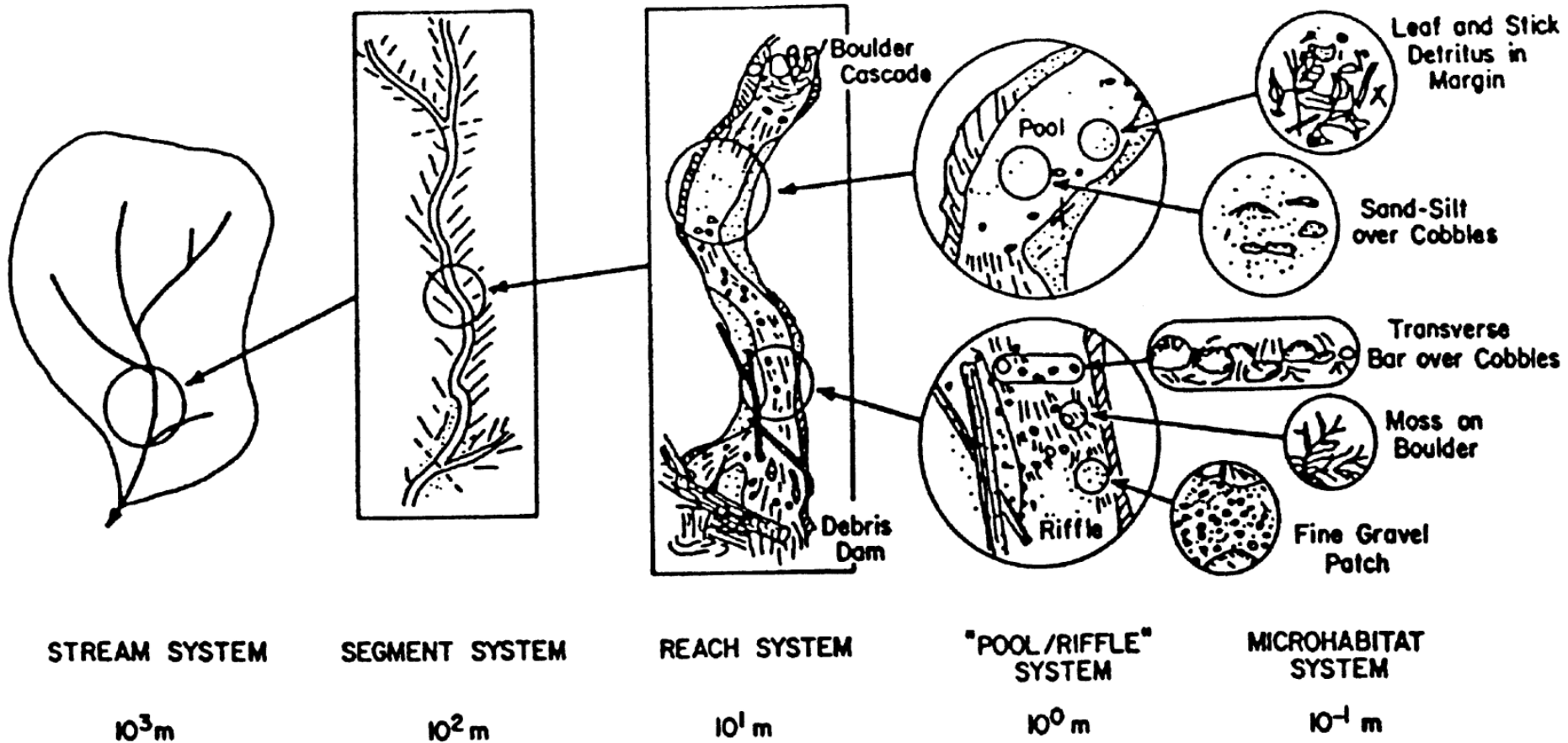


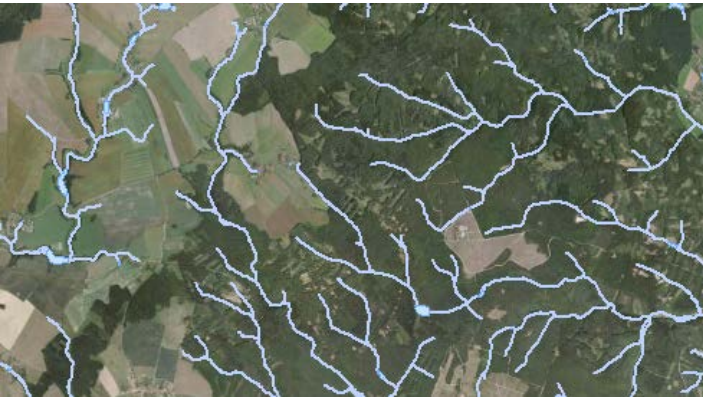
Fig. 2 Major ecotones and pathways of exchanges of materials, energy, and organisms in the longitudinal (A), lateral (B), and vertical (C) dimensions of a riverine system. From Ward & Wiens (2001).

PROSTOROVÉ ŠKÁLY

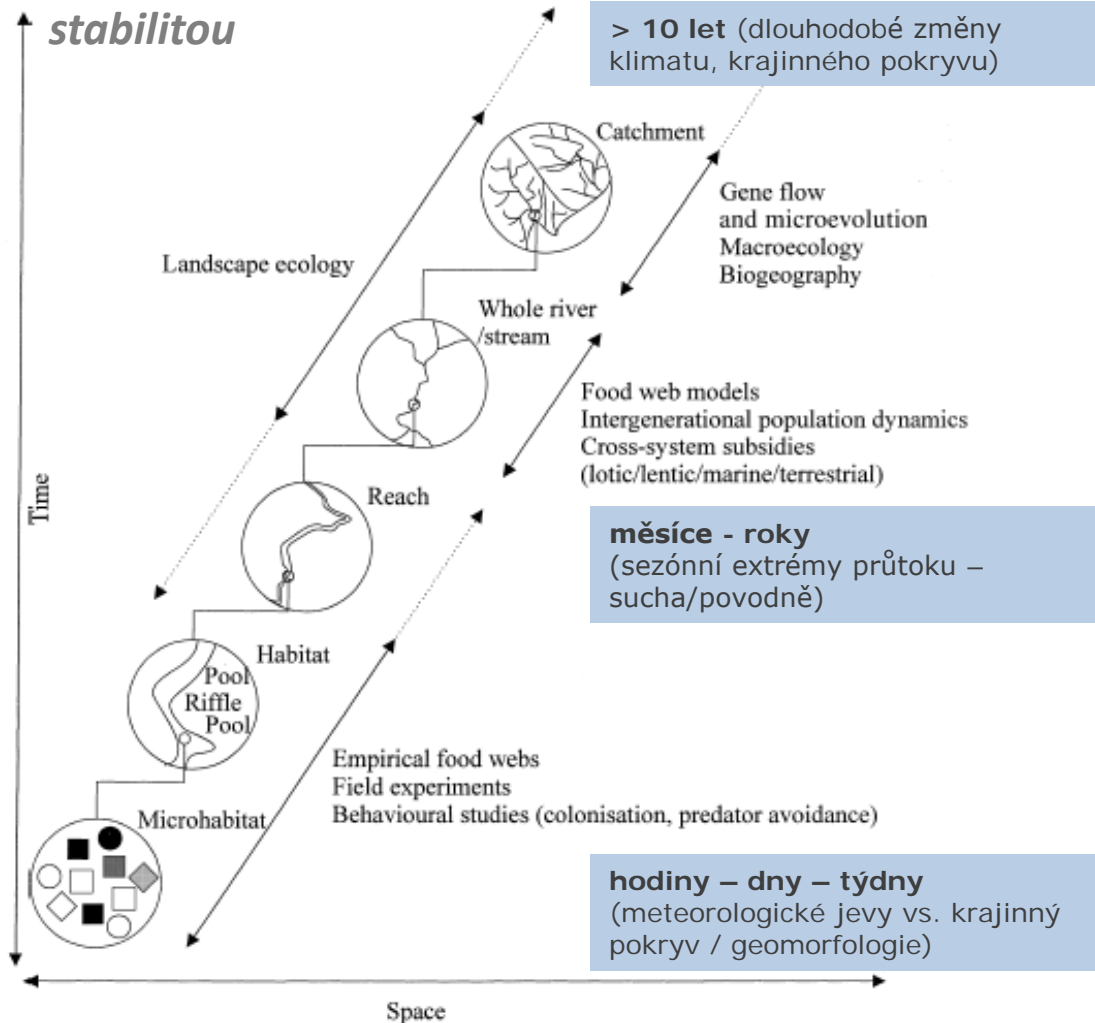
povodí/koridor/habitat



PROSTOROVÉ A ČASOVÉ ŠKÁLY



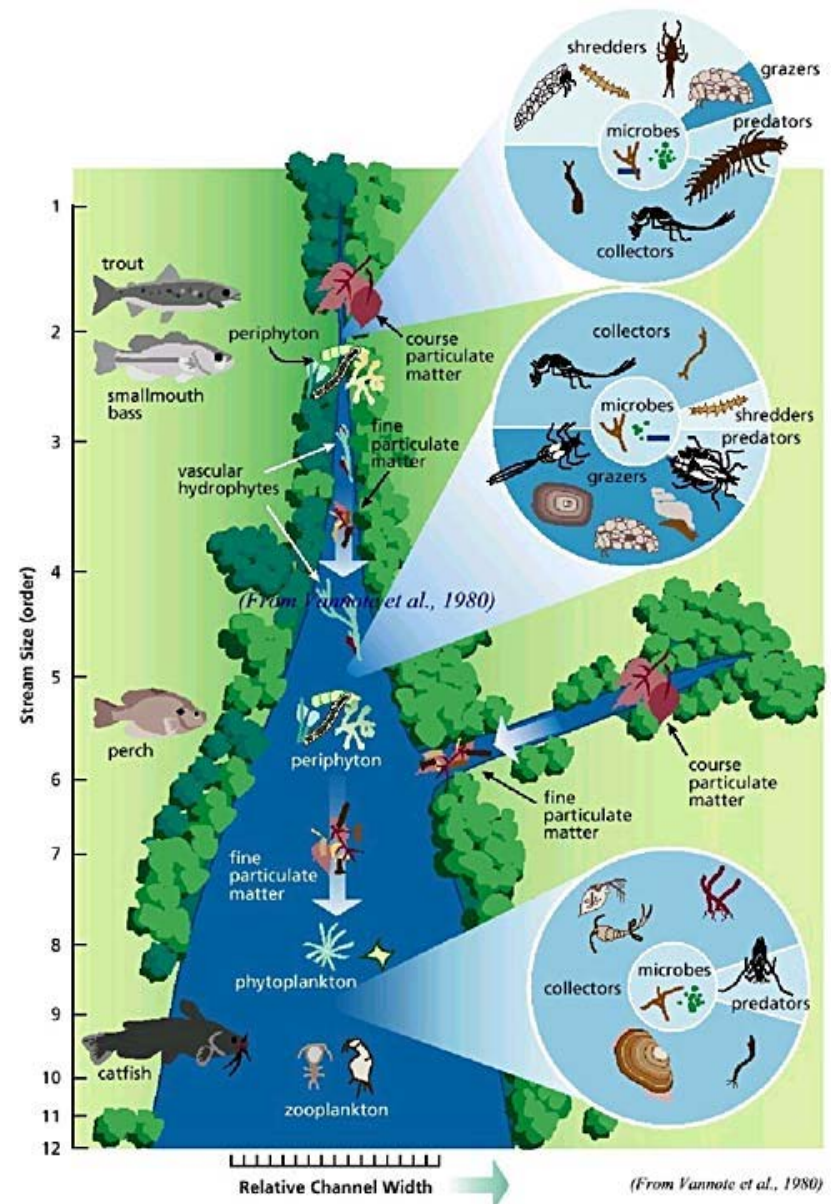
vztah mezi prostorovými škálami a jejich časovou stabilitou



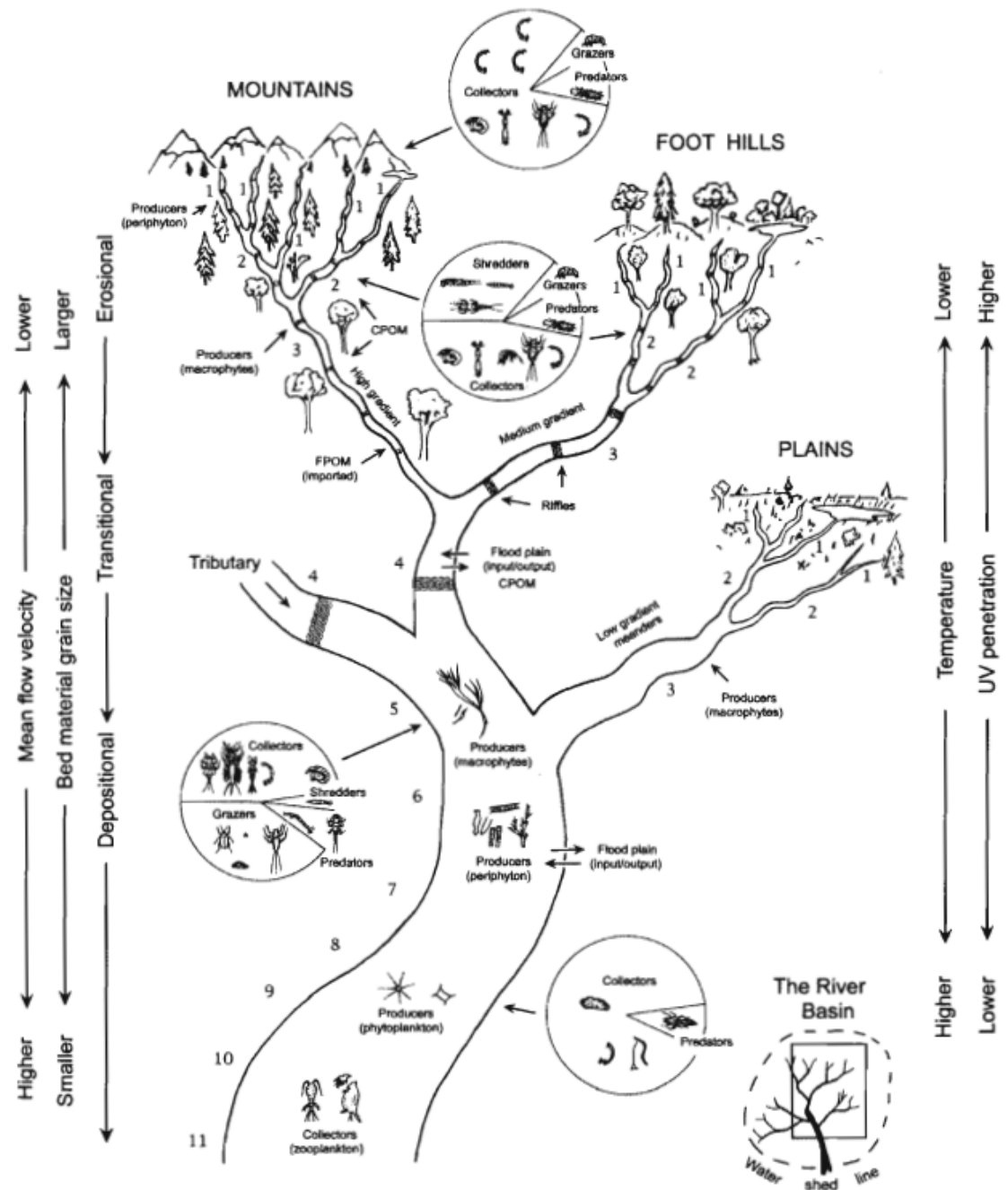
The spatiotemporal scaling of riverine food webs. Selected fields of investigation that might be expected to affect web structure processes at the different scales are highlighted as text. Solid double-headed arrows indicate the typical spatiotemporal limits these investigations; the dashed arrows indicate rarer instances, where these limits are exceeded.

- změny ve spádu koryta
- zastínění
- původu organické hmoty
- poměr produkce a respirace
- teplotní režim
- vlastnosti substrátu

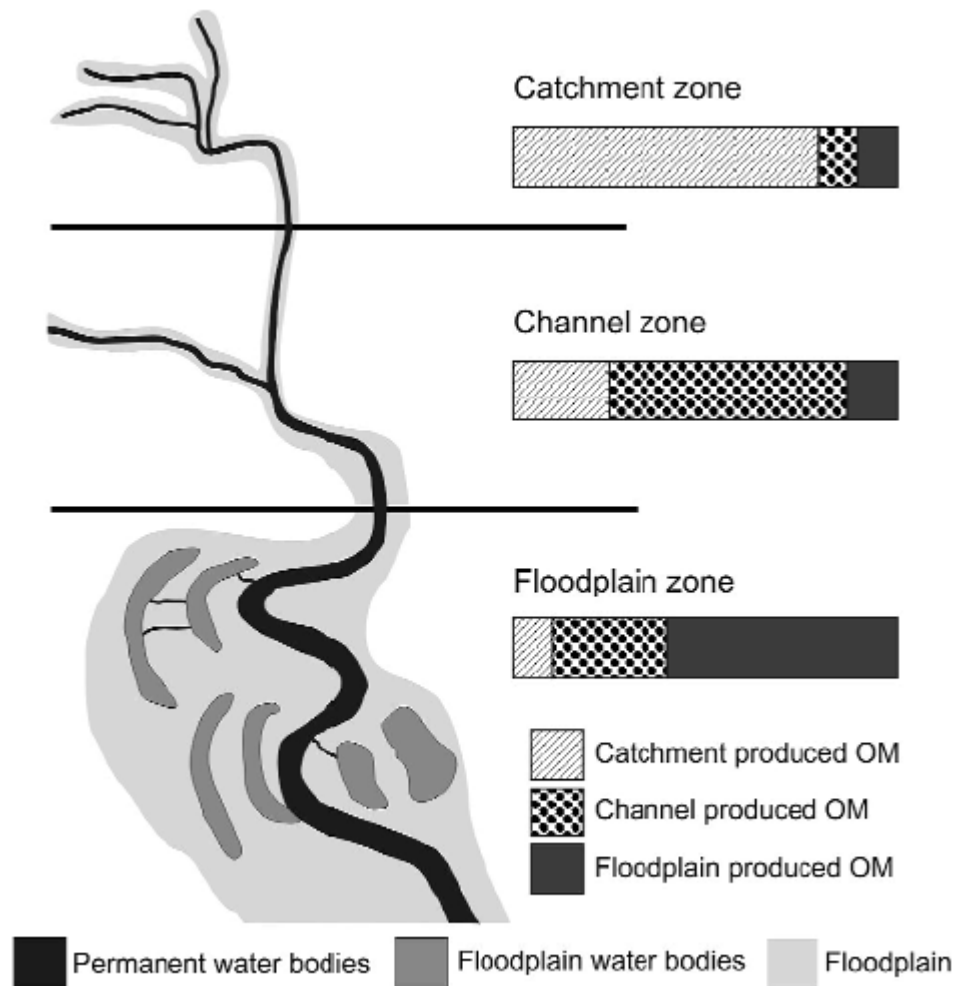
River Continuum Concept (Vannote et al. 1980)



PODÉLNÉ KONTINUUM



- **pramenné oblasti;** těsná vazba mezi vodními a terestrickými ekosystémy; malý rozsah říční nivy; organická hmota terestrického původu
- **střední horské úseky** sevřených údolí, případně antropogenně kanalizované koryto; rozsah říční nivy omezený; fixace uhlíku především prostřednictvím makrofyt a fytoplanktonu
- **dolní toky;** v rámci záplavového území (nivy) je uhlík dodáván do toku prostřednictvím vody odtékající z nivy do hlavního koryta nebo také přes příjem potravy a migraci ryb/jiných vodních živočichů mezi nivou a hlavním korytem



- sezónní pulsy průtokového režimu se projevují zřetelným cyklem expanzí a kontrakcí systému říční nivy (sítě koryt)
 - změny povrchové hydrologické konektivity mezi jednotlivými typy koryt (částí koryta)
 - změny propojení povrchové a podpovrchové složky říčního koridoru
-
- *propojení procesů v korytě toku a říční nivě*
 - *abiotická specifika laterálních biotopů (slepá ramena, pořiční tůň, větvení koryta)*
 - *míra konektivity v závislosti na průtoku (Flood pulse concept)*
 - *říční koridor (vegetace, regulace toků, korytotvorné procesy)*
 - *interakce průtokového režimu s morfologií koryta = rozmístění habitatů*



Figure 7. Examples of different channel types in the upper section of the Val Roseg flood plain (M = Main channel, S = Side channel, I = Intermittently-connected channel, X = Mixed channel, G = Groundwater channel, T = Tributary (Photo: R. Zah).

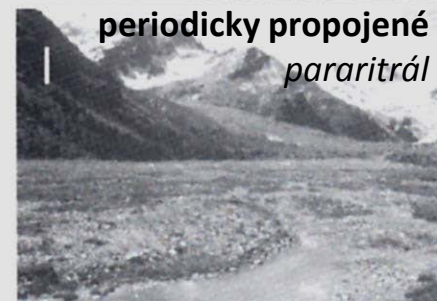
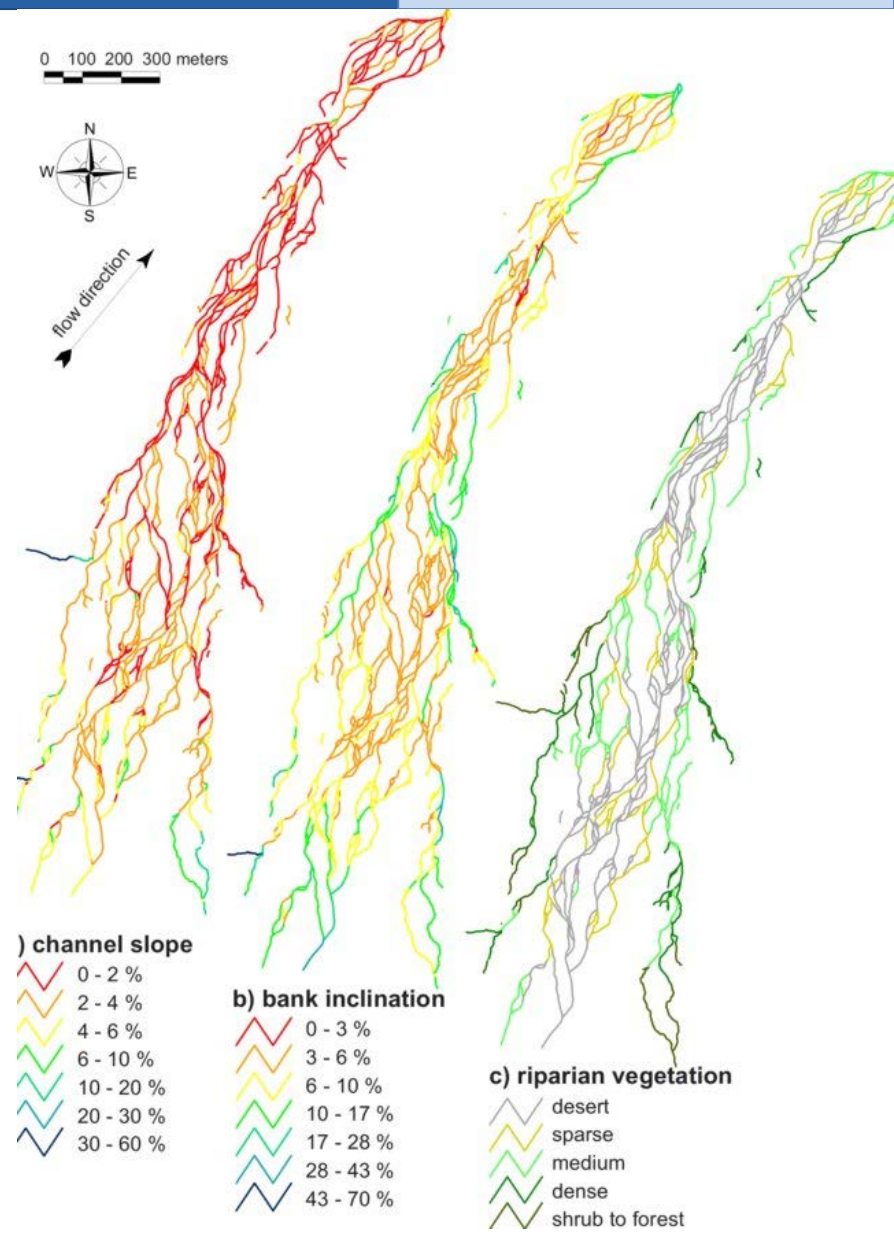


Figure 8. Close-up views of the six channel types. See Figure 7 legend for abbreviations of channel types (Photos: R. Zah & K. Tockner).



Modely laterální dimenze a její dynamiky

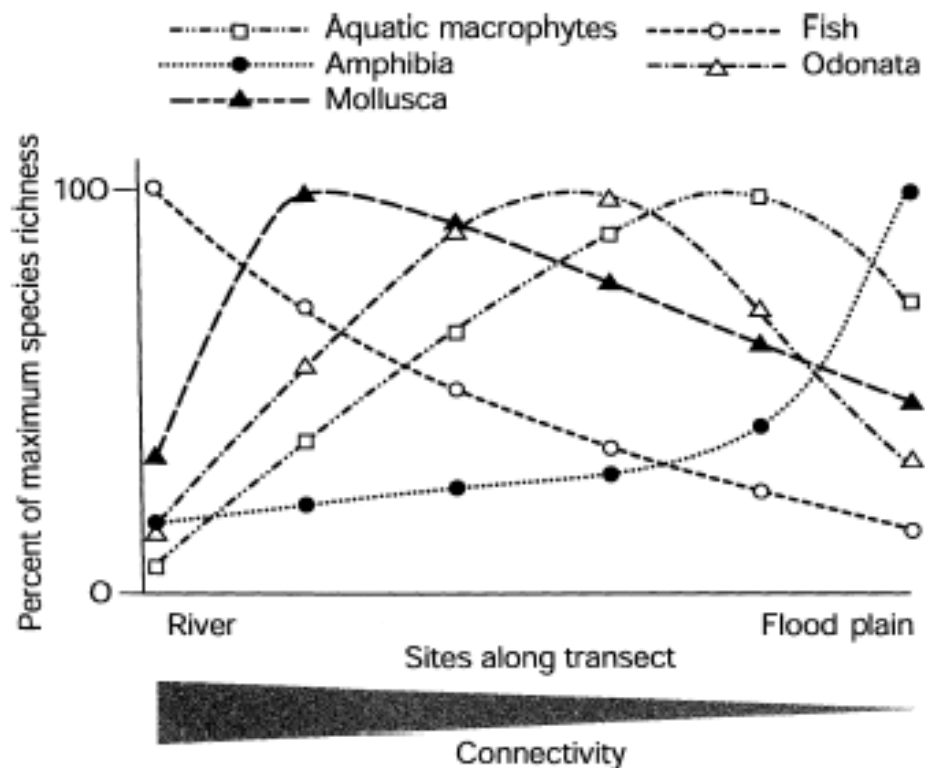


Fig. 10 Species richness peaks for different faunal and floral components (including native and non-native species) along a Danube-floodplain transect (idealized curves, modified from Tockner, Schiemer & Ward, 1998). The connectivity gradient extends from the main channel to the edge of the flood plain, a distance of about 1 km.

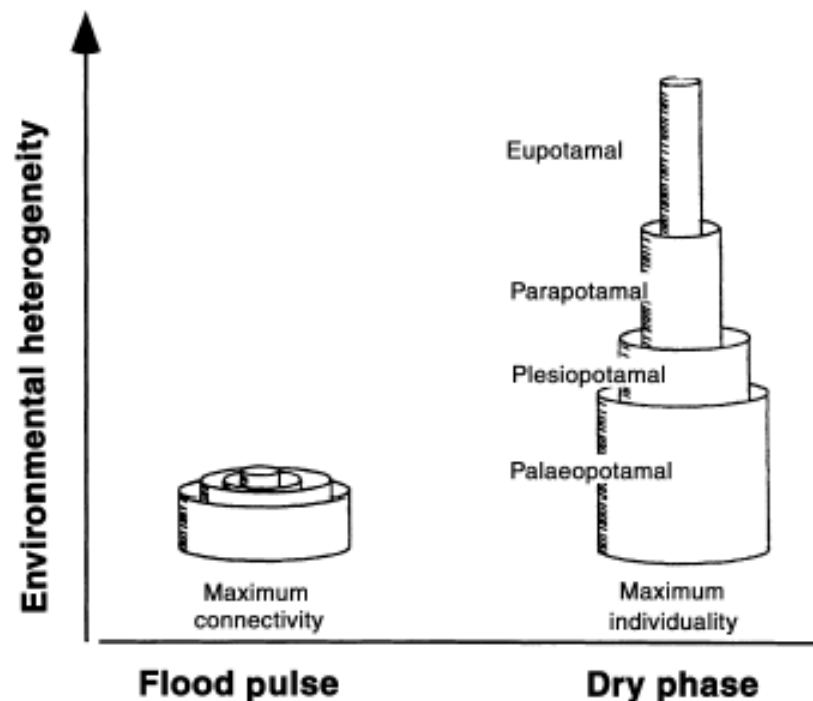
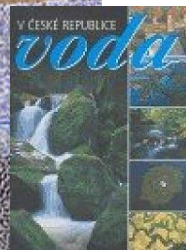
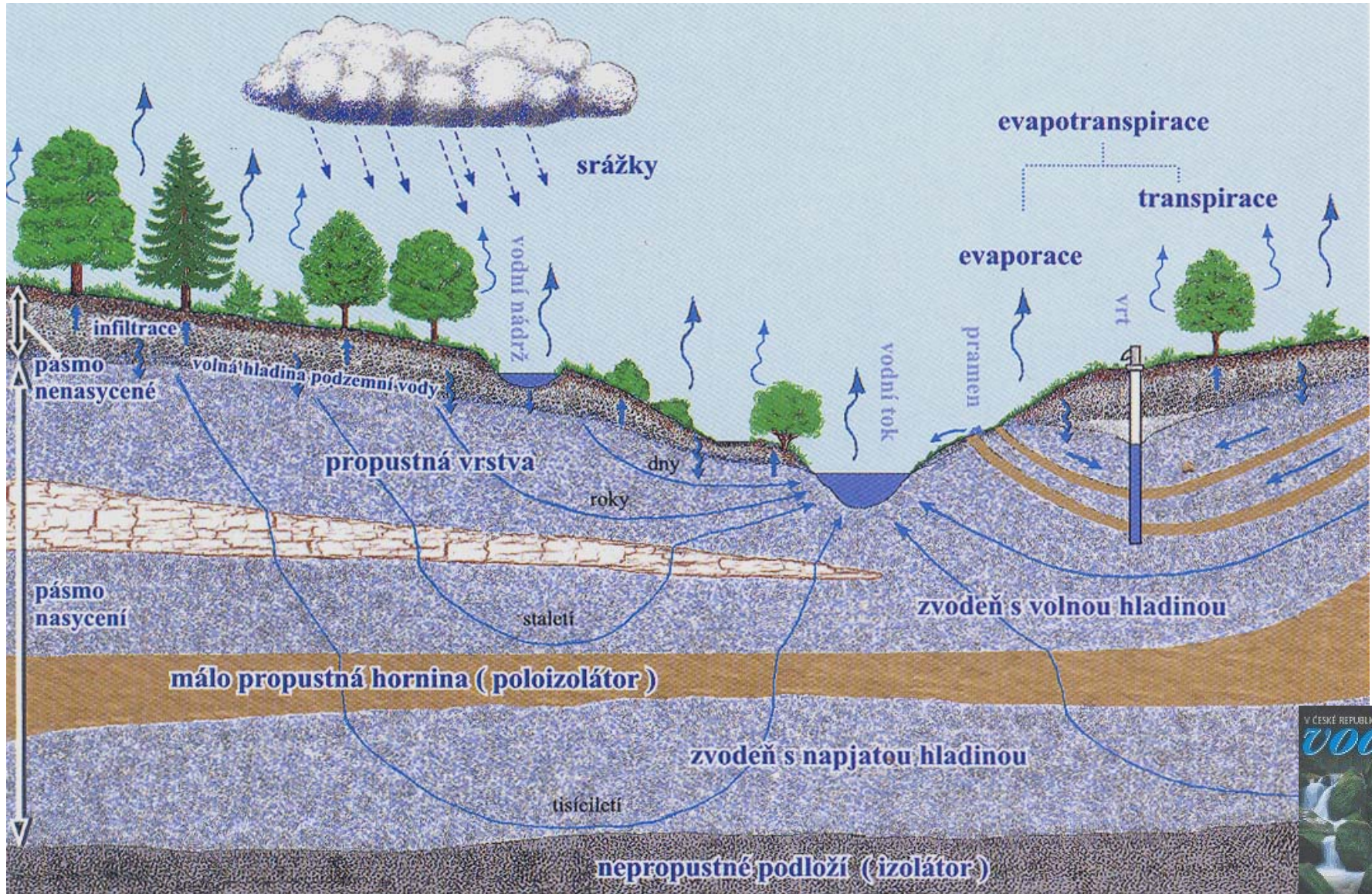
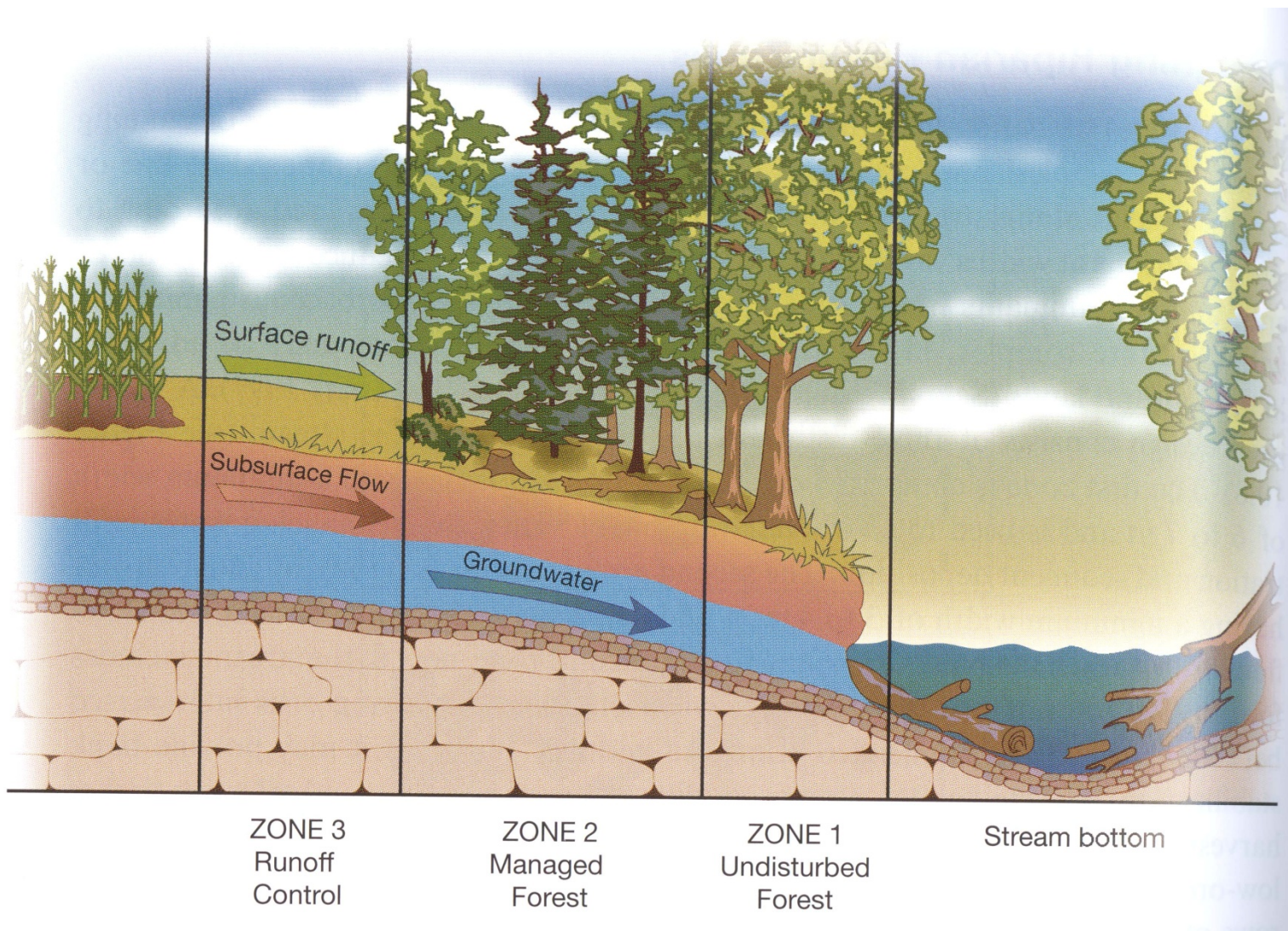


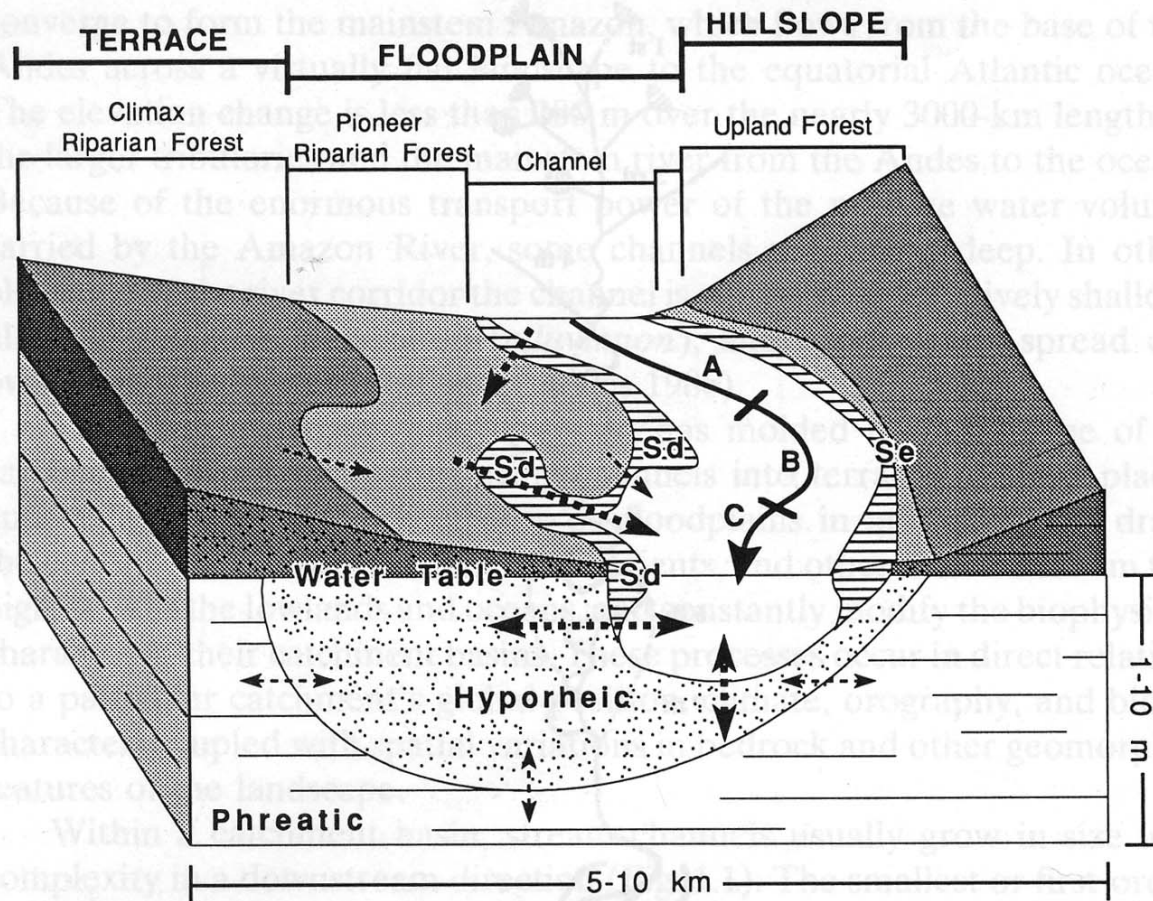
Fig. 3 A conceptual model depicting how floodplain water bodies, that exhibit essentially uniform conditions during the period of inundation, re-establish their individuality during the dry phase (based on a modification of the telescoping ecosystem model of Fisher *et al.*, 1998). Eupotamal refers to the main channel or side channels with both upstream and downstream connections to the main channel; parapotamal refers to side channels with only downstream connections to the main channel; plesiopotamal refers to a former braided channel that is connected only during high flow; and palaeopotamal refers to former meander loops that are reconnected with the main channel only during floods. See also Armantrout (1998).



ODTOKOVÉ POMĚRY



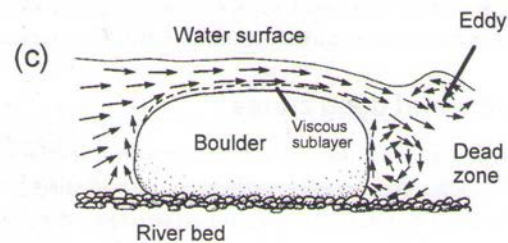
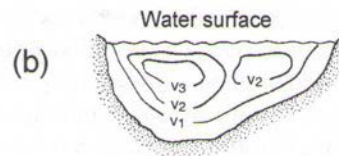
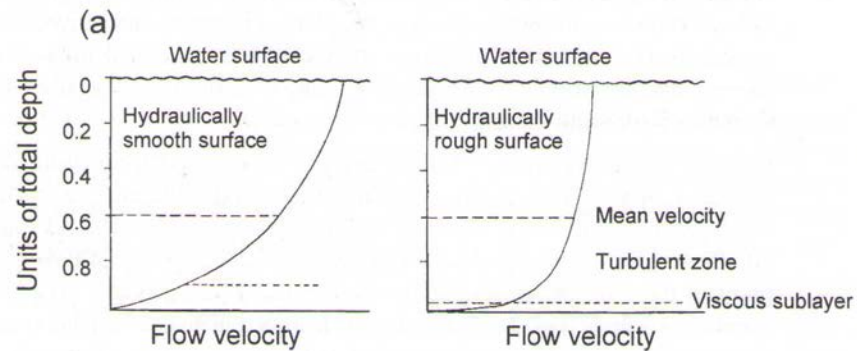
STRUKTURA A FLUVIÁLNÍ PROCESY



VERTIKÁLNÍ DIMENZE

- hydraulický gradient ve vodním sloupci

Fig. 3.7 Velocity gradients in a stream. (a) Vertical gradients over hydraulically smooth and rough substrates (modified from Hynes, 1970, and Gordon *et al.*, 1992). (b) A transverse section through a smooth channel showing velocity contours (v_3 high, v_1 low velocity) (modified from Newson, 1994). (c) Distribution of currents around a boulder (modified from Maitland, 1990).



VERTIKÁLNÍ DIMENZE

- komunikace s intersticiální vrstvou a podzemními vodami

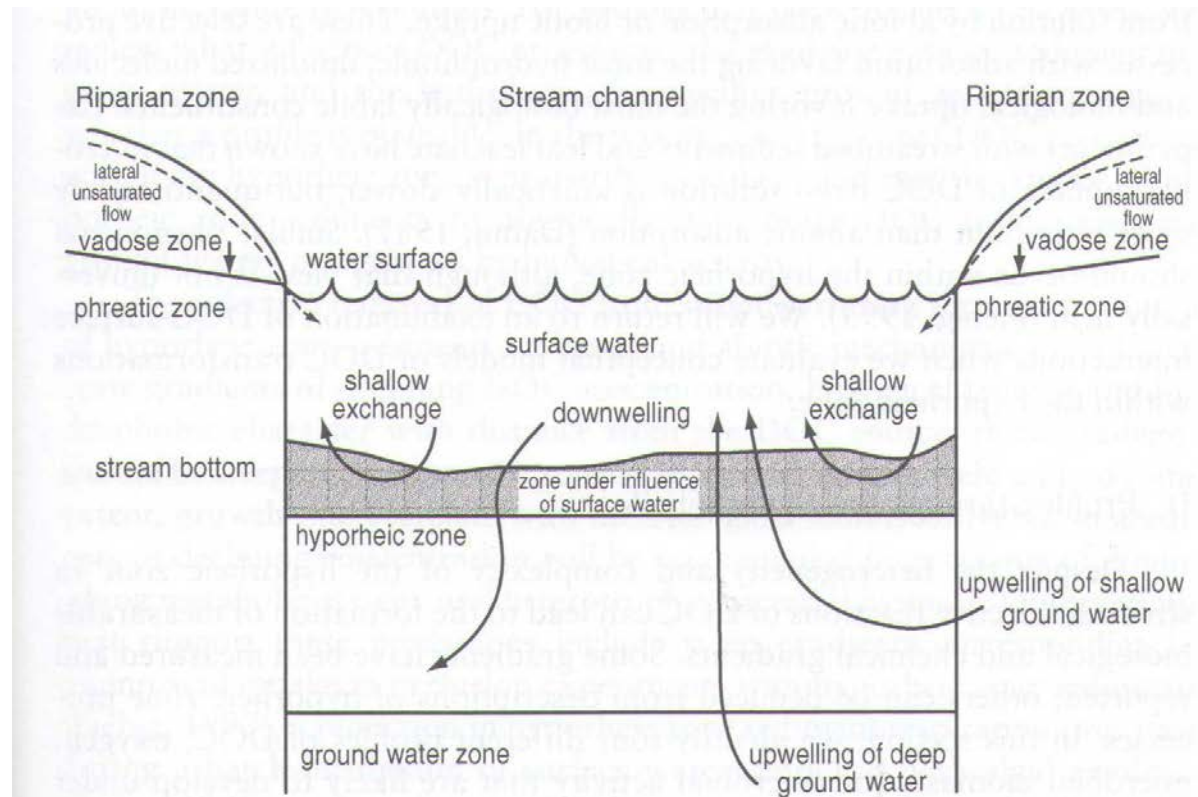
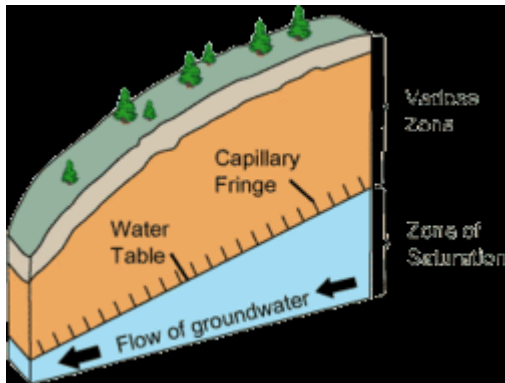


FIGURE 1 Hydrologic pathways that provide for the exchange of DOC between surface waters, the hyporheic zone, ground waters, and the riparian zone in streams.



- vazba na odtokový režim povodí (pluviální, nivální, glaciální)
- určuje aktuální rozsah zaplavené plochy a hydraulické podmínky v korytě
- eroze břehů a dna
- transport splavenin (bed load) a plavenin (suspended solids)
- dynamika transportu rozpuštěných látek a jejich vstupy do procesů
- konektivita s údolní nivou a podzemními vodami
- distribuce bioty (proudové preference, drift, dostupnost potravy)

- významný faktor regulující ekosystémové funkce a ovlivňující společenstva vodní bioty
- nasycení plyny, chemické a biochemické procesy

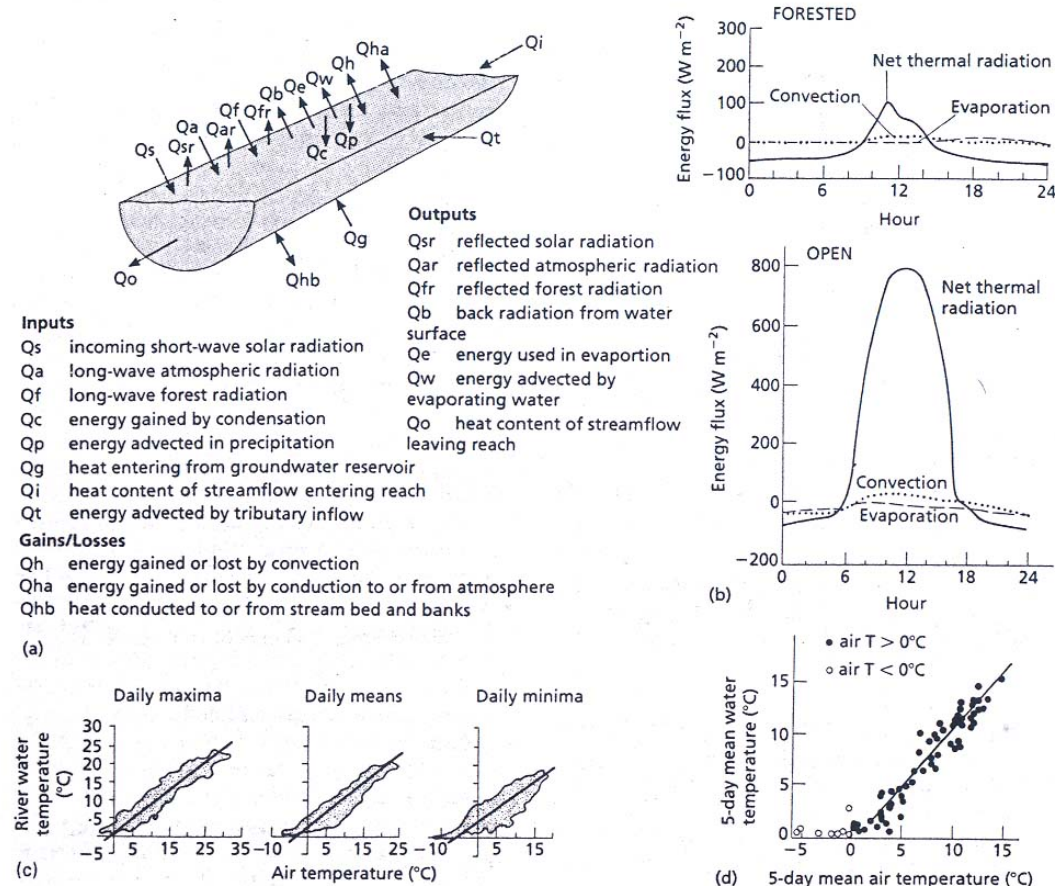
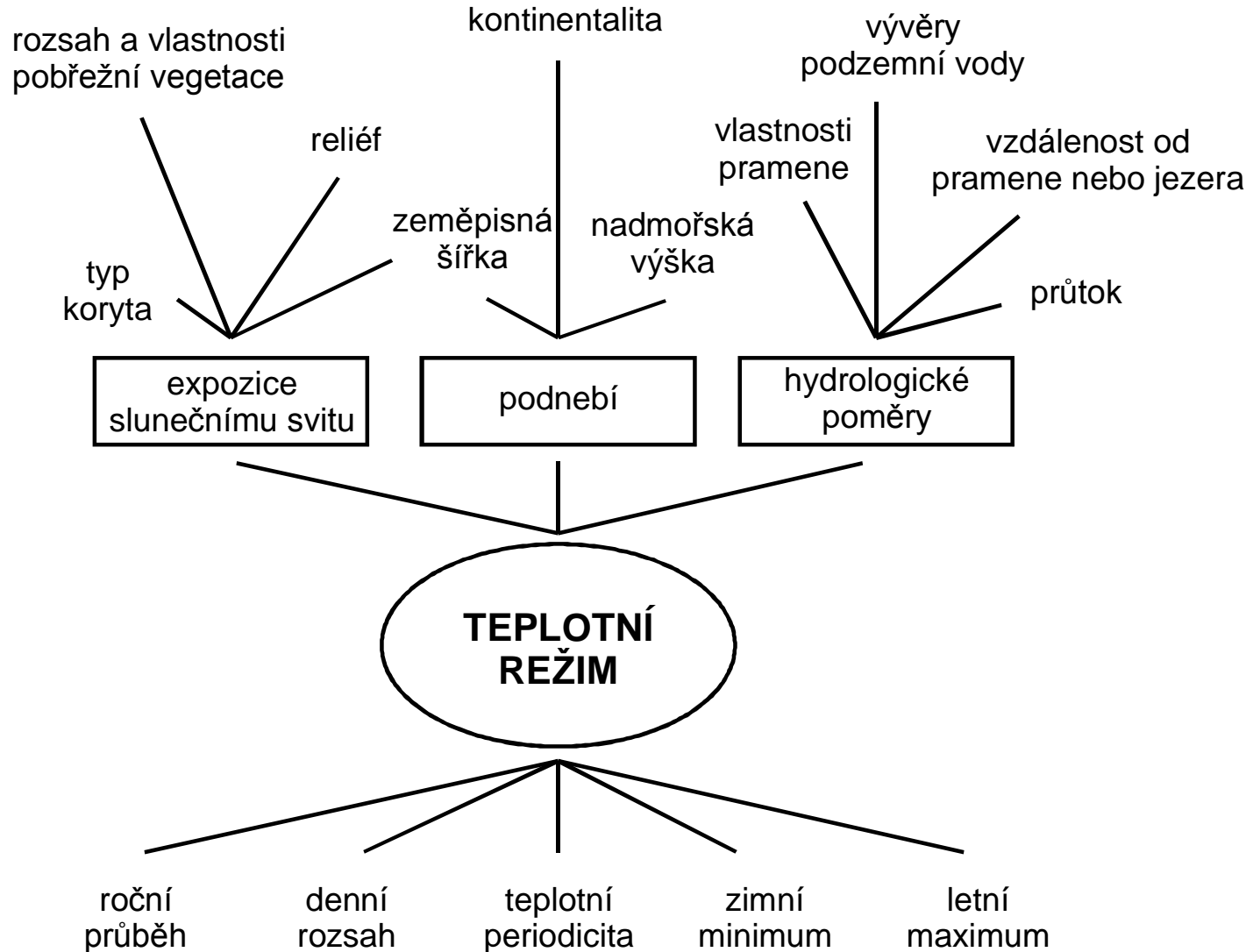


Fig. 3.7 Energy budgets and air-water temperature relationships. (a) Principal components of the energy budget of a water-course. (b) Temporal variation in heat budget components of Deer Creek, USA (forested) and Berry Creek, USA (open catchment) [after Brown 1969]. (c) Water-air temperature relationships in the River Clyst catchment, Devon, UK and (d) in a Pennine stream, Mattergill Sike, UK [after Crisp & Howson 1982].



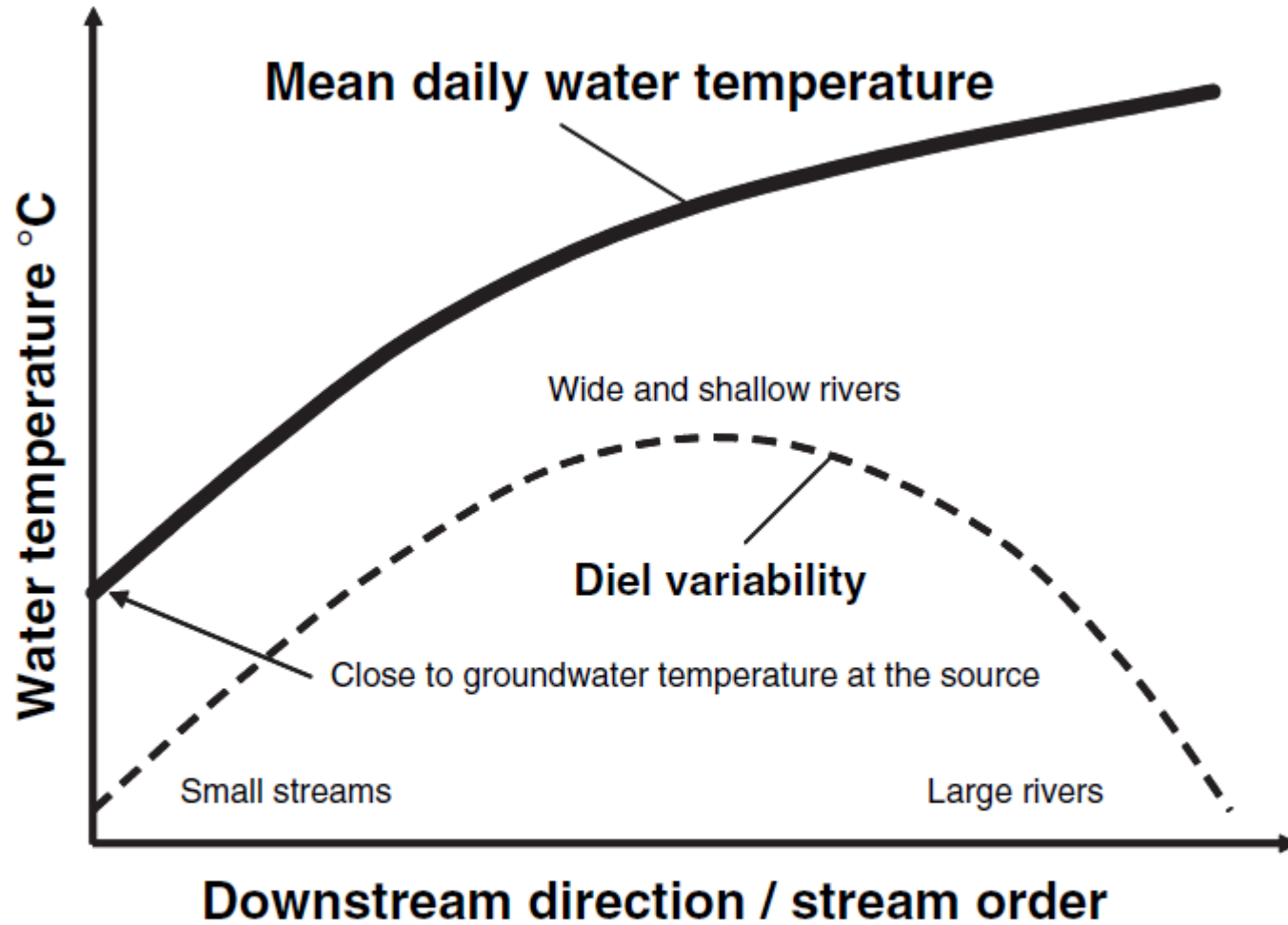


Fig. 2 Mean daily and diel variability of water temperatures as a function of stream order/downstream direction.

modely s teplotou vzduchu

$$t_{vr} = 1,755 t_{or} - 5,1$$

t_{vr} ... průměrná roční teplota vody (°C)

t_{or} ... průměrná roční teplota vzduchu (°C)

Hydrologické poměry ČSSR

modely s nadmořskou výškou

$$t_{vr} = 11,62 - 0,0102 H$$

t_{vr} ... průměrná roční teplota vody (°C)

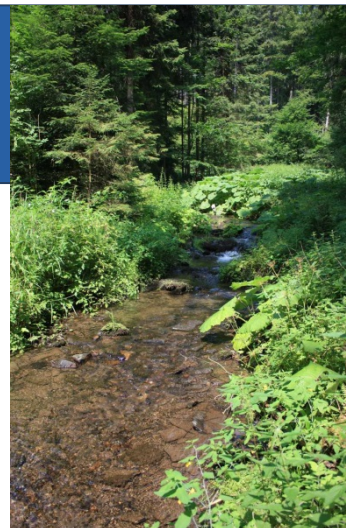
H ... nadmořská výška profilu (m n.m.)

Hydrologické poměry ČSSR

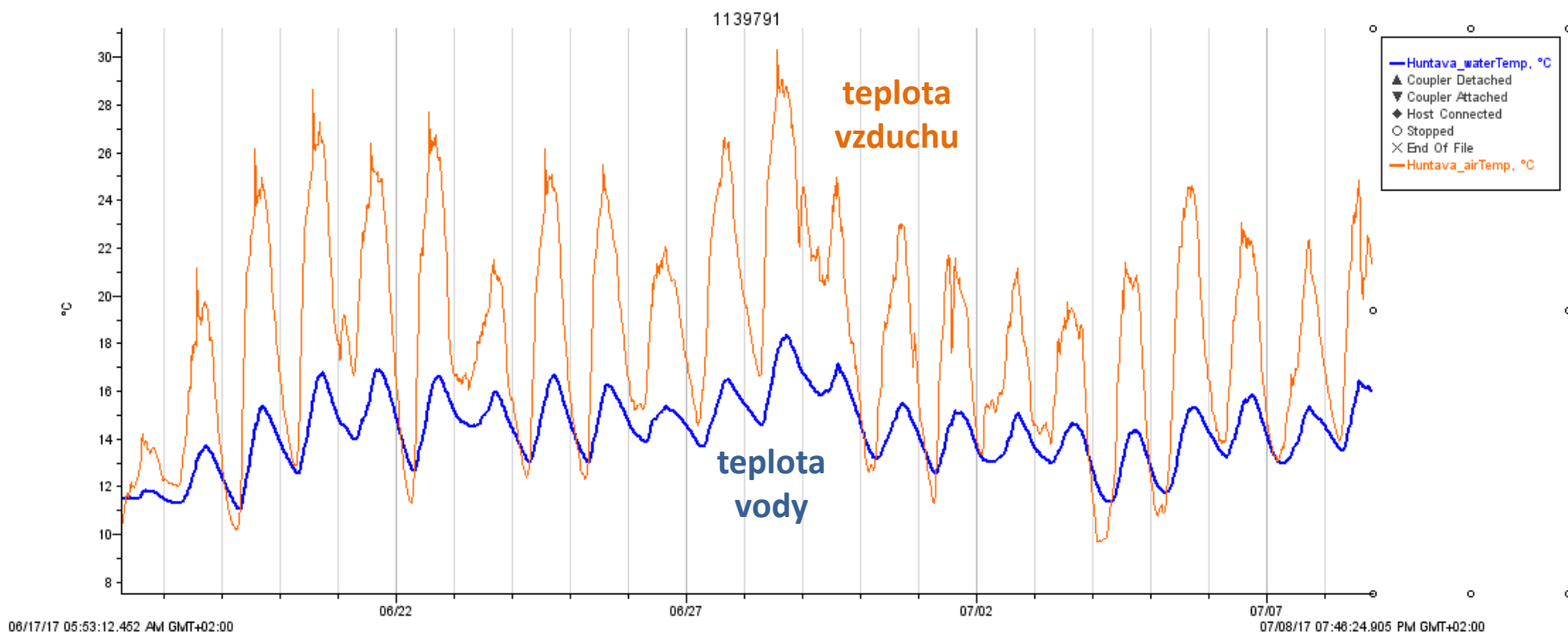
- možnost využití průměrné nadmořské výšky v povodí
- zahrnutí průtoku nebo výměny tepla
- jiné než lineární vztahy

ŘÍDÍCÍ FAKTORY TEPLOTY VODY

teplota vzduchu



Huntava (Valšův Důl)



18.6.-8.7. 2017

TEPLOTA – LATERÁLNÍ HETEROGENITA

- vliv vzoru koryta – laterální členění
vystavuje jednotlivé složky rozdílnému
působení teploty vzduchu a interakcím
s podzemními vodami
- výrazné u divočícího vzoru (postranní
koryta – snížení rychlosti proudění a
hloubky)

The glacial temperature regime prevails in the main channel and in surface connected flood plain channels (Fig. 2). Thermal patterns were less uniform in

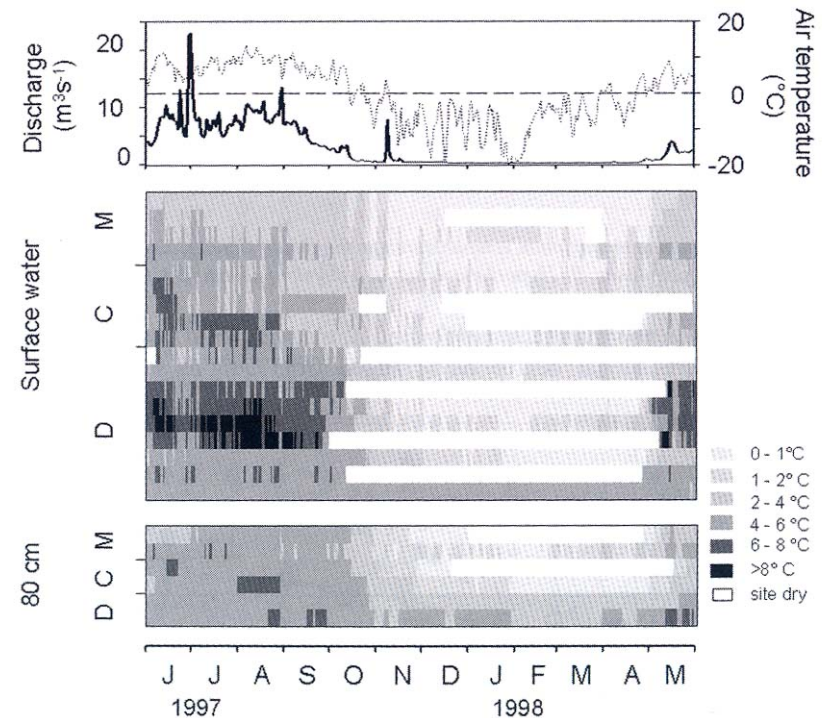
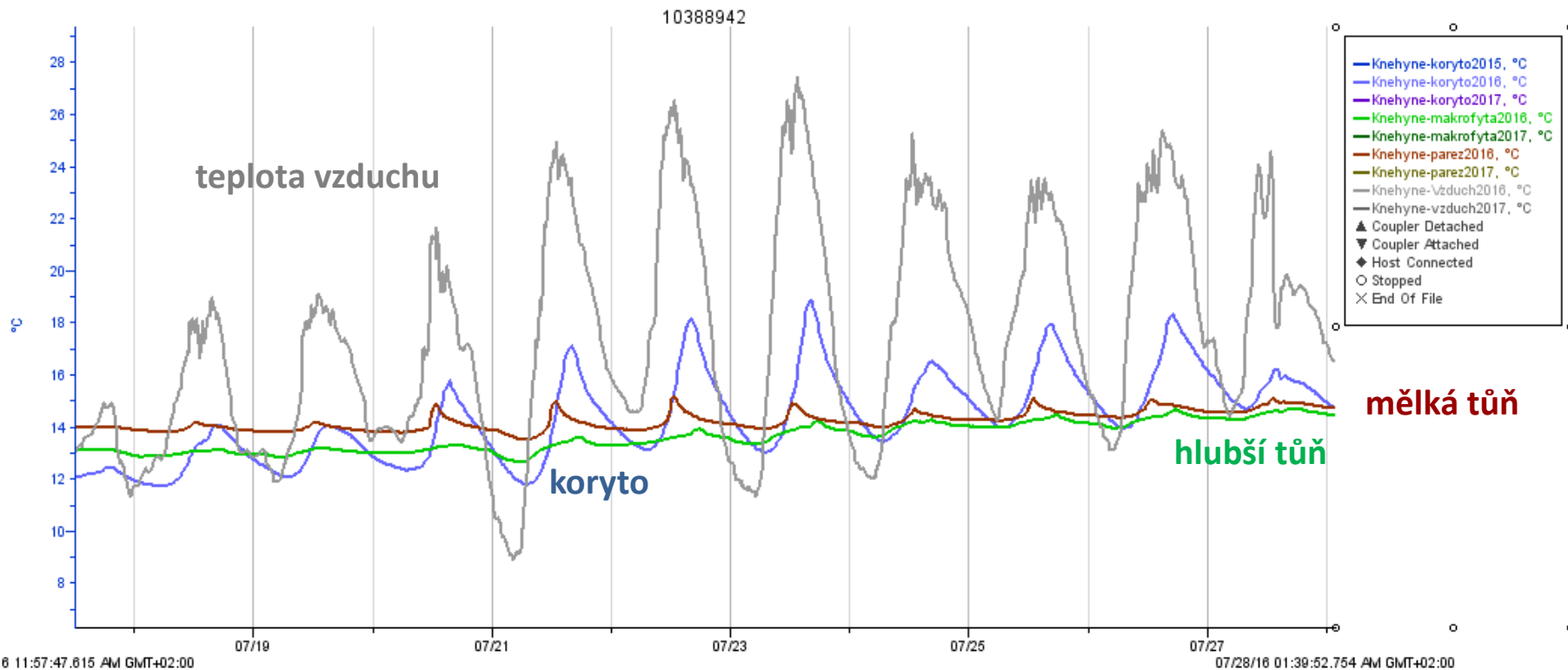
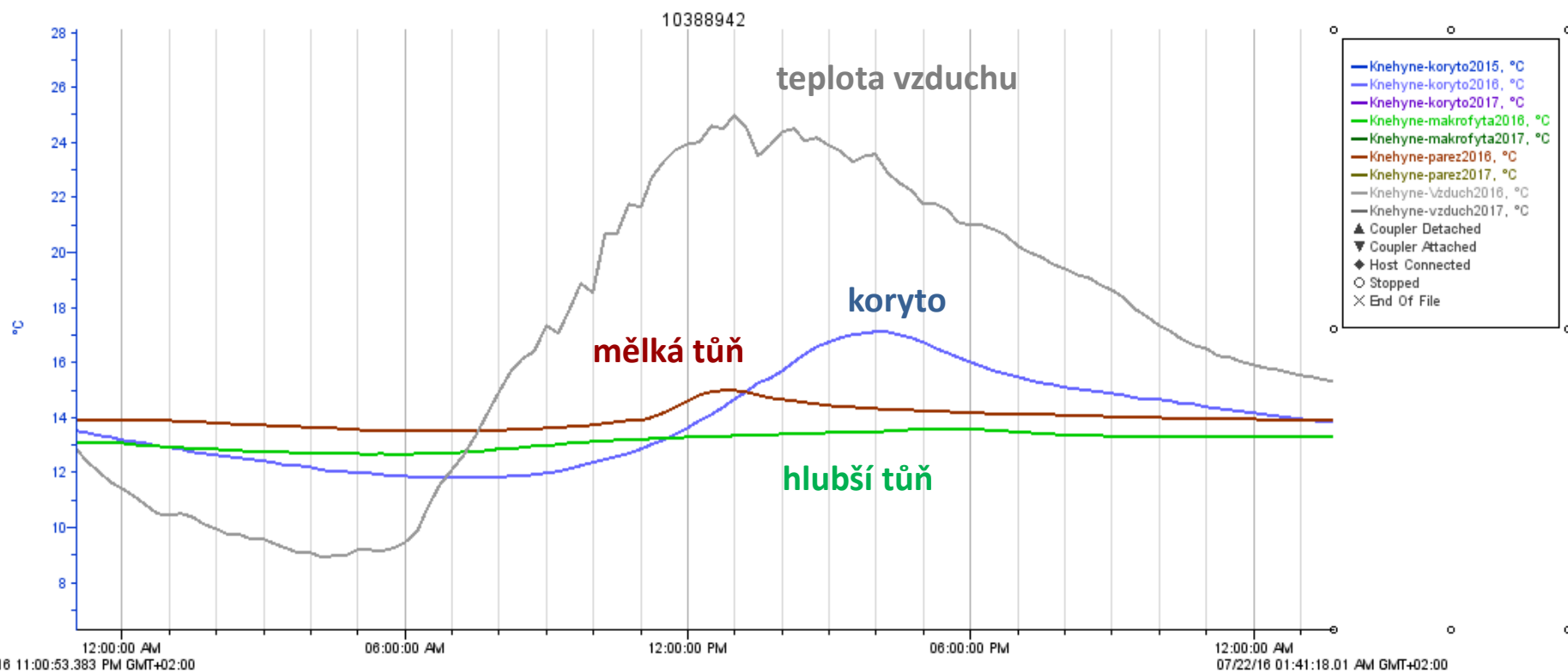


Figure 5. Upper panel: daily discharge (solid line) and daily air temperature (dotted line). Middle panel: daily temperatures in the surface waters of the flood plain. M = 4 main channel sites, C = 5 sites in surface-connected channels, D = 9 sites in surface-disconnected channels. Lower panel: daily temperatures in the hyporheic zone (depth = 80 cm). M = 2 main channel sites, C = 2 sites in surface-connected channels, D = 2 sites in surface-disconnected channels.

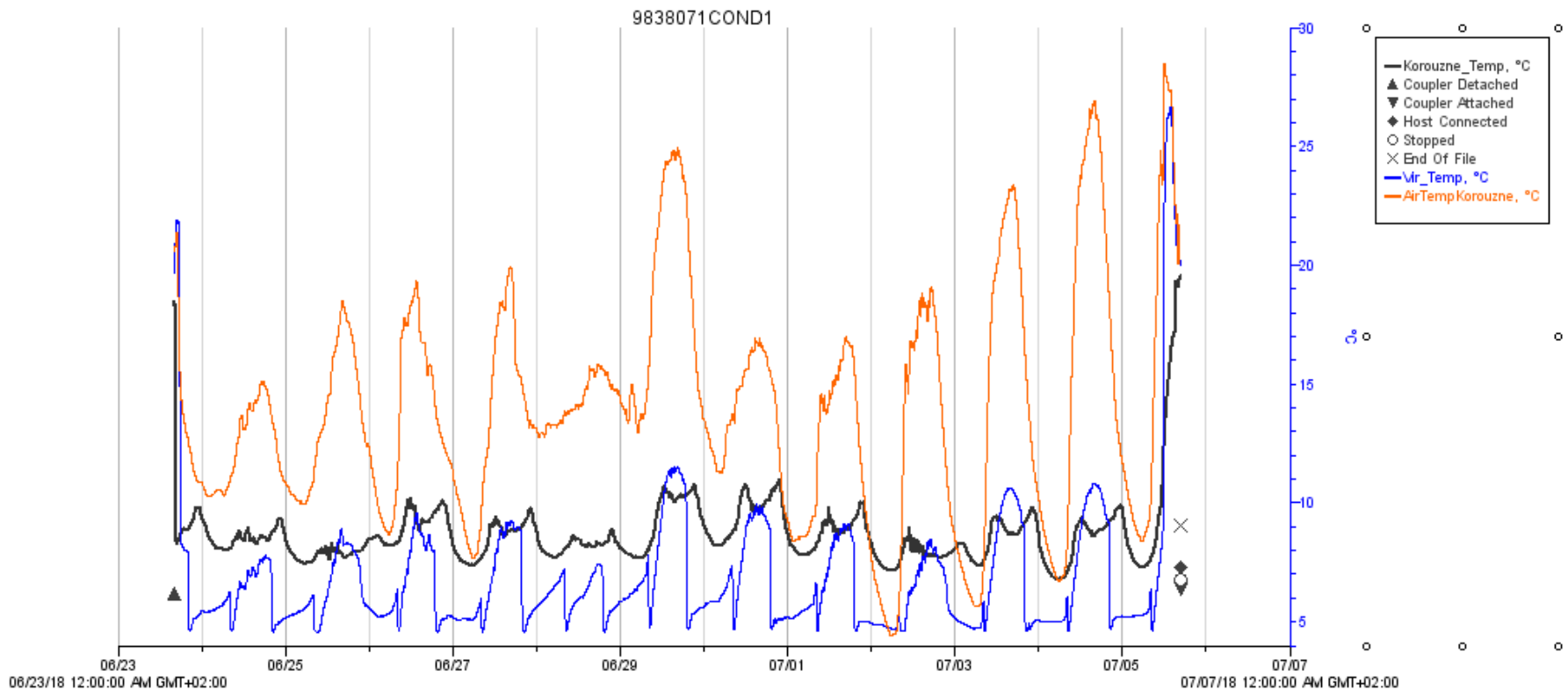
18-28/7/2016: Kněhyně – hlavní koryto a tůň sekundárního koryta



20/7/2016 – 24 hodin



- nádrže
- odpadní vody
- chladicí voda
- management pobřežní vegetace

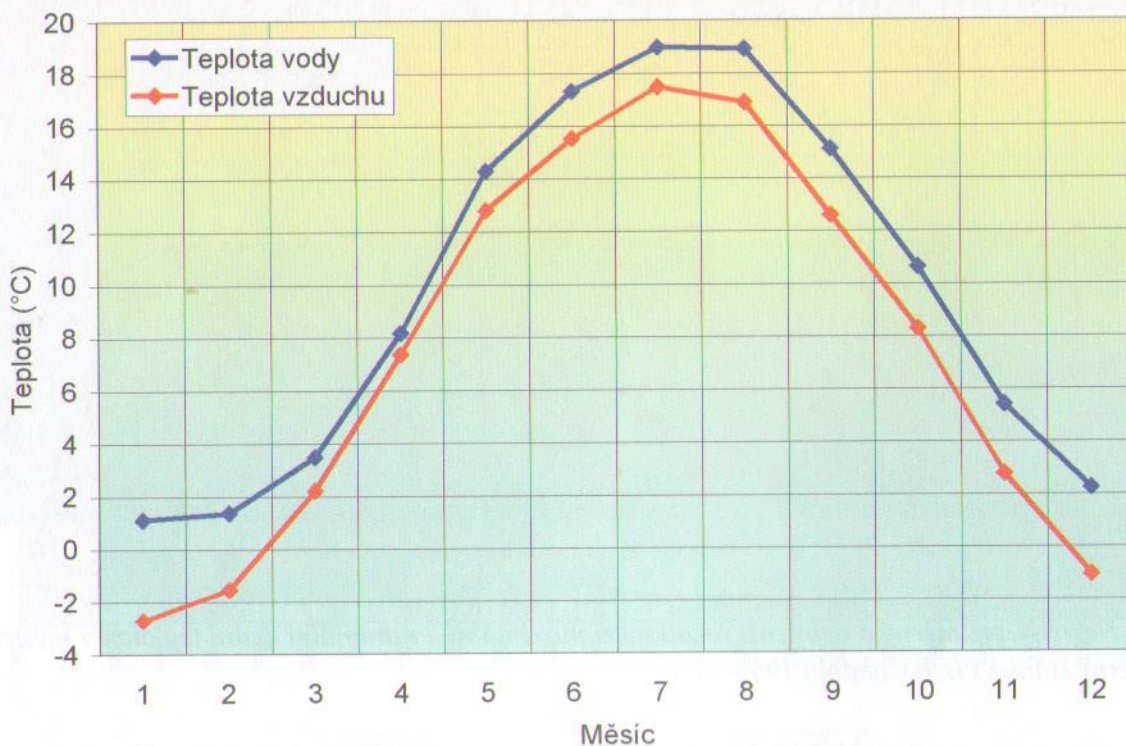


Matoušek, 1980: Teplotní a ledový režim vodních toků

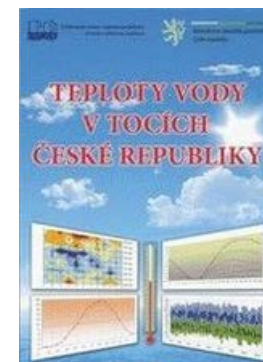
TEPLOTNÍ KLASIFIKACE VODNÍCH TOKŮ

| Skupina | R o z p ě t í v e °C | | | | |
|---------|-----------------------------|--|---|---------------------------|--------------|
| | průměrné roční teploty vody | rozkyvu průměrných měsíčních teplot v roce | maximálních průměrných měsíčních teplot | Prům. tepl. vody v období | |
| | | | | nevegetačním | vegetačním |
| 1 | 5,4 - 7,0 | 10,4 - 15,0 | 11,3 - 15,1 | 1,9 - 2,8 | 8,8 - 11,9 |
| 2 | 7,1 - 8,5 | 11,7 - 16,6 | 13,4 - 17,1 | 2,4 - 4,2 | 10,8 - 14,0 |
| 3 | 8,6 - 10,0 | 16,0 - 19,9 | 16,9 - 20,6 | 2,6 - 4,2 | 13,4 - 16,3 |
| 4 | 10,1 - 11,9 | 19,2 - 20,2 | 20,9 - 22,3 | 3,5 - 5,5 | 16,7 - 18,5 |
| 5a | 6,6 - 10,3 | 10,6 - 19,5 | 11,7 - 20,2 | 2,6 - 6,0 | 9,1 - 16,4 |
| | /6,6 - 9,2/ | /10,6 - 14,9/ | /11,7 - 16,9/ | /2,6 - 6,0/ | /9,1 - 14,4/ |
| 5b | 8,8 - 13,3 | 14,7 - 20,1 | 17,6 - 24,5 | 3,3 - 7,7 | 14,0 - 19,5 |

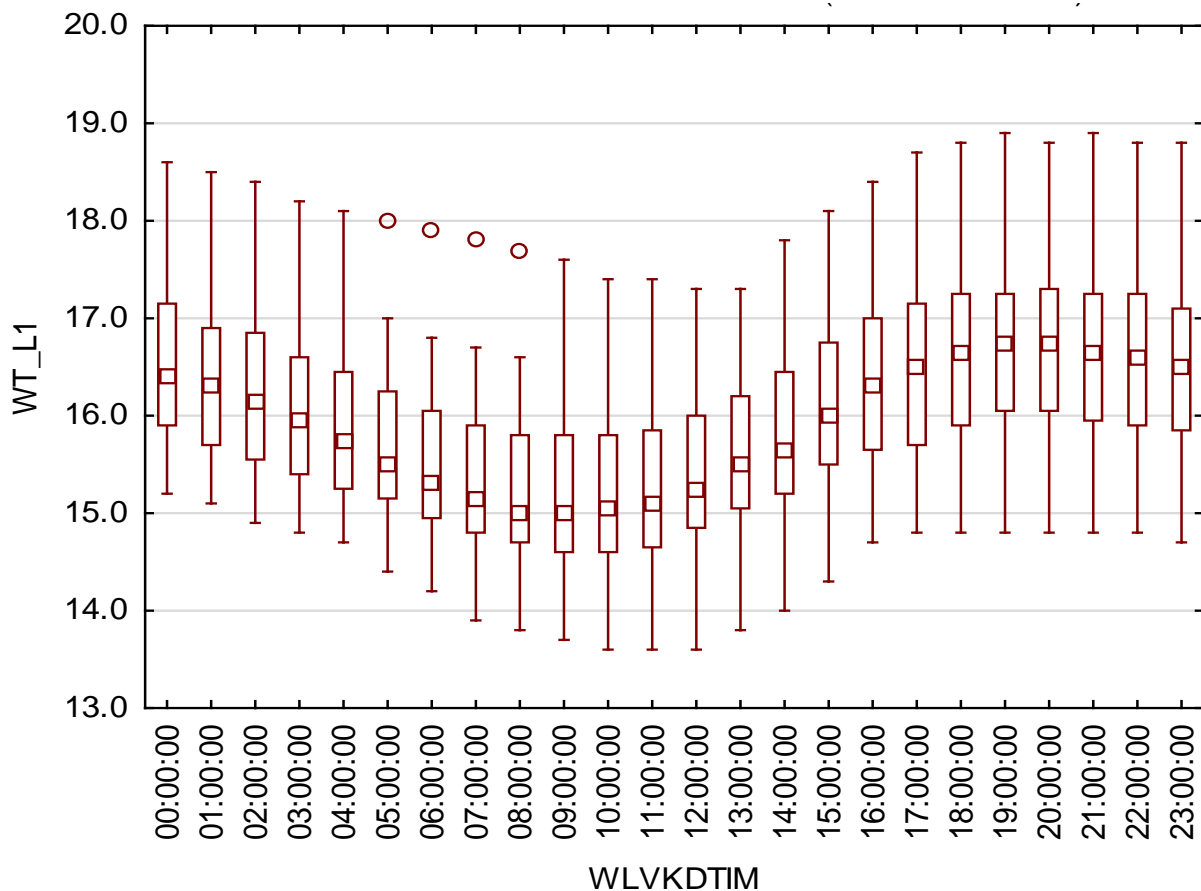
- amplituda, průměr, degree days
- časování minim a maxim, překročení prahových hodnot

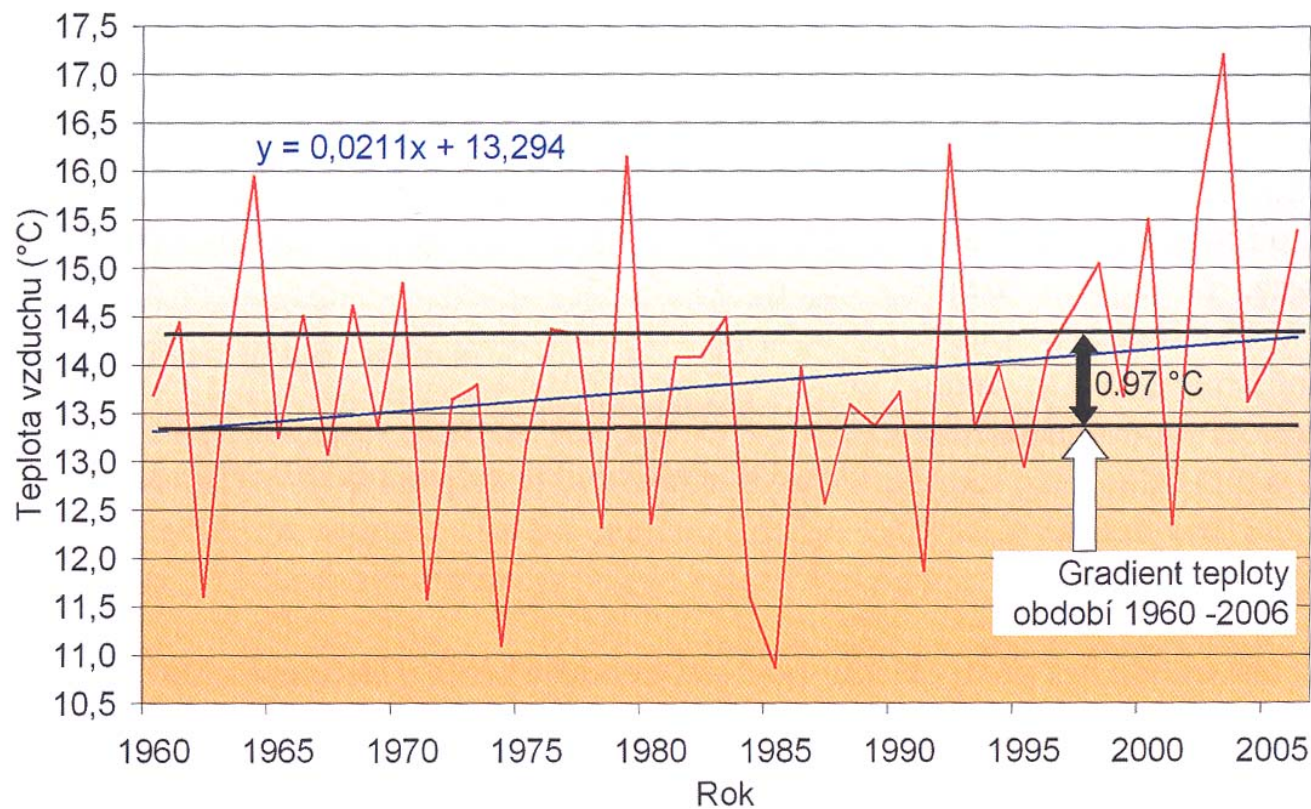


Obr. 4.13. Ukázka typického ročního chodu teploty vzduchu a teploty vody (povodí řeky Bečvy po vodoměrnou stanici Dluhonice, období 1980–2006)

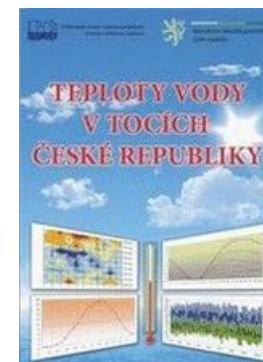


- **minima** většinou kolem 8 hod, **maxima** 17-18 hod (v létě dříve)
- posun oproti teplotě vzduchu (min. 6-7 hod, max. 13-14 hod)





Obr. 3.6. Gradient teploty vzduchu v povodí Jizery po Železný Brod v měsíci červnu za období let 1960–2006



TEPLOTA A PROCESY (ABIOTICKÉ A BIOTICKÉ)

- viskozita vody
 - kyslíkový režim
 - samočistící procesy (rozklad organické hmoty, denitrifikace)
-
- například částice jílu klesá 2x rychleji ve vodě o 23°C ve srovnání s 0°C
 - teplejší voda drží ve vznosu méně jílovitých částic než studená
 - částice v teplé vodě se pohybují rychleji než ve studené (o 0,5 % rychleji na každý 1°C nárůstu v rozmezí 4-20°C)
 - v teplé vodě se také utváří tenčí **mezní vrstva** nad substrátem než ve studené

- roční průměr teploty podzemní vody a teploty vzduchu se liší do 1°C
- podzemní vody mají většinou **účinek stabilizující** teplotu v tocích
- v některých případech však způsobují velkou prostorovou heterogenitu (**geotermální vody** v Yellowstone) – zvýšení teploty v toku o 12°C (změny ve společenstvech bakterií, řas, bezobratlých a ryb; produkce)
- vzhledem k nahodilé lokalizaci přítoků podzemní vody do koryta dochází ke zvýšení prostorové **heterogenity** fluviálního prostředí

vliv teploty na hydrologické poměry

- pokles hladiny uprostřed odpoledne souvisí s **evapotranspirací**
- denní kolísání teploty vody způsobuje změny **hydraulické konektivity** v korytě – výsledkem je kolísání průtoku během dne (rozsah a směr výměny vody mezi podpovrchovými a povrchovými vodami)

POVRCHOVÉ VS. PODZEMNÍ VODY

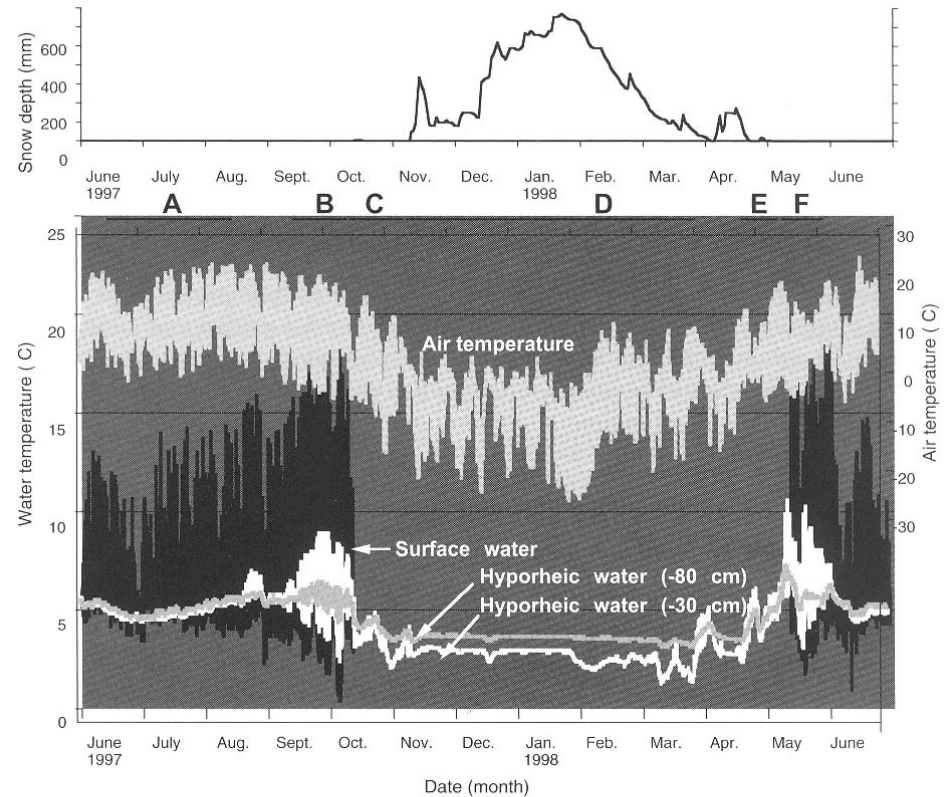


Figure 9. Snow depth, air temperature, and surface and hyporheic water temperatures recorded at site 73 (surface-disconnected channel). Snow depth and air temperature were measured at the nearest station of The Swiss Meteorological Survey (Samedan 1705 m a.s.l.). Temperature was corrected for difference in altitude (Uehlinger et al., 2003) The six time periods (A-F) are discussed in the text. From Malard et al. (2001), Fig. 6, p. 1330.

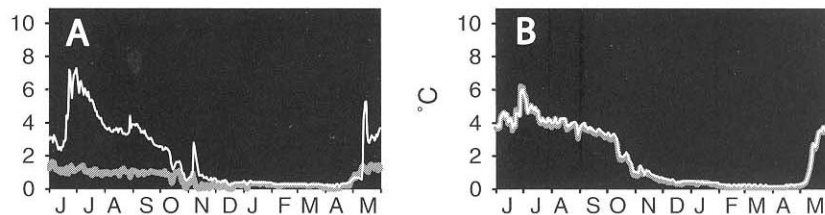


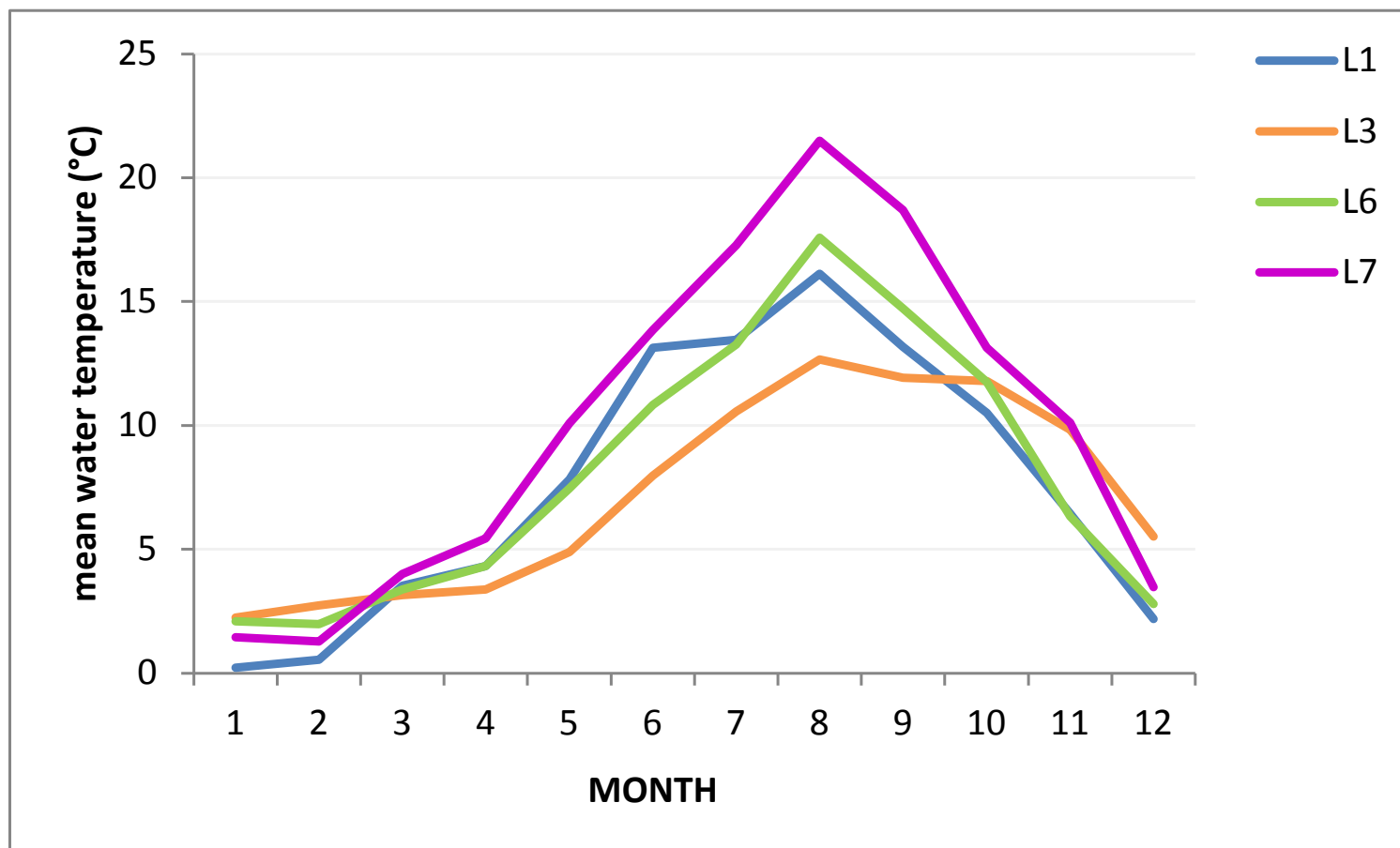
Figure 10. Daily temperature records for the surface stream water and the hyporheic zone (depth 80 cm) in the proglacial reach. A) Main channel: gray line = surface temperature at site 9, white line = hyporheic temperature at site 6. B) Site 8 (surface-disconnected channel): gray line = surface temperature, white line = hyporheic temperature.

- studenokrevní (poikilothermní) / teplokrevní
- eurytermní / stenothermní
- limity pro buněčné procesy, metabolismus, vývojové cykly, aktivita/klidová stádia, distribuce

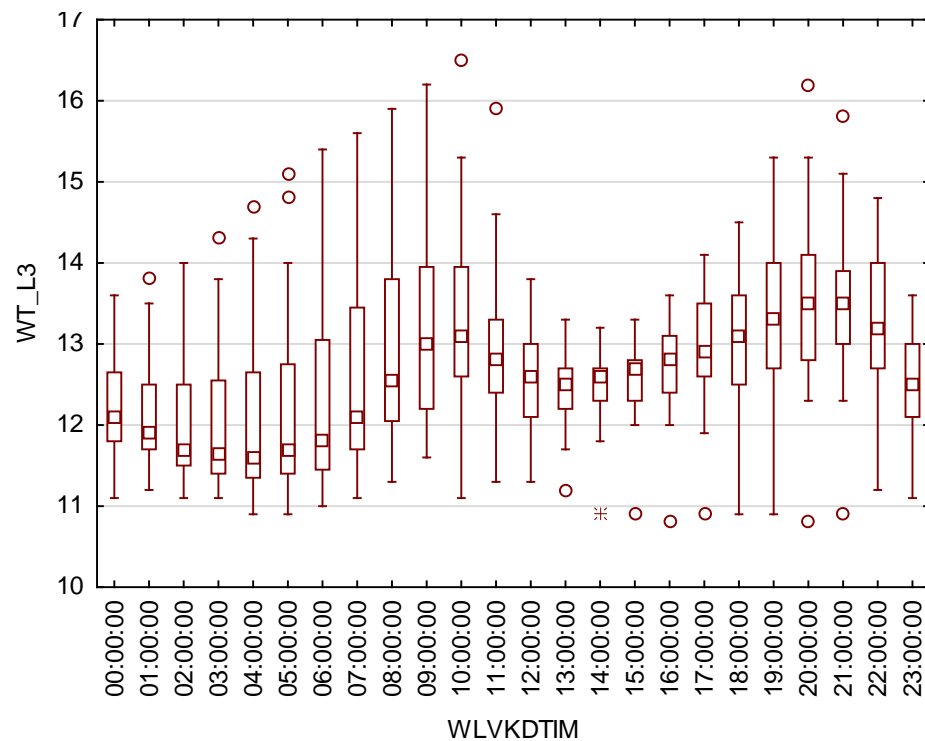
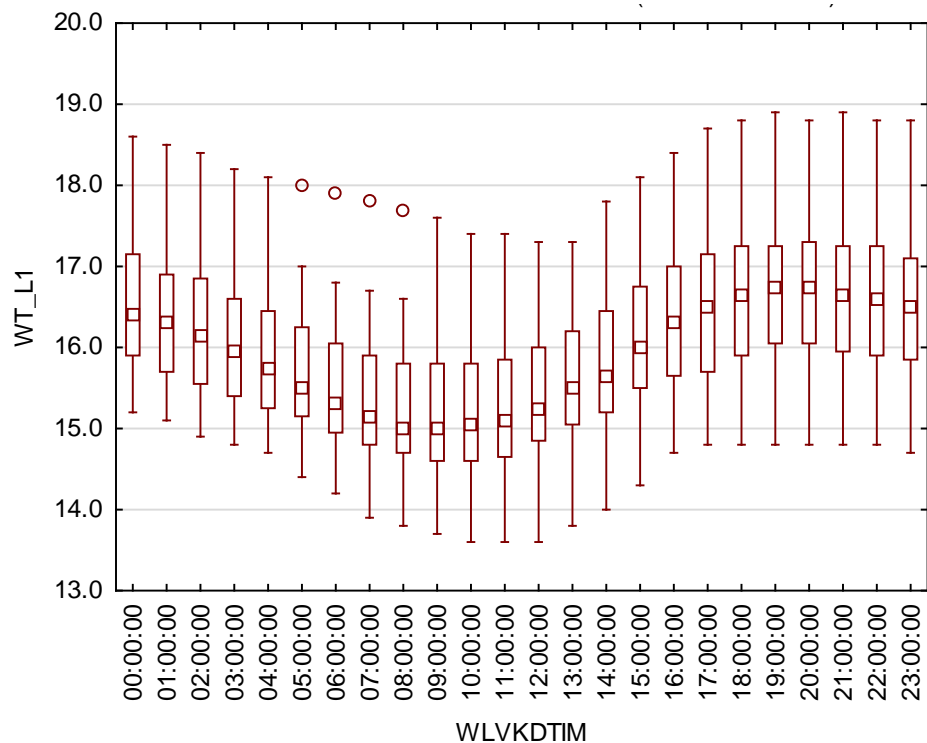
- nádrže
- vypouštění odpadních vod
- vypouštění chladících vod
- úpravy koryta a zásahy do pobřežní vegetace (zahlubování, spád-zdržení)



změny teplotního režimu toku regulovaného dvěma přehradami



vliv hydro-energetického špičkování na denní běh teplot



- odraz záření
- bariéra výměny plynů (anoxie vzácné vzhledem k možnostem doplnění v nezamrzlých peřejích; výjimkou jsou některé toky na Sibiři a v Kanadě)



Bečva – Černotín (18.1. 2006)



- izolace toku před promrznáním do dna (pozitivní pro biotu)
- při jarním tání možnost mechanického narušení koryta ledovými krami
- přehrazení toku akumulací ledu
- přehrady se spodním odtokem

Bečva – Černotín (22.2. 2005)



- podvodní led – formování za jasných chladných nocí ($-15,6$ až $-23,0^{\circ}\text{C}$);
ztráta tepla vyzařováním z tmavě zbarveného substrátu pod vodou při teplotě 0°C
- Frazil (slush) ice – konzistence sněhu (přechlazená voda)
Anchor ice – obvykle v mělkých vodách do 50 cm, začíná v peřejích, na proudových stranách velkých kamenů, pak postupuje i do tišin

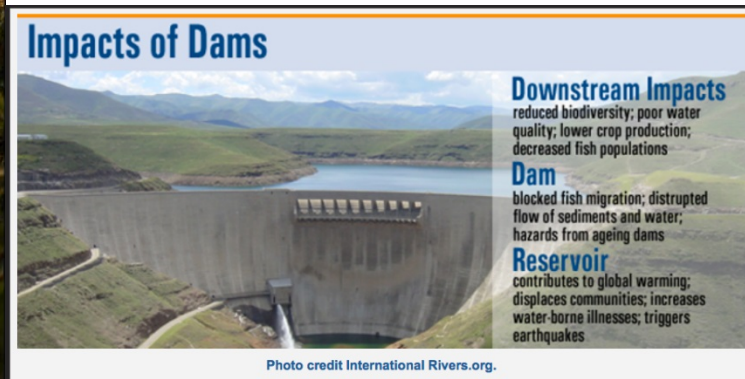
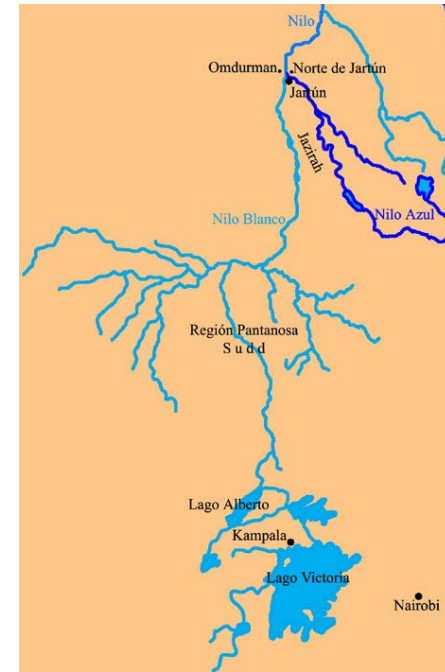
- vliv na společenstva **rostlin a primární produkci**
- úhrn a vlastnosti záření dopadajícího na říční autotrofy závisí na:
 - *ročním období*
 - *geografické poloze*
 - *nadmořské výšce*
 - *vlastnostech atmosféry*
 - *lokálních podmínkách (hloubka, průhlednost)*
- na rovníku: $2,160 \pm 0,133 \text{ kJ.cm}^{-2}.\text{d}^{-1}$ během roku
- v polárních oblastech: $2,81 \text{ kJ.cm}^{-2}.\text{d}^{-1}$ v létě, ale 0 v zimě

(Maitland, 1990)

- intenzita záření narůstá s nadmořskou výškou a naopak je v tocích omezována pobřežní vegetací
- ztráty při přechodu do vody (odraz, absorpce)
- rozsah odrazu záření od vodní hladiny: 20,0-98,5 % (závisí na úhlu dopadu – pozici Slunce na obloze)
- vliv ročního období, denní doby, orientace říčního údolí, oblačnosti
- při průchodu vodou: zákal, zbarvení (logaritmický pokles záření – Beerův zákon)

SVĚTLO A ZÁKAL

- zákal (turbidity)
- „white waters“ – např. Bílý Nil, Amazonka
- vysoká turbidita také Amu-Daria (Sibiř), Missouri (před regulací přehradami), ledovcové toky
- intenzivně obhospodařované oblasti (východní Afrika, americký středo-západ a jižní Ontario) – malé toky mírně zakalené i během nízkých průtoků
- zákal ve vztahu k průtoku



- v pomalu tekoucích úsecích může být průchod světla omezen rozvojem **planktonu**
- turbulentní proudění v **peřejích** se projevuje menším odrazem světla od hladiny – v ranních a večerních hodinách tak proniká více světla než v tišinách (vyrovnává úbytek způsobený zvýšeným zákalem v turbulentních podmínkách)
- sezonalita ve vztahu k zástínu **pobřežní vegetací**:
 - mírný pás – max. jaro a podzim
 - tropy – trvalé zastínění (pokud není vegetace odstraněna člověkem)

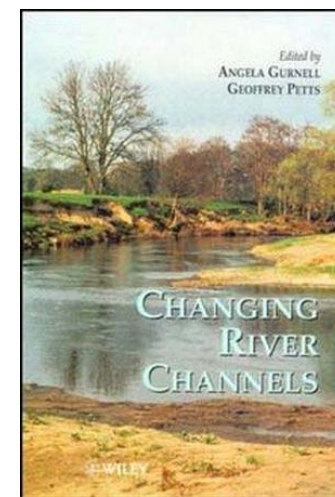
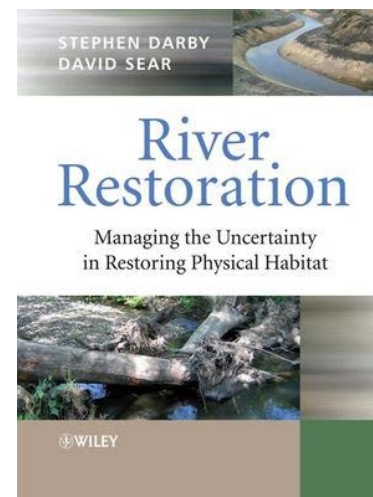
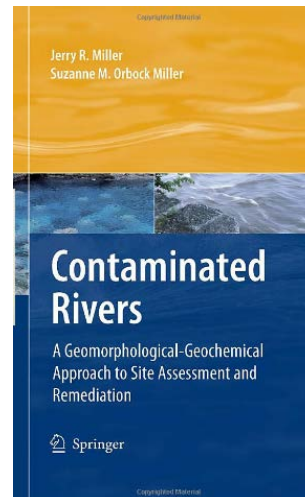
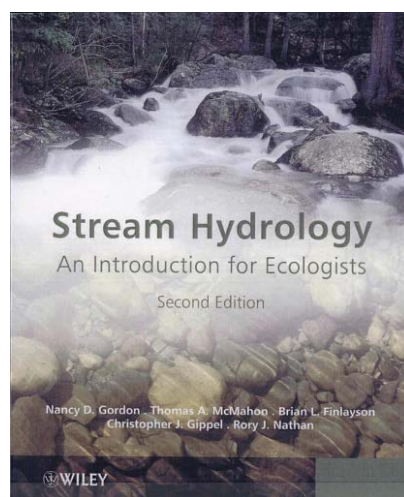
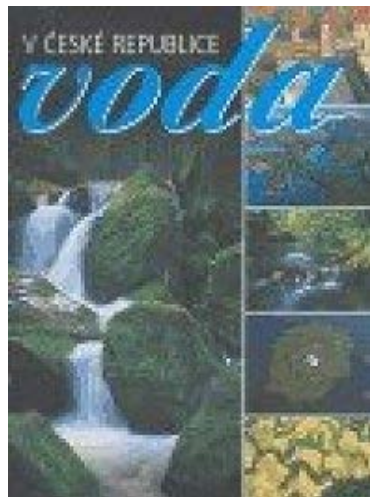
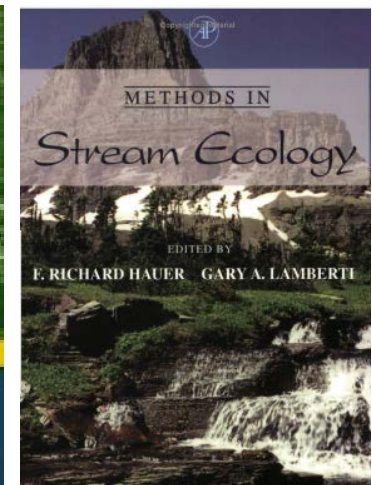
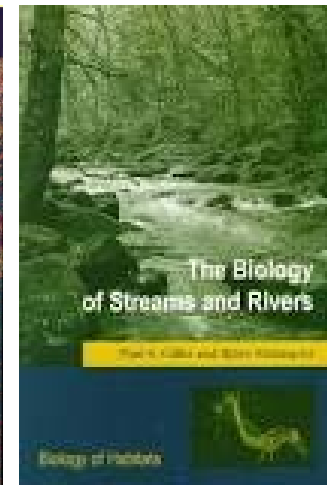
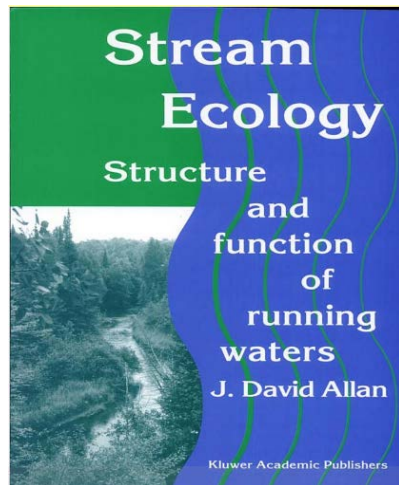
- **primární produkce**
 - energie slunečního záření je ukládána do organické hmoty (OM, organic matter)
 - autochtonní (vzniká v toku), alochtonní (vzniká v okolí toku – povodí, koridor)
 - autotrofie/heterotrofie
 - podíl na řízení dynamiky vývojových cyklů živočichů – sezónní dynamika
- sekundární produkce**

- primární vliv na **fotosyntézu** autotrofních organismů (rostliny, řasy, sinice)
- sekundární působení na **živočichy** (chování, biologie – vývojové cykly)
- v jezerech mírného pásu vykazuje fytoplankton na světle závislou sezónní dynamiku produktivity
- naproti tomu v podmínkách toků kde ostatní parametry byly neměnné, vykazovalo pouze 9 z 60 rozsivek sezónnost (Sherman & Phinney, 1971)
- nicméně v zastíněných tocích nebo při vysokém zákalu vody chybí vyšší rostliny
- sezónní změny **zastínění** pobřežní vegetací ovlivňují dynamiku nárostových společenstev (vodní řasy)
- ke stínu adaptované: rozsivky
- s nárustem světla se zvyšuje podíl zelených řas a sinic

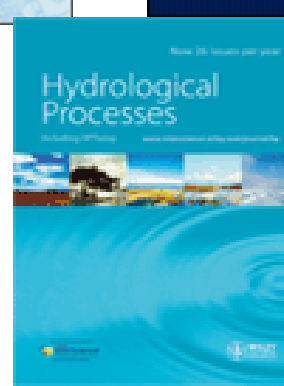
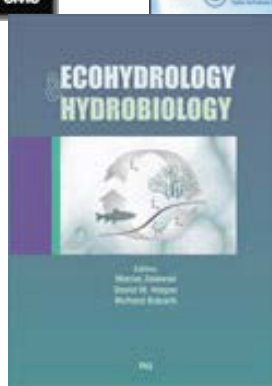
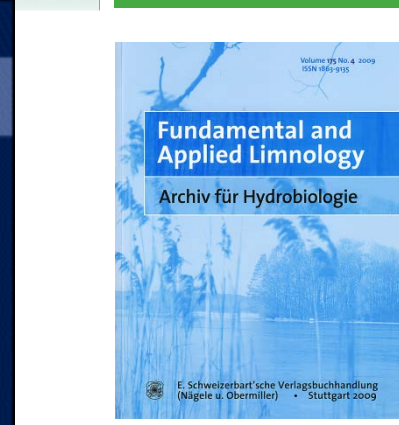
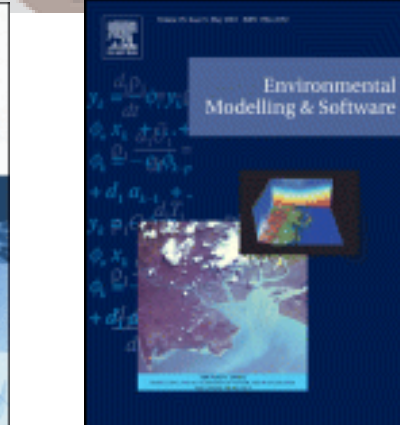
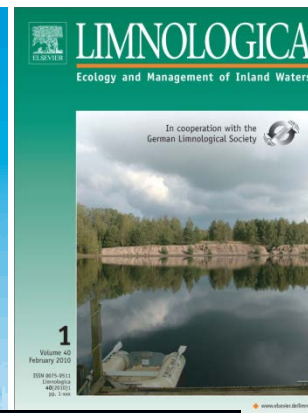
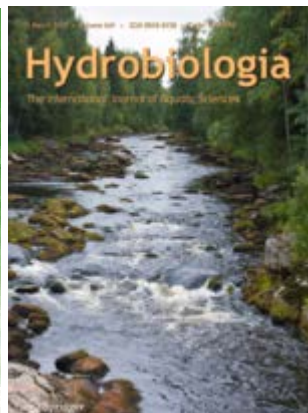
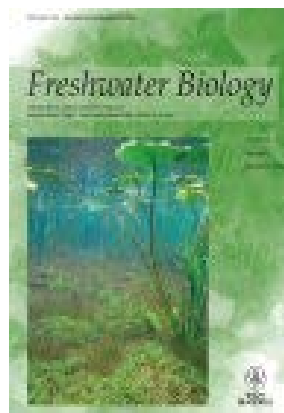
- vliv na **distribuci** vodních bezobratlých
- např. jepice *Baetis rhodani* a další tzv. spásači/škrabači – grazers/scrapers
- naopak jiní preferují **zastíněná** místa
- vazba na potravní strategie – **zdroje potravy**
- vliv na **chování** (přemístění do místa, které zajišťuje vhodné podmínky z hlediska O_2/CO_2 gradientu a zároveň má i jisté světelné vlastnosti)
- řada druhů má spojené vyhýbání se světlu s vyhýbáním se **silnému proudu** tekoucí vody (udržením se v kontaktu se substrátem)
- světelné podmínky také řídí **driftovací** chování (drift bezobratlých narůstá v době soumraku nebo noci)
- světelné podmínky se také významně podílejí na řízení **vývojových cyklů** bezobratlých během roku (líhnutí, kuklení, výlet)

LITERATURA

Lellák J., Kubíček F.: Hydrobiologie, 1.vydání, Univerzita Karlova, Karolinum, Praha 1992.



periodika



Fuksa (49:56)

<https://www.ceskatelevize.cz/porady/1096902795-studio-6/218411010100409/>

Fuksa a Knot

<https://www.seznamzpravy.cz/clanek/spor-o-zasnezovani-sjezdovek-je-umely-snih-pohromou-pro-prirodu-65671?seq-no=5&dop-ab-variant=&source=clanky-home&autoplay=1>

Fuksa a Knot

<https://video.aktualne.cz/dvtyv/dvtyv-15-1-2018-adam-vojtech-duel-josef-k-fuksa-a-libor-knot/r~61ae0f16fa0011e786cf0cc47ab5f122/>