

ESF II projekt Západočeské univerzity v Plzni

reg. č. CZ.02.2.69/0.0/0.0/18_056/0013239



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MŠMT
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Hydrologie měst – změny odtoku a ekohydrologická opatření



Fyzická geografie 1

Jan Kopp



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MŠMT
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Změny odtokových podmínek



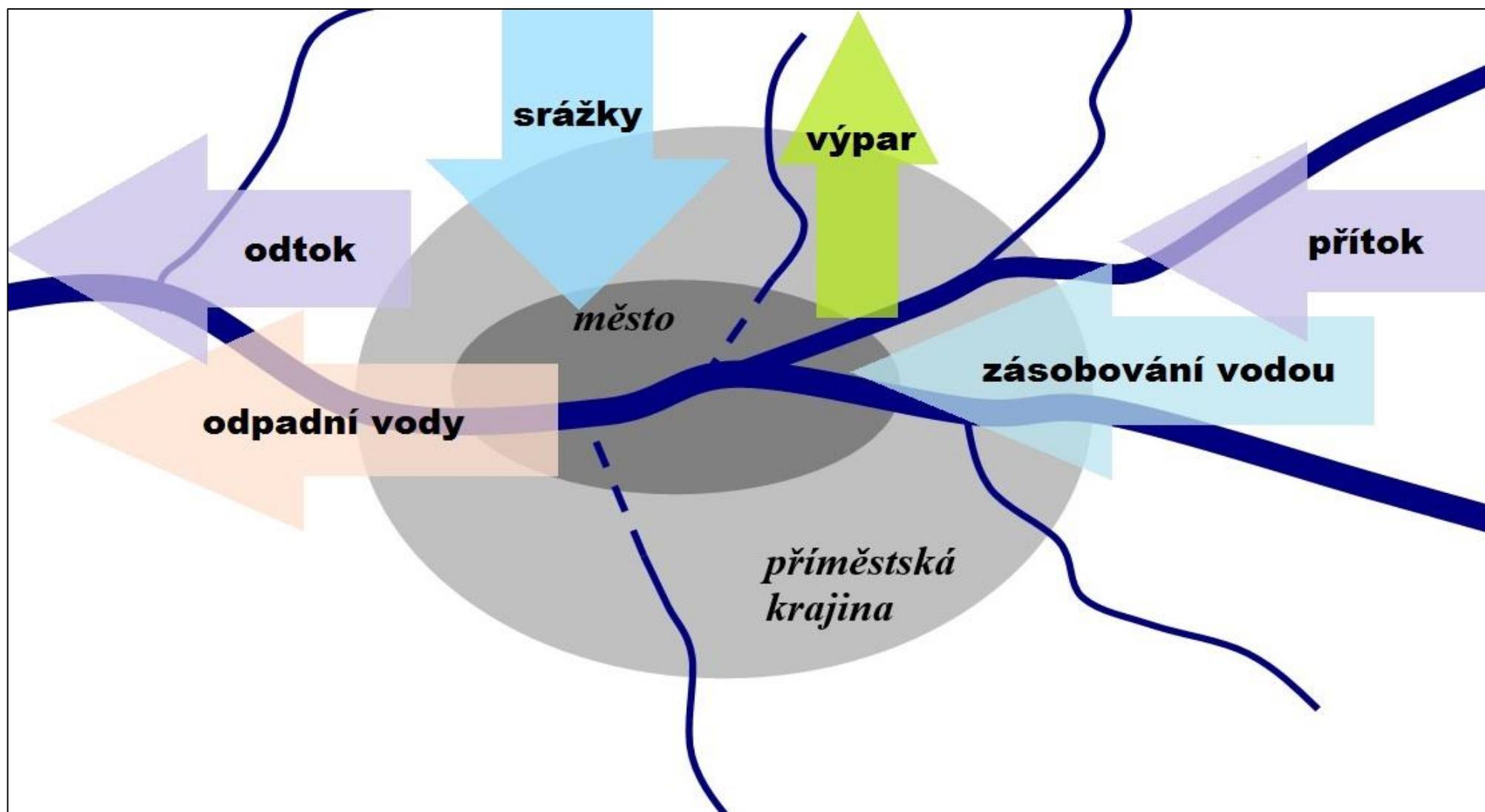
- Změny využití krajiny – změny v bilanci ploch
- Vodohospodářská infrastruktura – vliv na bilanci území
- Úpravy vodních toků
- Opatření na zlepšení hydrologických podmínek



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

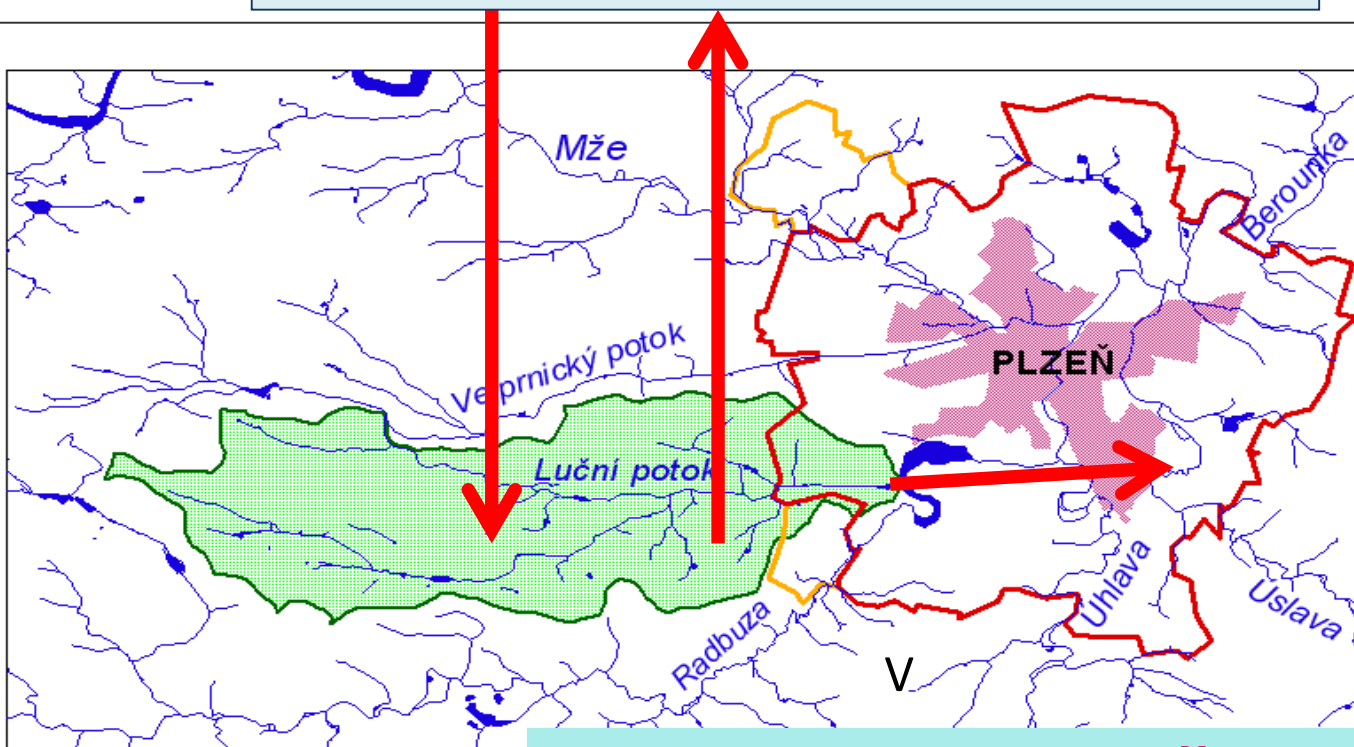
MŠMT
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Jaké existují zdroje vody pro město?



Rovnice hydrologické bilance povodí:

$$\text{srážky} = \text{výpar} + \text{odtok}$$



Obr. A1:
Poloha povodí Lučního potoka
v příměstské krajině Plzně
Zdroj: vlastní zpracování
Data: ZVM50, ArcČR500

Hydrologická bilance ČR

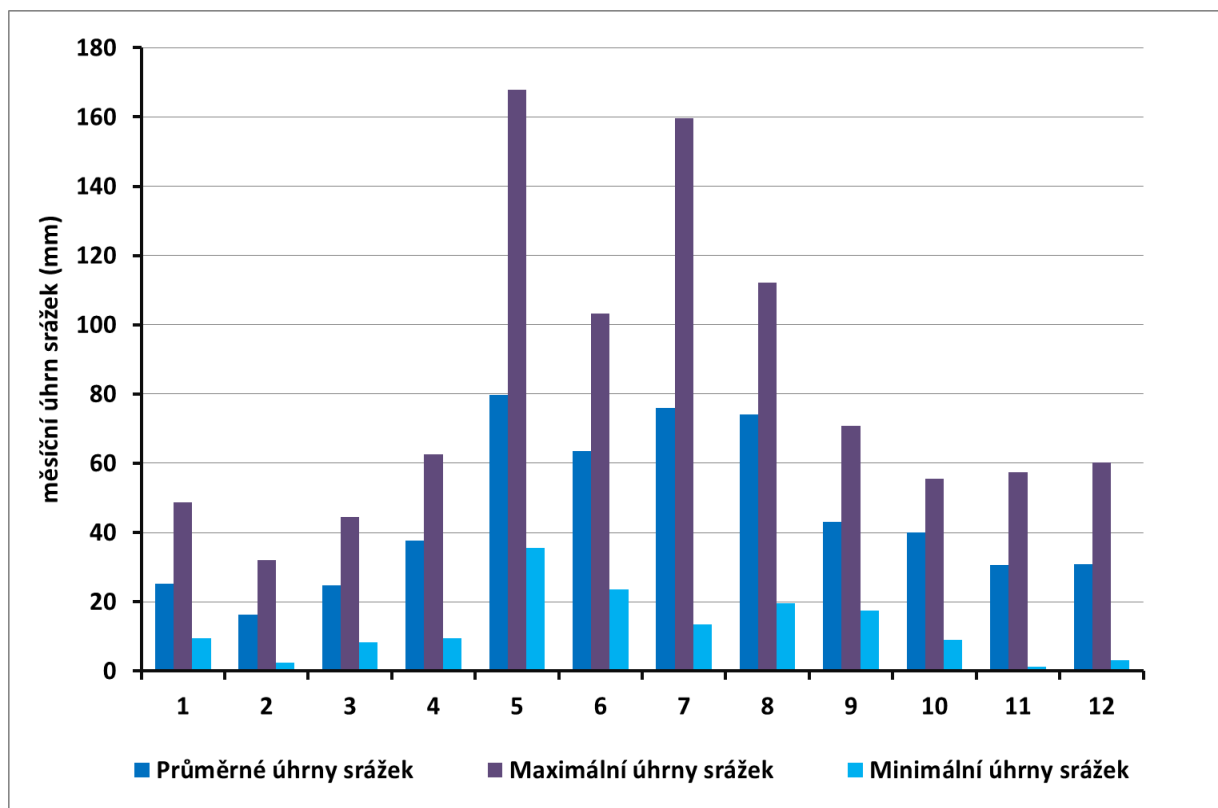
$$685 \text{ mm} = 488 \text{ mm} + 197 \text{ mm}$$



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MSMT
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

- V letech 2006–2015 byl roční průměrný úhrn srážek ve stanici Plzeň-Mikulka **542 mm**.
- Na katastrální území města Plzně o rozloze 137,67 km² tak v průměrném roce dopadají srážky v celkovém objemu **74,6 mil. m³ vody**.
- Pro představu to je přibližně 14ti násobek celkového objemu vody v nádrži České údolí na Radbuze za normálního stavu.

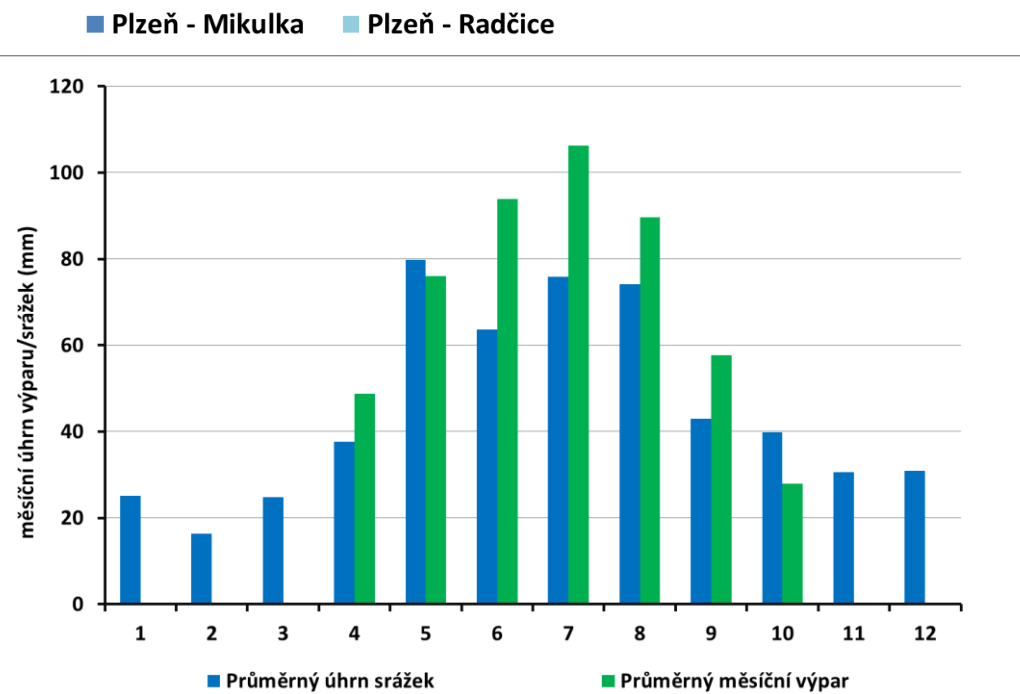
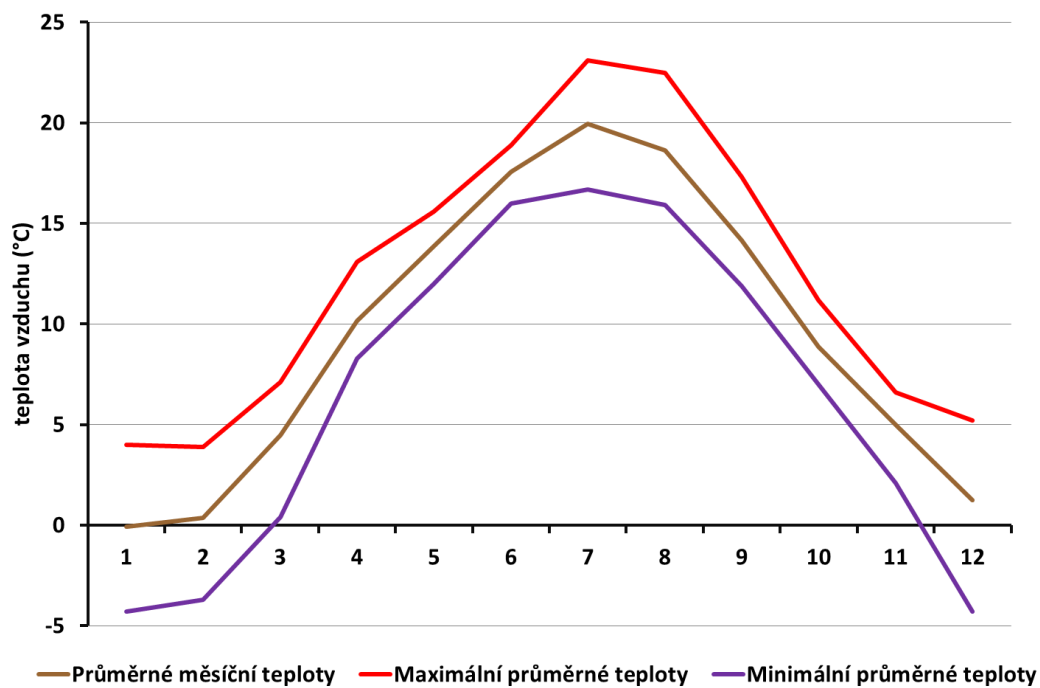
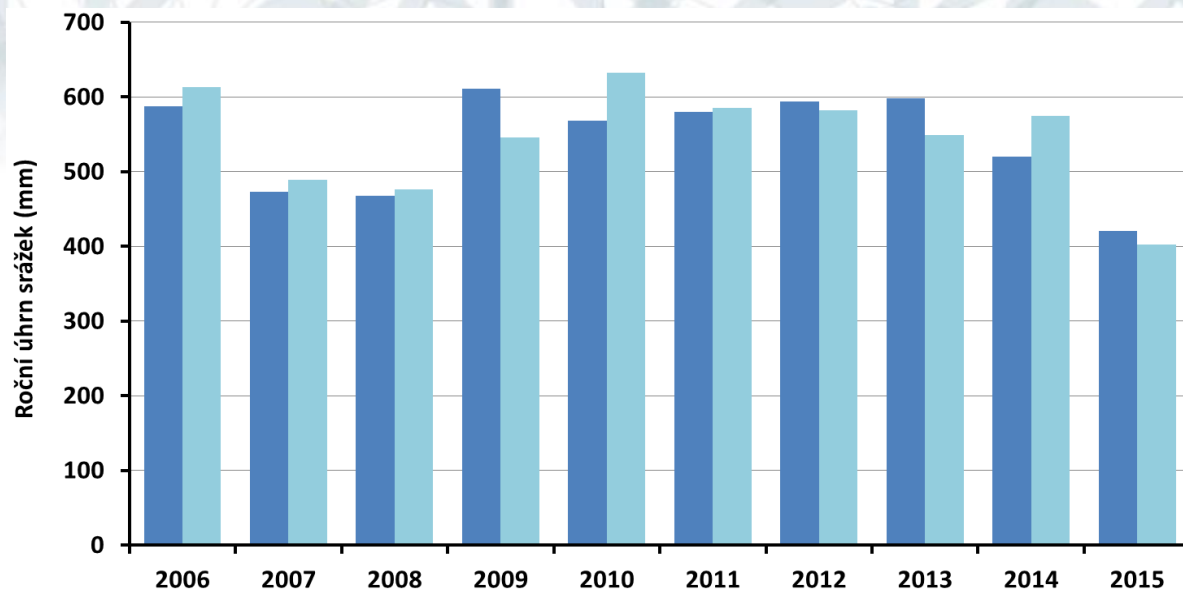


Režim průměrných měsíčních úhrnů srážek ve stanici Plzeň-Mikulka v letech 2006–2015

Kolik vody přináší srážky?



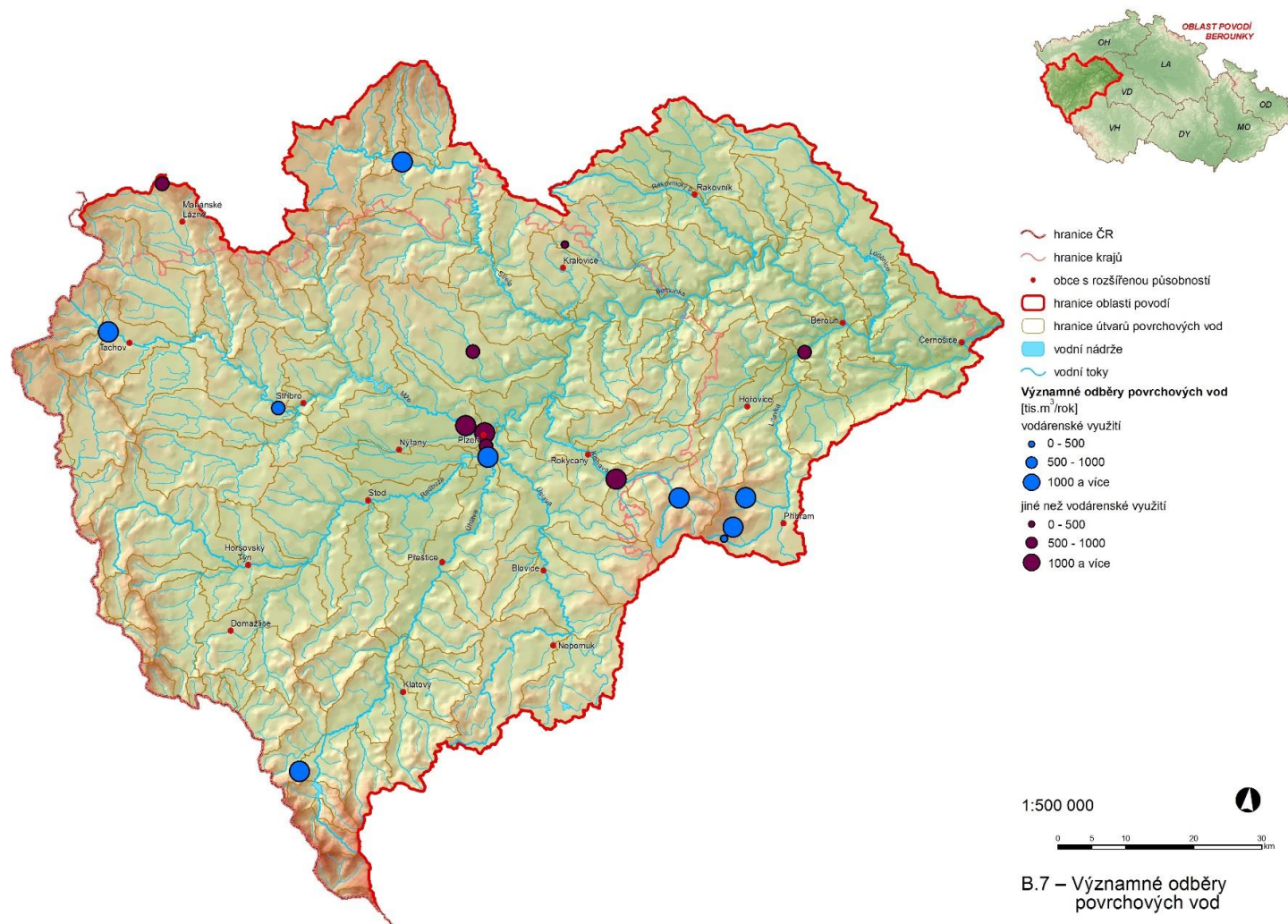
Klima v Plzni 2006-2015



Základní hydrografické charakteristiky plzeňských zdrojnic Berounky

Tok	Plocha povodí (km ²)	Délka toku (km)	Průměrný průtok (m ³ .s ⁻¹)	Výška pramene (m n. m.)	Řád toku	
					ČR	Strahler
Mže – soutok s Radbuzou	1824	106,5	8,60	725	III.	6.
Radbuzá – soutok s Úhlavou (1)	1266	107	5,55	689	IV.	6.
Radbuzá – soutok se Mží (2)	2188	111,5	11,40	689	IV.	7.
Úhlava – ústí do Radbuzy	915	108,5	5,85	1128	V.	6.
Úslava – ústí do Berounky	757	94	3,62	695	IV.	5.

Odběry povrchových vod

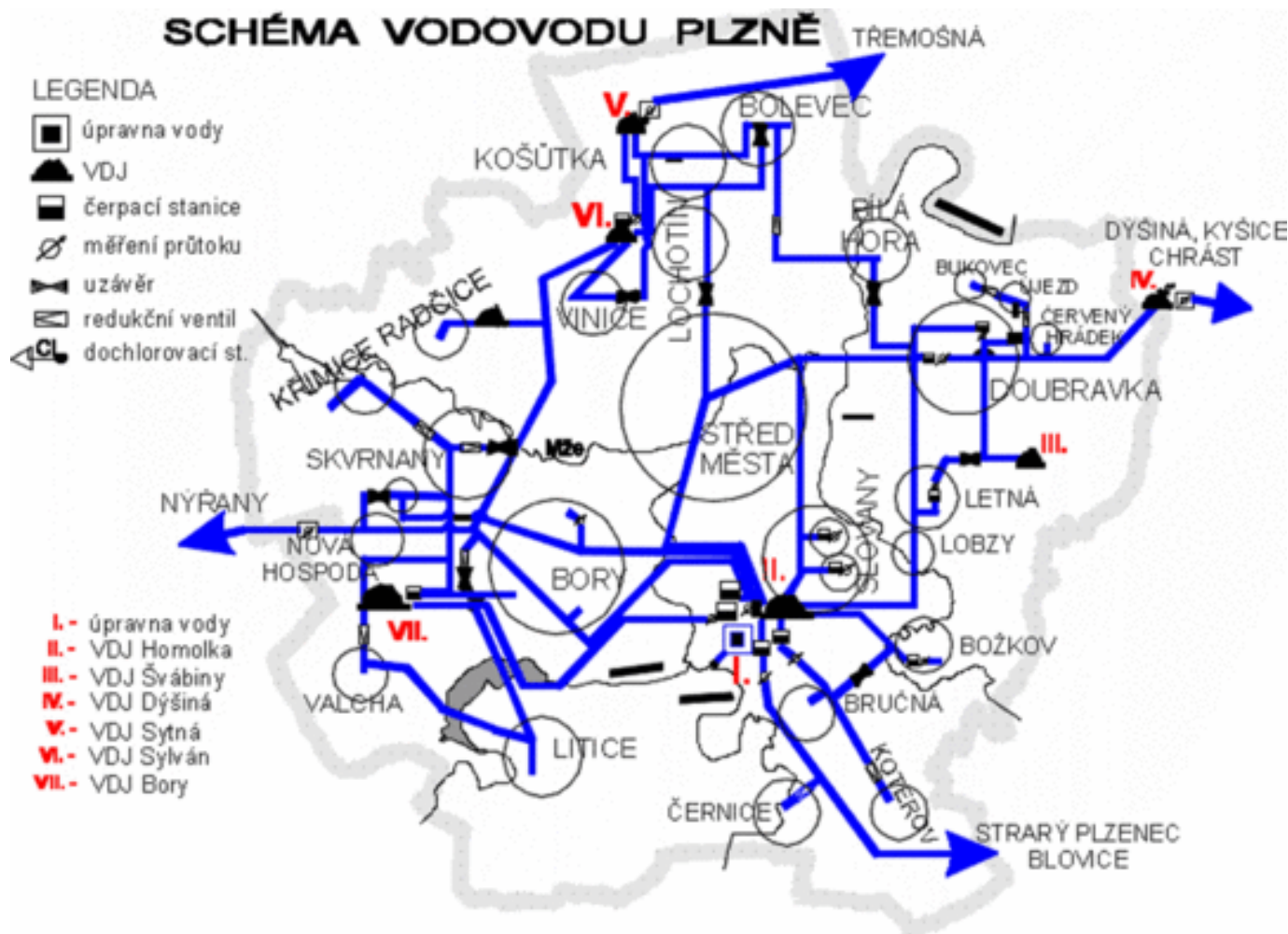


EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

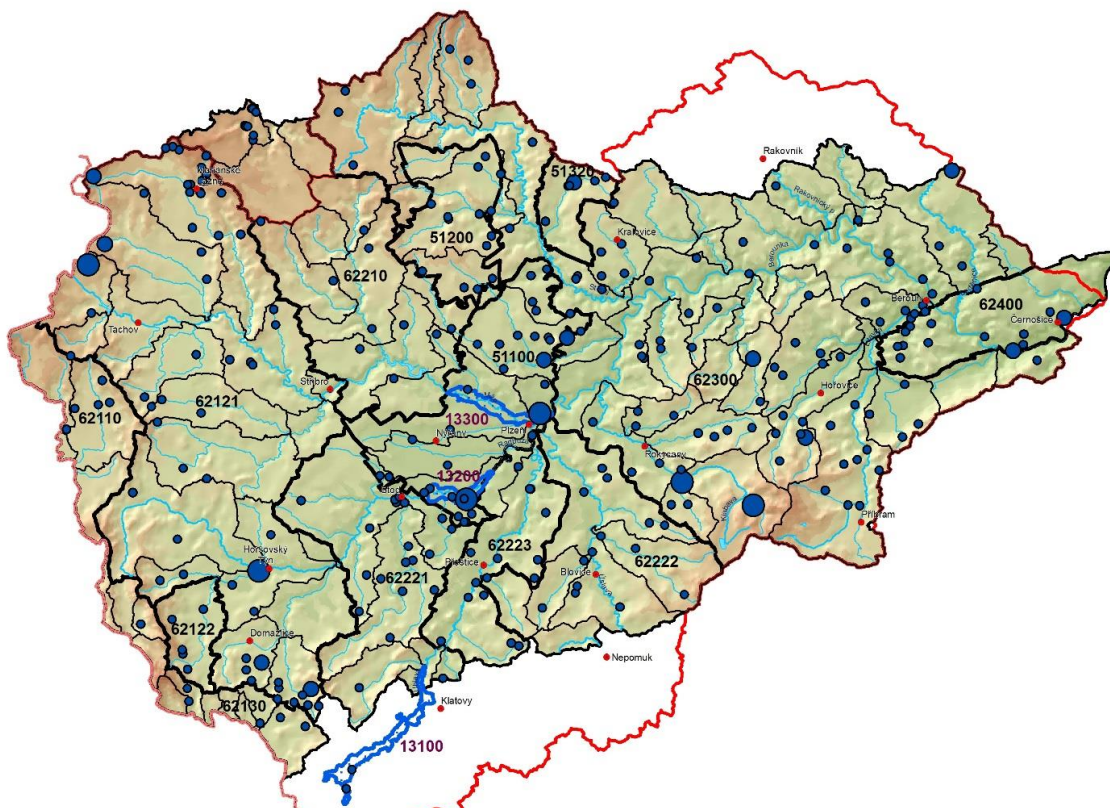
MSMT
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Vodárna Plzeň-Homolka zásobuje vodou kromě vlastní Plzně dalších 20 měst a obcí (potřeba vody pro téměř 200 000 obyvatel)

550 km potrubí, 17 000 přípojek o délce 133 km, 8 vodojemů, 12 čerpacích stanic



Odběry podzemních vod



Na výrobu jednoho hektolitrů piva je
potřeba 3,1 hektolitrů vody (2016)



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

ČOV všechno vyřeší...?



Základní projektové zatěžovací parametry ČOV II

Jednotka	Hodnota
Q_{24}	65 000 m ³ . d ⁻¹
BSK ₅	25 675 kg . d ⁻¹
NL	24 670 kg . d ⁻¹
Kapacita	427 917 EO
$N_{\text{celk.}}$	3 250 kg . d ⁻¹
$N\text{-}NH_4^+$	1 625 kg . d ⁻¹
$P_{\text{Celk.}}$	650 kg . d ⁻¹

Odlehčovací komory a ovlivnění vodních toků



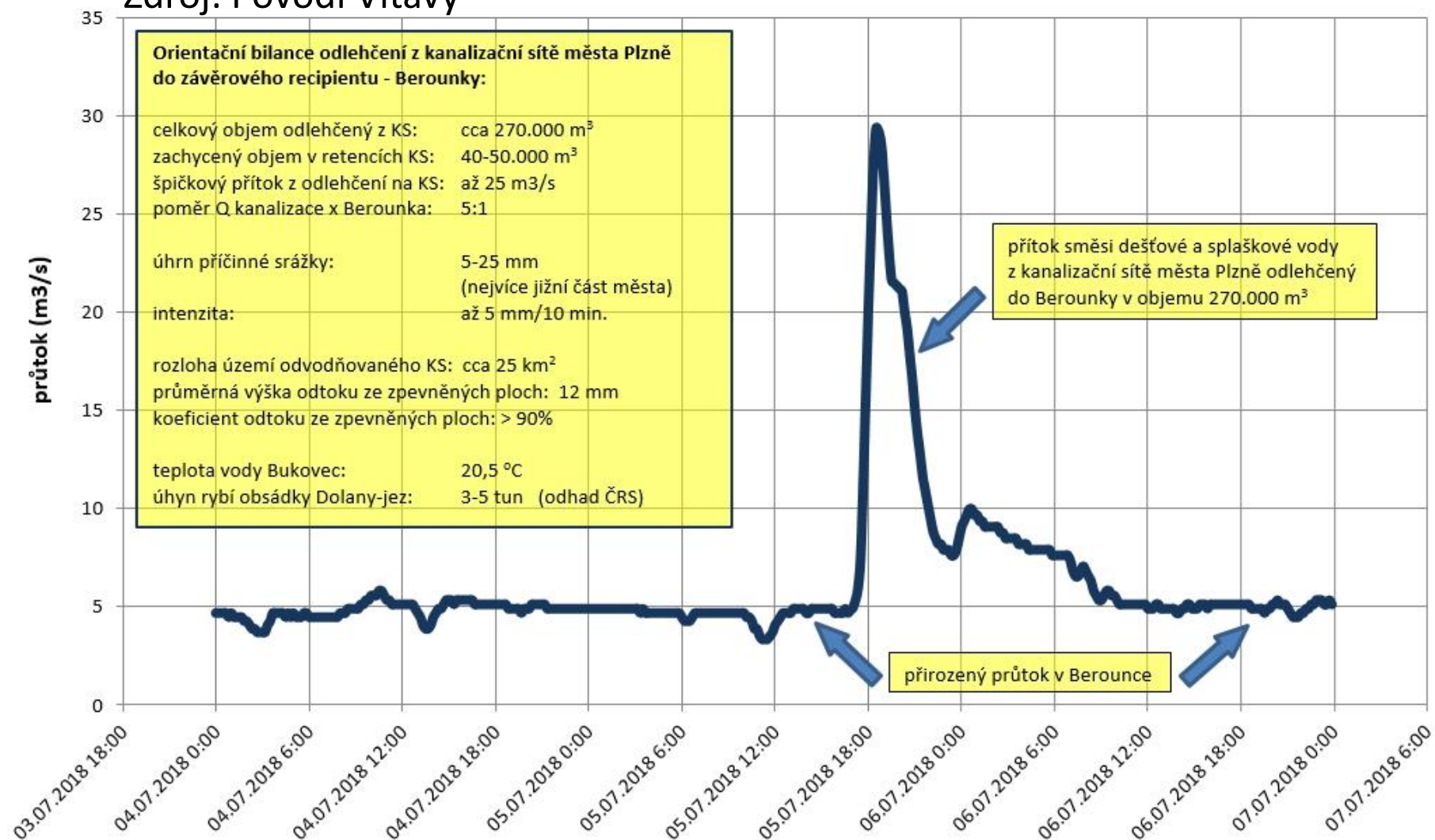
EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MŠMT
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

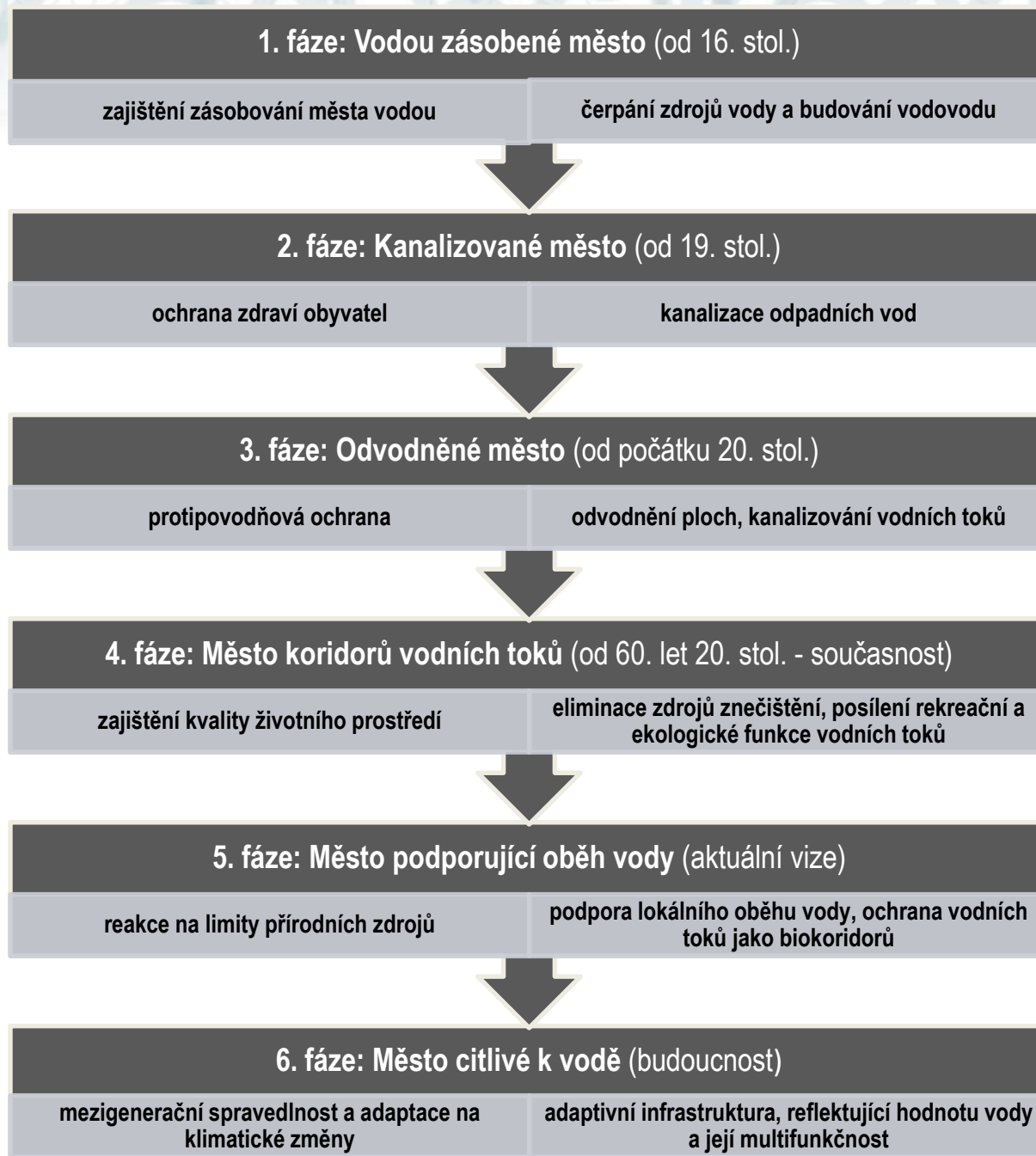
Úhyn rybí obsádky v důsledku kyslíkového deficitu Berounka-Dolany 5.-6.7.2018

(průběh průtoku na Berounce pod Plzní - Pecihrádek)

Zdroj: Povodí Vltavy



Vývojové etapy ekohydrologického managementu města Plzně ve vztahu k vývojovému konceptu Water sensitive cities (Howe a Mitchell, 2012)



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

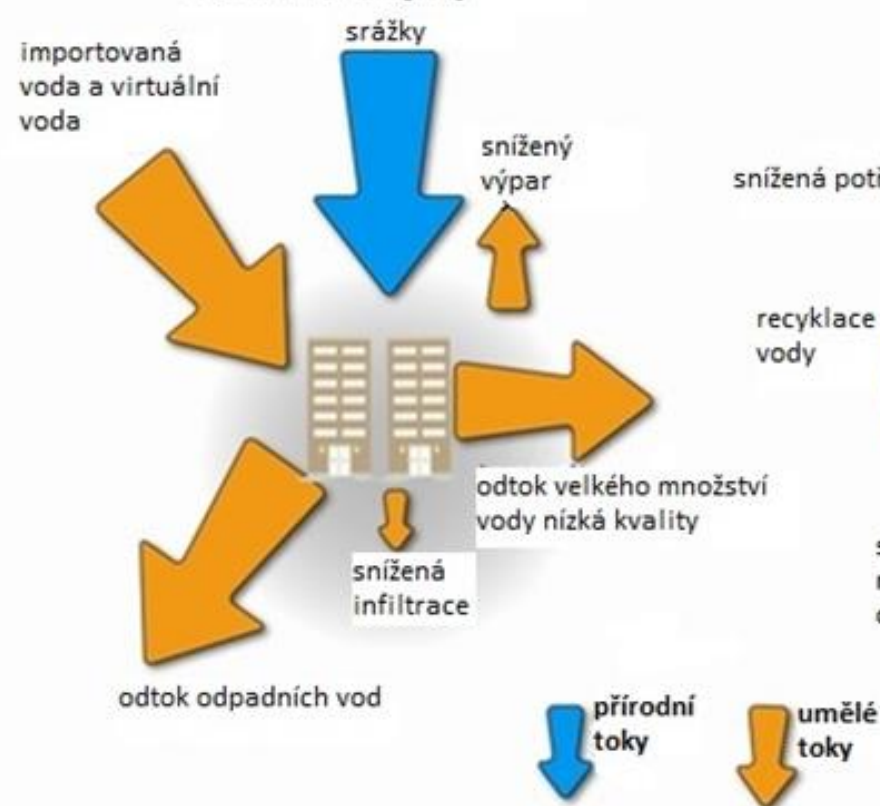


Světové trendy péče o vodu ve městech

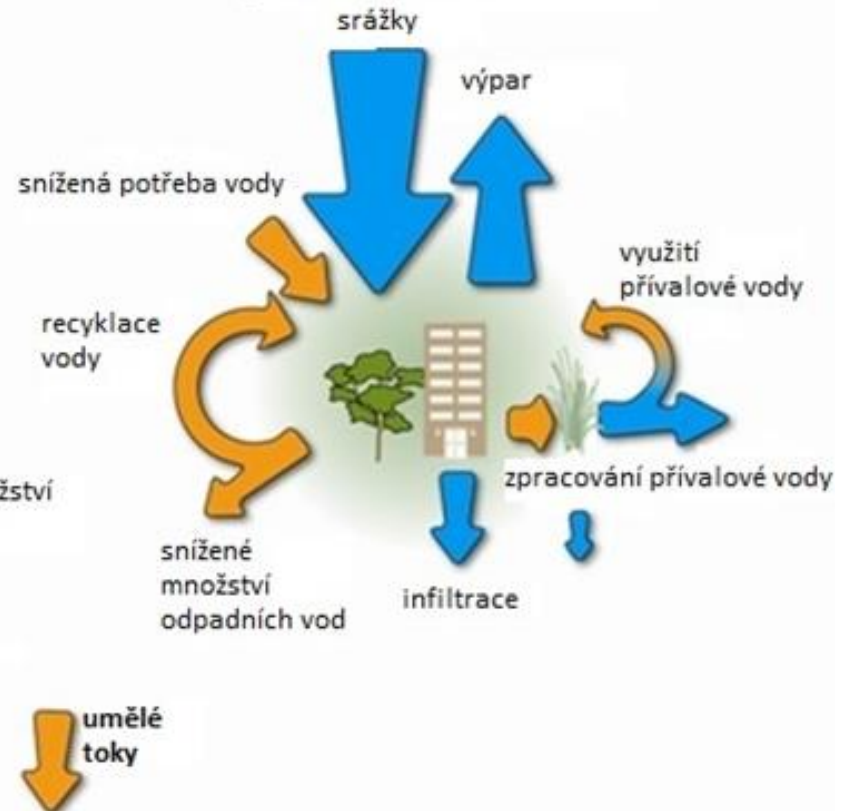
hydrologická bilance
přírodní krajiny



hydrologická bilance
městské krajiny



hydrologická bilance
podle WSUD



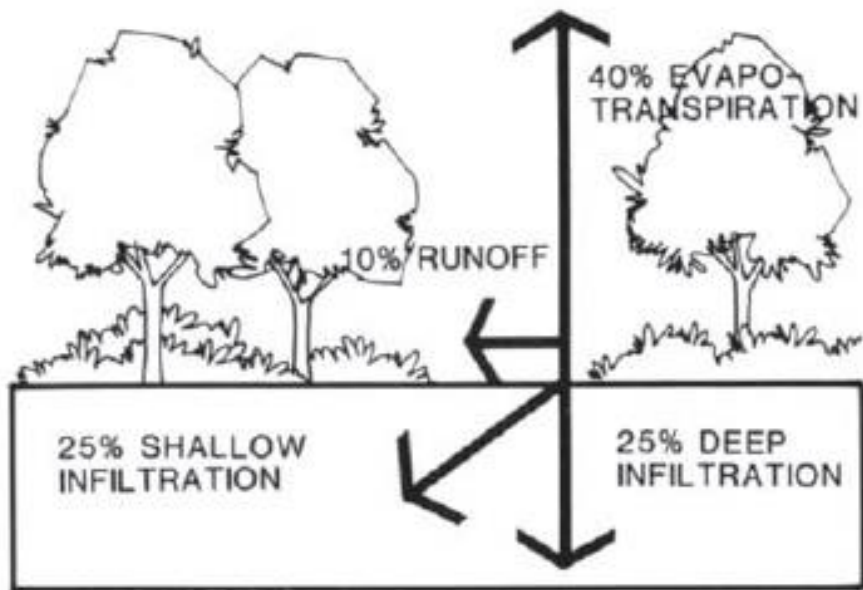
Změny v oběhu vody ve vývoji města směrem od přírodní krajiny k městské krajině a k uplatnění nástrojů WSUD (Water sensitive urban design)

Zdroj: podle Healthy Waterways (2011)

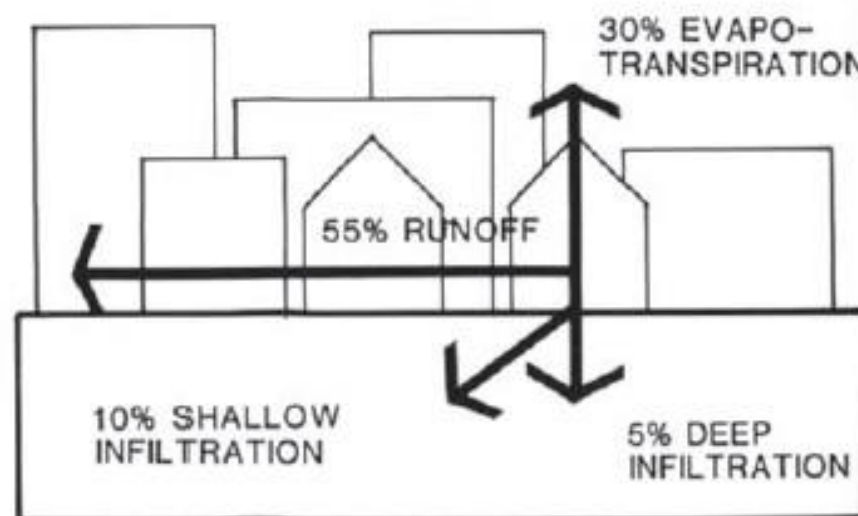


EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MSMT
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

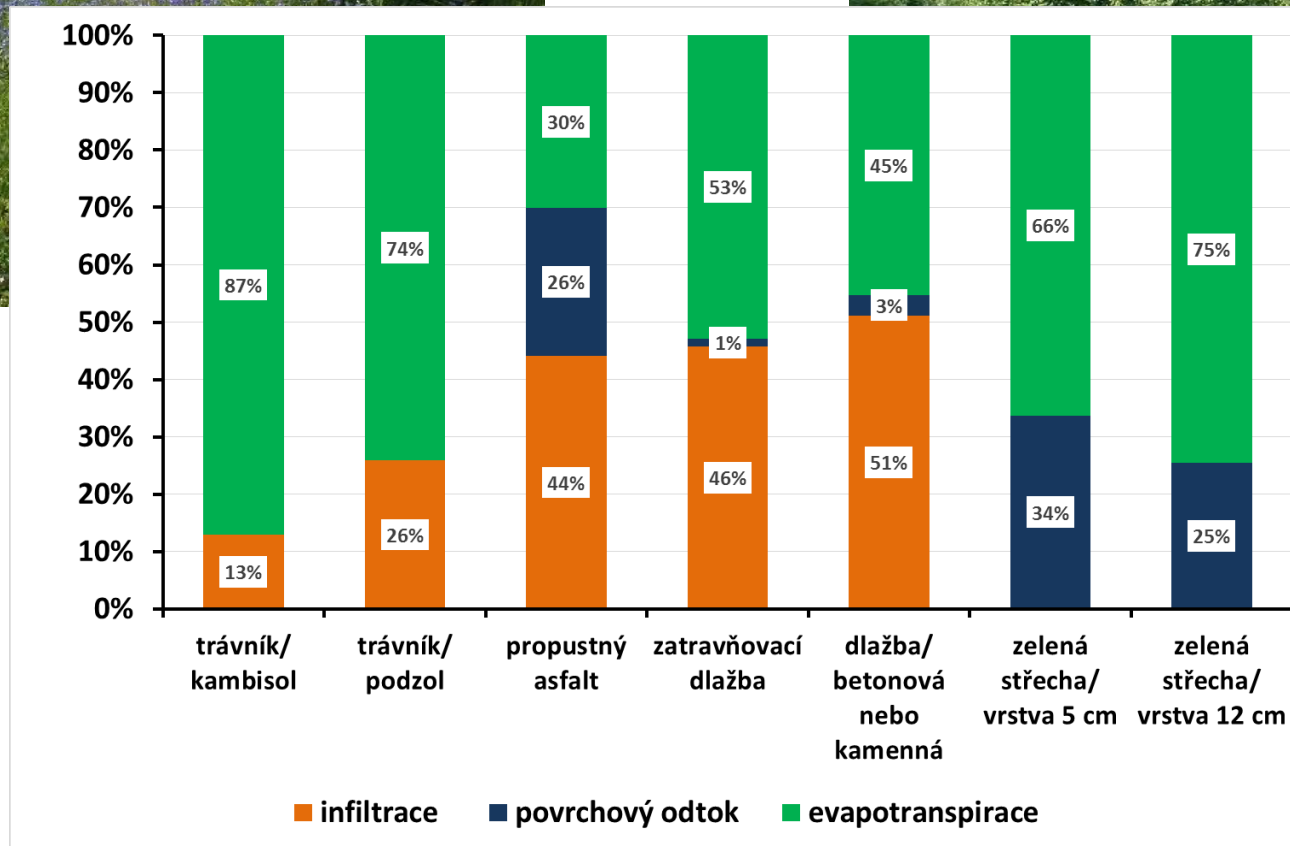
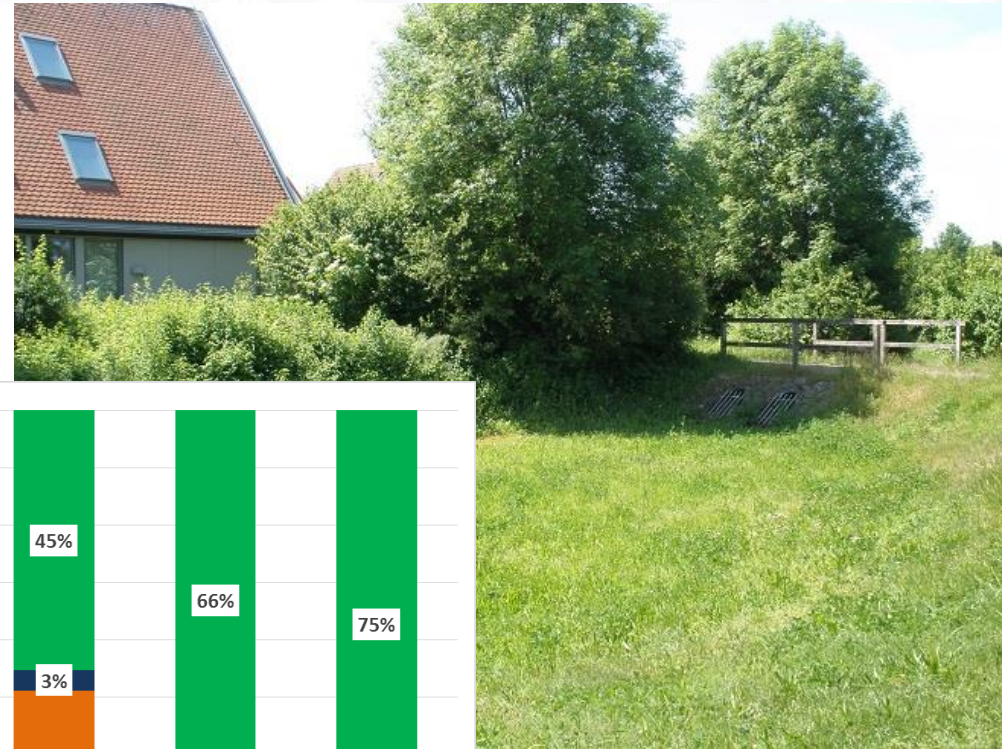
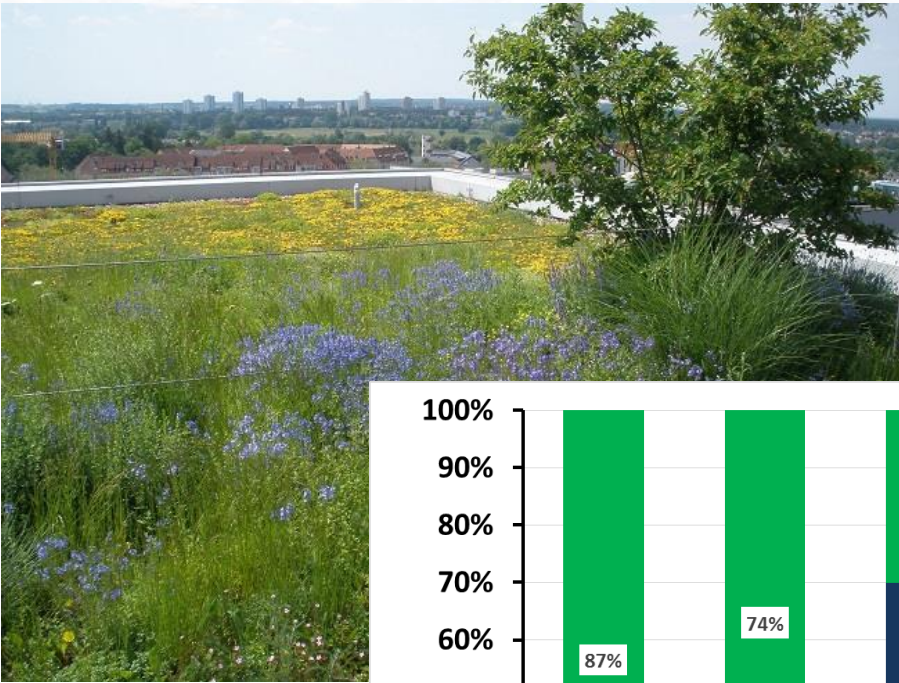


NATURAL GROUND COVER



75% - 100% IMPERVIOUS SURFACE

Podpora retence vody ve městech: land cover + podpovrchová zóna

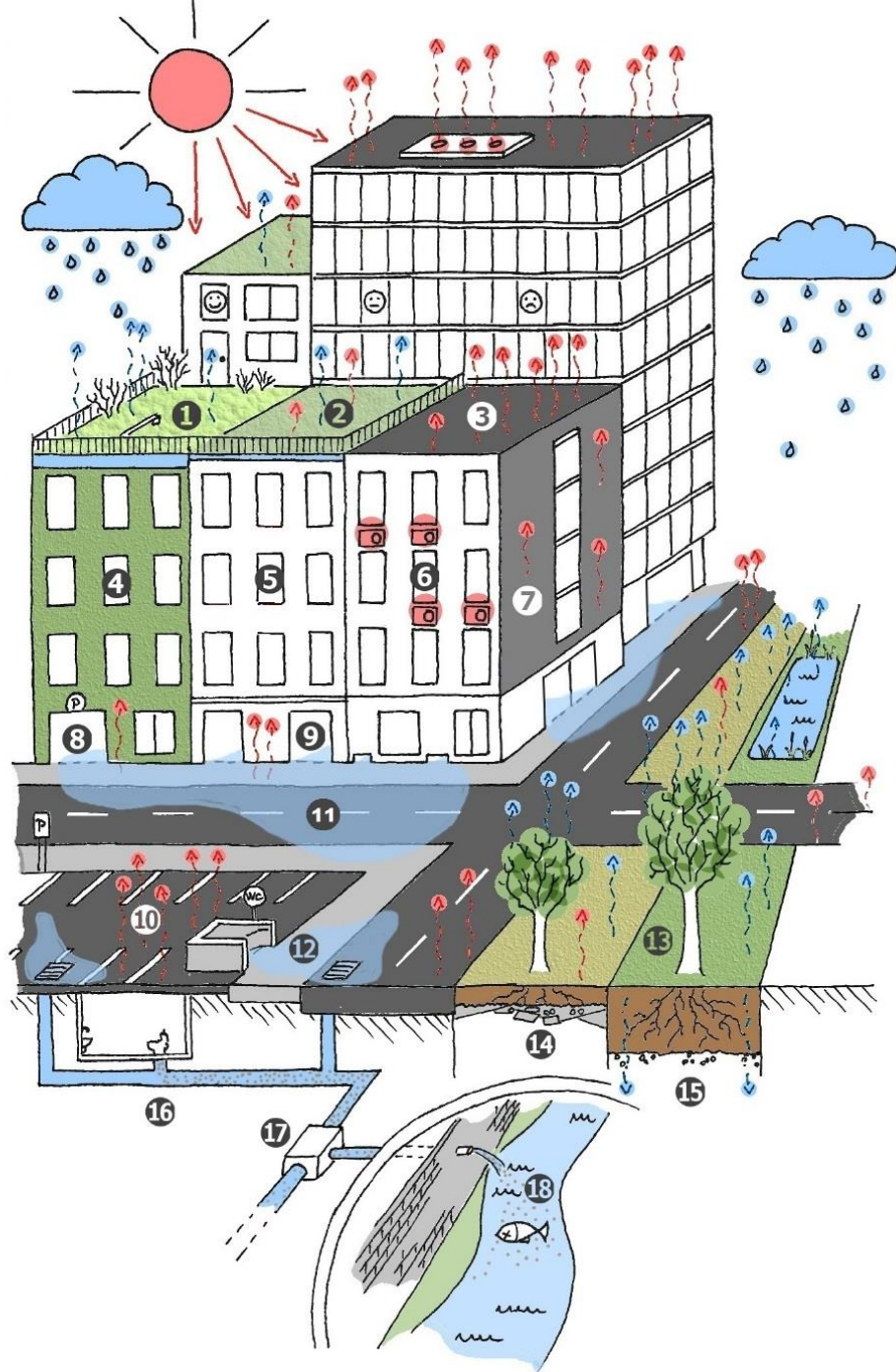


Zdroj: TU Wilmersdorf
(Berlin Senate for Urbane
Development 2010)



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MSMT
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



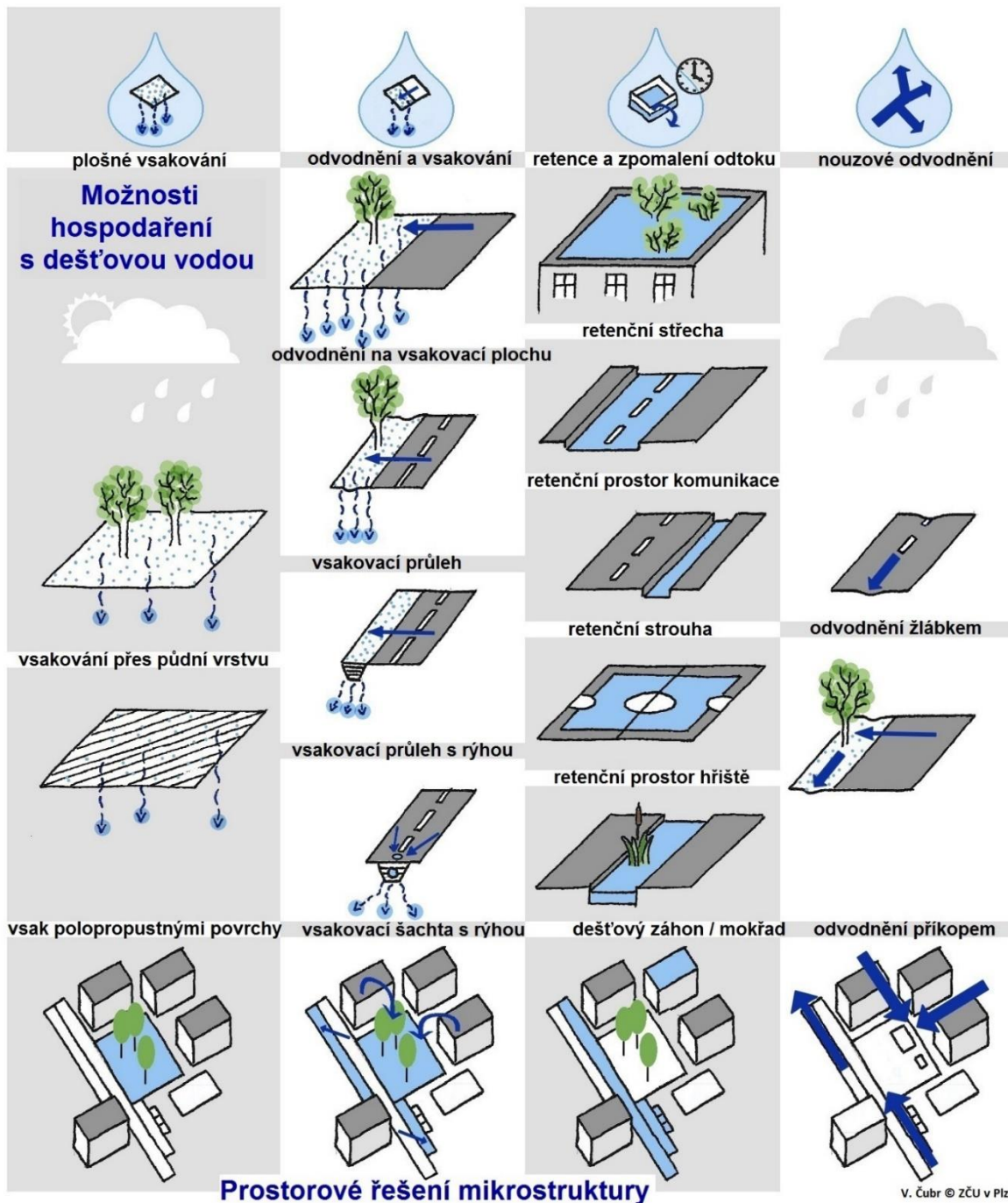
Tři výzvy pro hospodaření s vodou ve městech

- 1) **zadržet a efektivně využít dešťovou vodu** v místech, kam dopadá,
- 2) **omezit zrychlený povrchový odtok** do jednotného kanalizačního systému a jeho přetoky do vodních toků,
- 3) **podpořit výpar** z vodních ploch, mokřadů a městské zeleně a tak snížit vliv přehřátých povrchů městské krajiny.



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MŠMT
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



V. Čubr © ZČU v Plzni



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MŠMT
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



Foto: Der Beckenstandort vor dem Bau



Foto: Die aufwendige Verlegung des unterirdischen Drainagerohrsystems



Foto: Der Schererpark bei Hochwasser





Adaptace měst na klimatické změny

- klimatické plánování,
- modro-zelená infrastruktura,
- decentralizace zpracování srážkové vody),
- zvýšení bezpečnosti vodních zdrojů,
- zavádění systematické podpory pro soukromé subjekty



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MSMT
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

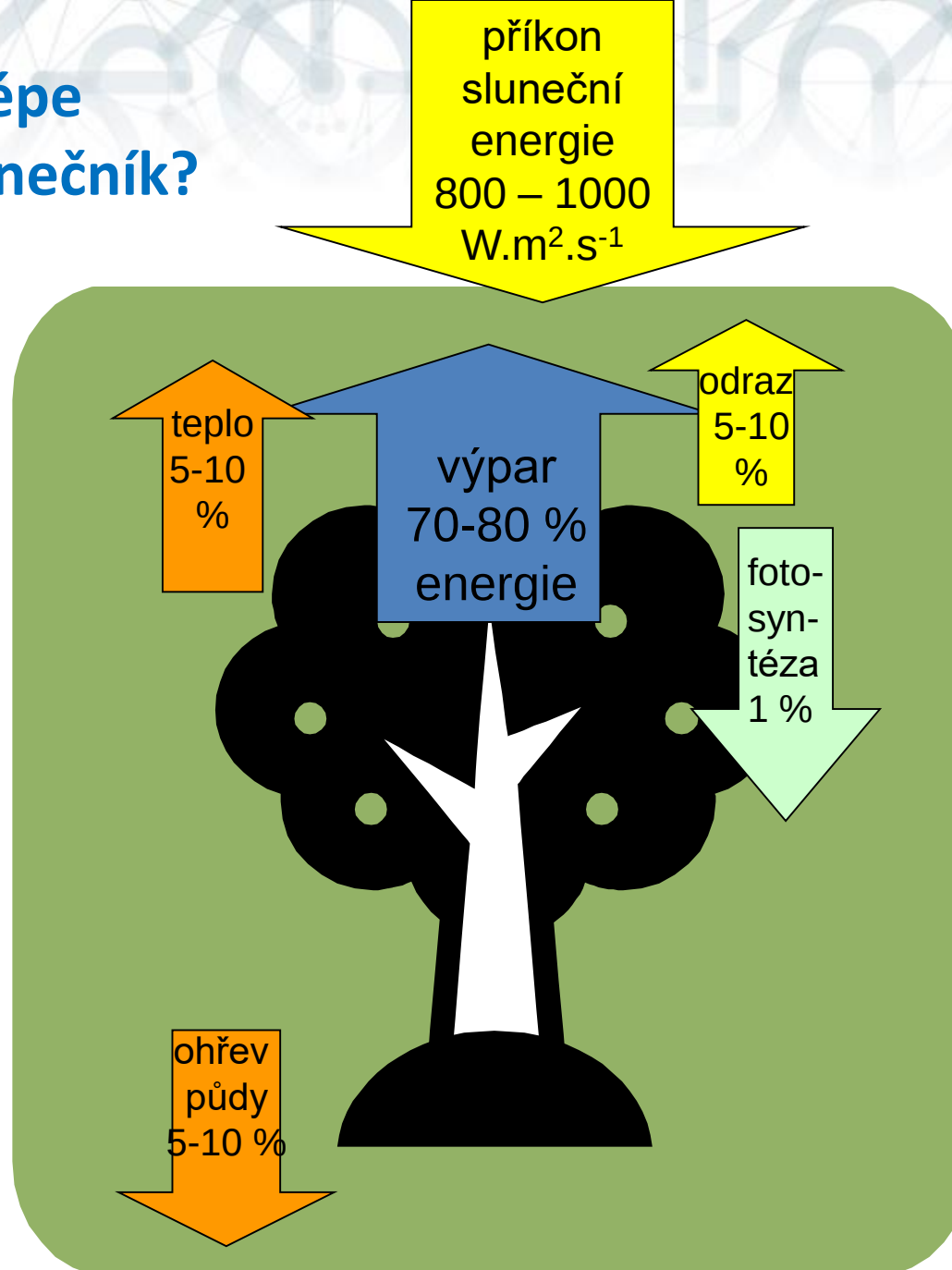


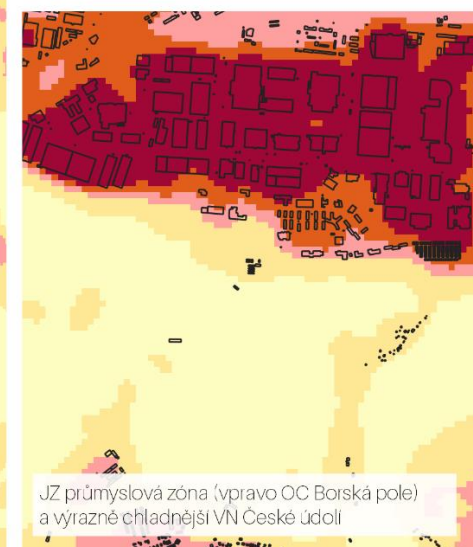
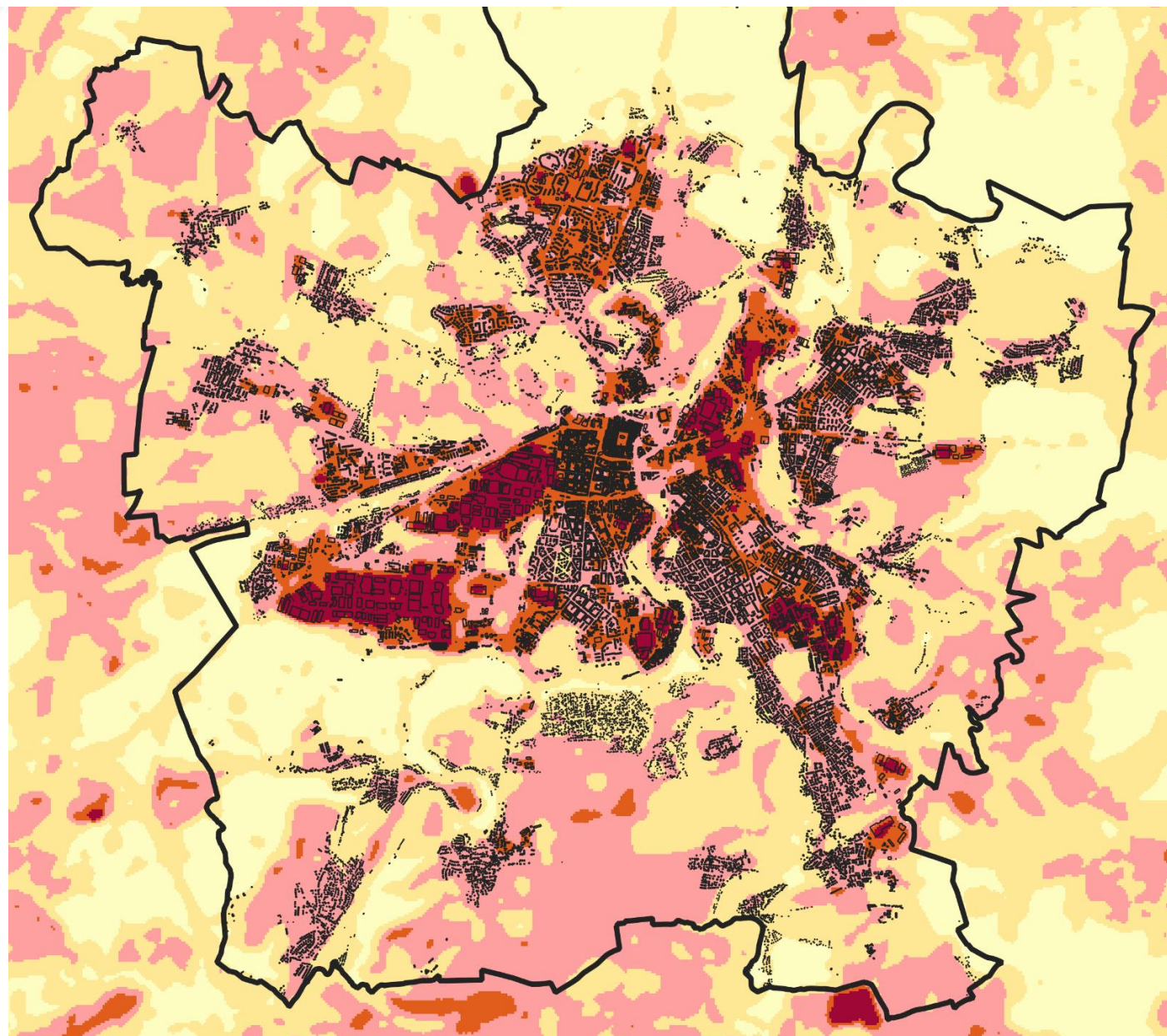
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



Proč před sluncem lépe chrání strom než slunečník?

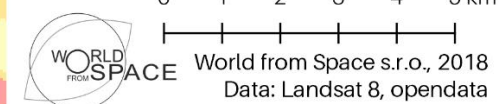
- Jedna vzrostlá lípa může výparem vydat 400 litrů vody denně.
- Na výpar se využije 70-80 % sluneční energie, méně než 1 % energie se spotřebuje při fotosyntéze a zbylá energie se přeměňuje na teplo nebo odráží.
- Pokud lípu pokácíme, změníme energetickou bilanci ve prospěch tepla (70-80 %) a zásadně omezíme využití výparem (10-20 %), zbytek energie se odrazí zpět do atmosféry.

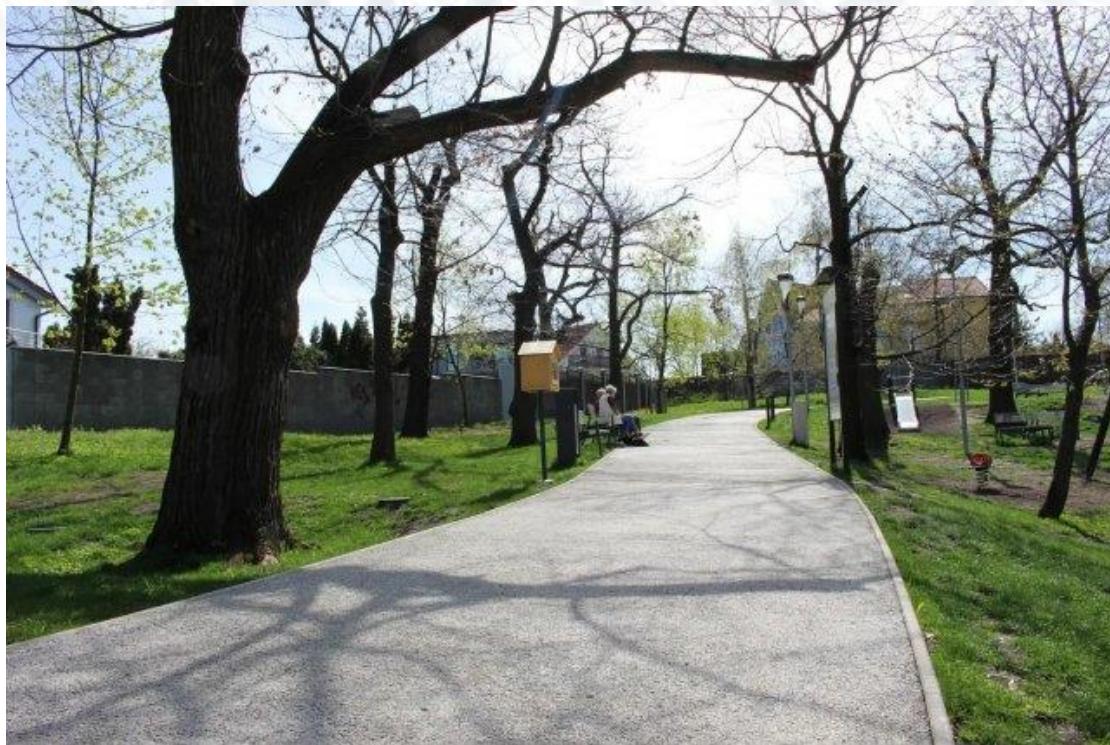




TEPELNÝ PRŮMĚR

stabilně chladnější
chladnější území
smíšené území
tepelný ostrov zástavby
přehřívané území





V parku Gaštanica v Bratislavě byl realizován ZAPA **vodopropustný beton**. Umístěné vsakovací jámy pak postupně uvolňují vodu do půdy či ke kořenům stromů. Až 95% propustnost i při intenzivních srážkách, cena cca 2.000 Kč za m³. Nevýhody: nízká mrazuodolnost, zanášení pórů, je třeba řešit kvalitu protékající vody.

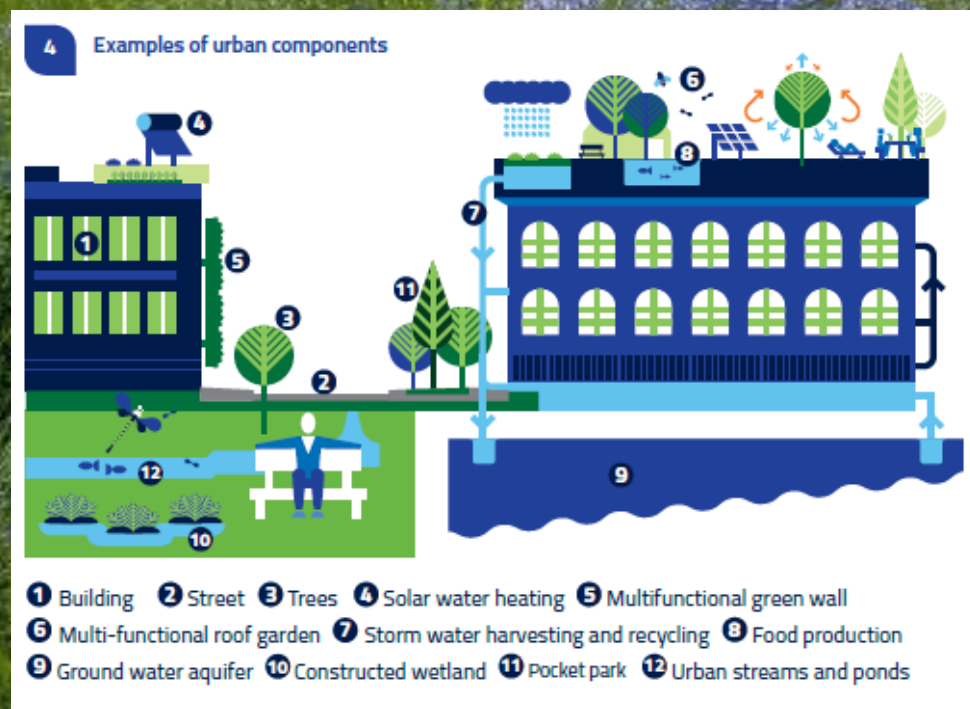


Zelená ekonomika pro veřejný prostor: kolejové absorbéry hluku s vegetační a retenční funkcí z recyklátu (f. BRENS)



Erlangen: Modro-zelená infrastruktura

„Propojení hydrologických funkcí a vegetace v městské krajině“
„Využití vegetace, půdy a přírodních procesů k synergickému získání přínosů pro městskou krajinu a hospodaření s vodou“

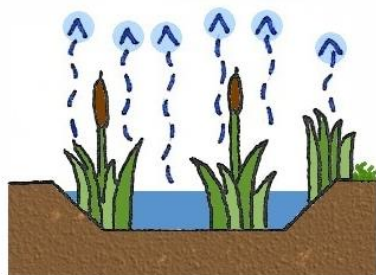


Revitalizace modro-zelené infrastruktury: změny funkce vody ve městech – příklady z Plzně



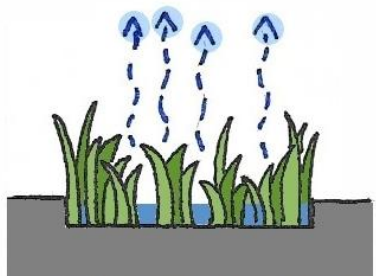
Typ

Doporučení



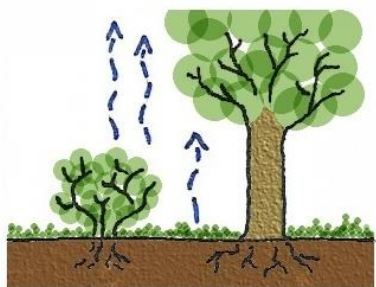
vodní plochy s porosty makrofyt

rostliny s vysokým výparem
- ostřice a rákosiny



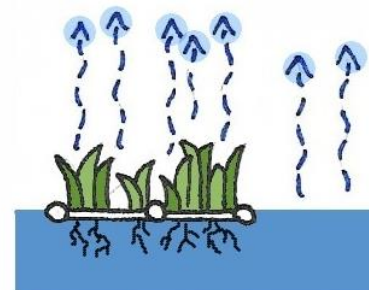
vodní příkopy s porosty makrofyt

rostliny s vysokým výparem
- ostřice a rákosiny

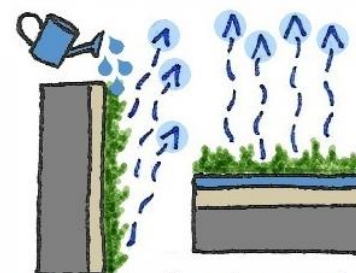


zavlažovaná městská zeleň

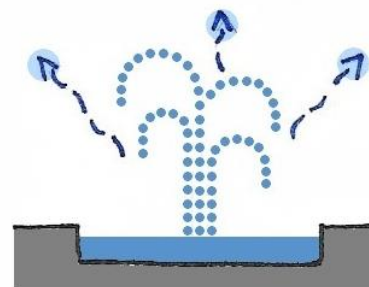
k zavlažování využívat
dešťovou vodu



plovoucí vegetační ostrůvky

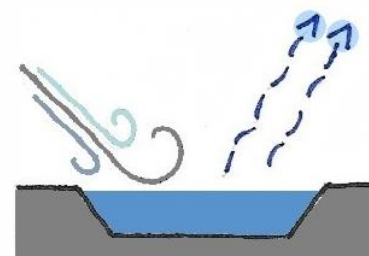


modro-zelené fasády a střechy



vodotrysky a vodní hry

nejlépe vyšší vodotrysky
a pohybující se voda



vodní plochy

(1) liniové vodní prvky
příčně k proudění vzduchu

(2) větší efekt z více menších
ploch (průměr do 10 m)



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Kodaň - vize přeměny a rozvoje města

- „Urban life prior urban space prior building“ – strategické plánování města **upřednostňuje lidský rozměr** a obyvatelnost ulic před plánováním stavby budov,
- do roku 2025 **CO₂ neutrální město** (veřejná doprava a cyklodoprava, systém vytápění a chlazení, obnovitelné zdroje energie, spalování odpadu s kogenerací),
- **50 % podíl cyklodopravy v denní dojíždě** (budování cyklodálnic, mostů, preference cyklodopravy, bezpečnost, služby),
- **Smart City** (veřejná wifi, dynamické řízení provozu, optimalizace podle chování a potřeb obyvatel, monitoring složek životního prostředí),
- **klimatická adaptace** (modro-zelená infrastruktura).



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MŠMT
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Sankt Annæ plads



park projektovaný na hospodaření se srážkovou vodou („tříbodový přístup“ navrhování HDV), zároveň omezení automobilových stání



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MŠMT
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Kalvebod Bølge (Kalvebod Waves)



v rámci revitalizace nábřeží byla část veřejného prostoru „přesunuta“ nad vodní hladinu



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MŠMT
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

8 House (BIG, Bjarke Ingels Group)



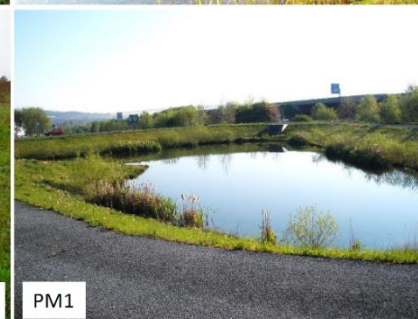
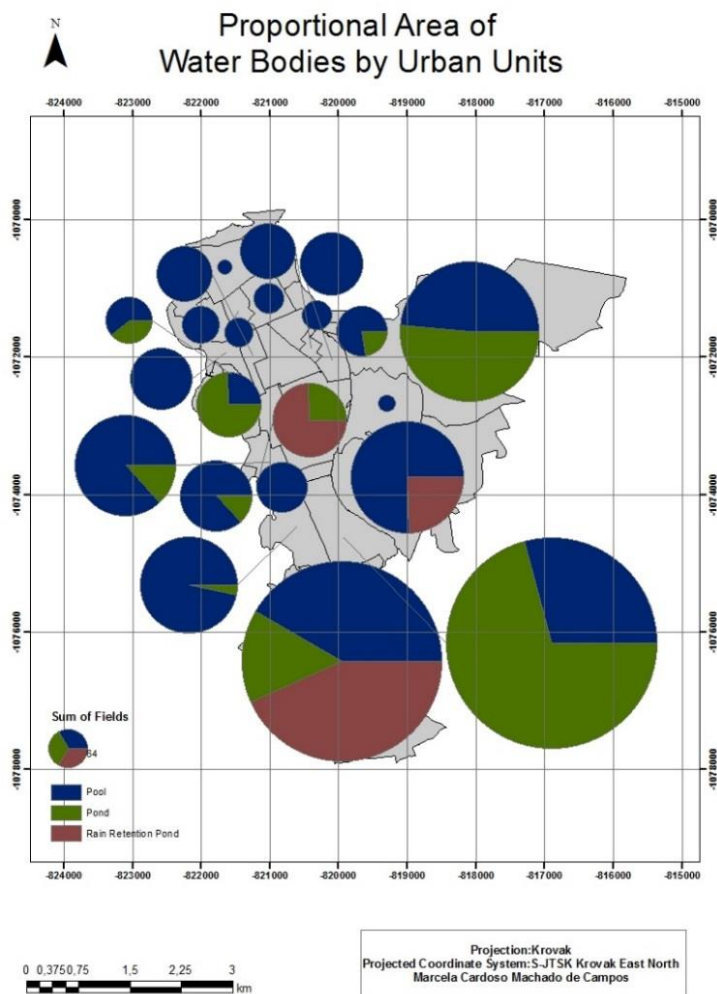
Dům propojuje veřejný prostor se soukromými malými předzahrádkami bytů (důraz na prostorovou efektivitu a sociálně dostupné bydlení), část obslužných chodníků vedena ve výšce, důraz na komunitní prostory (dětská hřiště, kavárna, parkové úpravy).



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MRIT
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Retenční nádrže v příměstské krajině



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MŠMT
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MŠMT
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Tab. 2 Základní charakteristiky drobných vodních toků v příměstské krajině Plzně

Potok	Rozloha povodí (km ²)	Délka toku (km)	Ukazatele v V. třídě jakosti vody (2000/01)	Specifické vlivy na ekohydrologickou kvalitu
Vejprnický	77,9	21,6	fosfor, AOX, NH ₄ -N	průmyslové a komunální zdroje znečištění, zábor a poddolování nivy
Luční	69,0	16,7	Fe, Mn	staré zátěže, kvalitní dolní úsek v příměstských lesích, ústí do nádrže
Božkovský	9,9	5,2	<i>nezjištěno</i>	silné antropogenní úpravy a odkaliště teplárenského popílku
Hrádecký	7,4	4,3	fosfor	obytná zástavba, zahrádkářské kolonie, zemědělství v povodí
Bolevecký	16,2	6,6	žádný	část povodí redukována zástavbou, rybniční soustava, příměstské lesy

Úpravy vodních toků

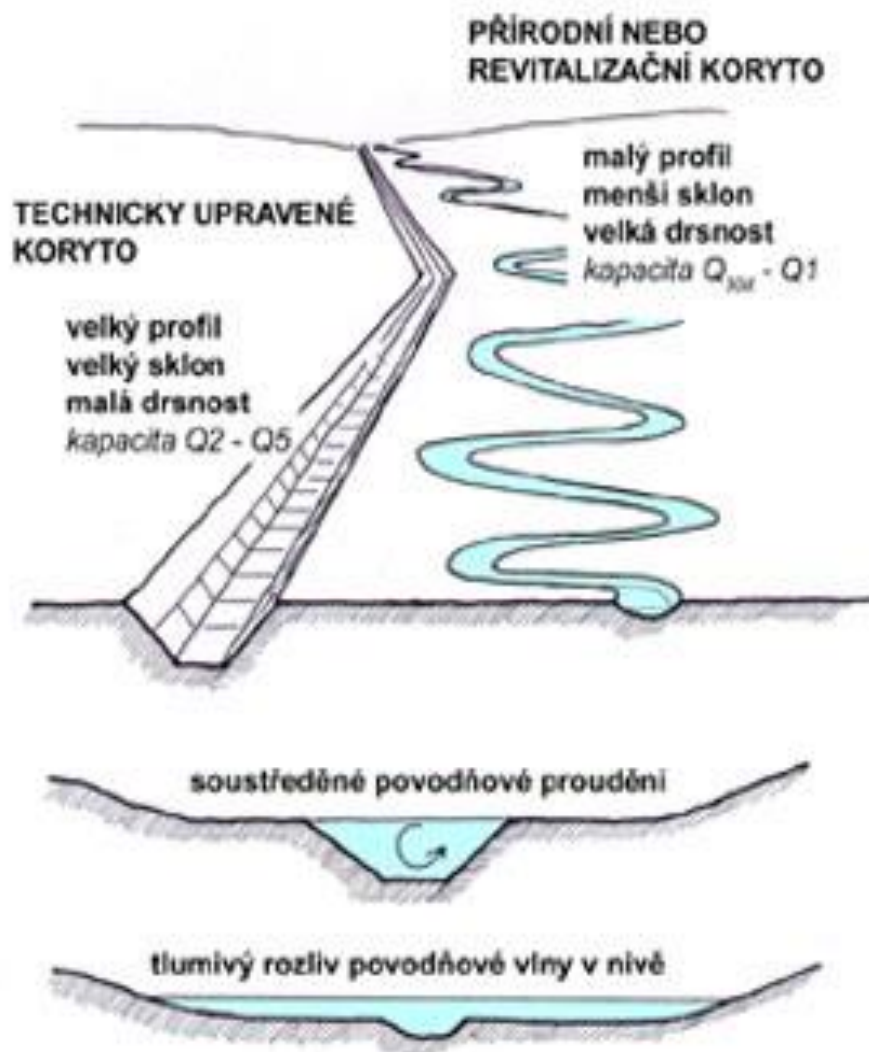


EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

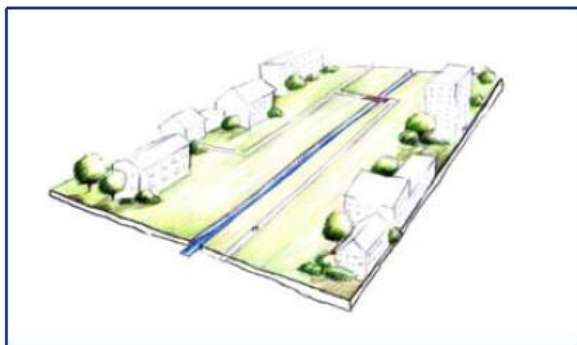
Revitalizace vodních toků



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MŠMT
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Ravitalizace vodních toků ve městě Graz



Sachprogramm Grazer Bäche Bearbeitungsstand 10/2013

Detailplanung Schöcklbach
2,5 km Linearausbau
Kosten: ca. 3 Mio. Euro

3. Bauabschnitt Andritzbach
2 Rückhaltebecken in Stattegg
Kosten: ca. 7 Mio. Euro

1. Bauabschnitt Gabriachbach
2 Rückhaltebecken
0,25 km Linearausbau
Kosten: ca. 1,8 Mio. Euro

Detailplanung 3. BA Gabriachbach
0,8 km Linearausbau
Kosten: ca. 0,8 Mio. Euro

Detailplanung Schöcklbach RHB 1
1 Rückhaltebecken im Annagraben
Kosten: ca. 2,0 Mio. Euro

RHB 2 Schöcklbach
1 Rückhaltebecken in Weinitzen
Kosten: ca. 2,9 Mio. Euro

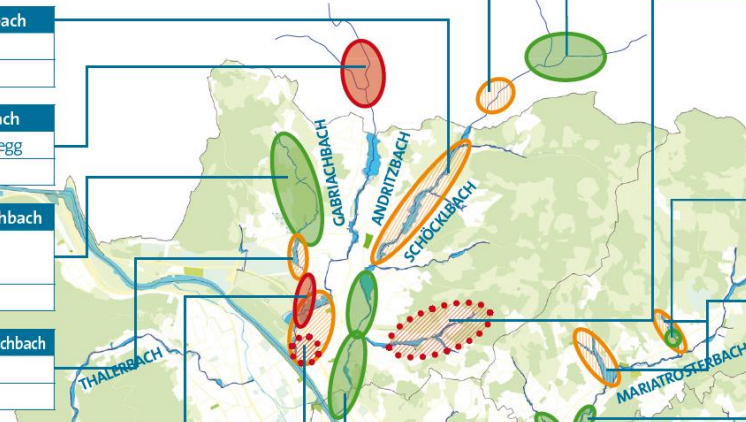
Detailplanung Stufenbach
2 Rückhaltebecken
1 km Linearausbau
Kosten: ca. 3,5 Mio. Euro

1. Bauabschnitt Mariatrosterbach
1 Rückhaltebecken
Kosten: ca. 2,4 Mio. Euro

1. Bauabschnitt Rettenbach
1 Brückenneubau mit Linearausbau
Kosten: ca. 300.000 Euro

Detailplanung Rettenbach, Josefbach
Kosten: ca. 3,5 Mio. Euro

Kleinsanierung Mariatrosterbach
400 m Linearausbau
Kosten: ca. 350.000 Euro



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



Děkuji za pozornost



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MŠMT
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY