

Výzkumný ústav vodohospodářský T.G.M., v.v.i.

Modelování vlivu klimatických změn na hydrologický režim v České republice

Ladislav Kašpárek

Scénáře klimatické změny jsou používány podle doporučení Mezinárodního panelu pro klimatickou změnu (IPCC).

Značná **nejistota scénářů klimatické změny** je dána:

velkým rozmezím odhadů možného vývoje emisí skleníkových plynů,
nejistotou podílu vlivu jejich nárůstu na globálním oteplování v porovnání s přirozeným kolísáním klimatu.

Pro modelování vlivu změn klimatu na hydrologický režim jsou **nejpodstatnější scénáře:**

změn teploty vzduchu

změn úhrnů srážek,

změn vlhkosti vzduchu.

Používají se zejména přepočtené na roční chod změn v měsíčním kroku.

Výchozí reálné teplotní poměry modely vystihují poměrně dobře, srážkové poměry, na kterých vodní zdroje závisí nejvíce, se zatím nedaří modelovat dostatečně věrně.

V současné době jsou používány regionální scénáře klimatické změny HIRHAM a RCOA

Zpracovala Matematicko – fyzikální fakulta UK, katedra meteorologie a ochrany prostředí,

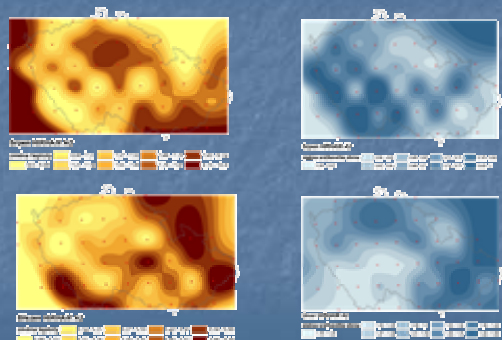
podle výsledků projektu Evropské komise PRUDENCE (2005),

pro časovou úroveň 2071-2100, scénáře emisí SRES A2 a SRES B2

v gridech 50x 50 km

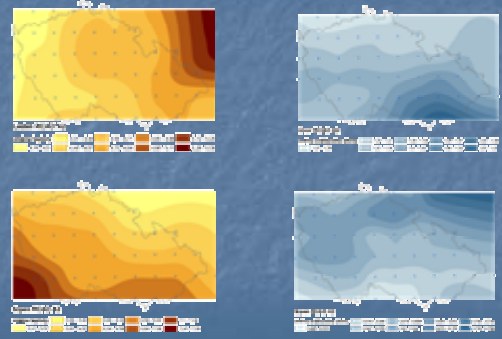
Scénář **HIRHAM** jeví vliv orografie. V nížinách nastává v létě větší oteplení než v hornatých oblastech, v zimě se spíše naopak nížiny méně oteplují než hory. Srážky v létě klesají výrazněji v nížinách než v hornatých oblastech. V zimě se srážky v nížinách zvyšují více než na horách.

Regionální variabilita dle modelu HIRHAM



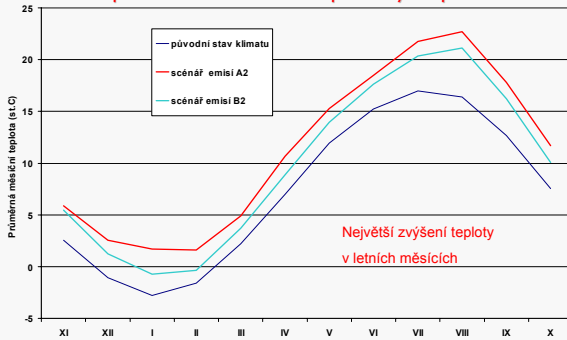
Scénář **RCAO** vliv orografie v měřítku ČR nevyjadřuje. Gradienty změn klimatických charakteristik podle modelu RCAO probíhají ve směrech sever-jih a západ-východ. Změna teploty v létě narůstá od severu k jihu. V zimě narůstá změna teploty od západu k východu.

Regionální variabilita dle modelu RCAO



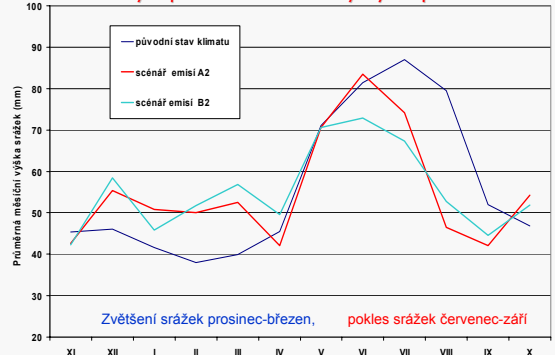
Povodí Labe po Děčín, regionální scénáře RCAO (2071-2100)

Teplota vzduchu - měsíční průměry na povodí



Povodí Labe po Děčín, regionální scénáře RCAO (2071-2100)

Srážky - průměrné měsíční výšky na povodí

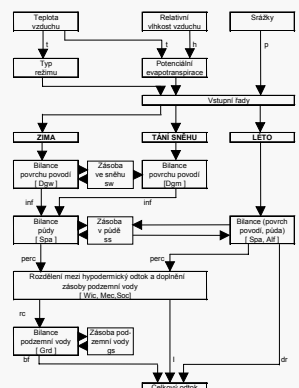


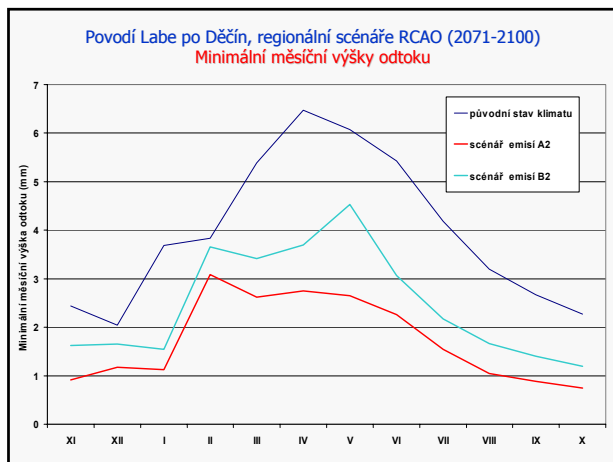
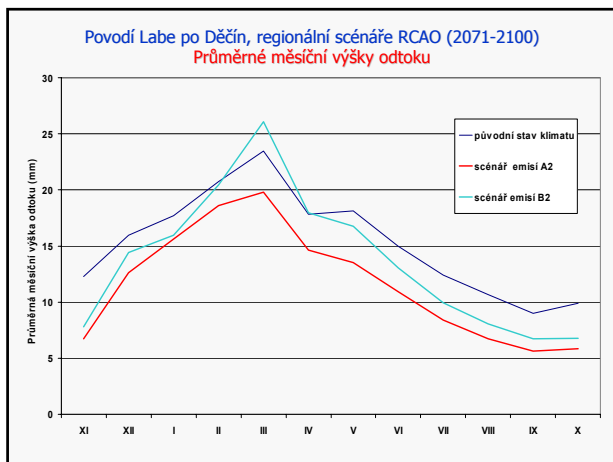
Postup hydrologických výpočtů:

1. Pozorované řady srážek, teplot a vlhkostí vzduchu se upraví o změny udávané scénáři.
2. Na základě pozorovaných (neupravených) řad se optimalizací stanoví parametry hydrologického modelu povodí.
3. Za použití těchto parametrů se modelem provede výpočet složek hydrologické bilance pro scénáři upravené vstupní řady.
4. Porovnání výchozího stavu a předpovídaného stavu.

Hydrologické modelování - model BILAN

modeluje základní hydrologické procesy probíhající v povodí





Dopad na zdroje podzemní vody:

**Studie povodí horní Metuje po Teplice nad Metují –
horní část polické křídové struktury**

Průměrné roční výšky:
srážky 762 mm
odtok 370 mm
základní odtok 245 mm.

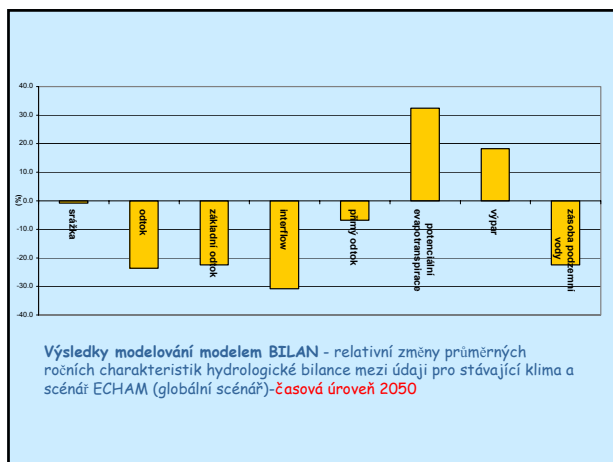
Změny zásob a odtoku podzemní vody v podmínkách klimatické změny v povodí horní Metuje

Horní část teplické křídové pánve - hydrogeologická struktura s významnými zásobami podzemní vody

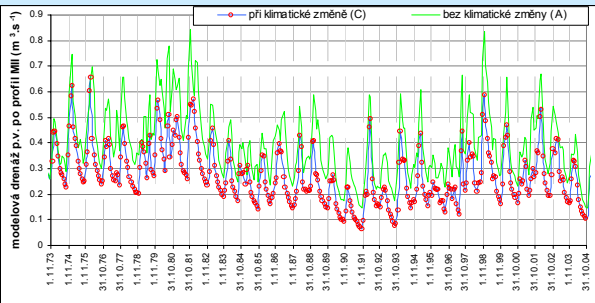
Modelování :

BILAN – model hydrologické bilance, připraví vstupní infiltraci do podzemních vod pro

Modflow (Modular three-dimensional finite-difference groundwater flow model developed by the United States Geological Survey)



Povodí Metuje po Teplice n.M.



Výsledek modelování modelem Modflow - porovnání základního odtoku ve vodoměrné stanici v Teplících nad Metují v podmínkách bez klimatické změny a v podmínkách klimatické změny

- V důsledku klimatické změny hydraulickým modelem vypočítány poklesy hladiny podzemní vody v rozmezí 0 – 10 m
- Průměrná hodnota poklesu hladiny podzemní vody vychází cca 6 m
- Odtok podzemní vody by v minimech poklesl až na úroveň součtu stávajících odběrů cca 100l/s
- V obdobích hydrologického sucha by tedy mohla metuje pod Teplícemi vysychat

Změny povodňového režimu

Zimní povodně se zvětšují nebo se objevují i nové, a to na úkor povodní jarních.

Jarní povodně se zmenšují a posouvají směrem k zimě.

Letní povodně se téměř nemění, jen ojediněle se zmenšují.

Podzimní povodně se zmenšují pouze v některých letech, v závislosti na tom, jak suché bylo jím předcházející období.

Pokles podzimních povodní se objevuje u povodí s menšími dlouhodobými úhrny srážek.

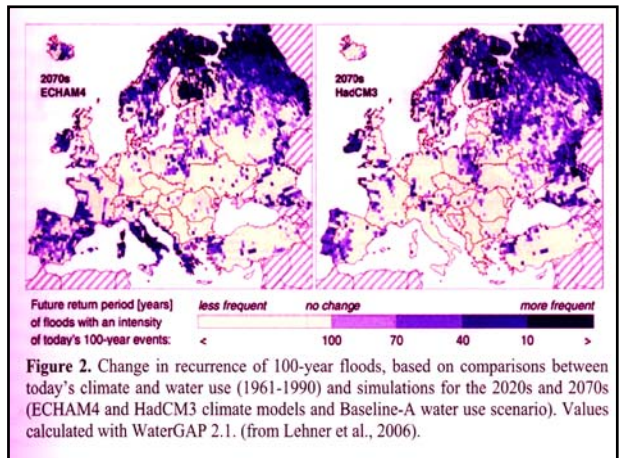


Figure 2. Change in recurrence of 100-year floods, based on comparisons between today's climate and water use (1961-1990) and simulations for the 2020s and 2070s (ECHAM4 and HadCM3 climate models and Baseline-A water use scenario). Values calculated with WaterGAP 2.1. (from Lehner et al., 2006).

Výskyt několika velkých regionálních povodní v ČR v poslední době nemusí souviset se změnou klimatu

Pro Vltavu v Praze byly z historických pramenů rekonstruovány z posledního tisíciletí povodně, o kterých lze usuzovat, že jejich maximální průtok odpovídal době opakování více než 50 let.

Zpracoval Libor Elleder, ČHMÚ

Kolisání četnosti výskytu extrémních povodní

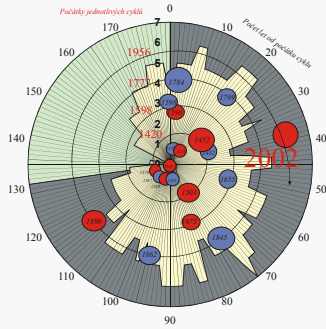
Existuje souvislost mezi specifiky pohybu Slunce kolem těžiště sluneční soustavy a obdobími minim sluneční aktivity (Charvátová).

Úplný solární cyklus je 179 let z čehož prvních 130 let je období chaotického pohybu, posledních 50 let je období pravidelného pohybu - spojeného s teplejším a méně rozkolísaným klimatem.

V povodí Vltavy se naprostá většina extrémních povodní vyskytla v prvních 130-letých částech slunečního cyklu, jen velmi málo v částech 50-letých.

Posledním takovým příznivým obdobím by bylo 1907-1955, **současný zvýšený výskyt extrémních povodní odpovídá tomu, že se nacházíme v 130-leté části cyklu, s častějším výskytem geofyzikálních extrémních jevů.**

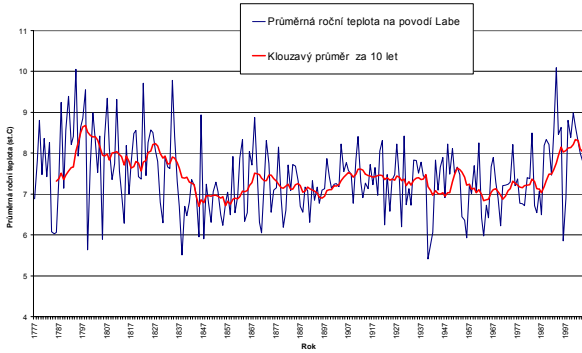
30-letá frekvence výskytu povodní v průběhu pravidelných 179-letých slunečních cyklů



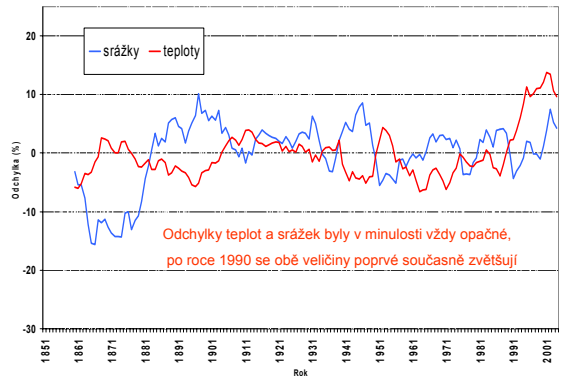
Jak se projevuje probíhající změna klimatu na povodí Labe?

Analýza trendů pozorovaných a modelovaných veličin hydrologické bilance povodí Labe po Děčín

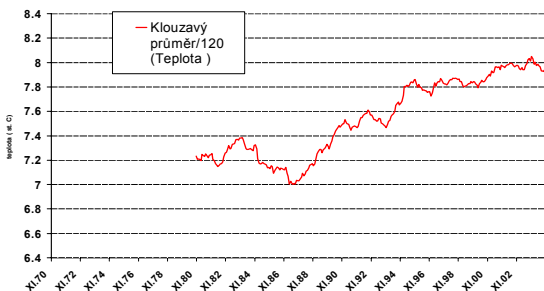
Teplota v Čechách významně kolísala až do poloviny 19. století, pak podstatně méně, posledních 20 let vzestup o 1 st.C – klima se mění



Povodí Labe po Děčín 1851-2004, směrodatné odchylky srážek a odtoků (desetileté klouzavé průměry)



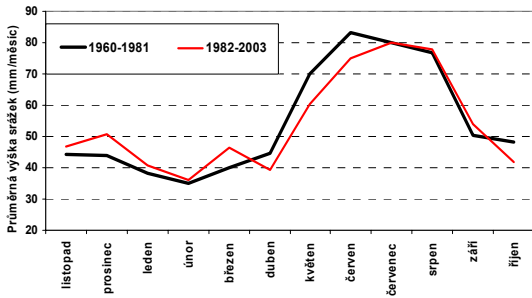
Měsíční řada z období 1971-2004 : Teplota se zvýšila o 0,6 až 1 st. C



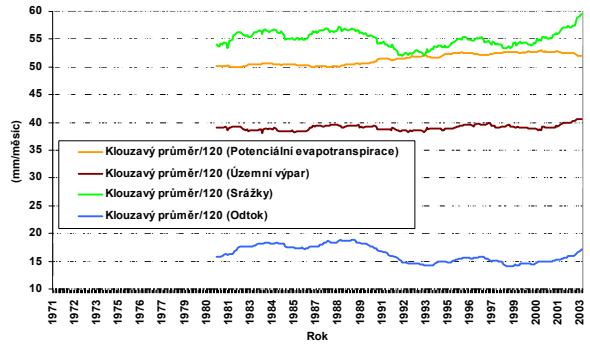
Měsíční řada z období 1971-2004 : srážky rostou po roce 1998



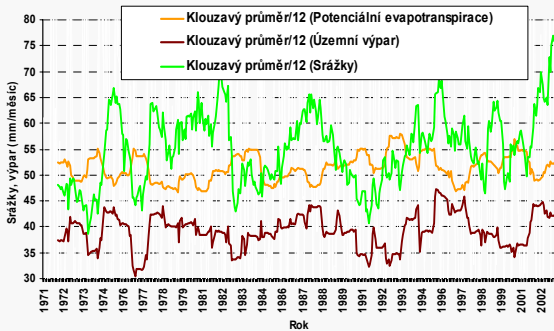
Mění se roční chod srážek – v zimě více, na jaře méně



Územní výpar se zvětšuje méně, než potenciální evapotranspirace

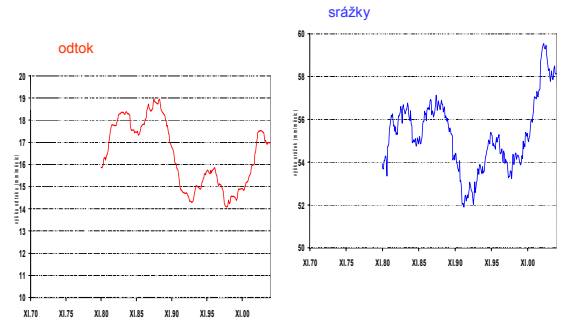


Územní výpar je limitován převážně srážkami

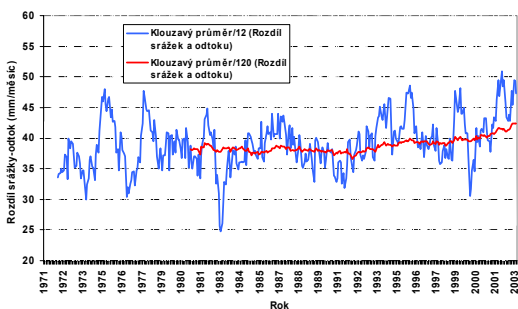


Měsíční řady z období 1971-2004 :

odtok se zvětšuje méně, než odpovídá vzestupu srážek



Rozdíl mezi srážkami a odtokem se zvětšuje

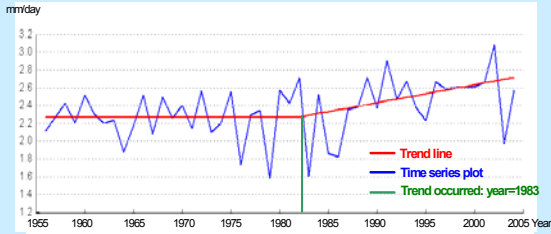


Jak se mění výpar z vodní hladiny: Výsledky statistické analýzy padesátileté řady pozorování výparu ve stanici Hlasivo



Výparoměry Class-A, GGI, v pozadí srovnávací výparoměr a meteorologické přístroje

Od poloviny osmdesátých let (1983) dochází k statisticky významnému **zvyšování výparu z vodní hladiny** v důsledku zvyšování teploty vzduchu

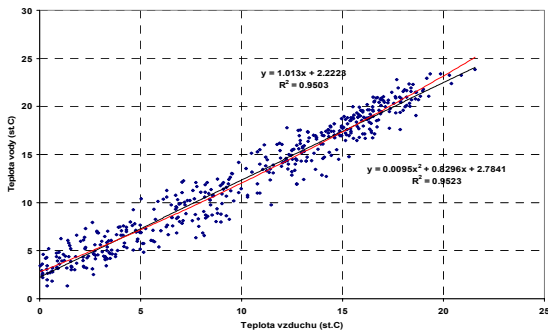


Test vzniku trendu pro časovou řadu průměrných sezónních hodnot výparu za období 1957 až 2005

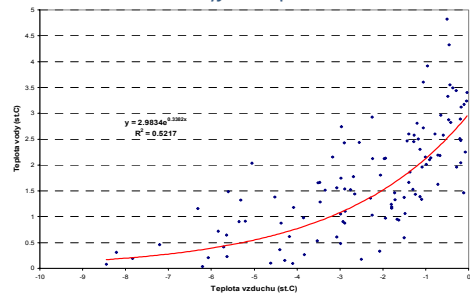
Jak se projevuje probíhající změna klimatu na teplotách vody ?

Analýza řad měsíčních průměrných teplot vody Labe v Brandýse n.L. ve vztahu k průměrným teplotám vzduchu na povodí a velikosti průtoku, data z období 1958-2005

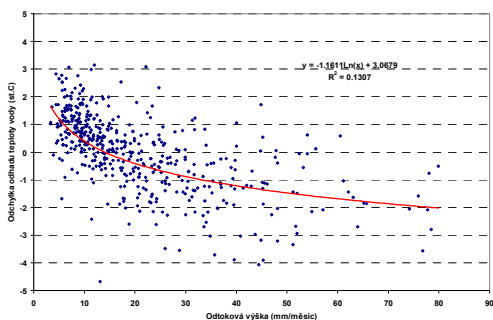
Vztah mezi teplotou vzduchu a teplotou vody v oblasti kladných teplot vzduchu je téměř lineární



Vztah mezi teplotou vzduchu a teplotou vody pro záporné teploty vzduchu lze vyjádřit exponenciální funkcí



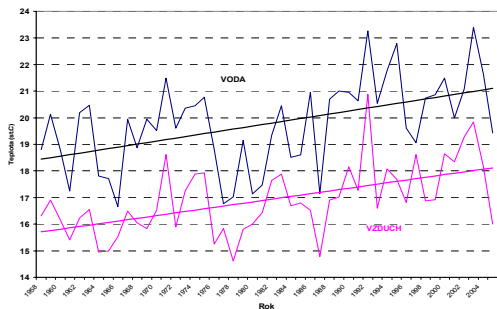
Teplota vody (při kladných teplotách vzduchu) je ovlivněna velikostí průtoku – při menším průtoku je voda teplejší



Největší vzestup teplot vody je v období květen až srpen



Vzestup teploty vzduchu v srpnu je o více než 2 st.C, vzestup teploty vody je obdobný



V ročním průměru se teplota vody zvětšuje úměrně k teplotě vzduchu, zvýšení teplot v letních měsících je větší, v srpnu více než dvojnásobné. Při malých průtocích se samozřejmě voda prohřívá více.

Při pokračujícím oteplování vzduchu bude letní oteplování vody v řekách společně s poklesem průtoků jedním ze závažných důsledků s dopady na kvalitu vody, užívání vod i na vodní ekosystémy.

Jak zmírnit dopad klimatické změny ?

Obnova retenční schopnosti krajiny-přispěje ke zlepšení vodního režimu krajiny a kvality vody, minimální průtoky však nezbývá

Efektivnější využití stávajících nádrží a vodohospodářských soustav, transport vody do suchých oblastí

Ve výhledu výstavba nových nádrží (rezervovat pro ně vhodná území)

Ekonomické nástroje vedoucí k šetření s vodou a menšímu znečišťování vody (už probíhá – velký prostor už nezbývá)

Výstavba čistíren a účinnější čistění odpadních vod

Rekonstrukce kanalizačních sítí k zamezení pronikání balastních vod a únikům znečištěných vod

Děkuji za pozornost



Dopady na kvalitu povrchových vod

Předpokládané klimatické změny ovlivní kvalitu vody velmi nepříznivě

Zmenšení celkového odtoku znamená **větší koncentrace znečišťujících látek** ve vodě. Nejzávažnější situace při malých průtocích nastane na drobných tocích, do kterých odtékají splaškové vody.

Se stoupající teplotou **klesá obsah kyslíku**. Zvýšení teploty vody vede také ke zrychlení pochodů produkce a rozkladu organické hmoty. Při rozkladných pochodech se zvyšuje spotřeba kyslíku. **Větší rozvoj fytoplanktonu** (řas a sinic) komplikuje vodárenské i rekreační využití vody.

Možnosti kompenzace dopadu klimatické změny pomocí vodních nádrží

Směrný vodohospodářský plán ČSR (1988) uvažoval:

Lokality výhledových vodních nádrží, 210 je dosud územně hájených.

Cíl studie:

odhad celkového objemu nádrží ve zvolených povodích, který řádově odpovídá potřebě kompenzovat pokles odtoku vlivem klimatické změny (pod zvolenou mezní hodnotou) a jeho regionální zhodnocení

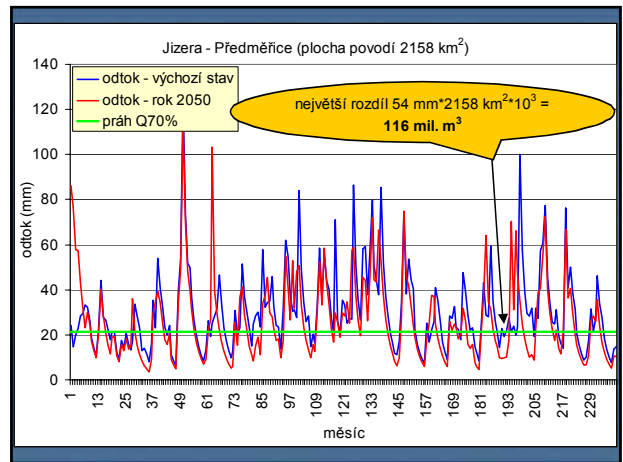
Postup

Použitá data:

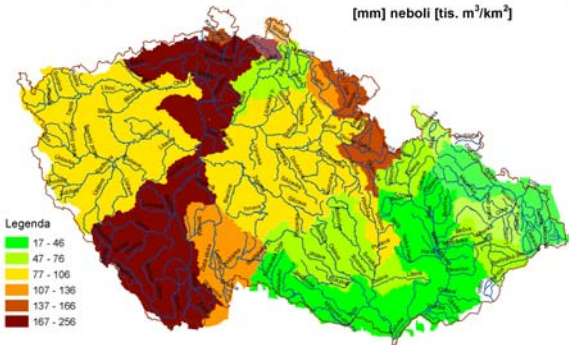
pozorované řady srážek, odtoků, teplot vzduchu a relativních vlhkostí vzduchu - měsíční řady z 32 povodí (pro povodí Labe od r.1932, pro povodí Moravy a Odry 1971-1990)

Použité prostředky:

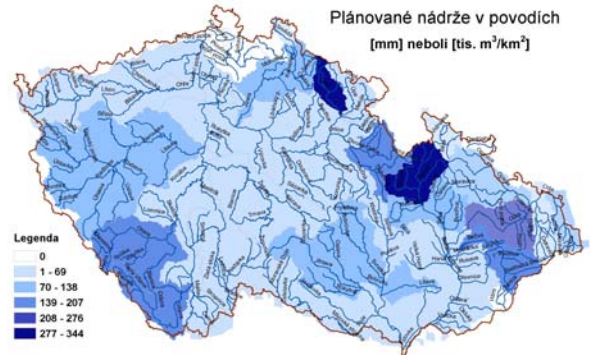
scénář klimatické změny EC2H pro rok 2050
model hydrologické bilance BILAN
program EXDEV pro výpočet nedostatkových objemů



Chybějící množství vody v podmínkách klimatické změny (rok 2050)
[mm] neboli [tis. m³/km²]



Plánované nádrže v povodích
[mm] neboli [tis. m³/km²]



Poměr mezi objemem plán. nádrží a chybějícím objemem vody
v podmínkách klimatické změny



Závěr:

V povodí Labe objemy plánovaných nádrží řádově odpovídají chybějícím objemům vody předpokládaným v podmínkách klimatické změny.

Objem plánovaných nádrží: 3540 mil. m³

Chybějící objem vody: 6584 mil. m³