

# Klimatické změny a odtok v jihozápadní Austrálii

Klíčová slova – vodní zdroje, hydrologické modelování, srážky, proudění vody, model

## Shrnutí

Tento článek prezentuje výsledky počítačových simulací odtoku třinácti hlavních sladkovodních a brakických říčních povodí v jihozápadní Austrálii (SWA) podle klimatických odhadů získaných z patnácti všeobecných modelů cirkulace (GCMs) se třemi potencionálními scénáři globálního oteplování odpovídajícími růstu globální teploty o 0,7 °C, 1 °C a 1,3 °C do roku 2030. Cílem bylo aplikovat účinnou metodologii, konzistentní napříč velkým regionem, k vyšetření důsledků nejlepších dostupných odhadů klimatických trendů pro povrchové vodní zdroje v budoucnu. Skupina srážkovo – odtokových modelů byla kalibrována podle dat o proudění říční vody v letech 1975 až 2007 ze 106 stanic rozmístěných v povodích studované oblasti. Závislost odtoku na odhadovaných změnách v průměrném ročním množství srážek je posuzována pomocí klimatického konceptu „elasticity“. V průměru celou studovanou oblastí, ve všech patnácti GCMs se ukázal pokles množství srážek pod úroveň scénářů globálního oteplování v průměru o 8 % vyúsťující v pokles odtoku v průměru o 25 %. Taková jednotnost v odhadech z GCMs je neobvyklá. Napříč SWA průměrná roční hodnota odtoku mezi 5. nejvlhčí a 5. nejsušší ze 45 projekcí klimatu pro rok 2030 klesá od 10 do 42 %. Od 1. do 5. projekce hodnota odtoku klesá v rozmezí od 53 % na severu po 40 % na jihu. Od poloviny 70. let poklesl v SWA přítok vody do hlavních vodních nádrží o víc než 50 % po 16% snížení množství srážek. To má důsledky na vodní plánování a na ochranu vodních ekosystémů v tomto regionu. Naše výsledky indikují, že toto snižování odtoku bude pravděpodobně pokračovat, pokud jsou klimatické odhady správné.

## Úvod

Odhadnutí efektů klimatických změn na odtok v povodí je klíčové pro management vodních zdrojů, nicméně provedení těchto odhadů v regionálním měřítku, s řešením, které bude použitelné pro inženýry a plánovače vodních zdrojů, je výzva. Současná sada klimatických modelů výrazně usnadňuje tento proces, ale jednotlivé buňky, na které bylo celé území rozděleno, jsou velké a interpretace na úrovni jednotlivých povodí vyžaduje jejich zmenšení, aby vhodně zachytily heterogenitu území. Toto zmenšení umožní, za pomoci odpovídajících hydrologických modelů, zhodnotit budoucí dopady srážek a jejich důsledky pro vodní zdroje a extrémní hydrologické události.

Dopad klimatických trendů během druhé poloviny 20. století je dobře zdokumentován množstvím vědeckých prací recenzovaných v Inter-governmental Panel on Climate Change Fourth Assessment Report. S oteplováním se globálním klimatem se objevuje obecný trend zvyšování rozdílu mezi regiony s vysokým a nízkým množstvím srážek. Například Iranská GCM projekce ukázala vzrůstající množství srážek ve vlhčích oblastech a klesající v sušších oblastech s větší nejistotou v sušších oblastech. V Británii byla sušší povodí shledána jako více náchylná klimatickým změnám než vlhčí povodí a v oblastech, kde jsou srážky koncentrovány hlavně v zimě bylo odhadnuto dokonce jejich zvyšování. Dopad klimatu na vodní zdroje byl kritický v SWA. Byl zde zaznamenán nárůst teploty o 1 °C během 20. století, což zvýšilo poptávku po vodě, když se začaly snižovat výnosy. Podíl srážek transformovaných

do říčního odtoku (odtokový koeficient) se v oblasti Perthu zmenšil z dvou třetin na 10 %. Navíc se odhaduje 40% zvýšení populace Perthu do roku 2030.

## **Popis studované oblasti**

Studovaná oblast leží v SWA a zahrnuje všechna sladkovodní a brakická povodí, která jsou vhodná jako zdroj pitné vody, zavlažování a vody pro průmysl.

### **Geologie, topografie a využití půdy**

V této části je nastíněna geologie oblasti, která ovlivňuje tvar říční sítě. Dále vegetace, která se tu vyskytuje a také využívání půdy a hlavně vody na tomto území člověkem.

### **Klima**

SWA spadá do středomořského typu klimatu. Podle Köppenovi klasifikace se jedná o mírné klima na jihu a subtropické na severu. 80 % srážek spadne od května do října. Průměrné množství srážek je 500 (S) až 1200 (J)mm srážek. Průměrný výpar činí 1350 mm.

### **Povrchová hydrologie**

Studovaná povodí zasahují maximálně 150 km do vnitrozemí. Ty co zasahují dál už jsou pro konzumaci příliš slaná. Půdy jsou zde vysoce propustné a místní srážky jen vzácně naplní jejich infiltrační kapacitu. Evapotranspirace běžně dosahuje 90 % srážek.

## **Metody a data**

V této části článku se autor věnuje způsobům, jakým byla sbírána data a metodám určování odtoku v oblasti. K odhadu odtoku bylo použito pět srážko-odtokových modelů: SIMHYD (Chiew et al, 2002;.. Chiew et al, 2008), Sacramento (Burnash et al, 1973.), IHACRES (Jakeman et al, 1990;.. Littlewood et al., 1997), AWBM (Boughton, 1996) a SMARG (Gósvámí et al, 2007;.. Gósvámí et al, 2002). Realizací těchto modelů bylo území rozděleno na buňky o rozměru 0,05° zem. šířky a 0,05° zem. délky. Pro každou z těchto buněk byly určeny průměrné denní srážky a potenciální výpar. Poté byl pro každou buňku spočítán odtok.

### **Srážko – odtokové modely**

Srážko-odtokový model na každém ze 13 studovaných povodí byl kalibrován pomocí hydrologických záznamů za posledních minimálně 10 let. Hodnoty parametrů pro 13 částkových povodí byly určovány pomocí vstupního klimatu a vlastností každého z částkových povodí. Pro kalibraci byly použity hodnoty průměrných ročních srážek, průměrného ročního výparu, zimního potenciálu odpařování, procenta dřevěné vegetace a střední převýšení povodí.

### **Scénáře budoucího vývoje klimatu**

V další části textu se autor věnuje scénářům vývoje klimatu ve studované oblasti. V úvahu bylo bráno 5 vývojových scénářů klimatu do roku 2030. Tím prvním je vývoj na základě historické posloupnosti v letech 1975 – 2007, který počítá se stejným trendem vývoje. Druhý použitý klimatický scénář počítá se zachováním trendu vývoje klimatu v letech 1997 – 2007. Další tři scénáře jsou předpoklady budoucího vývoje do roku 2030. Tento scénář obsahuje vlhkou, střední a suchou variantu. Období

1975 – 2007 bylo vybráno, protože od zhruba od roku 1975 byl zaznamenán výrazný trend poklesu odtoku v dané oblasti. V období 1997 – 2007 se odtok a množství srážek v oblasti opět výrazně snížil v porovnání s předchozími desetiletími. Ve vývoji budoucích klimatických scénářů bylo počítáno i s globálním oteplováním, vycházelo se například z výhledové zprávy IPCC 2007. Pomocí statistických metod byla určena předpověď pro každou buňku sítě vytvořené na sledovaném území. Každá proměnná byla přepočítána na 3 předpovědi globálního oteplování. Tyhle přepočty pak dávají vlhkou, středí a suchou variantu budoucího vývoje.

## **Výsledky**

### **Výběr nejvhodnějšího srážko – odtokového modelu**

Dále se autor věnuje výběru nejlepšího srážko – odtokového modelu pro danou oblast. Dle autora nemůžeme určit model, který by byl nejvhodnější pro celé území. Model Sacramento byl nejvhodnějším v 74 ze 106 studovaných povodí, model IHACRES byl pak vyhodnocen jako nejlepší ve 25 případech.

### **Nejpravděpodobnější scénář budoucího vývoje klimatu**

V oblasti vývoje klimatu bude dle autora nadále pokračovat pokles srážek na většině území. Největší pokles srážek se předpokládá v centrální části sledované oblasti, naopak některé oblasti na jihu území zaznamenaly v posledních letech dokonce mírný růst srážkových úhrnů a je možné předpokládat, že tento rostoucí trend by mohl pokračovat.

## **Dešťové srážky a odtokové projekce**

### **Rozsah GCM projekce**

Bylo vytvořeno 45 budoucích projekcí pro povrchové vody. Ve 12 z 45 budoucích klimatických projekcí jsou srážky menší o 10% ve srovnání s historickými tabulkami, ale zároveň 38 z 45 projekcí jsou nižší o 5%. Odtok je předpokládá, že bude nižší oproti historickým tabulkám

### **Regionální změny v odtoku**

Severní oblast obsahuje důležité vodní nádrže, které zásobují vodou metropole a regiony. Zde jsou ale výsledky koeficientů odtoku nejnižší v celé studované oblasti. Podle středního a suchého klimatu srážky poklesnou až o 16% a množství vody by kleslo až o 50%.

Na jihu, kde je mnoho NP s ekosystémy závislými na vodě a je zde také velmi rozšířeno zemědělství je poslední dobou klima vlhčí, ale podle budoucích scénářů zde také dojde na trend sucha. Na jihu a v centrálních částech dojde stejně jako na severu k razantnímu poklesu odtoku, ale tyto oblasti na tom budou do budoucna přeci jen lépe než sever.

### **Citlivost odtoku na změnu srážek**

Koeficient odtoku má v oblastech s hustou vegetací tendenci stoupat o 1 – 25 %. Citlivost toku se změnou klimatu lze zkoumat také pomocí statistických opatření. Zde se používá změna koeficientu odtoku se změnou množství srážek což je tzv. srážko – odtoková pružnost.

Schaake představil koncept srážko – odtokové pružnosti pro posuzování změn klimatu. Zde se počítá s proporcionální změnou toku a proporcionální změnou srážek za změněných i nezměněných klimatických podmínek. Pružnost se počítá z relativních změn v odtoku a dešťových srážek podle prognóz modelu.

Sankarasubramanian představil neparametrickou pružnost představující přirozenou citlivost povodí na změnu srážek. Zde se počítá s průtoky a srážkami za celý rok a průměrným množstvím srážek a průtoků. Jedná se tzv. přírodní pružnost, protože není podle žádného modelu.

Uvádí se zde několik příkladných výsledků, ale závěrem je řečeno, že odpovědi ze statistických dat nejsou jednotné v celé studované oblasti.

### **Sezónní distribuce**

Podle nedávného klima, nejvíce srážek spadlo v srpnu, což bylo o měsíc později, než se očekávalo podle historických tabulek. Budoucí prognózy zachovávají počet srážkových dnů v každém období s mírnou změnou v sezónních úhrnech. Z toho vyplývá, že rozdělení toku není významně změněno v budoucích prognózách.

### **Dešťové srážky a variabilita odtoku**

Variabilita odtoku je do budoucích scénářů zvětšena. Dnes dosahují srážky 900mm ve studované oblasti a odtok nepřesahuje 130mm. Těchto maxim se dosahuje průměrně 1 za 5 let. Do budoucna se předpokládá, že podle střední budoucí varianty ale spadne 900mm pouze jednou za 20 let a při suché variantě až jednou za 33 let. Předpokládá se, že do budoucna ubude dešťových srážek a minima se budou také zmenšovat.

I přes tyto důsledky se variace ročního odtoku má zvýšit, což by mělo vyhovovat všem organismům a rostlinám v oblasti toků.

### **Dopad na přítok do nádrží**

Nádrže jsou umístěny především v severní a centrální části území. Při změně klimatu v poslední době klesl odtok v těchto částech o 11%, respektive o 13% a do budoucna se předpokládá podle střední varianty o poklesu až o 30% v severní části a 23% v centrální části. Celkově se však počítá s poklesem pod hranici středního scénáře.

### **Diskuze**

Globální klima prošlo od roku 1970 mnoha změnami a dopady jsou více než patrné. Naše výsledky ukazují dopad na říční proudění. Celkově se přítoky do vodních nádrží značně sníží. Podle výpočtů to zasáhne všechny řeky ve studované oblasti. Ovšem musíme vzít v potaz, že náš problém ovlivňuje více věcí, než jen srážky. Proto je velmi složité předpovědět pro každé povodí správnou variantu a všechny projekce používané pro celou oblast se můžou na každém povodí velmi lišit. Z druhé strany, prognózy vycházejí z historických tabulek a předpokládají pokles dešťových srážek maximálně o 14%.

## **Závěry**

Klima do roku 2030 bude sušší a teplejší. Vývoj v zemědělství a lesnictví se bude v budoucnu měnit a předpokládá se, že bude čím dál tím menší. Za posledních 33 let ubylo v jihozápadní Austrálii asi o 8% srážek, což má za následek pokles toku potoka o 24%. Dojde zde pravděpodobně k největšímu poklesu, a to 53%. Tato situace bude mít dopad na plánování vodních zdrojů v oblasti Perthu. Může zde docházet také k extrémním situacím, jako jsou sucha, povodně či požáry. Vystává otázka, jak tomu zabránit.

## **Slovníček:**

Vodní zdroje – water resources

Hydrologické modelování – hydrological modeling

Srážky - rainfall

Proudění vody - water flow

Model - model

Odtok – runoff

Sucho – drought

Povodeň – flood

Povrchová voda – surface water

Vodní nádrž – water reservoirs

Zavlažování – irrigation

Srážkovo – odtoková pružnost - rainfall-runoff elasticity

Průtok – flow

Variabilita odtoku - runoff variability

Mořská hladina - sea surface

Oceánské proudy - ocean currents