

viadonau

Klimatické změny a vodní hospodářství

Achim Naderer, Gabriel Stecher

Poštorná/Reintal 12. 9. 2019

Obsah

- Rozdělení rolí: Výzkum klimatické změny – řízení (vodní hospodářství)
- Přehled studií se vztahem k území Rakouska, případně východního Rakouska
- Výzvy pro budoucnost

Rozdělení rolí: Výzkum klimatické změny – řízení (vodní hospodářství)

- Výzkum klimatické změny se zabývá velmi složitými souvislostmi
- Oblast výzkumu na vysokých školách a ve vysoce specializovaných institucích (např. Ústřední ústav pro meteorologii a geodynamiku ZAMG ve Vídni)
- Řízení rolí (vodní hospodářství) např. viadonau
 - uplatňování, interpretování a analyzování relevantních výsledků výzkumu
 - zajištění kvality a charakteristik zaznamenaných parametrů
 - aplikované zpracování témat v projektech EU (lodní doprava)

Studie

- ÖKS15 | Klimatické scénáře pro Rakousko (BMNT, 2018)
 - Vypracování klimatických scénářů pro Rakousko, vytvoření základu pro další zpracování strategií činností pro přizpůsobení se klimatické změně
- Klimatická změna ve vodním hospodářství (BMNT, 2017)
 - Studie výsledků „Strategie přizpůsobování se klimatické změně pro vodní hospodářství v Rakousku “ 2011
 - Zaměření na povodně, sucho a suché počasí
- Od ENSEMBLES ke CORDEX: Vývoj dopadů klimatické změny na horní tok Dunaje
 - Použití klimatických prognóz CORDEX (Coordinated Regional Climate Downscaling Experiment) na povodí Dunaje až k Vídni, dopady na parametr odtoku

ÖKS15 | Klimatické scénáře pro Rakousko

- Zadavatel: spolkové ministerstvo pro udržitelnost a cestovní ruch, spolkové země DR
- Projektový partner



Ústřední ústav pro meteorologii a geodynamiku



Ústav pro geografii a kosmický výzkum univerzity Karl-Franzens-Universität ve Štýrském Hradci



Wegenerovo centrum pro klima globální změnu



Mezifakutní odborné oddělení geoinformatiky Univerzity v Salzburku



ÖKS15 | Klimatické scénáře pro Rakousko

- Cíl: analyzování klimatu v Rakousku v minulosti, prognóza budoucnosti (konec 21. století) pro dva scénáře emisí skleníkových plynů – jeden scénář „obvyklého vývoje“ (RCP 8.5) a jeden scénář s ochranou klimatu (RCP 4.5)
- Základ studie tvořily údaje z pozorování a nejnovější generace regionálních simulací klimatu
- Výsledky týkající se teploty a srážek

ÖKS15 | Klimatické scénáře pro Rakousko

Co jsou RCP?

- Reprezentativní směry vývoje koncentrací (Representative Concentration Pathways); použití v 5. zprávě o skutkovém stavu IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change, světová klimatická rada)
- RCP definují stanovené koncentrace skleníkových plynů (zrychlení emisí), jež mohou vznikat antropogenním zesilováním skleníkového efektu
- V RCP mohou být rovněž uvedeny různé kombinace emisí skleníkových plynů a aerosolů v kombinaci s různými opatřeními v oblasti ochrany klimatu a pro jednu a tu samou trasu koncentrace. RCP tedy představují vývoj budoucnosti klimatu „pokud-tak“ a jejich realizace zůstává otevřená.
- Často používanými scénáři jsou RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0, RCP8.5, kdy číslo vždy uvádí přírůstek zrychlení emisí (W/m^2) ve srovnání s předindustriální hodnotou (cca $100 W/m^2$).

ÖKS15 | Klimatické scénáře pro Rakousko

- Scénáře mohou být ohledně nárůstu energie (= přírůstku zrychlování emisí) rozděleny na relativně nízké (2,6 W/m²), střední (4,5 W/m²), vysoké (6,0 W/m²) a velmi vysoké (8,5 W/m²).
- RCP8.5
 - Hospodářský růst dále ve velké míře závisí na spalování fosilních paliv
 - Žádná ochrana klimatu – obvyklý vývoj
- RCP4.5
 - Určitá opatření k ochraně klimatu
 - Emise skleníkových plynů klesnou do roku 2070 pod současnou hodnotu

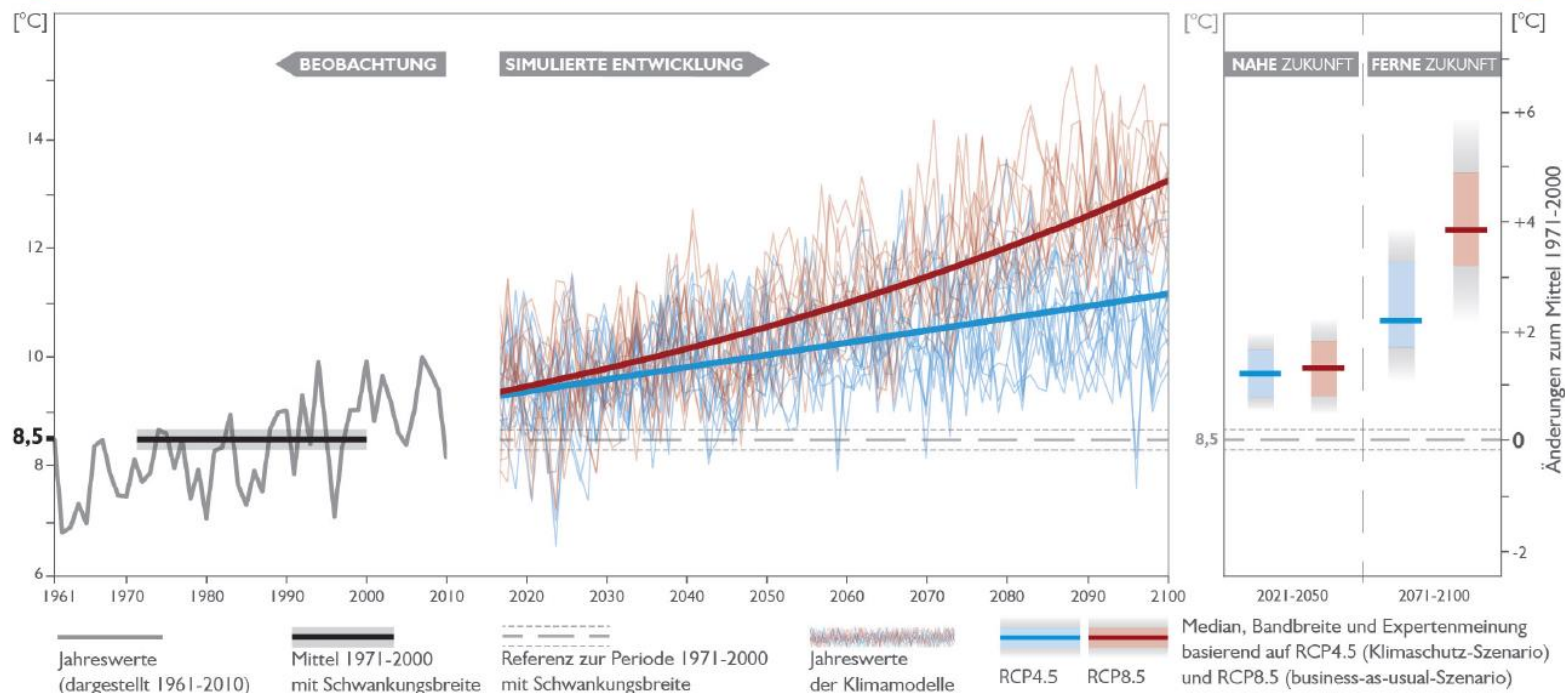
ÖKS15 | Klimatické scénáře pro Rakousko

Výsledky

- Údaje pro každou spolkovou zemi
 - Informace k metodice a definicím (např. jak jsou interpretovány grafy)
 - Střední teplota vzduchu
 - Střední roční úhrn srážek
 - Vybrané klimatické ukazatele (zjistitelné): horké dny, mrazivé dny, srážkové epizody, epizody sucha
- Analýza klimatu v minulosti
- Klimatické scénáře budoucnosti

ÖKS15 | Klimatické scénáře pro Rakousko Údaje pro Dolní Rakousy

Vergangene und simulierte Entwicklung der mittleren Lufttemperatur



Beobachtete Werte und simulierte Änderungen der mittleren Lufttemperatur (in °C)

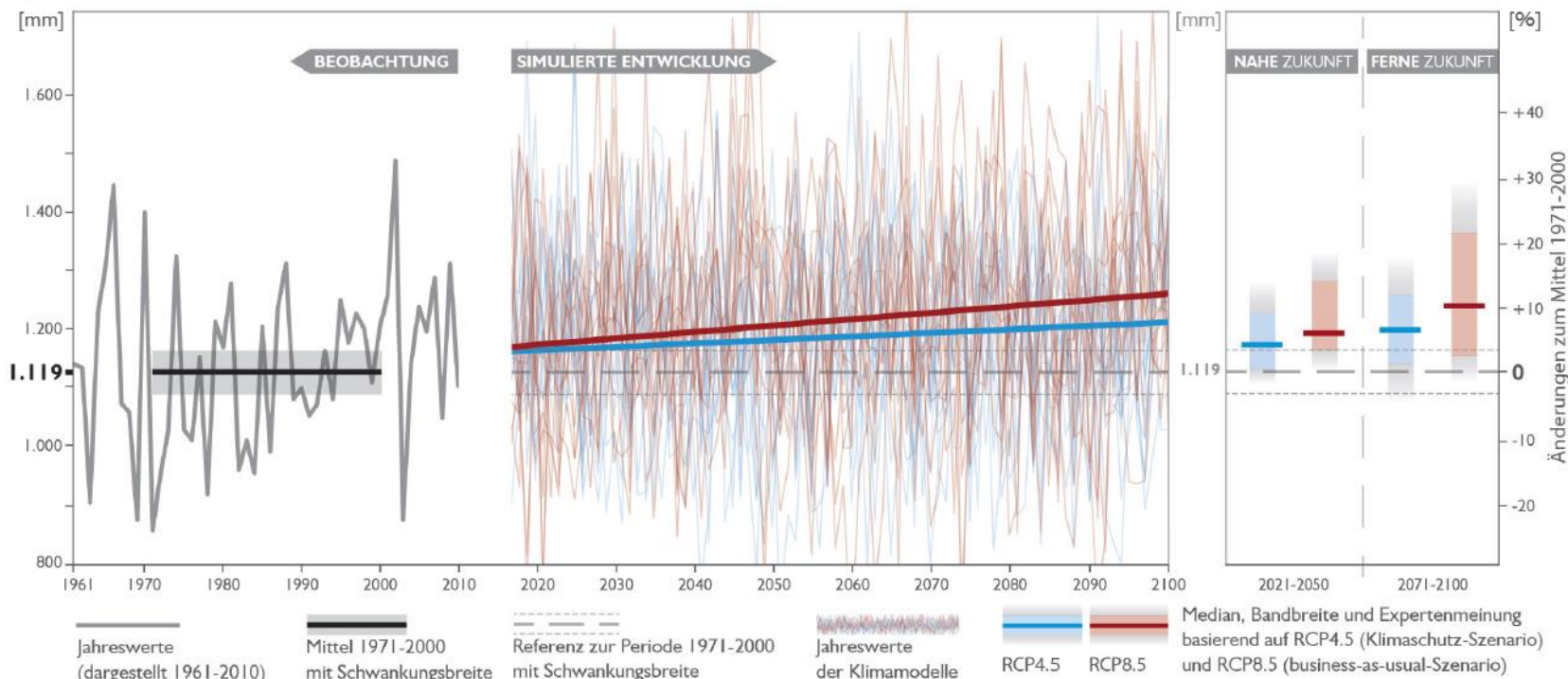
		1971-2000		2021-2050				2071-2100			
		Jahreswerte		RCP4.5 (Klimaschutz-Szenario)		RCP8.5 (business-as-usual)		RCP4.5 (Klimaschutz-Szenario)		RCP8.5 (business-as-usual)	
bis		8,7		+1,7		+1,9		+3,3		+4,9	
Mittel		8,5		+1,3		+1,4		+2,2		+3,9	
von		8,3		+0,8		+0,8		+1,7		+3,1	
		Winter	Sommer	Winter	Sommer	Winter	Sommer	Winter	Sommer	Winter	Sommer
bis		-0,1	17,6	+2,1	+1,7	+2,1	+2,0	+3,1	+2,9	+5,1	+5,4
Mittel		-0,6	17,4	+1,5	+1,3	+1,5	+1,3	+2,4	+1,9	+4,4	+3,7
von		-1,0	17,2	+0,7	+1,0	+0,7	+1,0	+1,9	+1,6	+3,6	+3,1

Winter: Dezember - Jänner - Februar / Sommer: Juni - Juli - August

ÖKS15 | Klimatické scénáře pro Rakousko

Údaje pro Dolní Rakousy

Vergangene und simulierte Entwicklung des mittleren Niederschlages



Beobachtete Werte (in mm) und simulierte Änderungen der mittleren Niederschlagssummen (in %)

		1971-2000		2021-2050				2071-2100			
		Jahreswerte		RCP4.5 (Klimaschutz-Szenario)		RCP8.5 (business-as-usual)		RCP4.5 (Klimaschutz-Szenario)		RCP8.5 (business-as-usual)	
Mittel	bis	827		+10,4		+14,6		+15,6		+23,7	
		792		+5,6		+7,0		+8,7		+11,0	
	von	756		+1,1		+3,5		+1,9		+3,9	
		Winter	Sommer	Winter	Sommer	Winter	Sommer	Winter	Sommer	Winter	Sommer
Mittel	bis	156	305	+27,1	+12,0	+27,2	+16,3	+21,7	+17,7	+36,5	+19,6
		143	279	+11,4	+1,4	+14,7	+1,8	+10,8	+3,6	+25,6	+1,9
	von	129	254	+1,8	-6,7	-1,0	-7,7	-0,9	-7,9	+13,9	-15,1

Winter: Dezember - Jänner - Februar / Sommer: Juni - Juli - August

Klimatická změna ve vodním hospodářství

- Zadavatel: spolkové ministerstvo pro udržitelnost a cestovní ruch, 2017
- Projektový partner



Ústav pro vodní stavby a inženýrskou hydrologii
Technické univerzity ve Vídni



Ústřední ústav pro meteorologii a
geodynamiku



Ústav pro geografii a kosmický výzkum univerzity
Karl-Franzens-Universität ve Štýrském Hradci



https://www.bmnt.gv.at/wasser/wasser-oesterreich/foerderungen/trinkwasser_abwasser/aktuelle_projekte/klimawandel_wasserwirtschaft.html

Klimatická změna ve vodním hospodářství

- Zpráva o výsledcích předchozí studie z roku 2011
- Posouzení vlivů klimatické změny na vodní hospodářství v Rakousku
- Přímé dopady činnosti člověka nejsou zohledněny
- Posouzení vlivů klimatické změny na vodní hospodářství je spojeno s velkou nejistotou
- Rozdíl ve stavu v minulosti a v budoucnosti
- Posouzení s ohledem na „tvrdá“ a „měkká“ fakta

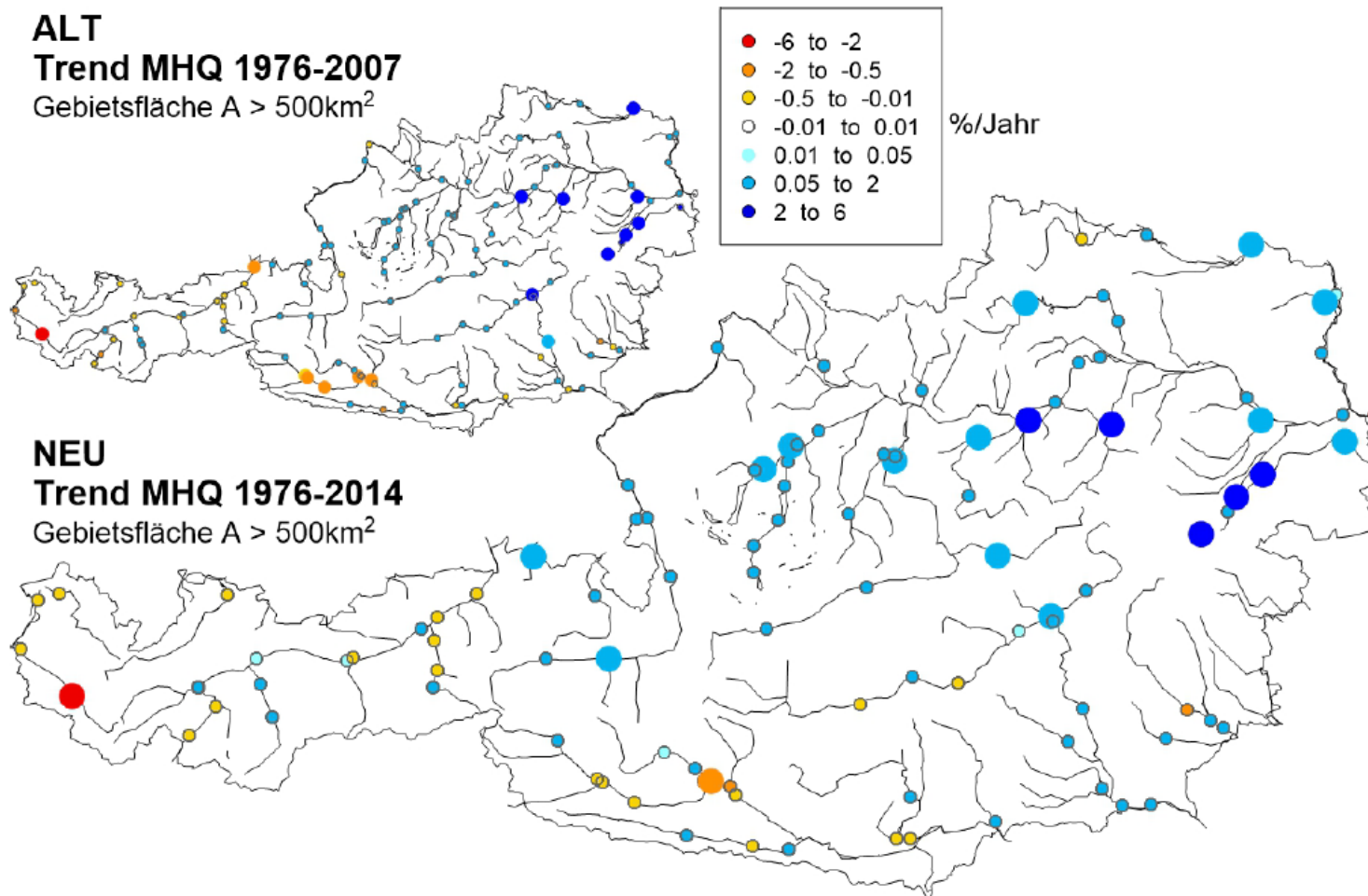
Klimatická změna ve vodním hospodářství

Povodně

- Očekávají se rozdílné změny v odtoku při povodních.
- **Přírozené výkyvy povodní jsou ovšem větší než očekávatelné změny následkem klimatické změny.**
- **Uvedení obecného klimatického přírůstku pro naměřené hodnoty není podle současného stavu nutné.**
- Rostoucí trendy v posledních třech desetiletích se o něco zesílily, neboť rostoucí trend vykazuje ve srovnání s předchozí studií výrazně více oblastí, **zejména malé oblasti severně od hlavního hřebene Alp.**
- Četnost oblastí nízkého tlaku s trasami relevantními pro silné srážky by se nesměla v následujících letech zvyšovat, ovšem mohla by přinášet intenzivnější srážky.

Klimatická změna ve vodním hospodářství

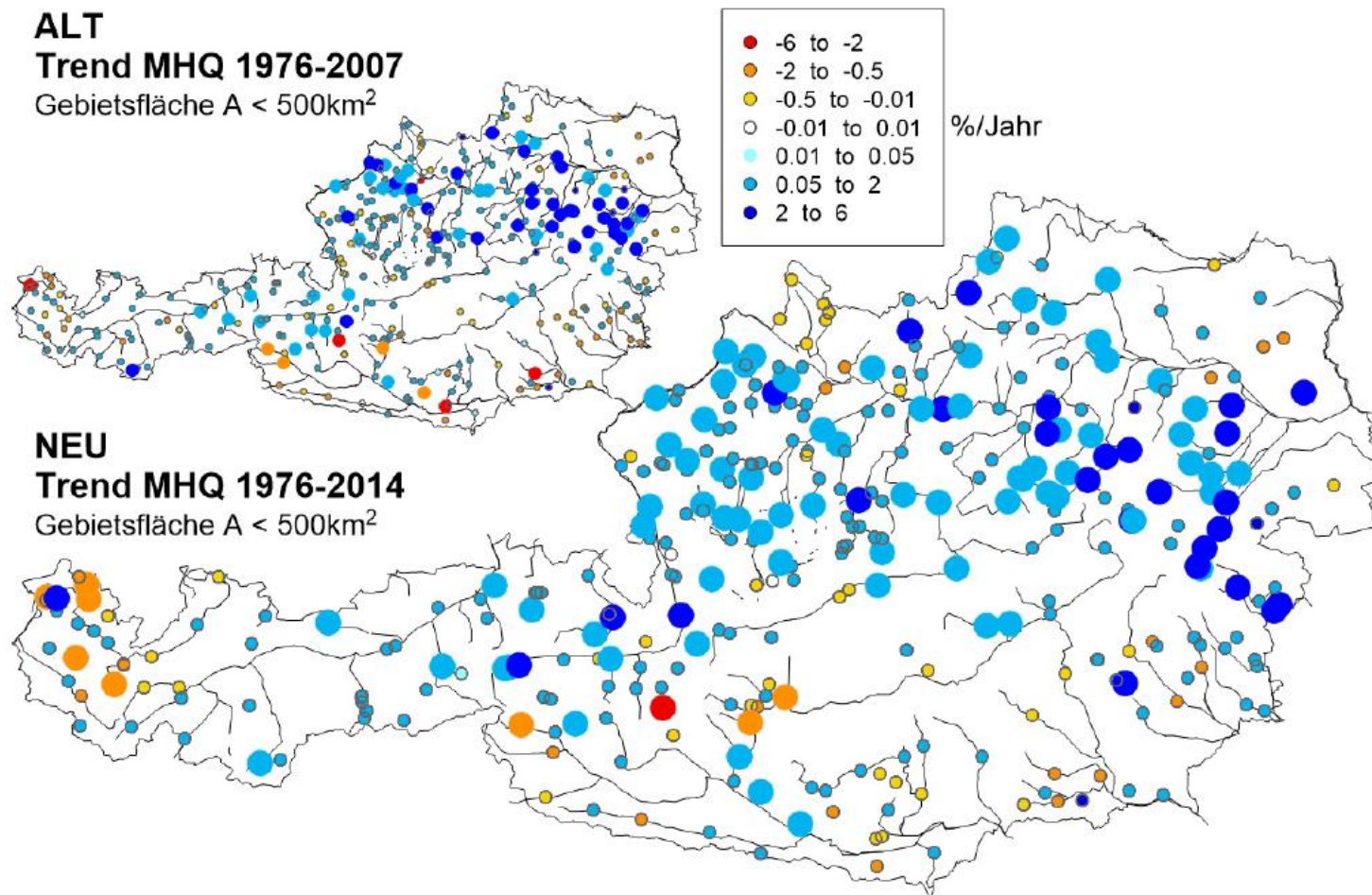
Situace v minulosti (povodně)



Trendy ročních maxim povodní pro období 1976-2014 ve srovnání s 1976-2007.

Velká modrá kolečka: stoupající trendy, velká červená kolečka: klesající trendy, malá kolečka: nesignifikantní trendy. **Oblasti větší než 500 km².**

Klimatická změna ve vodním hospodářství (povodně)



Trendy ročních maxim povodní pro období 1976-2014 ve srovnání s 1976-2007.

Velká modrá kolečka: stoupající trendy, velká červená kolečka: klesající trendy, malá kolečka: nesignifikantní trendy. **Oblasti menší než 500 km².**

Klimatická změna ve vodním hospodářství

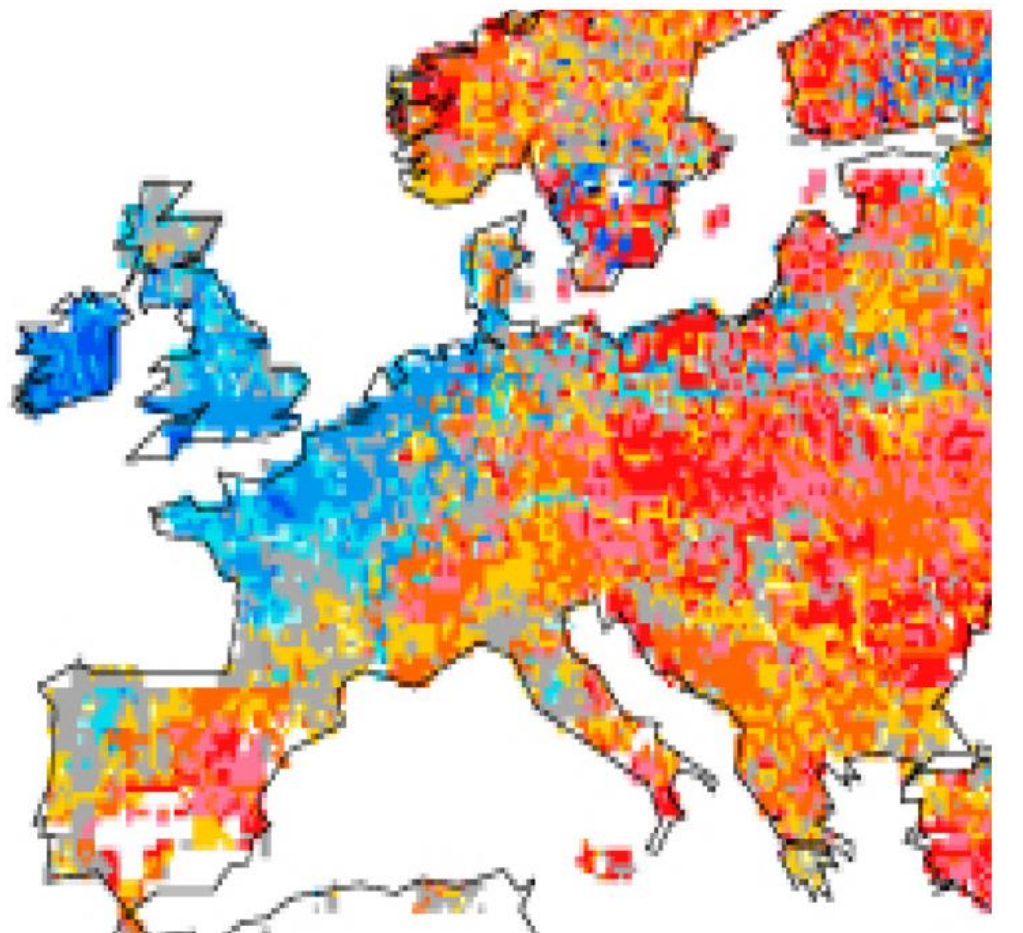
Situace v minulosti (povodně)

- Studie „Understanding Flood Regime Changes in Europe: A state of the art assessment.“ (Pochopení změn režimu povodní v Evropě: současné hodnocení) Hall a kol. (2014)
- Shrnutí stavu výzkumu změn povodní se zaměřením na Evropu
 - severovýchodní Evropa: ubývající
 - jižní Evropa: ubývající
 - západní Evropa: přibývající
 - Země sousedící s Rakouskem: spíše přibývající



Trendy sledovaných povodňových průtoků v Evropě v posledních desetiletích. Hall a kol. (2014)

Klimatická změna ve vodním hospodářství Situace v budoucnosti (povodně)



Simulovaný scénář budoucí pravděpodobnost povodní okolo roku 2080 ve srovnání s 20. stoletím v Evropě. Zobrazen je budoucí roční průtok odpovídající stoleté vodě ve 20. století. Červené barvy odpovídají snížení povodňového průtoku, modré pak zvýšení. Jak je uvedeno v hodnotící zprávě IPCC od Hirabayashiho a kol. (2013) „Globální riziko povodní s ohledem na klimatické změny“

- Podle tohoto scénáře mírný úbytek povodňových průtoků
- Ve studii se upozorňuje na velké nejistoty v těchto scénářích

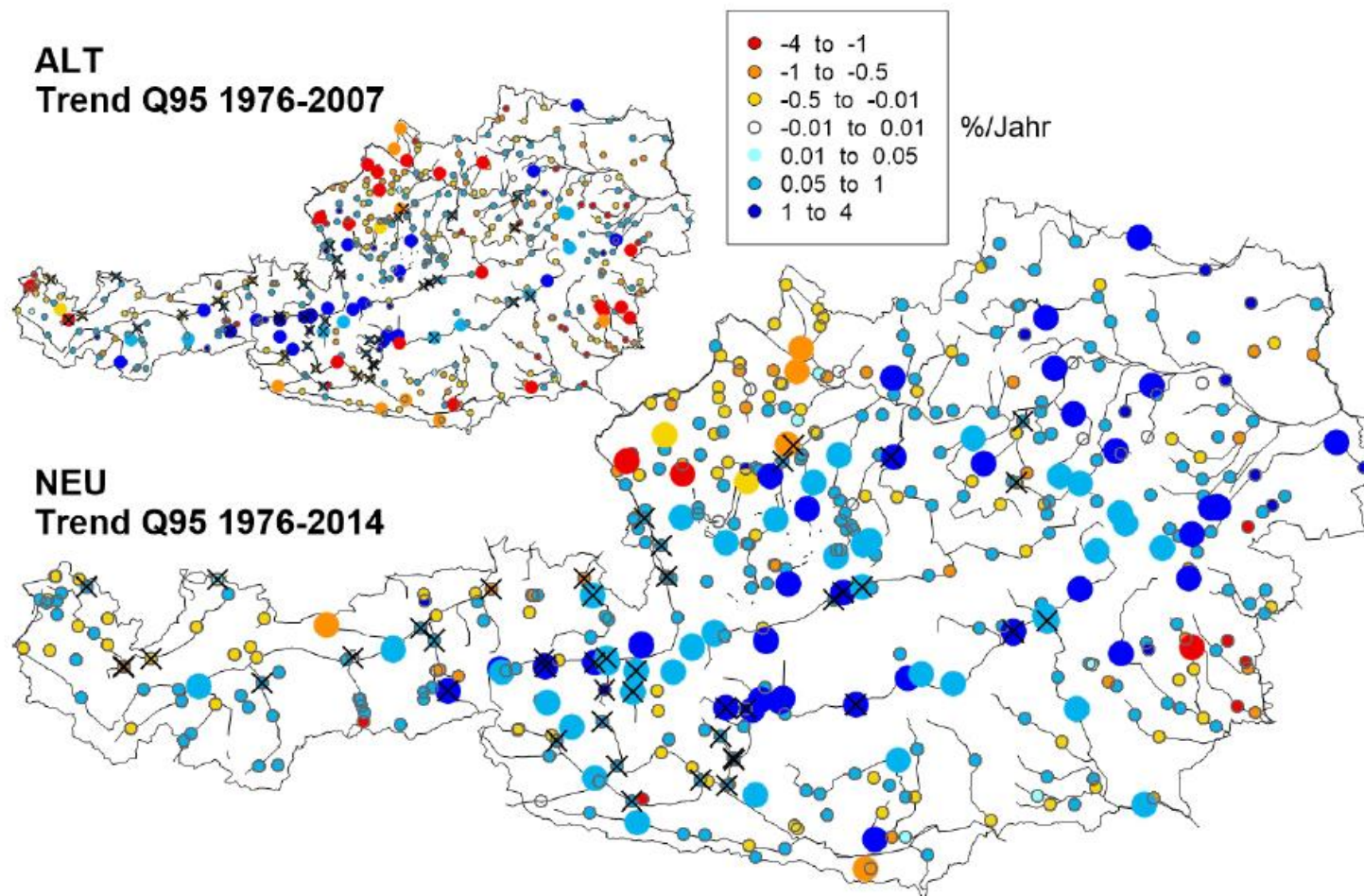
Klimatická změna ve vodním hospodářství

Nízký stav vody

- Procesy způsobující nízký stav vody v Rakousku se v zásadě dělí podle výškové polohy; letní nízký stav vody v nížině na východě a nízký stav vody v zimě na západě v Alpách
- **V nížinných oblastech východního a jihovýchodního Rakouska může při nízkém stavu vody docházet ke snižování odtoku.**
- Roky s nízkým stavem vody 2003 a 2015 se z hydrologického hlediska velmi dobře hodí k posouzení situací s nízkým stavem vody při klimatické změně v létě.
- Odhad do budoucnosti: výpočty ve scénářích uvádí v oblasti Vídně úbytek odtoku při nízkém stavu vody asi 10-15 %

Klimatická změna ve vodním hospodářství

Situace v minulosti (nízký stav vody)



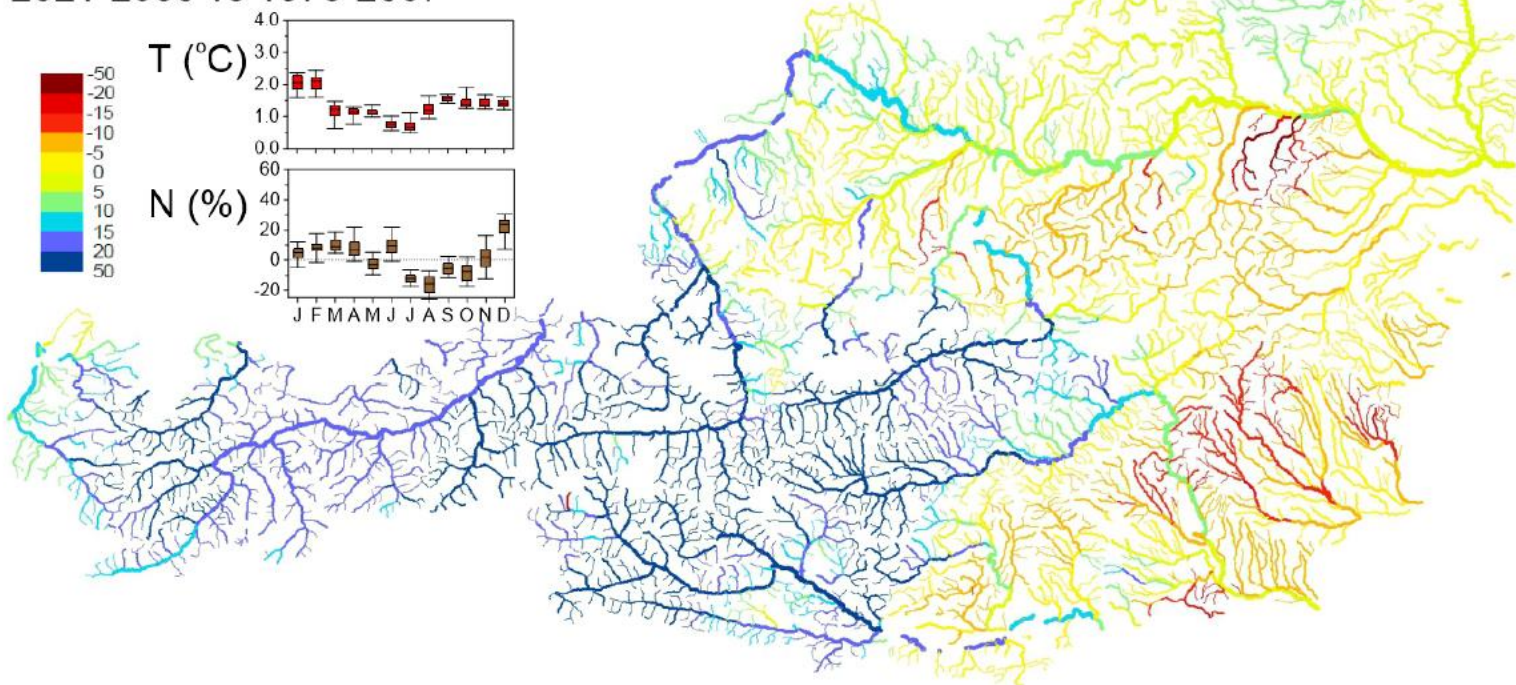
Trendy ročních průtoků při nízkém stavu vody Q95 pro období 1976-2014 ve srovnání s lety 1976-2007. Hladina s minimálně 32 roky sledování. Velká modrá kolečka: stoupající trendy, velká červená kolečka: klesající trendy, malá kolečka: nesignifikantní trendy. Křížky ukazují hladinu ovlivněnou převedením/uložením.

Klimatická změna ve vodním hospodářství

Situace v budoucnosti (nízký stav vody)

NEU

% Änderung des Q₉₅ (WEGC ECHAM5 A1B)
2021-2050 vs 1978-2007



Změny v % průtoku při nízkém stavu vody Q₉₅ pro období 2021-2050 v porovnání s obdobím 1978-2007 vypočítané na základě modelu odtoku srážek. Kombinace klimatického modelu WEGC_ECHAM5 a klimatického scénáře 1B. Modrá: přírůstek, červená: úbytek. Malé obrázky ukazují změny střední měsíční teploty vzduchu a srážky. Výsledek projektu CILFAD.

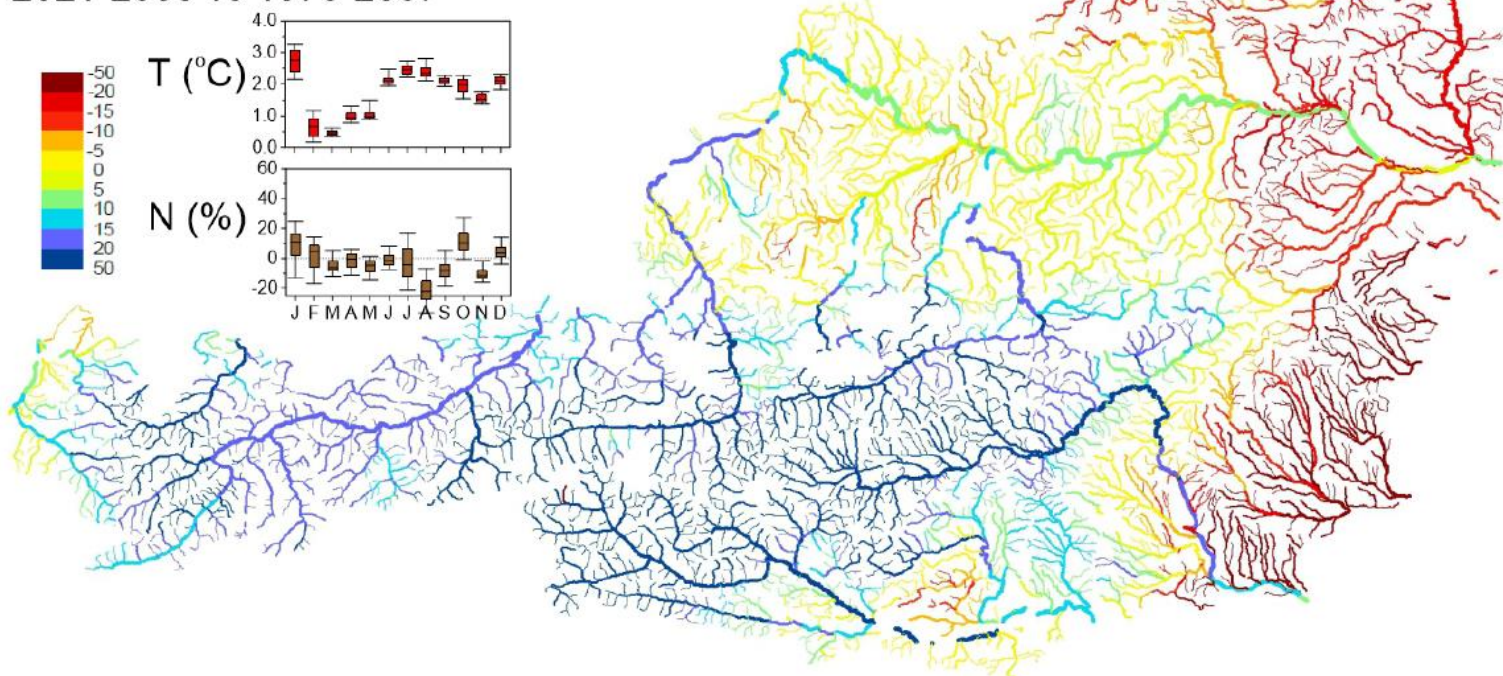
Klimatická změna ve vodním hospodářství

Situace v budoucnosti (nízký stav vody)

NEU

% Änderung des Q95 (AIT HADCM3 A1B)

2021-2050 vs 1978-2007



Změny v % průtoku při nízkém stavu vody Q_{95} pro období 2021-2050 v porovnání s obdobím 1978-2007 vypočítané na základě modelu odtoku srážek. Kombinace klimatického modelu HADCM3 a klimatického scénáře 1B. Modrá: přírůstek, červená: úbytek. Malé obrázky ukazují změny střední měsíční teploty vzduchu a srážky. Výsledek projektu CILFAD.

Klimatická změna ve vodním hospodářství

Situace v budoucnosti (nízký stav vody)

Klimatické modely

- ECHAM5
 - Globální atmosférický cirkulační model (Institut Maxe Plancka pro meteorologii); použit mimo jiné v hodnotící zprávě 4. IPCC
- HADCM3 (spojený model střediska Hadley Centre verze 3)
 - použitý ve 3. a 4. hodnotící zprávě IPCC

IPCC ... mezivládní panel pro klimatickou změnu

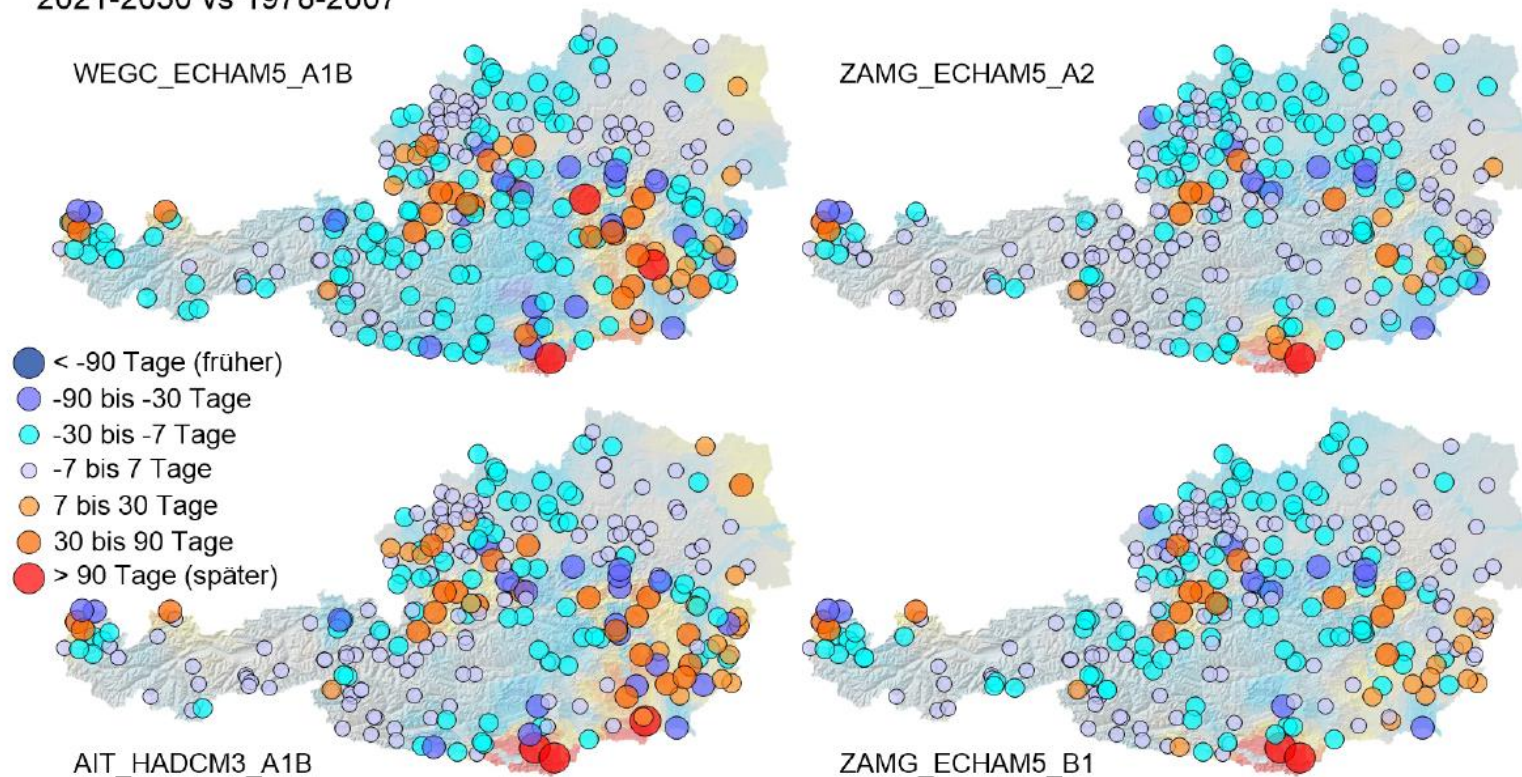
Klimatická změna ve vodním hospodářství

Situace v budoucnosti (nízký stav vody)

NEU

Änderung der Saisonalität des Q95

2021-2050 vs 1978-2007



Změny středního časového bodu v rámci roku, kdy je průtok nižší než Q95. Období 2021-2050 v porovnání s obdobím 1978-2007 na základě výpočtů pomocí modelu odtoku srážek a různých klimatických modelů nebo scénářů. Modrá: dřívější nízký stav vody, červená: pozdější nízký stav vody. Výsledek projektů CILFAD a Aqua Stress. Parajka a kol. (2016)

CORDEX – použití na povodí Dunaje

- 2 prognostická období (2021-2050 a 2071-2100)
- 2 klimatické scénáře (**R**epresentative **C**oncentration **P**athways, RCP)
 - RCP 4.5 (scénář středních emisí)
 - RCP 8.5 (scénář vysokých emisí, žádná opatření k ochraně klimatu)
- Použití modelu odtoku srážek (COSERO)
- Srovnávací období 1961-1990 (odpovídá období KWD 1996)

Dílčí část výsledků

- Zvýšení **teploty**
- **Odtok**
 - výrazný přírůstek v zimě a na jaře
 - výrazný úbytek v létě a na podzim

CORDEX – použití na povodí Dunaje

Výsledek výpočtů
klimatických scénářů

např. simulace Cordex



Model odtoku srážek

např. model HBV nebo Cosero



Vyhodnocení s ohledem
na změnu odtoků

např. ve vztahu k oblasti Vídně

CORDEX – použití pro povodí Dunaje

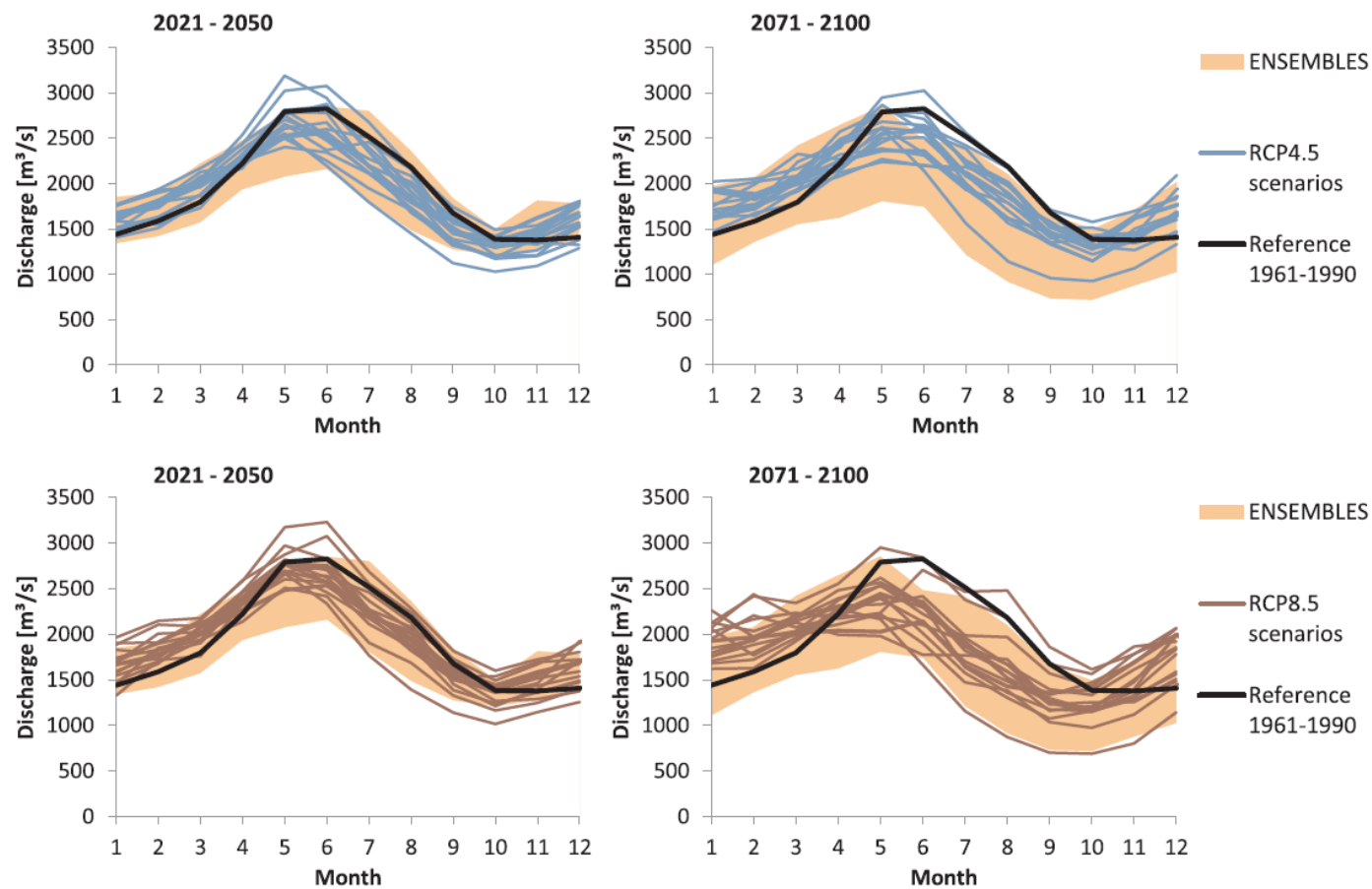


Fig. 6. Seasonal discharge projections for the Danube at Vienna for 2021–2050 (left) and 2071–2100 (right). Black: reference period 1961–1990; blue (top): CORDEX RCP4.5 scenarios; red (bottom): CORDEX RCP8.5 scenarios. Orange shading: range of ENSEMBLES results. (For interpretation of the references to colour in this figure legend, the reader is referred to the web version of this article.)

CORDEX – použití pro povodí Dunaje

Table 2

Ensemble medians of seasonal and annual climate change signals for mean temperature (ΔT) and mean precipitation (ΔP) in the catchment area of the Upper Danube, and for discharge (ΔQ) of the Danube at Vienna, for the two future periods. Climate change signals in relation to the reference period 1961–1990.

			2021–2050					2071–2100				
			Spring	Summer	Autumn	Winter	Annual	Spring	Summer	Autumn	Winter	Annual
ΔT [°C]	ENSEMBLES	A1B	1.3	1.6	1.6	1.8	1.5	2.7	3.7	3.1	3.6	3.2
	CORDEX	RCP4.5	1.0	1.5	1.3	1.7	1.4	2.1	2.3	2.4	2.7	2.3
	CORDEX	RCP8.5	1.3	1.5	1.6	1.6	1.5	3.7	4.1	4.1	4.7	4.1
ΔP [%]	ENSEMBLES	A1B	5.0	2.6	7.3	6.3	4.1	10.1	-9.4	7.5	8.4	4.5
	CORDEX	RCP4.5	10.4	-1.2	2.7	9.7	4.9	13.0	2.6	5.7	13.7	6.9
	CORDEX	RCP8.5	12.9	1.7	7.6	13.1	6.5	17.7	-3.7	10.4	20.5	9.3
ΔQ [%]	ENSEMBLES	A1B	-4.3	-12.0	-1.9	8.4	-3.9	-4.3	-32.5	-14.4	13.4	-12.0
	CORDEX	RCP4.5	2.2	-11.8	-5.7	12.8	-1.8	1.8	-13.2	-5.5	17.9	-1.4
	CORDEX	RCP8.5	4.3	-9.6	-0.8	17.1	1.3	-0.9	-24.8	-12.2	29.2	-5.1

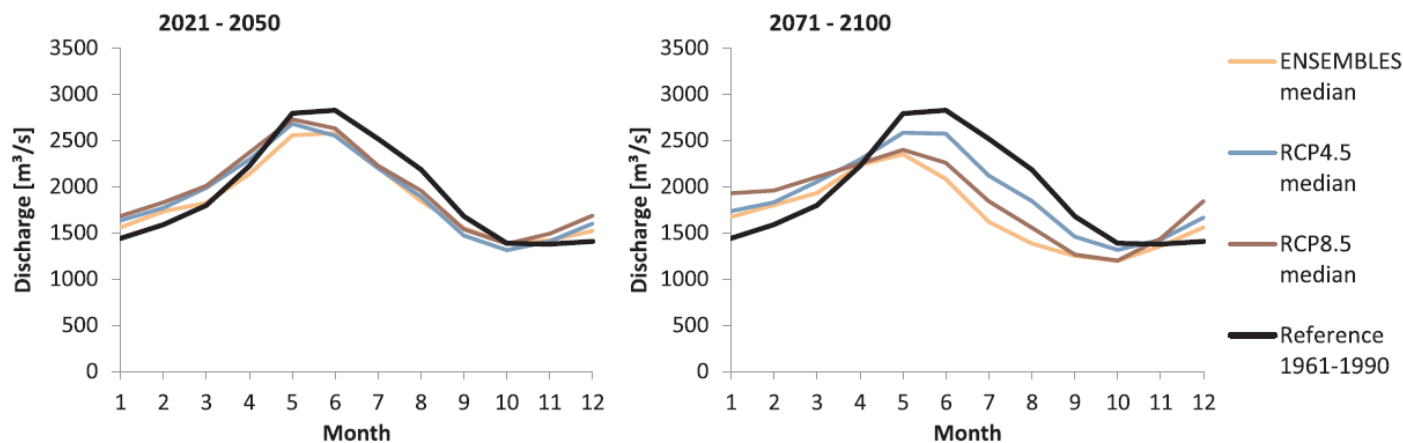


Fig. 7. Median seasonal discharge projections based on different RCM ensembles for the Danube at Vienna for 2021–2050 (left) and 2071–2100 (right).

CORDEX – použití pro povodí Dunaje

Table 3

Projected changes in monthly high flow (exceedance probability of 10%, Q10) and monthly low flow (exceedance probability of 90%, Q90) of the Danube at Vienna. Median, lower quartile and upper quartile values of the distribution of RCM model ensemble results, for the two future periods. Climate change signals in relation to the reference period 1961–1990.

		2021–2050		2071–2100	
		Δ Q10 [%]	Δ Q90 [%]	Δ Q10 [%]	Δ Q90 [%]
ENSEMBLES	lower quartile	-10.5	-5.8	-20.6	-25.0
	median	-6.5	-0.7	-9.3	-10.2
	upper quartile	-1.0	3.0	-5.8	-1.8
CORDEX RCP4.5	lower quartile	-5.0	-7.3	-4.8	-5.0
	median	-2.0	-0.1	-2.2	0.4
	upper quartile	0.1	1.5	3.1	2.5
CORDEX RCP8.5	lower quartile	-1.6	-3.3	-9.6	-11.1
	median	0.6	3.4	-5.3	-7.4
	upper quartile	2.3	6.4	-0.1	1.8

- Příklad hladiny ve Wildungsmauer
 - 10% snížení ve spodní oblasti odtoku odpovídá přibližně 15 cm vodní hladiny

CORDEX – použití pro povodí Dunaje

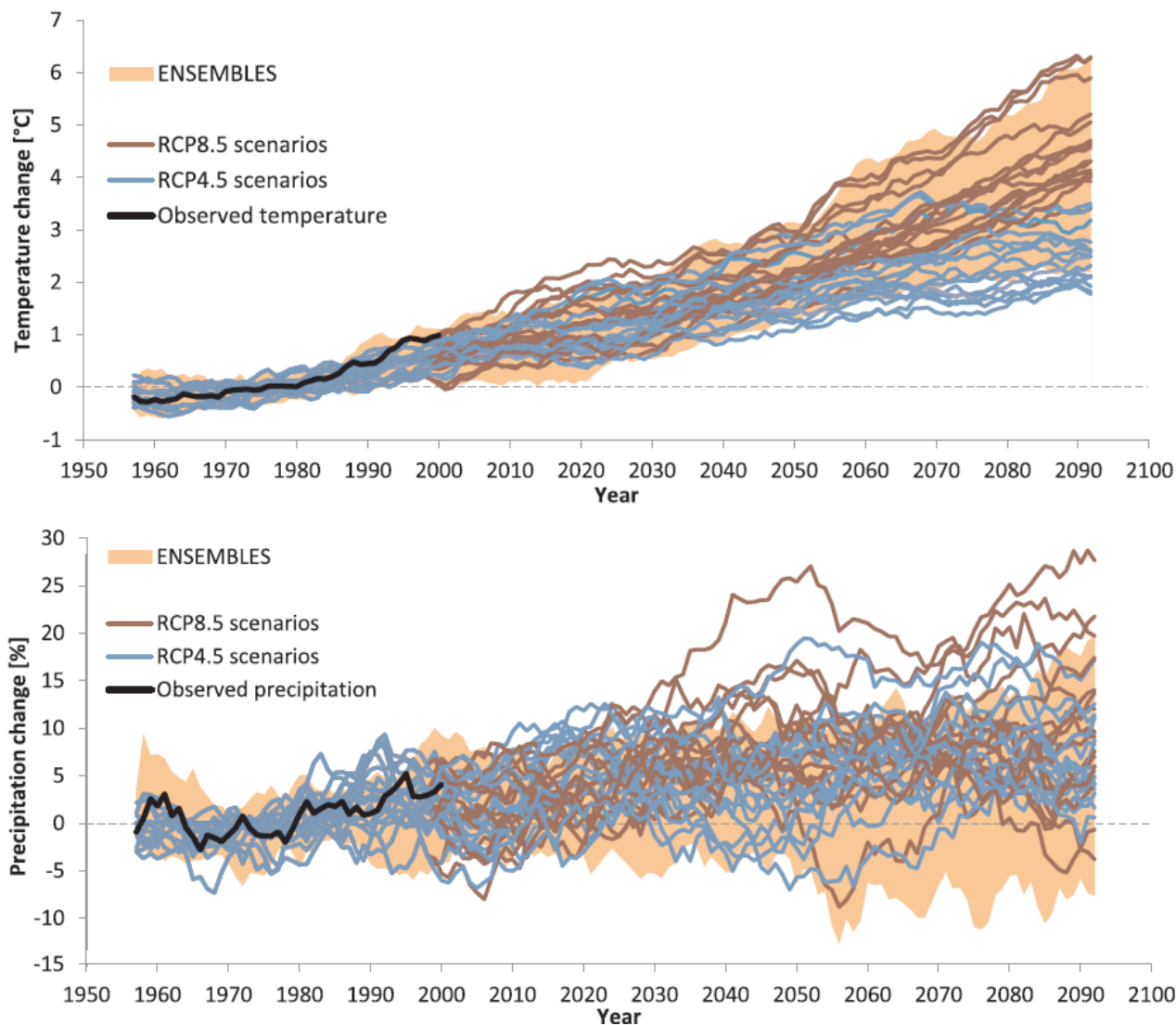


Fig. 4. Climate change projections for the upper Danube basin as compared to 1961–1990. 15-year moving averages of temperature change (top) and precipitation change (bottom). Black: observation; blue: CORDEX RCP4.5 scenarios; red: CORDEX RCP8.5 scenarios. Orange shading: range of ENSEMBLES results. (For interpretation of the references to colour in this figure legend, the reader is referred to the web version of this article.)

Trendy
oproti
rozsahům výkyvů

Shrnutí

- Velké množství informací → požadavek na filtrování informací relevantních pro dotazování
- Jaké budou dopady na vodní hospodářství?
 - Obecná tvrzení jsou nadměru obtížná
 - Nejistoty (klimatické modely, datové podklady), rozsahy pásem výsledků, opatření na ochranu klimatu
 - Povodně
 - Předpoklady do budoucna jsou zčásti spojeny s velkou nejistotou
 - Přirozené výkyvy povodní jsou podstatně vyšší než změny způsobené klimatickou změnou -> z dnešního pohledu nutné zvýšení jistoty (studie TU ve Vídni)
 - Nízký stav vody
 - V nížinných oblastech východního a jihovýchodního Rakouska může činit úbytek odtoku při nízkém stavu vody asi 10-15 % (střední předpokládaný údaj).

Konečné závěry pro praktickou činnost

- Zajistit kvalitu a charakteristiky uváděných parametrů; v každém výzkumném projektu bude uvedena analýza od minulosti až do současného stavu, která poslouží jako srovnávací základ
- Kromě tradiční oblasti použití pro povodně neustále roste význam tématu nízkého stavu vody
- To se týká jak výzkumu, tak sledování v rámci hydrografie a hydrologie
 - Měřicí přístroje (měřicí přístroje ADCP pro nízkou hloubku vody)
 - Vypracování inovativních přístupů k uplatňovanému měření parametrů (použití LIDARu ve vodním hospodářství) – klíčové slovo Digitalizace
 - Vyhodnocení a statistika
- Sledování, interpretace a analyzování příslušných výsledků výzkumu ->

Výhled

- Byly by vhodné následné studie, protože se rámcové podmínky výzkumu klimatu (datové podklady, klimatické modely, společnost, politika) neustále mění
- Je žádoucí větší zaměření na oblasti, aby bylo možné lépe uchopit příliš obecné výsledky velkých studií
 - S ohledem na povodí (srov. CORDEX – použití pro povodí Dunaje)
 - Zaměření se na cílové parametry relevantní pro vodní hospodářství, např. „odtok“ → propojení klimatických scénářů s modely odtoku srážek
 - Nížina oproti alpským oblastem

Děkujeme za pozornost

Kontakt



Achim Naderer
Fachbereich Hydrologie
T +43 50 4321-2422
achim.naderer@viadonau.org
Donau-City-Straße 1, 1220 Wien

viadonau