

CAMBIAMENTI CLIMATICI E RISORSE IDRICHE IN PROVINCIA DI BERGAMO: Il caso della Sorgente Nossana

Bergamo, 14 Aprile 2023

water4
SEMINAR



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI MILANO

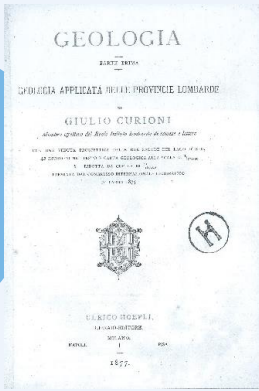
Corrado Camera, Andrea Citrini, Giovanni Pietro Beretta

Dipartimento di Scienze della Terra "Ardito Desio"

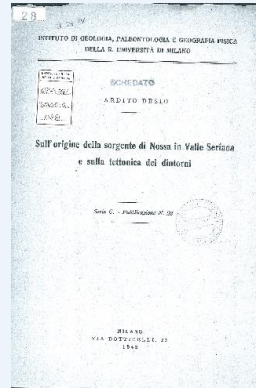


Sorgente Nossana

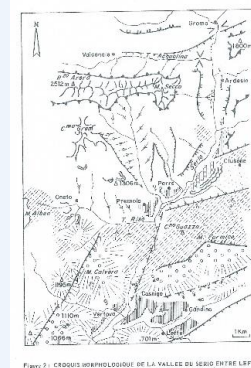
La conoscenza storica della sorgente Nossana



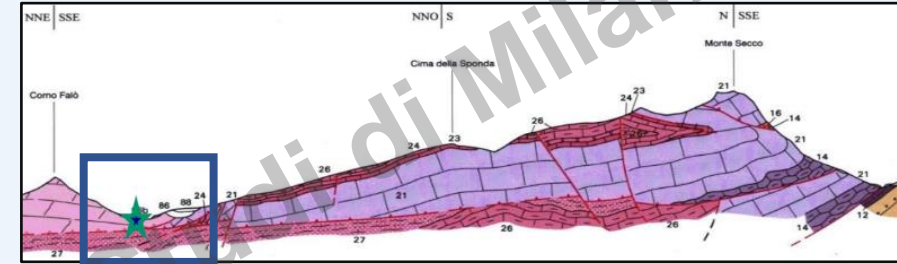
Curioni G., 1877



Desio A., 1943



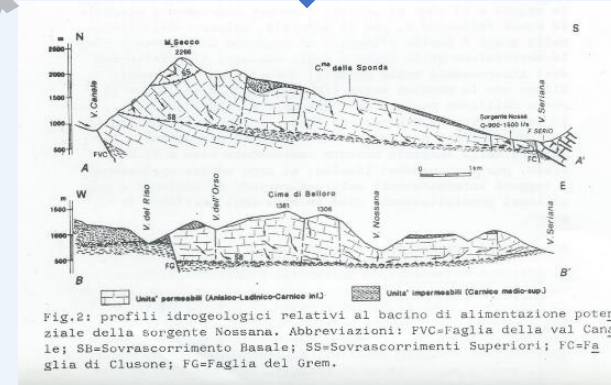
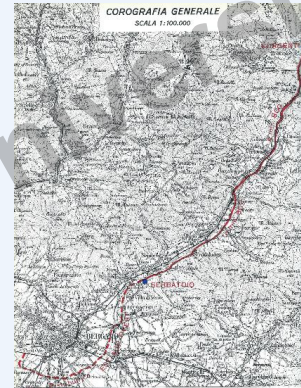
Chardon M., 1974



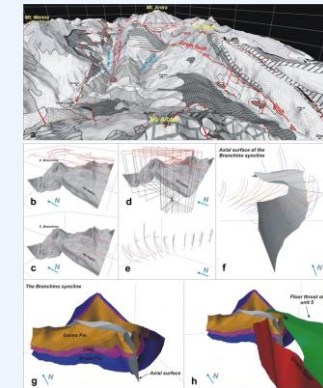
CARTA GEOLOGICA DELLA PROVINCIA DI BERGAMO - Bini A., Forcella F., Jadoul F., Orombelli G., 2000



Deecke W., 1885



Jadoul F., Pozzi R., Pestrin S., 1985



Zanchi et al., 2012



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI MILANO

water4
SEMINAR

Obiettivi

- Ricostruzione con tecniche geologiche, idrogeologiche, idrochimiche ed isotopiche del sistema afflussi-deflussi della sorgente
- Quantificazione dei cambiamenti previsti nelle precipitazioni e nella temperatura dell'area di studio (rispetto ad un periodo di riferimento 1998-2017)
- Calibrazione e validazione di un modello idrologico di afflussi-deflussi alla sorgente basato sui dati osservati
- Riconoscimento di possibili limiti nell'utilizzo futuro della sorgente come fonte di approvvigionamento potabile (2021-2100)



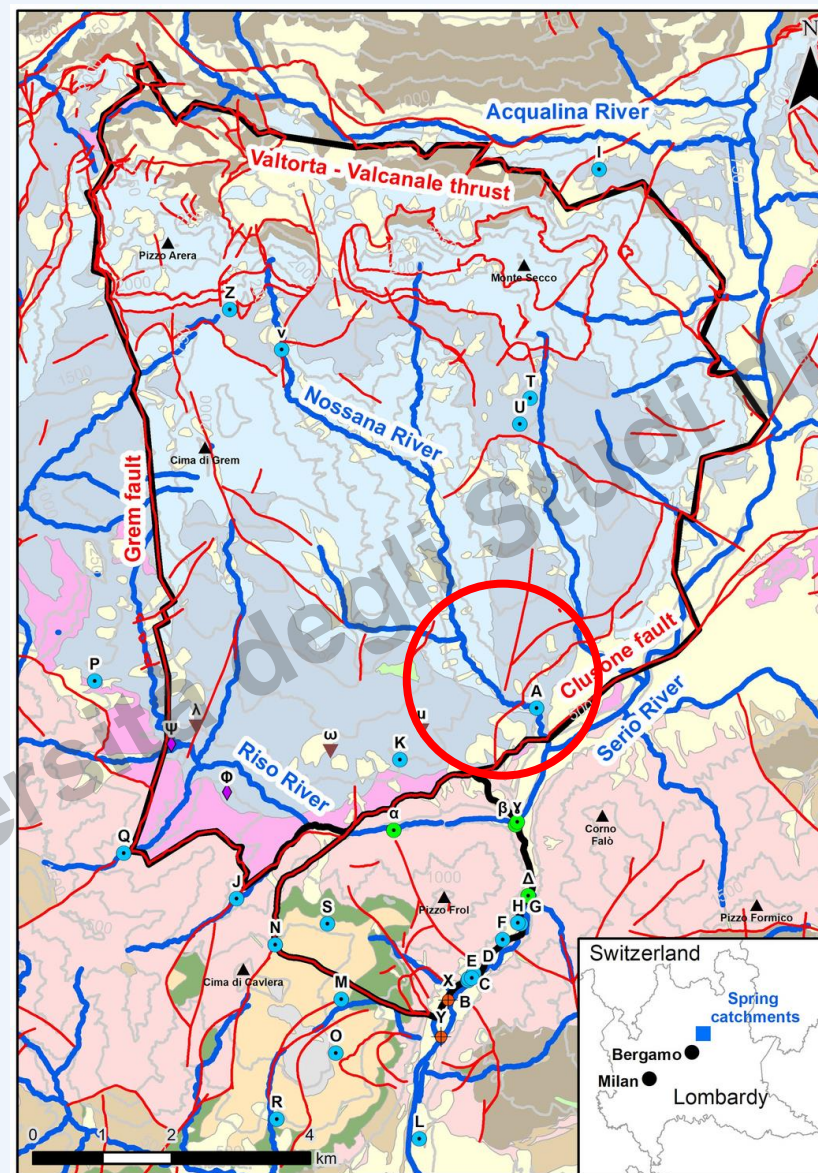
UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI MILANO



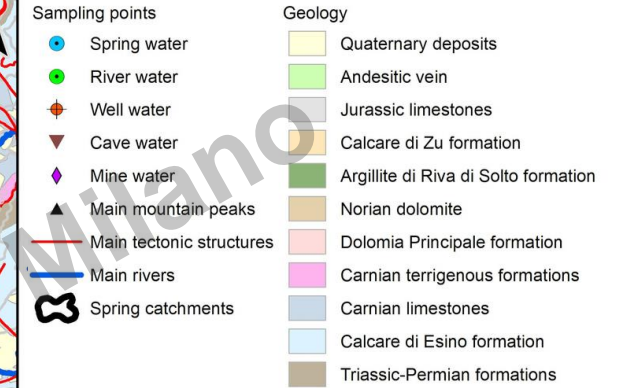
Geologia dell'area

di studio

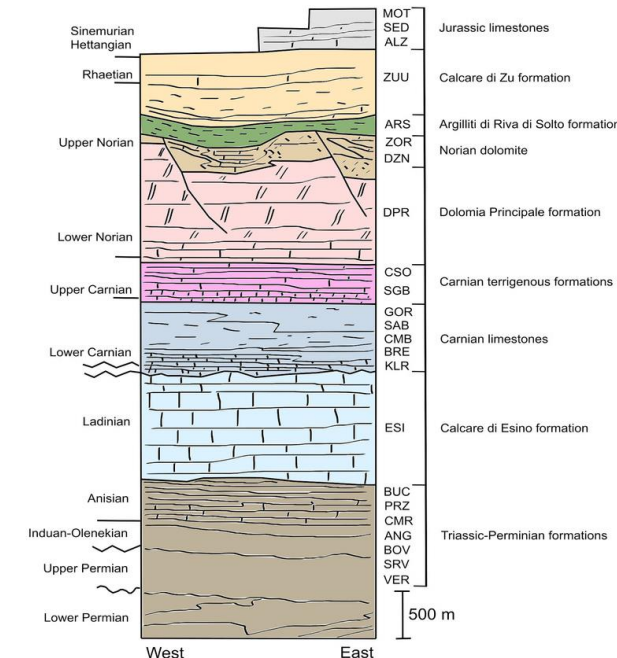
- La sorgente Nossana si trova nelle Prealpi Centrali in Val Seriana. in Comune di Ponte Nossana (provincia di Bergamo)
- Il bacino idrogeologico di Nossana copre un'area di circa 80 km²
- L'area è caratterizzata da elevati dislivelli, da 474 m s.l.m. (sorgente Nossana) a 2512 m s.l.m. (monte Pizzo Arera)
- Rocca serbatoio Calcare di Esino (Ladinico) e rocce impermeabili alla base (Carnico)



Legend



Stratigraphic scheme

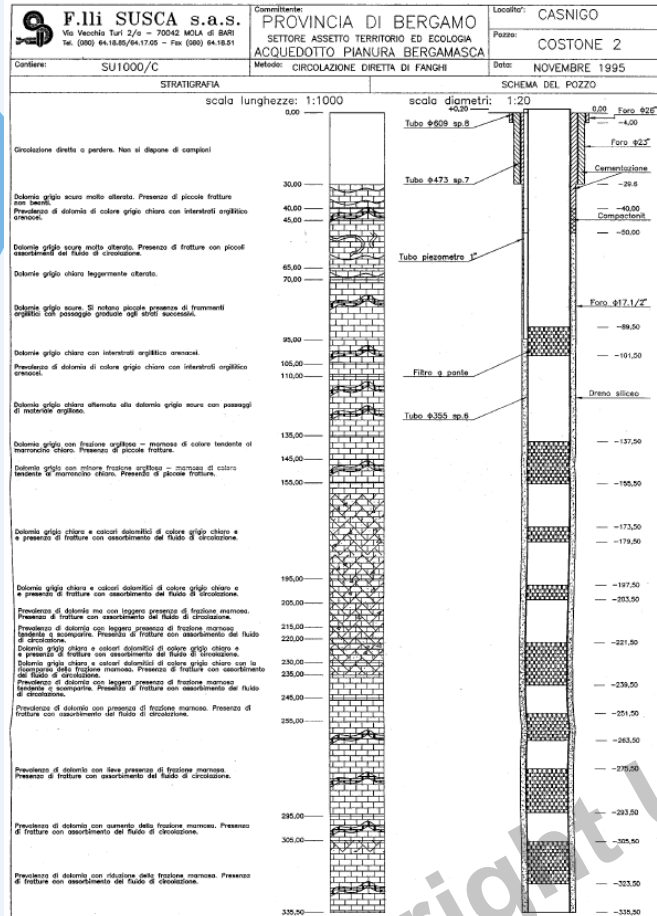


UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI MILANO

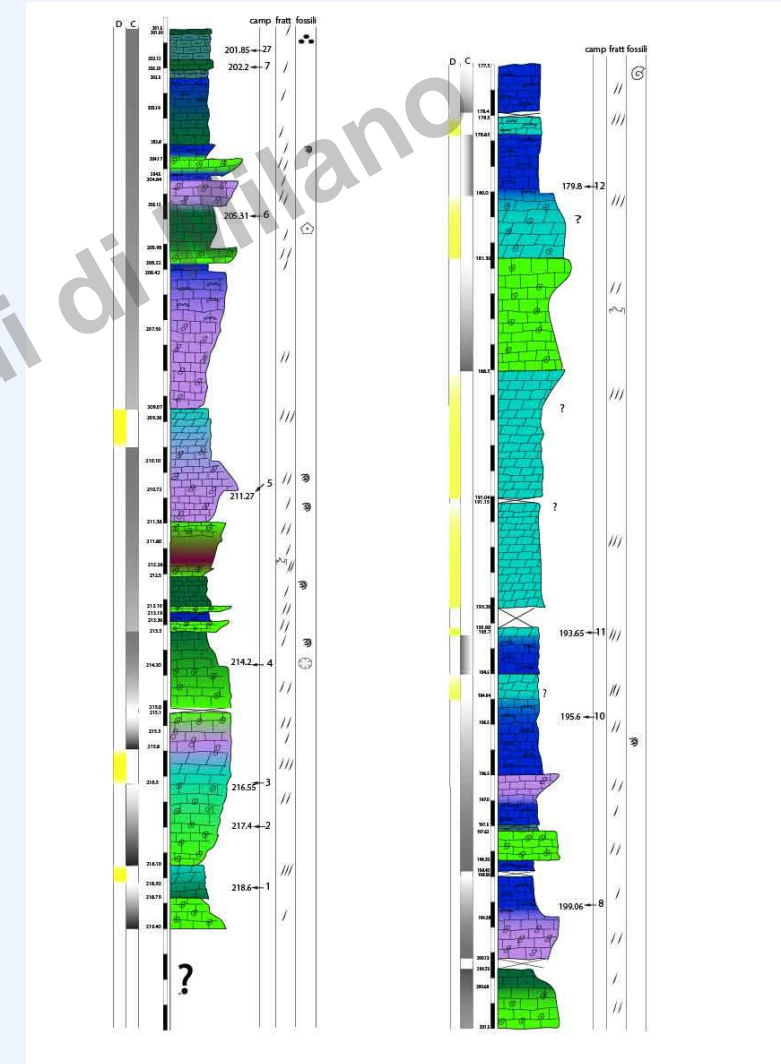
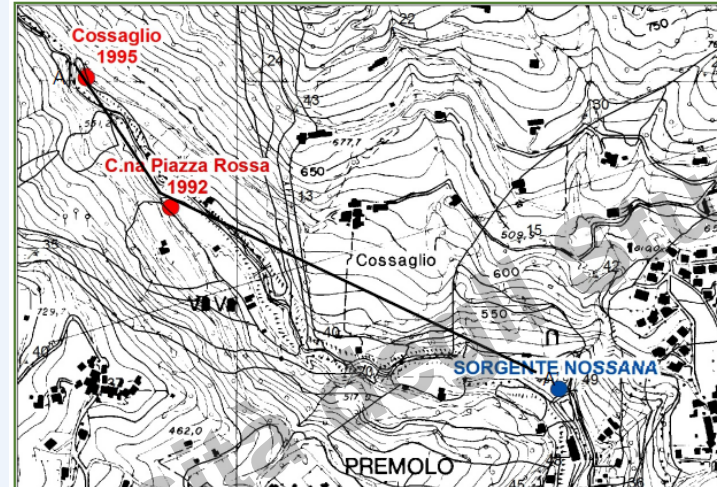
water4
SEMINAR

L'Area di Studio

Elaborazioni F.Berra



Nel 1992 e nel 1995 sono state eseguite 2 perforazioni a carotaggio continuo situate nella Valle Nossana a monte della sorgente e denominate rispettivamente "C.na Piazza Rossa" e "Cossaglio". A -226 m dal p.c. poiché si era raggiunto e superato il sovrascorrimento basale



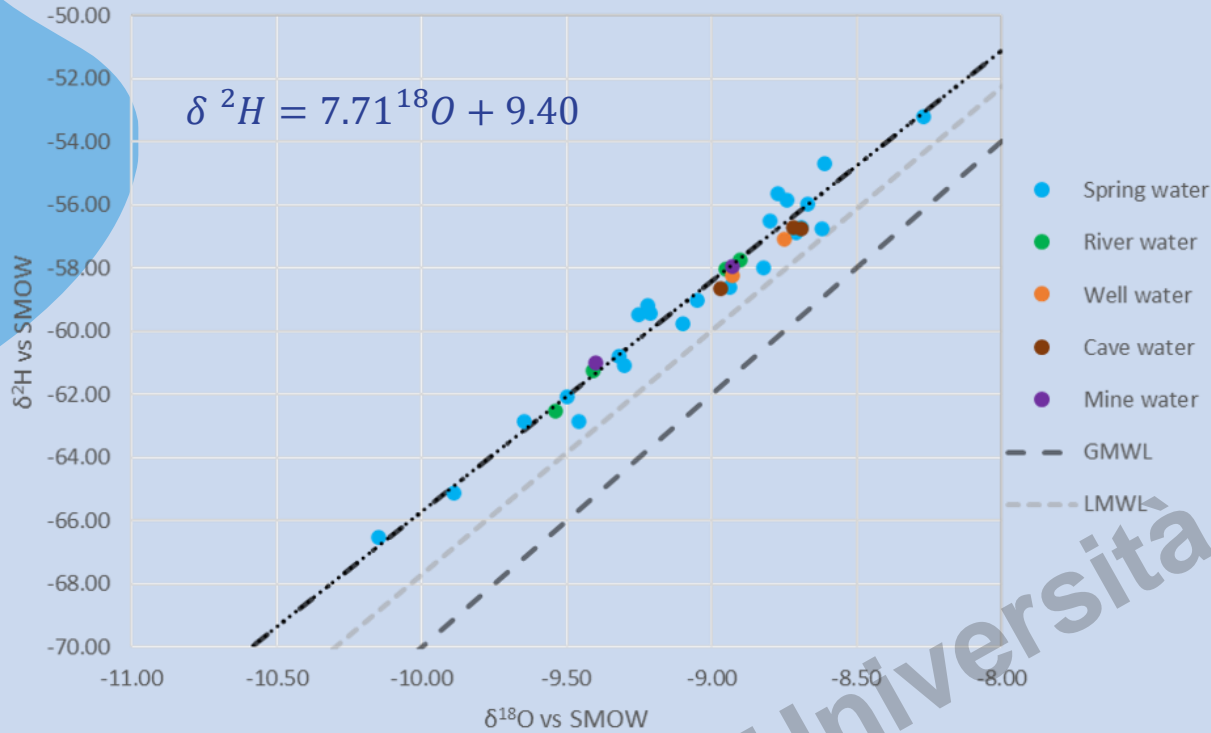
I pozzi di fondovalle sono stati perforati a partire dal 1989 a seguito della crisi idrica della pianura bergamasca causata dall'inquinamento della falda da parte dell'atrazina.



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI MILANO

water4
SEMINAR

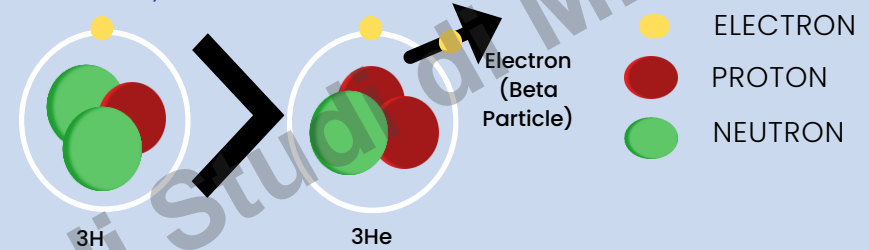
Caratterizzazione isotopica



Gli isotopi indagati sono stati:

- Stabili: 2H – Deuterio, ^{18}O – Ossigeno, ^{13}C – Carbonio
- Radioattivi: 3H – Trizio, 3He – Elio, ^{20}Ne – Neon

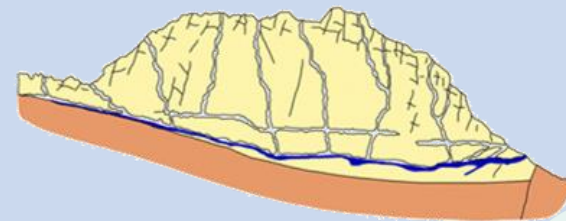
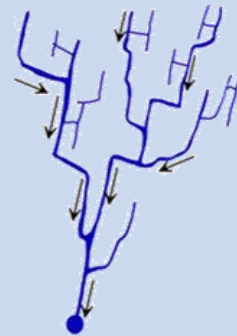
- Il Trizio 3H decade emettendo elettroni (β^-) in 3He , quindi può essere utilizzato per la datazione. (Tempo di dimezzamento di 12.32 anni, decadimento totale in 246 anni)



- La zona di ricarica si trova ad una quota media di 1800 m s.l.m.



- La riserva idrica della sorgente Nossana è stata datata in media con tempo di ricarica fino a circa 10 anni



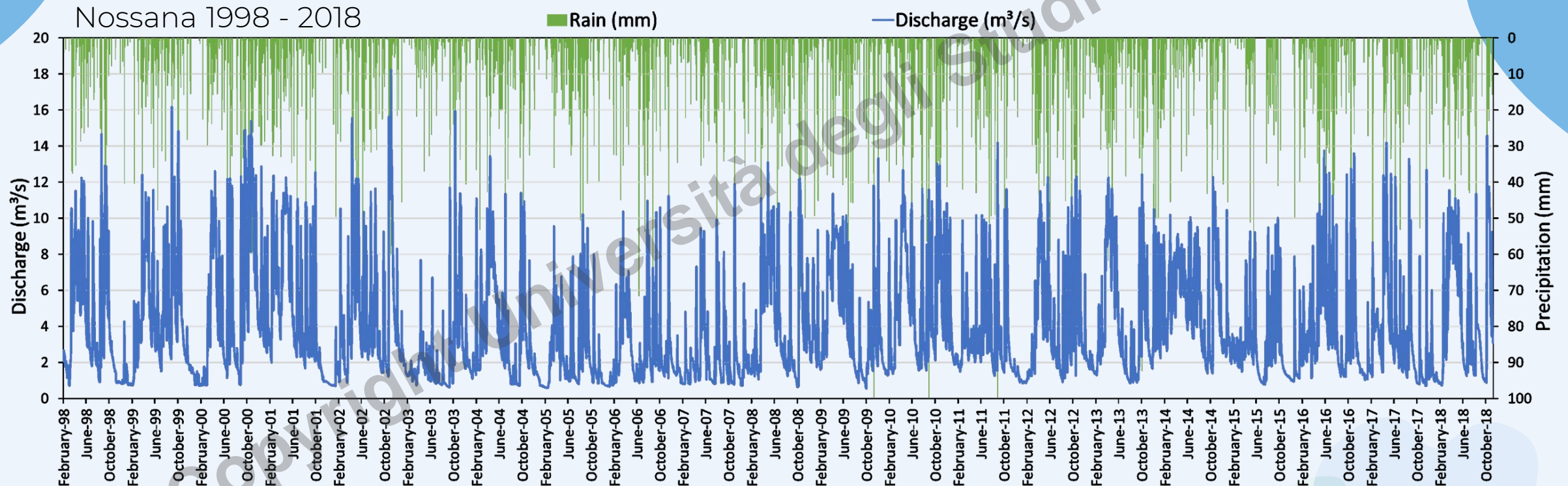
UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI MILANO

water4
SEMINAR July 2019

Dati disponibili per la modellazione

- Portata giornaliera della sorgente Nossana dal 1998 al 2017 (UniAcque S.p.A.)
- Precipitazioni e temperature giornaliere dal 1998 al 2017 (ARPA Lombardia)
- Proiezioni di temperatura e precipitazione provenienti da 9 Regional Climate Model che includono 3 diversi scenari IPCC basati sulle emissioni di gas serra*.

*Coordinated Regional Climate Downscaling Experiment (CORDEX) - www.euro-cordex.net



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI MILANO

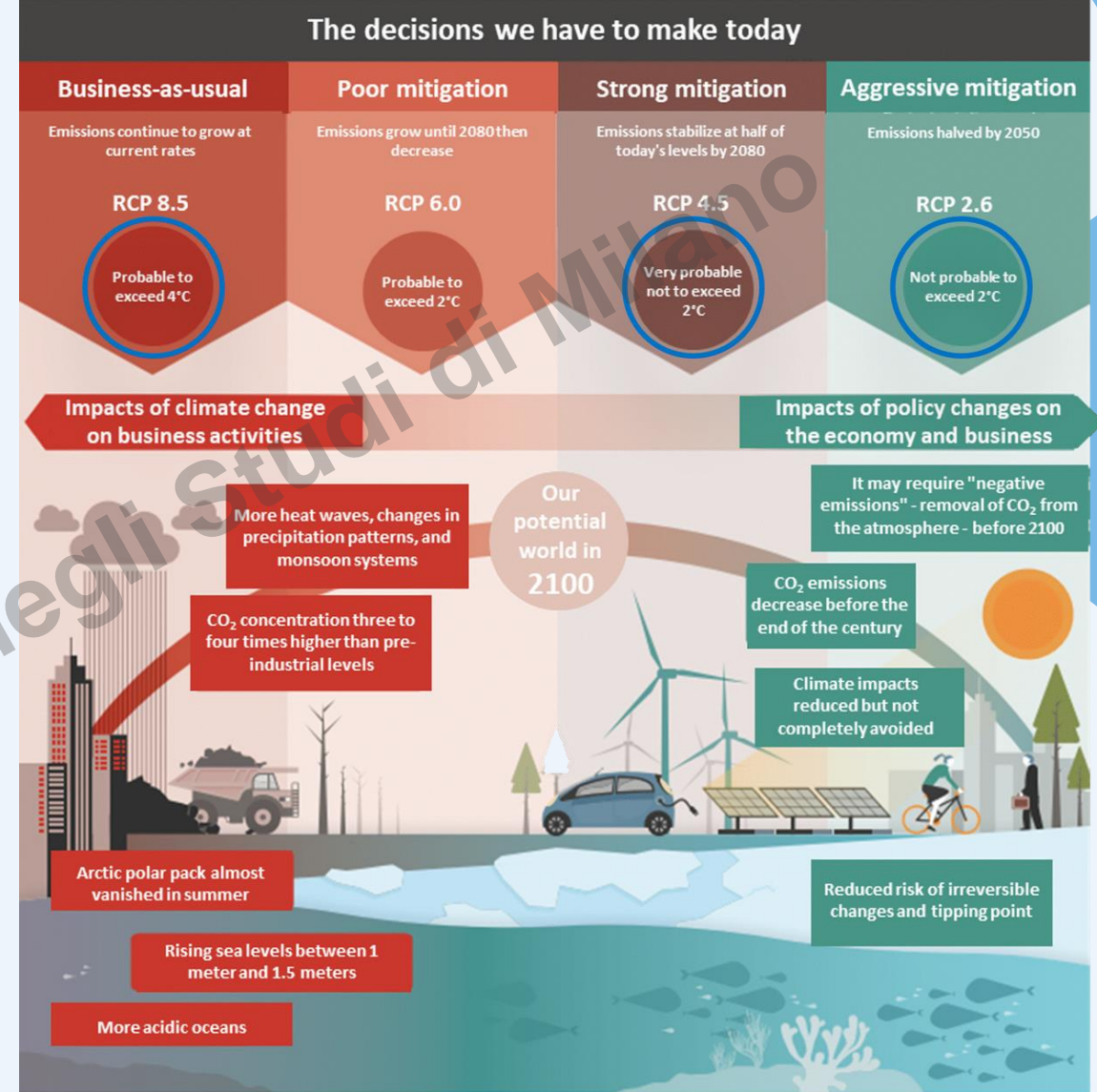
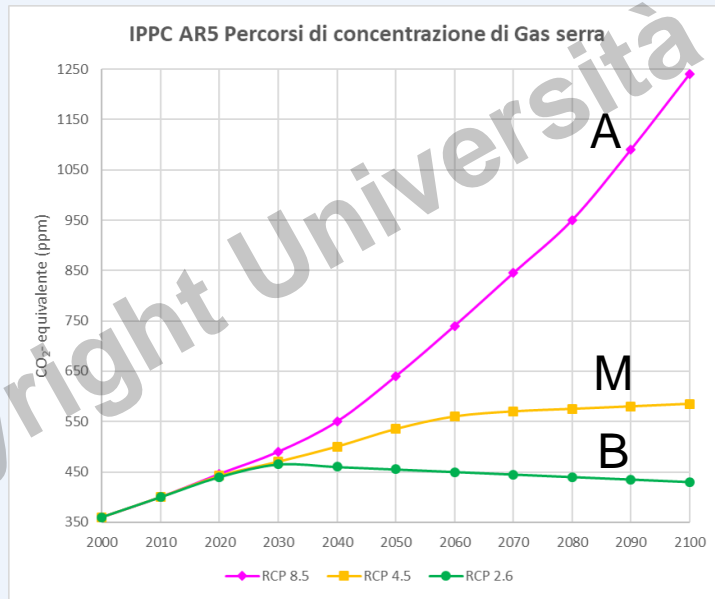
- Portata media giornaliera 3.8 m³/s
- Portata di magra 0.5 m³/s – Portata di piena 18.0 m³/s

water4
SEMINAR

Scenari climatici considerati

L'IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) ha analizzato 4 potenziali scenari futuri che dipendono dalle decisioni dei politici di ridurre le emissioni di gas serra.

Per questa ricerca sono stati presi in considerazione gli scenari relativi al RCP 2.6 (basso grado), al RCP 4.5 (medio grado) e al RCP 8.5 (alto grado di emissioni di gas serra).



Credit: AR5 – IPCC, 2014.



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI MILANO

water4
SEMINAR

Metodo

RCP 2.6 --> 3 models
RCP 4.5 --> 3 models
RCP 8.5 --> 3 models

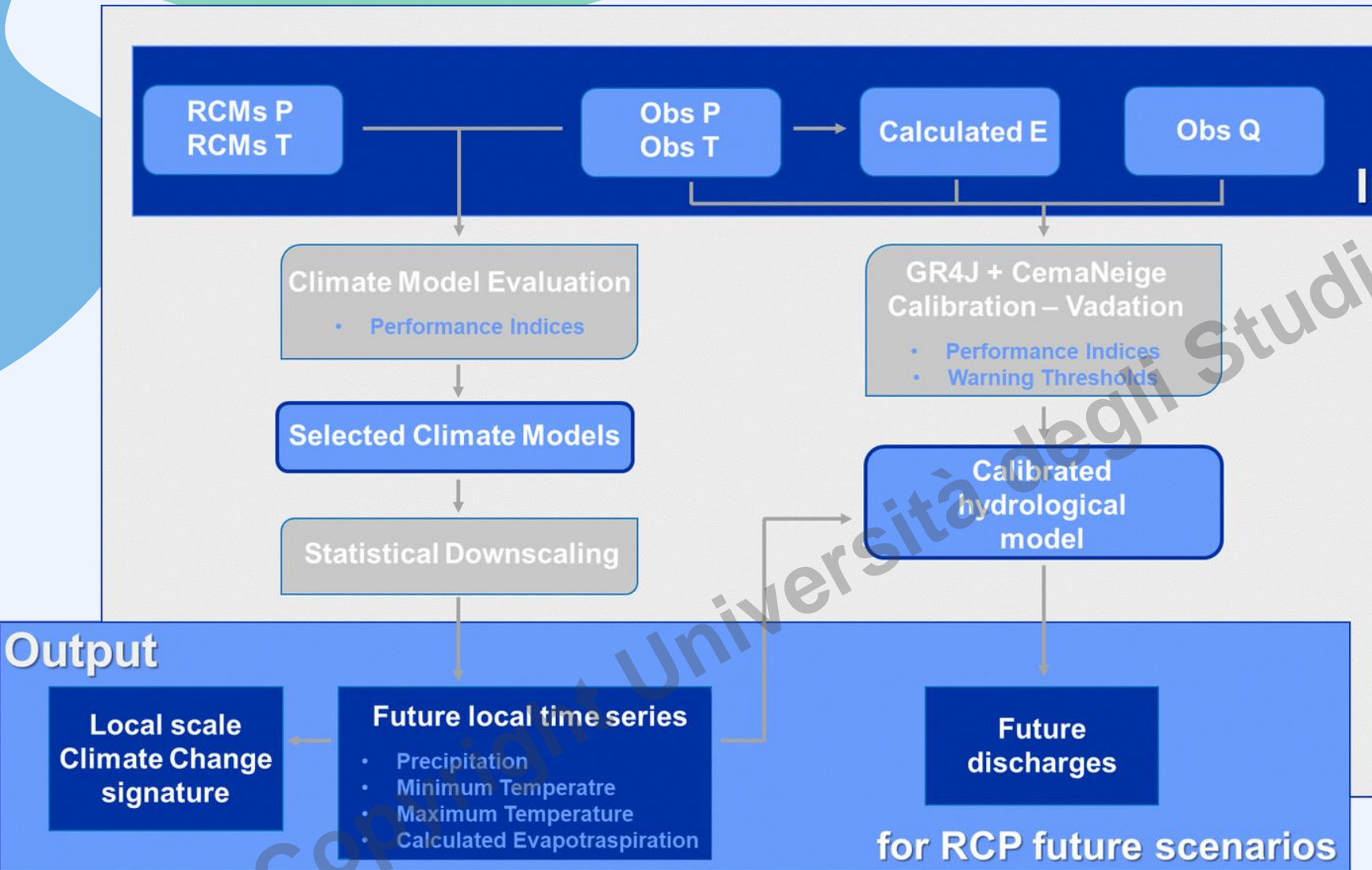
Reference period 1998-2017

p1 2021-2040

p2 2041-2060

p3 2061-2080

p4 2081-2100



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI MILANO



Step 1 – Valutazione modello climatico

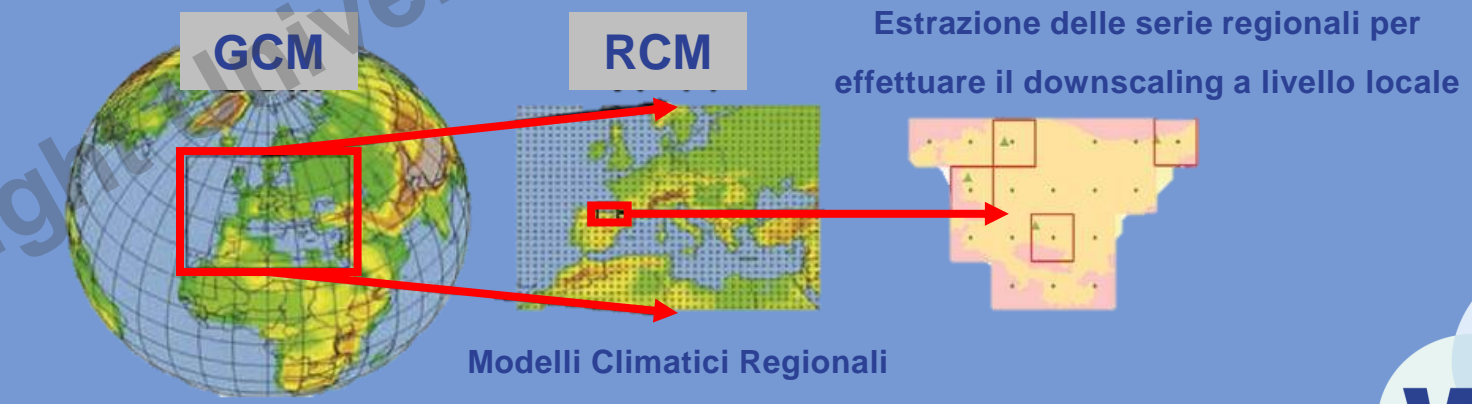
Reference → 1998-2017

Precipitation → NSE > 0.0; MAE < 20%

Temperature → NSE > 0.8; MAE < 20%

Model	Precipitation			Tmin			Tmax		
	NSE	MAE (mm)	%MAE	NSE	MAE (°C)	%MAE	NSE	MAE (°C)	%MAE
Mod_1 RCP 2.6	0.79	12.35	10.71	0.96	1.10	17.69	0.97	1.18	7.09
Mod_1 RCP 4.5	0.66	14.97	12.97	0.97	1.00	17.19	0.97	1.08	6.48
Mod_1 RCP 8.5	0.76	12.71	11.20	0.97	1.00	15.96	0.98	0.90	5.43
Mod_2 RCP 2.6	0.31	19.81	17.16	0.97	0.90	14.20	0.97	0.99	5.95
Mod_2 RCP 4.5	0.52	17.44	15.12	0.97	1.00	16.13	0.96	1.27	7.65
Mod_2 RCP 8.5	0.31	22.90	19.85	0.97	0.90	15.42	0.96	1.28	7.66
Mod_3 RCP 2.6	0.23	20.53	17.79	0.97	1.00	15.96	0.96	1.19	7.14
Mod_3 RCP 4.5	0.37	17.17	14.88	0.98	0.80	12.79	0.97	0.99	5.95
Mod_3 RCP 8.5	0.52	17.78	15.41	0.98	0.80	12.69	0.97	0.98	5.88

Step 2 – Downscaling statistico



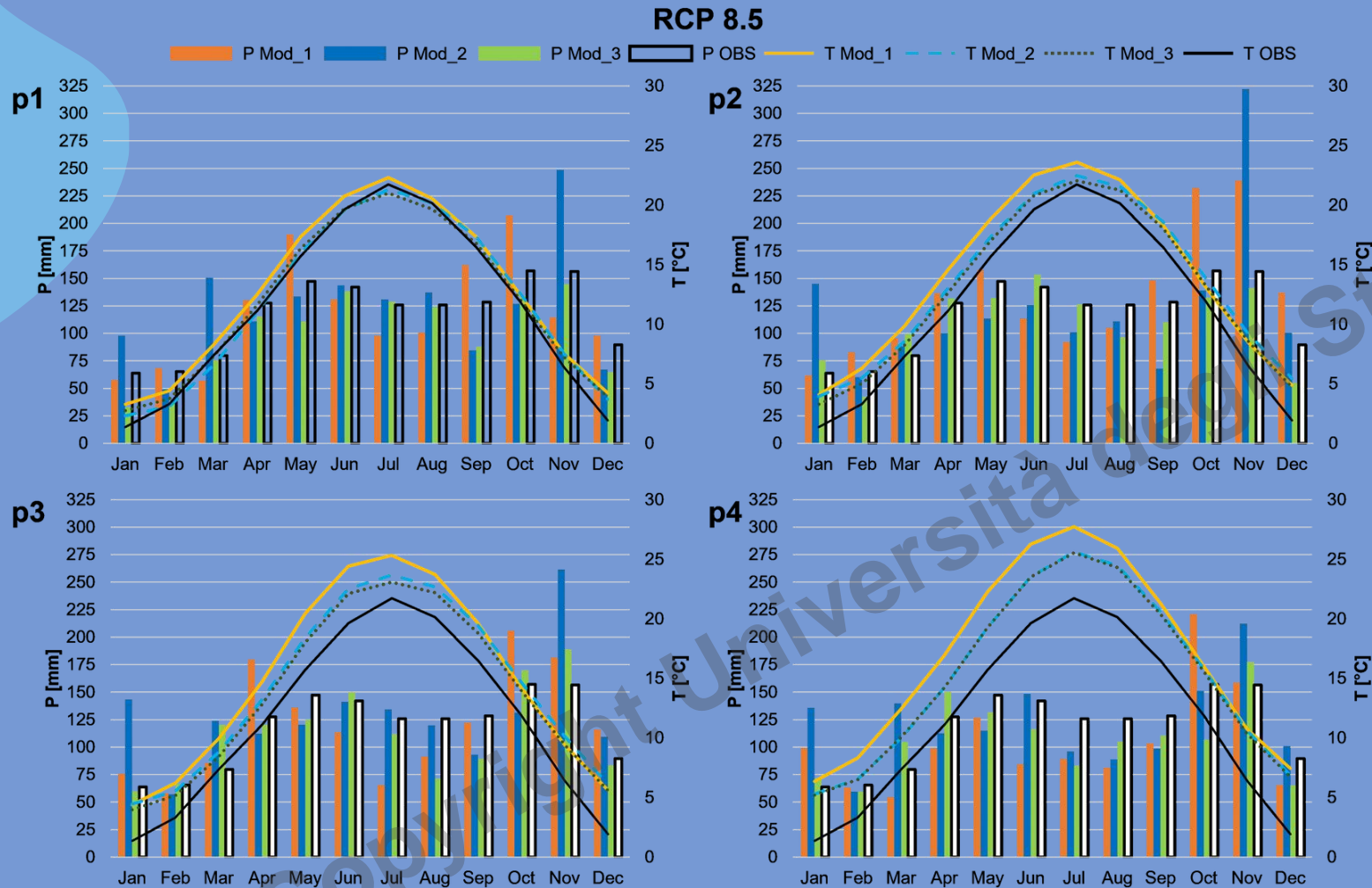
Modelli di Circolazione Globale



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI MILANO



Step 2 - Downscaling statistico

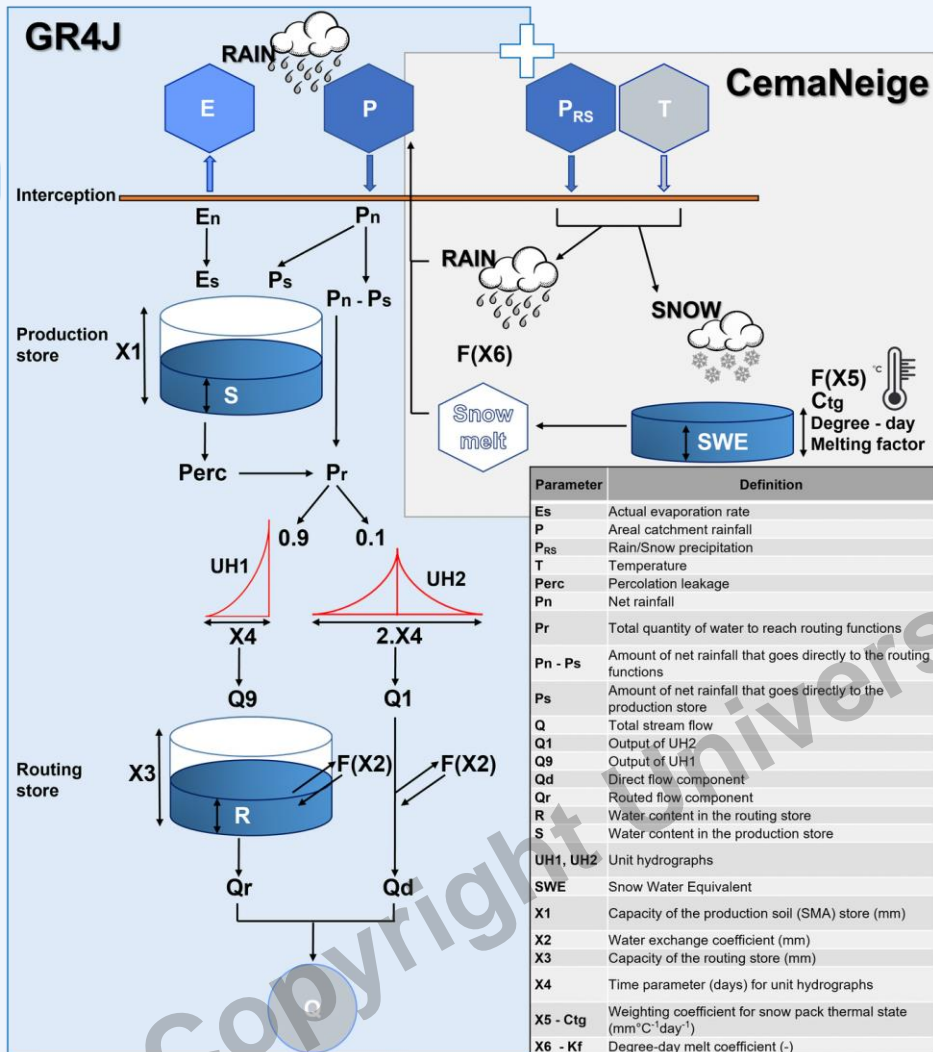


- Non tutti i modelli concordano sull'andamento delle precipitazioni medie annue nei diversi periodi
- Generale diminuzione delle precipitazioni estive (luglio-settembre) e aumento autunnale (ottobre-novembre) per tutti i periodi.
- Aumento della temperatura fino a $\approx 5 \text{ }^\circ\text{C}$ (RCP 8.5 - p4)

Downscaling effettuato utilizzando i Change Factors e Weather simulator (RainSim V3.0 - Burton et al., 2008).



Step 3 – Calibrazione del Modello Idrologico



È stato scelto il modello GR4J (Génie Rural Journalier a 4 parametri - Perrin et al., 2003) per la simulazione degli afflussi e dei deflussi giornalieri, combinandolo con la routine di stima dei ritardi attribuibili alla fusione della neve CemaNeige (Valéry et al., 2014).

Generazione casuale di 10.000 set di parametri del modello

Avvio del modello: 1998-1999

Calibrazione: 2000-2008

Validazione: 2009-2017

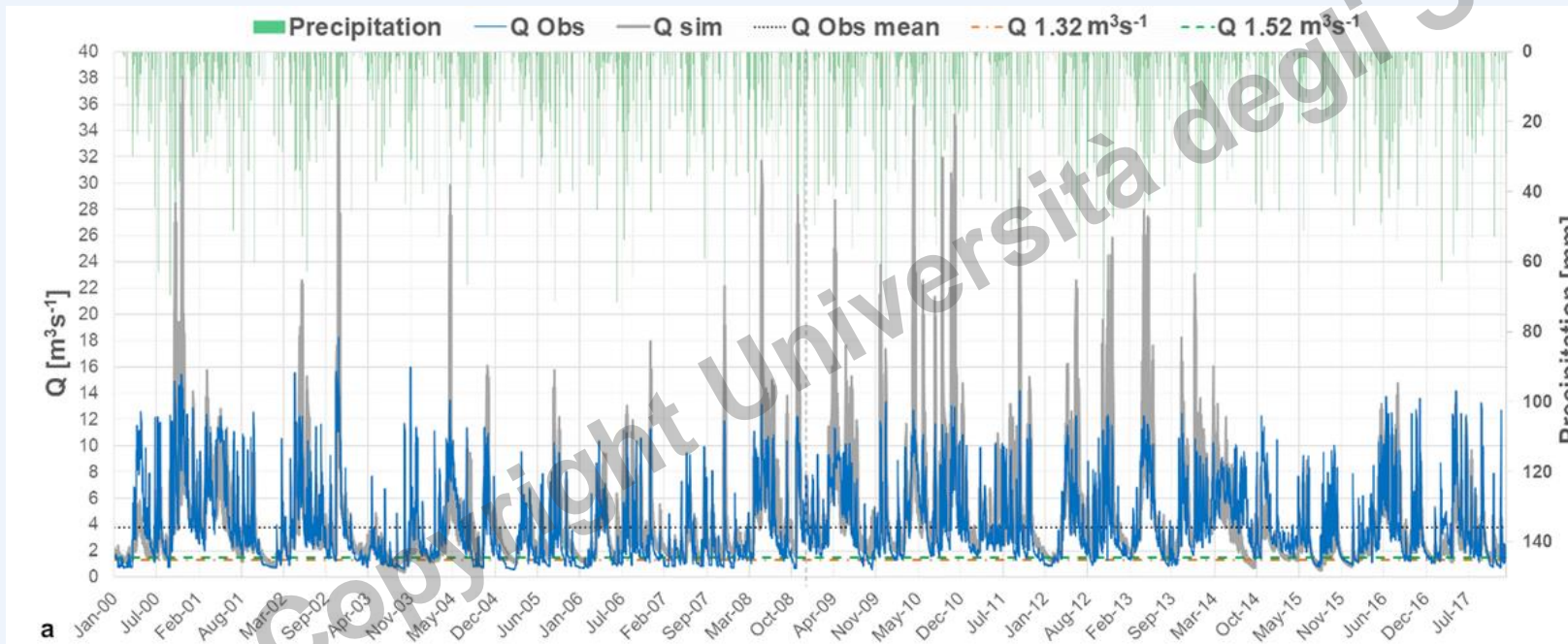
Criterio 1: $KGE > 0.70$; $INSE > 0.5$

Criterio 2: numero di giorni consecutivi con deflusso inferiore alle soglie di allarme

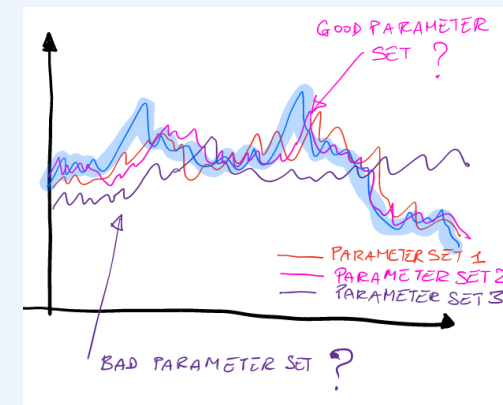
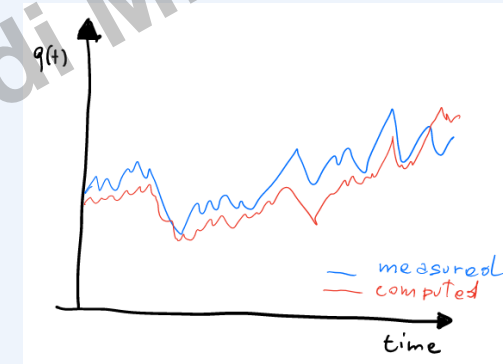


Step 3 – Calibrazione del Modello Idrologico

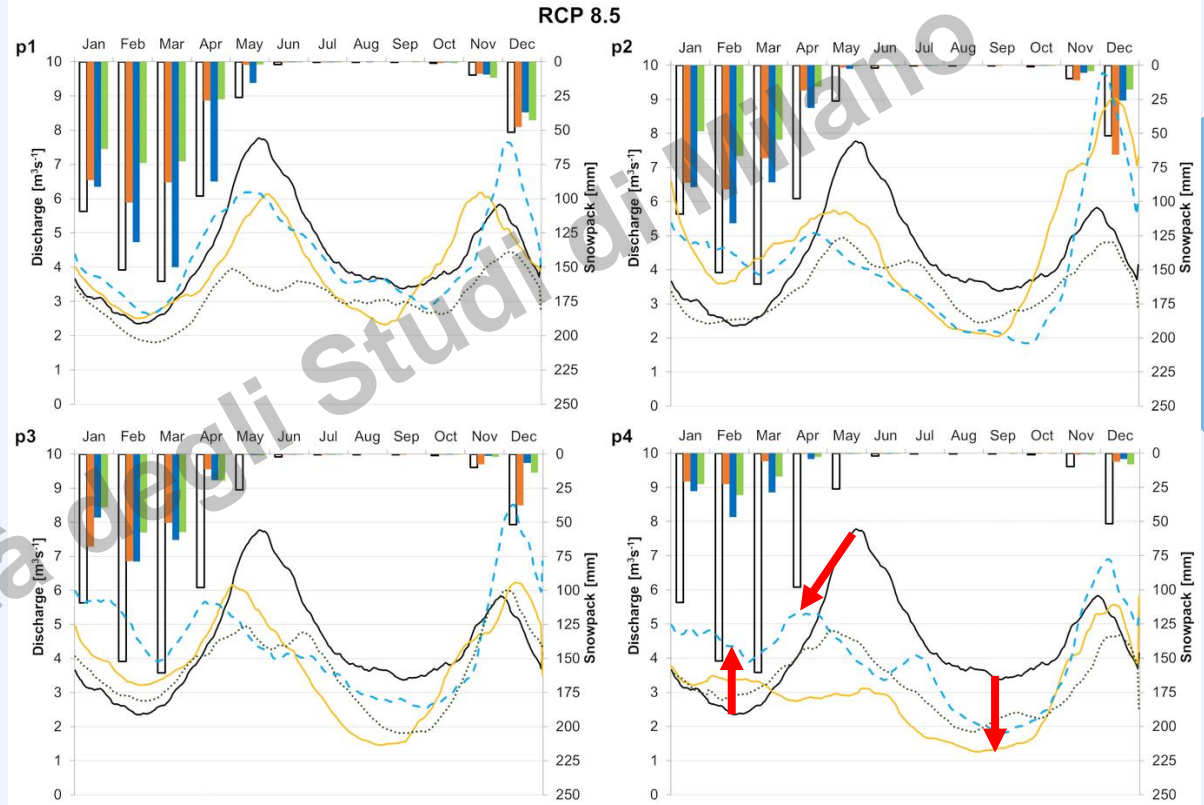
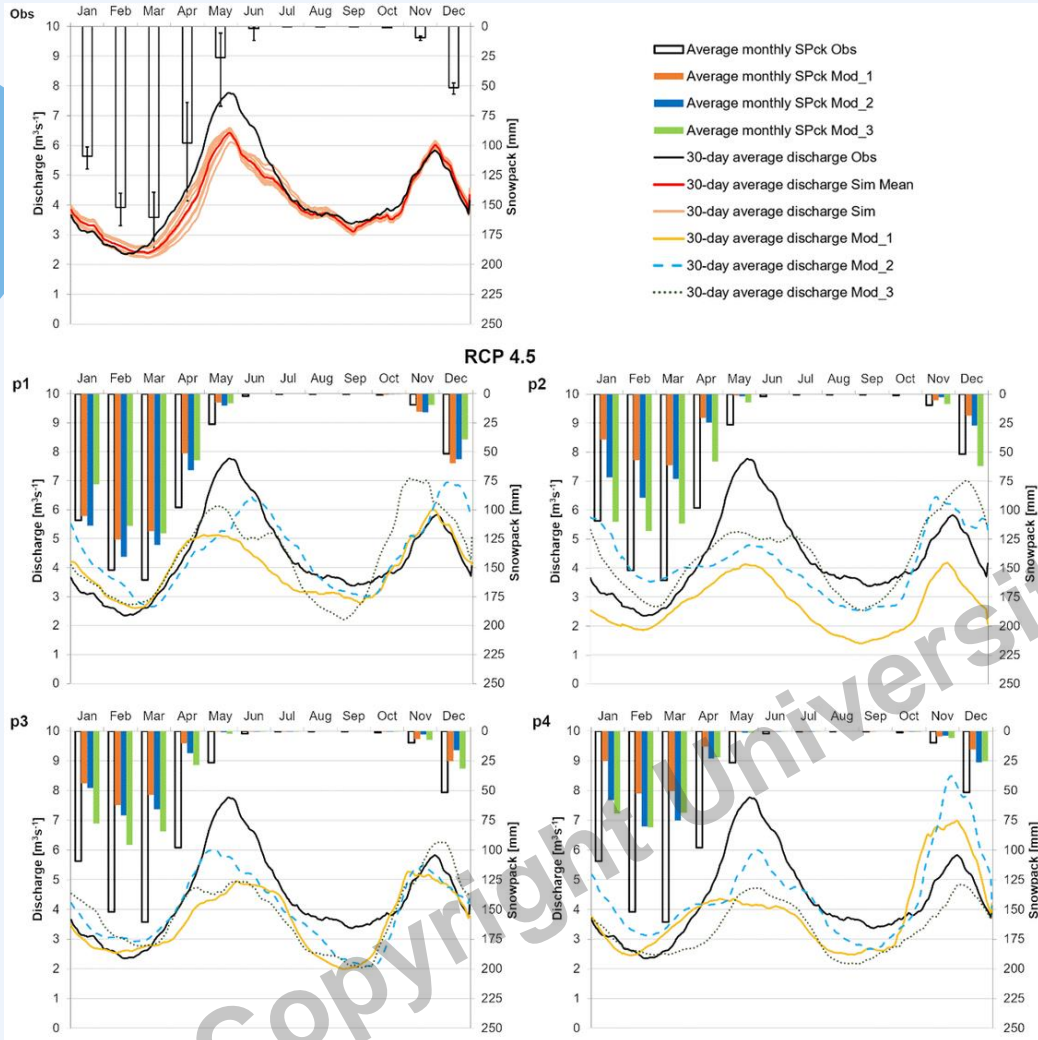
- 10 set di parametri selezionati
- Il numero massimo di giorni al di sotto della soglia di allarme risulta essere il miglior indicatore



Schemi di calibrazione



Step 4a – Proiezioni delle portate della sorgente



- Variazione dei periodi di ricarica
- Variazione dell'andamento del ciclo annuale
- Diminuzione della portata media



Step 4b – Proiezioni delle portate della sorgente

Portate medie

2.51 ÷ 3.48 m³/s

2.59 ÷ 3.85 m³/s

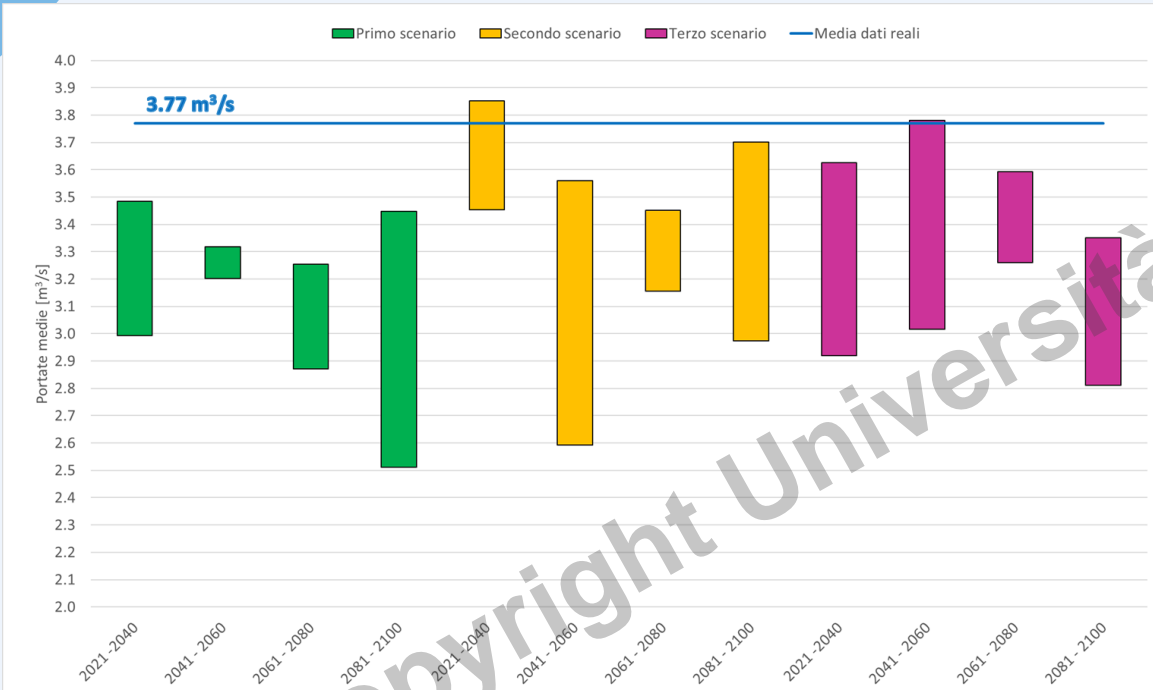
2.81 ÷ 3.78 m³/s

Dati obs
3.77 m³/s

Primo scenario

Secondo scenario

Terzo scenario



Giorni al di sotto della soglia di 0.5 m³/s

~7 giorni/anno

~6 giorni/anno

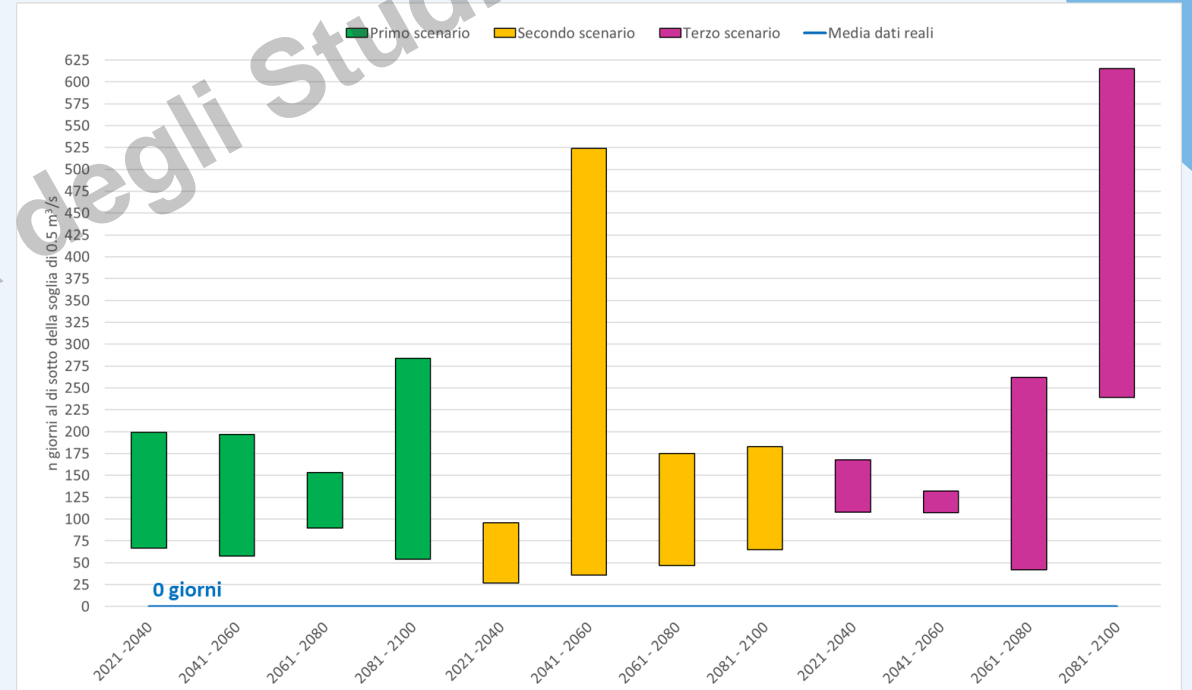
~10 giorni/anno

Dati obs
0 giorni

Primo scenario

Secondo scenario

Terzo scenario



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI MILANO

water4
SEMINAR

Conclusioni

- **La temperatura media aumenterà** probabilmente per tutto il resto del XXI secolo, **da 0,7 °C** nel 2021-2040 (RCP4.5, Mod_2) **a 5,8 °C** nel 2081-2100 (RCP8.5, Mod_1) secondo gli scenari climatici.
- **Nessuna tendenza chiara per le precipitazioni**, le variazioni delle precipitazioni medie annuali variano tra il -18,5% (2041-2060, RCP4,5, Mod_2) e il 15,1% (2041-2060, RCP8,5, Mod_2).
- Si prevede una **netta diminuzione delle precipitazioni nel periodo estivo dopo il 2060**. Le portate medie sono generalmente previste in diminuzione rispetto a quelle osservate.
- **Dopo il 2060, si prevede un aumento della durata dei periodi con portate inferiori alle soglie di allarme**. Questi periodi potrebbero durare **fino a 64 giorni (86%) in più** rispetto al periodo 1998-2017.



Potrebbero essere necessarie risorse idriche aggiuntive per soddisfare la domanda idrica della popolazione nell'area servita dalla sorgente Nossana, soprattutto dopo il 2060.



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI MILANO

water4
SEMINAR

Grazie per l'attenzione!



Corrado CAMERA, Andrea CITRINI, Giovanni Pietro BERETTA



corrado.camera@unimi.it andrea.citriniunimi.it giovanni.beretta@unimi.it



Citrini, A., Camera, C., & Beretta, G. P. (2020). Nossana spring (northern Italy) under climate change: Projections of future discharge rates and water availability. *Water*, 12(2), 387.



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI MILANO

water4
SEMINAR

Riferimenti bibliografici

- Burton, A.; Kilsby, C.; Fowler, H.; Cowpertwait, P.; O'Connell, P. RainSim: A spatial-temporal stochastic rainfall modelling system. Environ. Model. Softw. 2008, 23, 1356–1369.
- Perrin, C.; Michel, C.; Andréassian, V. Improvement of a parsimonious model for streamflow simulation. J. Hydrol. 2003, 279, 275–289.
- Valéry, A.; Andréassian, V.; Perrin, C. 'As simple as possible but not simpler': What is useful in a temperature-based snow-accounting routine? Part 1— Comparison of six snow accounting routines on 380 catchments. J. Hydrol. 2014, 517, 1166–1175



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI MILANO



Copyright Università degli Studi di Milano

water4
SEMINAR