

*(English version starts at page 4)*

## Guida all'uso dei dati

Si consiglia fortemente di leggere le linee guida della comunità EURO-CORDEX per l'utilizzo dei dati di proiezione climatica: [link al PDF, Version1.1 - 2021.02](#), ultimo accesso 2024-09-16. Per un'introduzione più generale su come funzionano i modelli climatici, ottime fonti sono CarbonBrief, ultimo accesso 2024-09-16, [link](#) e NOAA, ultimo accesso 2024-09-16, [link](#).

In generale, per tutte le applicazioni che richiedono dati giornalieri di temperatura e/o precipitazione, si consiglia di utilizzare i dati corretti dagli errori sistematici (bias-adjusted) e ricalcolati ad una più alta risoluzione (downscaled) con approccio statistico, soprattutto perché sono corretti rispetto ad errori sistematici (bias). Inoltre si consiglia di utilizzare tutto l'ensemble di 5-6 modelli per ogni RCP per riuscire a cogliere l'impatto dell'incertezza modellistica. Per i dati orari e altre variabili, VHR-PRO\_IT è l'unica scelta possibile, tenendo in conto che si tratta di un modello singolo per cui non è possibile valutare l'incertezza modellistica e con le avvertenze menzionate di seguito.

## Considerazioni generali per tutti i dati da simulazioni mediante modelli climatici

1. **Nessuna sincronia temporale (corrispondenza giornaliera) con le osservazioni o tra i modelli.** Le simulazioni mediante modelli climatici effettuate senza l'utilizzo di tecniche come la assimilazione dei dati (data-assimilation) sono liberi di evolvere ("free-running") e non sono, quindi, sincronizzati con le osservazioni passate. Quindi il 22 febbraio 2002 di un modello climatico non sarà uguale al 22 febbraio 2002 effettivamente osservato o al 22 febbraio 2002 di qualsiasi altro modello. Per svolgere infatti validazioni modellistiche per confronto con i dati da osservazioni è bene analizzare le distribuzioni spaziali a larga scala e nel tempo a scale climatologiche.
2. **Si consiglia di utilizzare più di 30 anni di dati dei modelli climatici.** I modelli climatici non predicono il tempo in singoli giorni del futuro, ma i possibili risultati meteorologici dati da un determinato scenario (che include, tra l'altro, le concentrazioni di gas serra nell'atmosfera). Data la variabilità interannuale delle variabili meteo-climatiche, si raccomanda di analizzare almeno 30 anni per avere una buona stima del "tempo" futuro in termini di medie ed estremi. Se si utilizzano meno di 30 anni, bisogna fare attenzione al fatto che la variabilità interannuale potrebbe coprire il segnale del cambiamento climatico.
3. **Comprendere le motivazioni alla base degli scenari climatici (RCP).** Uno scenario è uno strumento di gestione che consente di testare diverse condizioni future rispondendo alla domanda: "cosa succede se?". I tre scenari RCP si riferiscono tutti a futuri diversi, che comprendono diversi percorsi di emissioni di gas serra

(e non solo). Non c'è alcuna probabilità di accadimento associata ad alcuno scenario, poiché ciò dipende dal percorso futuro che l'umanità intraprenderà e che, ovviamente, oggi nessuno conosce.

4. **Dipendenza dal tempo negli scenari RCP.** Lo scenario RCP2.6 implica una mitigazione aggressiva del clima, con forti riduzioni delle emissioni di gas serra a partire dal 2020 e emissioni negative (cattura e stoccaggio del carbonio) alla fine del secolo; i livelli di riscaldamento globale previsti alla fine del secolo sono inferiori a 2°C. Lo scenario RCP4.5 prevede che le emissioni raggiungano il picco a metà del secolo, per poi diminuire e stabilizzarsi fino alla fine del secolo (la stabilità delle emissioni implica un aumento delle concentrazioni); i livelli di riscaldamento globale previsti sono compresi tra 2 e 3°C. Lo scenario RCP8.5 comporta un aumento costante delle concentrazioni di gas serra per tutto il secolo, con livelli di riscaldamento globale compresi tra 4 e 6°C.

### **Istruzioni d'uso specifiche per i dati corretti dal bias (bias-adjusted) a ridotti di scala (downscaling) statisticamente**

1. **Prendere il modello numero 1 per il cambiamento medio.** Il modello numero 1 rappresenta sempre la variazione media dell'ensemble per ogni scenario RCP. Si noti che il modello "medio" varia a seconda dello scenario considerato.
2. **Scegliere altri modelli per tenere conto dell'incertezza modellistica e verificare la sensibilità a climi diversi.** Gli altri modelli (2-6 o 2-5 a seconda dello scenario considerato) consentono di stimare l'incertezza dei modelli. Possono anche essere utilizzati per verificare la sensibilità degli impatti a temperature più alte o più basse e a condizioni più secche o più umide. Ad esempio, il modello 2 in RCP8.5 prevede estati molto più calde e secche rispetto al modello 1, per cui potrebbe essere utile valutare l'impatto in un determinato settore a diverse condizioni climatiche.
3. **Comunicare i diversi livelli di incertezza delle proiezioni.** L'incertezza delle proiezioni climatiche future viene solitamente suddivisa in tre componenti: l'incertezza relativa allo scenario delle emissioni di gas serra, l'incertezza modellistica, e l'incertezza relativa alla variabilità climatica generale. Ciascuna di esse può essere affrontata separatamente a seconda delle esigenze. Gli scenari di emissione di gas serra possono essere valutati utilizzando più RCP o diverse fasce temporali in RCP8.5 (relative ai cosiddetti livelli di riscaldamento globale). Per quanto riguarda l'incertezza dei modelli, si raccomanda di guardare al intero ensemble, in questo caso oltre il modello medio 1 e di considerare anche i modelli 2-6. L'incertezza legata alla variabilità climatica generale è più difficile da comunicare, ma può essere attenuata considerando periodi sufficientemente lunghi (20-30 anni).
4. **Valutare i risultati per il passato di ciascun modello.** La pratica migliore è quella di valutare i dati del modello climatico per il periodo passato utilizzando

i dati modellistici per verificare se le medie climatiche del passato modellato corrispondono alle medie climatiche osservate. Poiché i dati del modello sono corretti per i bias, i risultati delle medie climatologiche dovrebbero essere vicini a quelle delle osservazioni. Il confronto può essere fatto esclusivamente a livello climatologico e statistico perché i modelli climatici non forniscono indicazioni cronologiche. Si noti che gli scenari RCP iniziano nel 2006, mentre il periodo precedente è comune a tutti gli RCP. Gli RCP sono molto simili nei primi anni, ma poi divergono, soprattutto dopo il 2020.

5. **Utilizzare singoli pixel/celle di griglia con molta cautela; le medie spaziali sono più robuste.** La risoluzione effettiva del modello e delle osservazioni è molto più grande di 1 km, quindi una singola posizione nel prodotto a scala fine potrebbe non essere rappresentativa o accurata come una stazione meteorologica in quella posizione. Utilizzando le medie spaziali si ottengono risultati più robusti.
6. **Gli estremi devono essere trattati con cautela.** Sebbene si siano utilizzate tecniche di correzione dei bias all'avanguardia e un set di dati osservativi altamente accurato, possono comunque esistere dei bias. La procedura è robusta per le condizioni medie e per gli estremi moderati, come ad esempio fino al 95esimo percentile; tuttavia, gli estremi forti, in particolare i minimi e i massimi assoluti, potrebbero essere caratterizzati da forti incertezze.

### **Guida specifica ai dati VHR-PRO\_IT**

1. **I dati non sono stati corretti per eliminare il bias modellistico.** Non è stato possibile eseguire la correzione del bias del modello climatico orario a causa della mancanza di dati osservativi ad alta risoluzione spaziale. Si possono prevedere errori rispetto alle osservazioni, i quali probabilmente non sono stazionari né nel tempo né nello spazio, compresa la quota.
2. **Con un solo modello, manca la stima dell'incertezza modellistica.** Un modello è una sola realizzazione e non consente di stimare l'incertezza modellistica. In quanto tale, non può essere paragonato a una media di ensemble o a un modello medio come nel caso del downscaling statistico, che considera fino a 50 modelli. Si tenga inoltre in considerazione che VHR-PRO\_IT è caratterizzato da una primavera e un'estate molto più calde e secche rispetto all'ensemble completo di EURO-CORDEX.

## Data usage guide

We highly recommend reading the guidelines from the EURO-CORDEX community for use of climate projection data: [link to PDF, Version1.1 - 2021.02](#), last accessed 2025-03-04. For a more general introduction to how climate models work, excellent sources are CarbonBrief ([link](#)), last accessed 2025-03-04, and NOAA ([link](#)), last accessed 2025-03-04.

In general, we recommend using bias adjusted and statistically downscaled data for all applications that require daily data on temperature and/or precipitation. For hourly data and other variables, VHR-PRO\_IT is the only choice, with the caveats mentioned below.

### General considerations for all climate model data

1. **No time synchrony (daily correspondence) to observations or within models.** Climate models are free-running and not synced to past observations. So one climate model's Feb 22, 2002 will not be the same as the actual observed Feb 22, 2002 or any other model's Feb 22, 2002.
2. **Use more than 20 years, or better 30 years, of climate model data.** Climate models do not predict weather at single days in the future, but the possible weather outcomes given a certain scenario (which includes, i.a., the GHG concentrations in the atmosphere). Given the inter-annual variability in present and future weather, it is recommended to analyze at least 20 years in order to have a good sample of future weather in terms of means and extremes. If you use less than 20 years, be careful that inter-annual variability might mask a climate change signal.
3. **Understand the motivation behind the climate scenarios (RCPs).** A scenario is a management tool that allows testing different "What-if?" conditions. The three RCP scenarios all deal with different futures, which include different pathways of GHG emissions (and much more). There is no likelihood of occurrence attached to any scenario since this depends on the future course that humanity will take, which, of course, nobody knows today.
4. **Time dependence in RCP scenarios.** RCP2.6 entails aggressive climate mitigation, with strong reductions in GHG emissions from 2020 onward and negative emissions (carbon capture and storage) at the end of the century; expected global warming levels at the end of the century are below 2°C. RCP4.5 entails emissions peaking mid-century, then declining and stabilizing until the end of the century (stable emissions imply increasing concentrations); expected global warming levels are between 2 and 3°C. RCP8.5 entails constantly increasing GHG concentrations throughout the century with global warming levels between 4 and 6°C.

## Specific usage instructions for statistically bias adjusted and downscaled data

1. **Take model number 1 for average change.** Model number 1 always represents the ensemble average change for each RCP scenario. Note that the “average” model differs by scenario.
2. **Choose other models to account for model uncertainty and test for sensitivity to different climates.** The other models (2-6) represent an estimate of model uncertainty. They can also be used to test the sensitivity of impacts to higher or lower temperatures and drier or wetter conditions. For example, model 2 in RCP8.5 has much warmer and drier summers than model 1.
3. **Communicating the different levels of projection uncertainty.** Future climate projection uncertainty is usually divided into three components: uncertainty related to the GHG emission scenario, model uncertainty, and uncertainty related to general climate variability. Each can be addressed separately depending on needs. GHG emission scenarios can be evaluated by using multiple RCPs, or different time slices in RCP8.5 (related to so-called global warming levels). For model uncertainty, it is recommended to look beyond the average model 1 and consider also models 2-6. Uncertainty related to general climate variability is hardest to communicate, but can be alleviated by looking at long enough periods (20-30 years).
4. **Evaluate results for the past period of each model.** Best practice is to confront the model output with the past climatology. Since the model data is bias adjusted, the results of climatological averages should be close to observations. Note that the RCP scenarios start in 2006, while the period before is common to all RCPs. The three RCPs are very similar in the first years but diverge afterwards, especially after the year 2020.
5. **Use single pixels/gridcells with high caution; spatial averages are more robust.** The effective resolution of the model and observation input is much larger than 1 km, so a single location in the downscaled product might not be representative or as accurate as a weather station in that location. Using spatial averages gives more robust results.
6. **Extremes should be treated with caution.** While we employed state-of-the-art bias adjustment techniques and a highly accurate observational dataset, small biases can still exist. The procedure is robust for average conditions and mild extremes, such as up to the 95th percentile; however, strong extremes, and especially absolute minima and maxima, might be inflated.

## Specific instructions for VHR-PRO\_IT

1. **Data is not bias adjusted.** Bias adjustment of hourly climate model data could not be performed due to a lack of high spatial resolution observational data. Biases to observations can be expected, and the bias is likely not stationary in time and space, which includes elevation.
2. **One model does not sample model uncertainty.** One model is one realization and does not sample model uncertainty. As such, it cannot be compared to an ensemble average or average model as for the statistical downscaling, which considers up to 50 models. Keep in mind that VHR-PRO\_IT shows much stronger warming and drying in spring and summer than the full EURO-CORDEX ensemble.