

Aggiornamento configurazione ICON-2I: implementazione a partire dal 17/06/2026

Arpae Emilia-Romagna - Unità Modellistica numerica previsionale meteorologica

Contatto: simc-mod-meteo@arpae.it

In data 17/06/2026 è stato implementato nelle corse di ICON-2I, all'interno della catena operativa di Arpae e Agenzia ItaliaMeteo su sistemi di calcolo Cineca, il *nudging* dell'umidità del suolo, che consiste nel parziale riaggiustamento dell'umidità del suolo con i valori del modello ICON-EU del DWD. Lo scopo è ovviare alla mancanza di un'analisi del suolo ed evitare derive dell'umidità, in particolare un eccessivo essiccamento in estate e la conseguente sovrastima delle temperature massime. Questa modifica, implementata a partire dall'analisi delle 01 UTC del 17/06/2026, è stata effettuata nel ciclo di assimilazione di ICON-2I-KENDA ha effetto sulle corse previsionali di ICON-2I, ICON-2I-RUC e ICON-2I-EPS.

Il presente documento illustra sinteticamente la configurazione implementata, l'impostazione sperimentale, la metodologia di verifica e i risultati ottenuti nel confronto con la configurazione operativa attuale. Per ragioni di sintesi, viene presentata solo una selezione rappresentativa dell'insieme dei risultati e delle analisi effettuate.

Descrizione delle configurazioni

In questo documento, si considerano due configurazioni:

- CONTROLLO: configurazione operativa fino al 16/06/2026, in cui l'umidità del suolo all'inizio di ogni ciclo orario di assimilazione viene presa dal first guess di ICON-2I stesso risultante dal precedente ciclo di assimilazione.
- NUDGING-SM: configurazione nuova, implementata a partire dal 17/06/2026, che prevede le seguenti modifiche rispetto al CONTROLLO:
 - aggiornamento dell'eseguibile di ICON (da 2025.04 a 2025.10-2) e dell'eseguibile di KENDA contenuto in DACE (da 2.15 a 2.27);
 - aggiornamento dei default di acquisizione dei dati radar utilizzati per l'assimilazione dei volumi di riflettività e vento radiale;
 - introduzione del *nudging* dell'umidità del suolo.

In particolare, il *nudging* viene effettuato mediante le seguenti operazioni:

- ogni giorno, per l'analisi delle 03 UTC, la previsione a +3h dell'umidità del suolo della corsa delle 00 UTC di ICON-EU è interpolata sulla griglia di ICON-2I;
- l'umidità del suolo di tutti i livelli del membro deterministico nell'analisi delle 03 UTC è modificata in modo da contenere il 50% dell'umidità del suolo di ICON-EU ed il 50% di quella del *first guess* di ICON-2I.

- Ogni ora, viene effettuato il *nudging* dell'umidità del suolo dei membri dell'ensemble di ICON-2I-KENDA verso il membro deterministico, con un peso del 50% su base giornaliera.

La scelta di effettuare l'operazione utilizzando la previsione a +3h della corsa delle 00 UTC di ICON-EU è dettata dal fatto che, al momento della produzione dell'analisi delle 00 UTC di ICON-2I-KENDA, l'analisi dell'umidità del suolo di ICON-EU valida per le 00 UTC non è ancora disponibile. Per evitare di introdurre ritardi nel ciclo operativo, il *nudging* viene pertanto applicato alle 03 UTC utilizzando la previsione a +3 h della corsa di ICON-EU inizializzata alle 00 UTC, che risulta disponibile a quell'ora.

Le configurazioni CONTROLLO e NUDGING-SM sono state testate nel periodo dal 01/06/2025 al 26/06/2025. A partire dall'analisi del membro deterministico di ciascun esperimento, sono stati inizializzati dei forecast di 60 ore con una frequenza di 3 ore. Quindi, in totale, sono state eseguite 201 previsioni per ciascun esperimento, utilizzate per la verifica riportata in questo documento.

Verifica degli esperimenti

In questa sezione sono riportati i risultati più significativi della verifica effettuata sulle configurazioni descritte nella sezione precedente.

Variabili in prossimità della superficie

La verifica delle variabili in prossimità della superficie è stata effettuata considerando le stazioni SYNOP su tutto il dominio di ICON-2I, opportunamente aggregate per tenere conto della loro disomogeneità spaziale. In Figura 1 è mostrato il RMSE (pannello superiore) ed il bias (pannello inferiore) della temperatura a 2 metri (a sinistra), dell'umidità relativa a 2 metri (al centro) e della temperatura di rugiada a 2 metri (a destra) per il CONTROLLO (in nero) e per NUDGING-SM (in arancione). Le due metriche sono riportate in funzione della scadenza di previsione, considerando nella statistica tutte le ore di inizializzazione.

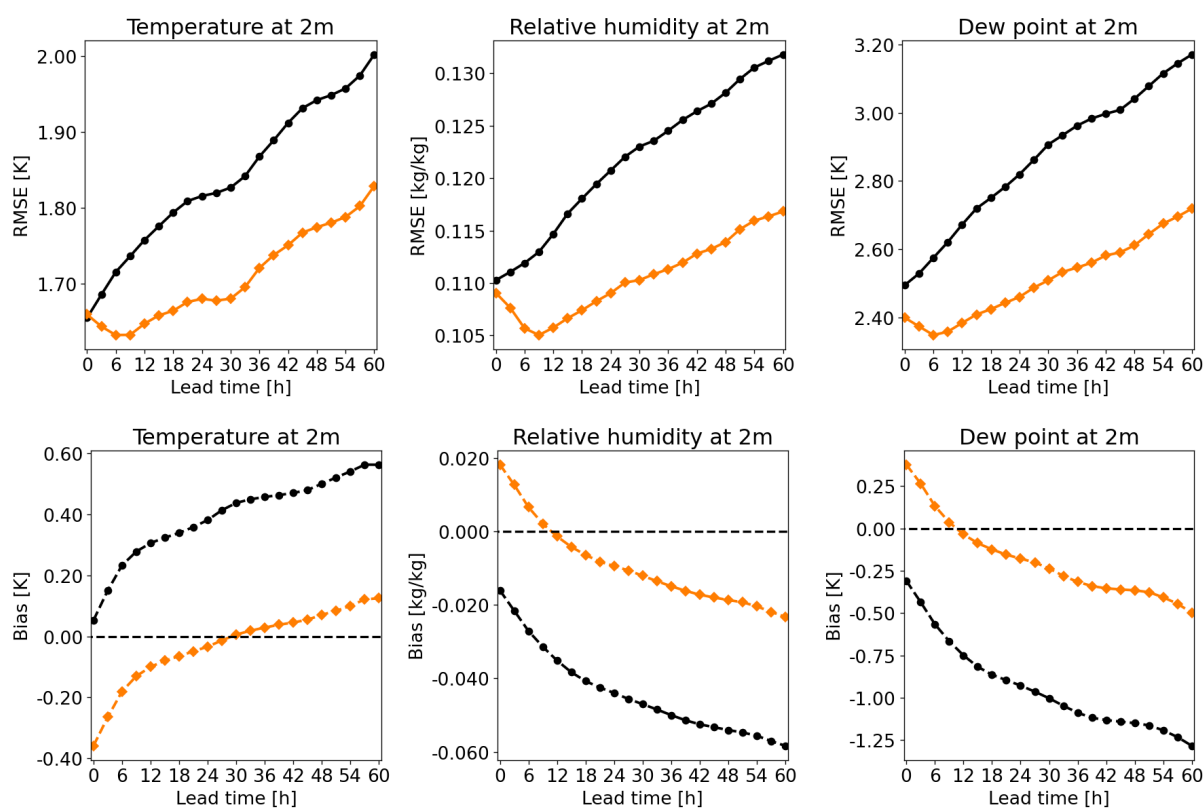


Figura 1. RMSE (in alto) e bias (in basso) per gli esperimenti CONTROLLO (nero) e NUDGING-SM (arancione) in funzione della scadenza di previsione per la temperatura a 2 metri (a sinistra), l'umidità a 2 metri (al centro) e la temperatura di rugiada a 2 metri (a destra). Sono considerate tutte le stazioni SYNOP nel dominio di ICON-2I e tutte le previsioni, indipendentemente dall'ora di inizializzazione.

Per le tre variabili considerate, NUDGING-SM ha un RMSE significativamente inferiore rispetto al CONTROLLO e la differenza tra le due configurazioni diventa più marcata all'aumentare della scadenza della previsione. Per quanto riguarda i bias, il nudging dell'umidità del suolo riduce in maniera consistente la temperatura e aumenta l'umidità a 2 metri, portando a ridurre in termini assoluti i bias riscontrati nelle previsioni del CONTROLLO. Fa eccezione solo la temperatura a 2 metri nelle prime 3 ore di previsione, in cui NUDGING-SM mostra un bias eccessivamente negativo e maggiore in valore assoluto rispetto al CONTROLLO.

La verifica è stata effettuata anche per la pressione superficiale e per la velocità del vento a 10 metri, ma non viene mostrata in questa relazione per ragioni di sintesi. I risultati mostrano un miglioramento del bias e del RMSE di NUDGING-SM rispetto a CONTROLLO per la pressione superficiale, mentre per il vento a 10 metri si ha un miglioramento del RMSE associato però ad un lieve peggioramento del bias negativo presente nel CONTROLLO.

In Figura 2 sono mostrate le stesse metriche della Figura 1, ma restringendo l'analisi ai forecast inizializzati alle 00 UTC e alle sole stazioni SYNOP della Pianura Padana, una delle regioni del dominio di ICON-2I maggiormente impattate dalla sovrastima delle temperature massime in estate.

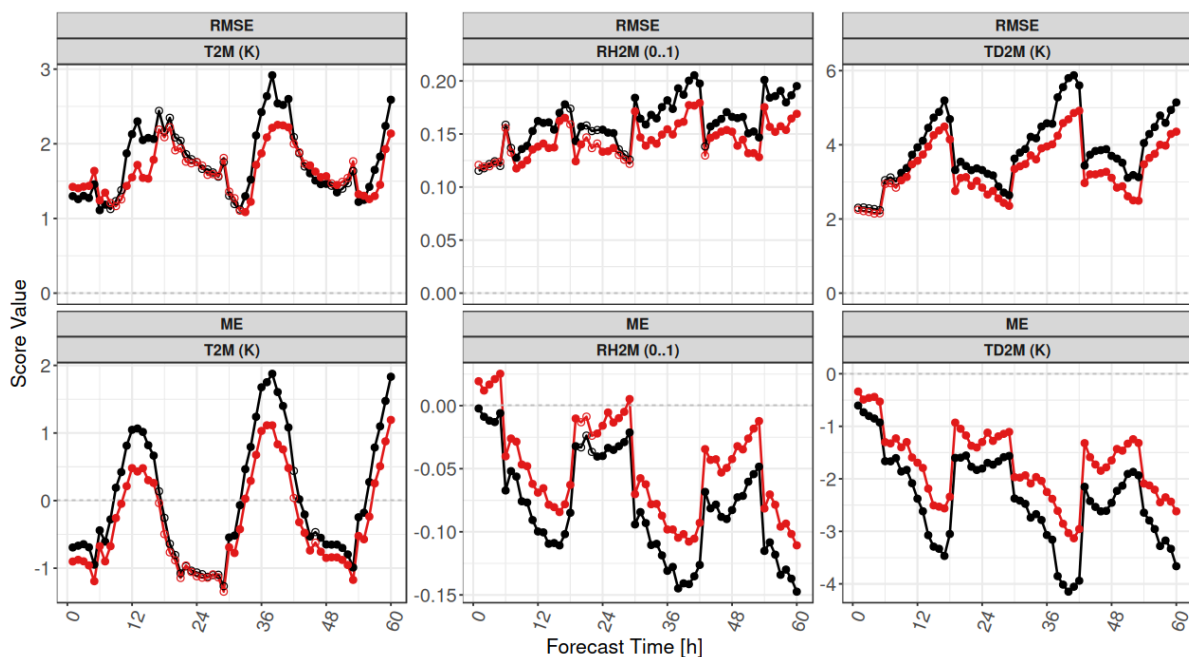


Figura 2. RMSE in alto) e bias (in basso) per gli esperimenti CONTROLLO (nero) e NUDGING-SM (rosso) in funzione della scadenza di previsione per la temperatura a 2 metri (a sinistra), l'umidità relativa a 2 metri (al centro) e la temperatura di rugiada a 2 metri (a destra). Sono considerate solo le stazioni SYNOP della Pianura Padana e solo le previsioni inizializzate alle 00 UTC.

Si può osservare come l'introduzione del nudging dell'umidità del suolo non impatti significativamente sulla sottostima delle temperature durante la notte, verosimilmente legata all'assenza del modulo urbano in ICON-2I, mentre è efficace nel ridurre la sovrastima delle temperature durante il giorno. Per quanto riguarda l'umidità, pur essendo generalmente sottostimata in entrambe le configurazioni, in NUDGING-SM il bias è ridotto in termini assoluti.

Variabili in quota

La verifica delle variabili in quota è stata effettuata utilizzando i radiosondaggi per l'umidità relativa e le misure da aerei per la temperatura e la velocità del vento. Anche in questo caso, è stato considerato tutto il dominio di ICON-2I e, per tenere conto della distribuzione disomogenea delle osservazioni, è stata effettuata un'aggregazione spaziale sia in orizzontale che in verticale.

In Figura 3 è mostrata la differenza tra il RMSE del CONTROLLO e quello di NUDGING-SM per temperatura, umidità relativa e velocità del vento, in funzione della quota e della scadenza di previsione. Valori positivi (verde) indicano un miglioramento dell'accuratezza delle previsioni quando si applica il *nudging* dell'umidità del suolo.



Figura 3. Differenza in percentuale tra il RMSE del CONTROLLO e il RMSE di NUDGING-SM per la temperatura (in alto), l'umidità relativa (al centro) e la velocità del vento (in basso). Per ogni casella colorata, sull'asse y sono indicate le quote che definiscono lo strato verticale a cui si riferisce mentre sull'asse x sono riportate le scadenze che identificano l'intervallo di previsione a cui è associata.

Il *nudging* dell'umidità del suolo migliora l'accuratezza della previsione di tutte le variabili considerate e l'impatto tende ad essere più forte all'aumentare della scadenza di previsione. Il miglioramento è particolarmente significativo vicino al suolo, ma tende ad estendersi anche in quota, in particolare per umidità e velocità del vento. L'unico peggioramento si osserva per l'umidità relativa dello stato più vicino alla superficie nelle prime 12 ore di previsione, ma è di lieve entità.

Anche in termini di bias, non mostrato per ragioni di sintesi, si osserva un miglioramento di NUDGING-SM rispetto a CONTROLLO nello strato più vicino alla superficie (0-2 km) con un impatto positivo che aumenta all'aumentare della scadenza di previsione. Negli strati superiori, le differenze tra le due configurazioni non sono significative.

Accuratezza delle precipitazioni: performance diagram

Per verificare l'accuratezza delle previsioni di precipitazione, sono stati calcolati alcuni scores dicotomici, considerando la precipitazione media e massima cumulata su 3 ore nelle aree di allertamento definite dal DPCN. Per le osservazioni, sono state utilizzate le cumulate triorarie stimate dal composito della rete radar nazionale corrette con dati da pluviometro. I risultati sono rappresentati mediante *performance diagram*, che offrono una visione sintetica e combinata di diverse metriche: *probability of detection* (POD, asse y), *success ratio* (SR, asse x), *threat score* (TS, linee iperboliche piene) e *frequency bias index* (FBI, segmenti tratteggiati). Sebbene gli score siano stati calcolati sulla base della precipitazione cumulata su intervalli di 3 ore, per ragioni di sintesi i risultati presentati nei *performance diagram* sono stati aggregati sull'intera durata del forecast.

In Figura 4 sono mostrati i *performance diagram* relativi a cinque diverse soglie di precipitazione media (a sinistra) e massima (a destra) su area di allertamento. Le differenze tra le due configurazioni sono modeste, ma NUDGING-SM ha un TS leggermente migliore rispetto al CONTROLLO per quasi tutte le soglie. Il FBI risulta sostanzialmente inalterato, quindi la modifica non ha impatto sul problema noto della moderata sovrastima dei nuclei di precipitazione più intensa che si verifica in condizioni di debole forzante sinottica (tipicamente, in estate).

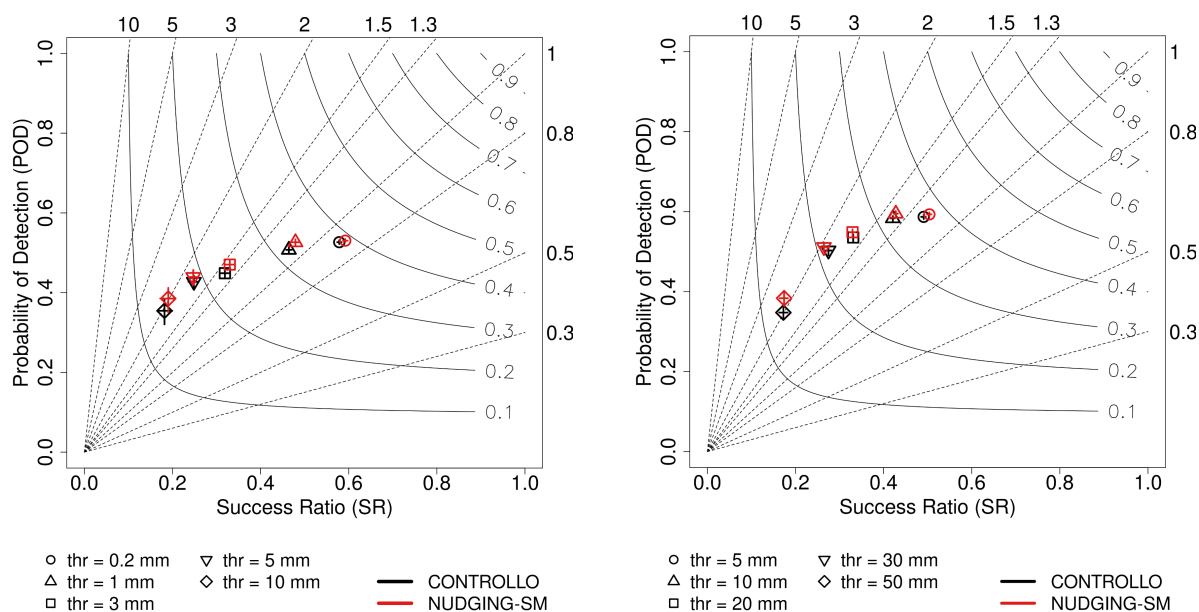


Figura 4. Performance diagram per la precipitazione media (a sinistra) e massima (a destra) sulle aree di allertamento di CONTROLLO (nero) e NUDGING-SM (arancione) per le soglie indicate dai differenti simboli.

Conclusioni

In sintesi, i risultati della sperimentazione evidenziano che l'introduzione del *nudging* dell'umidità del suolo in ICON-2I produce un miglioramento complessivo della qualità delle previsioni. L'impatto più evidente riguarda le variabili prossime alla superficie, per le quali si osserva una riduzione sistematica del RMSE e dei bias, attenuando significativamente il problema della sovrastima delle temperature massime in estate.

Benefici significativi emergono anche per le variabili in quota, con un miglioramento dell'accuratezza che tende ad aumentare con la scadenza di previsione, mentre l'effetto sulle precipitazioni risulta sostanzialmente neutro o lievemente positivo, senza introdurre degradazioni apprezzabili nelle prestazioni del modello.

Alla luce di tali evidenze, la configurazione NUDGING-SM è stata ritenuta idonea all'implementazione operativa ed è stata adottata a partire dalle 01 UTC del 17 giugno 2026.