

Il network delle stazioni meteo climatiche e la modellistica in Umbria nel progetto RIMU



Paolina Bongioannini Cerlini, Lorenzo Silvestri, Miriam Saraceni, Silvia Meniconi, Caterina Capponi, Luca Gammaitoni, Bruno Brunone

Dipartimento di Fisica e Geologia, Dipartimento di Ingegneria Civile ed Ambientale

Università degli Studi di Perugia

OUTLINE

Network stazioni meteo climatiche RIMU :

motivazioni attuali per la progettazione della rete a mesoscale al suolo e in quota.

Ricerca per la validazione dei dati della rete terrestre standard WMO.

Modelli Meteorologici usati

Esempi di OUTPUT della modellistica: CWT (Circulation Weather Types) e Saharan dust advections in Central Italy.

Ensemble Forecasting per RIMU: Quantificare l'incertezza; I casi studio nel Mediterraneo;

Risoluzione modelli e Assimilazione dati ad alta risoluzione RIMU

Osservazioni e servizi climatici in Italia

Le osservazioni meteorologiche di superficie sono raccolte e gestite da ogni autorità regionale (agenzie di protezione ambientale, servizi idrografici, agenzie agricole).

Definendo una rete osservativa come l'unione di diverse stazioni che condividono le procedure di manutenzione, di telecomunicazione e di controllo della qualità, si possono individuare solo due reti nazionali: la rete di stazioni meteorologiche sinottiche dell'OMM fornita dal servizio aeronautico (AM); la rete radar italiana fornita dal DPCN (inclusa nel **Global Climate Observing System (GCOS)** | World Meteorological Organization).

Le procedure standard di garanzia della qualità non sono condivise da tutte le altre autorità regionali, che decidono autonomamente come progettare la rete, mantenere le stazioni ed elaborare i dati meteorologici.

Cerlini, PB, Silvestri, L,
Saraceni, M. Quality control
and gap-filling methods
applied to hourly
temperature observations
over central Italy. *Meteorol
Appl.* 2020; 27:e1913.
[https://doi.org/10.1002/me
t.1913](https://doi.org/10.1002/me
t.1913)

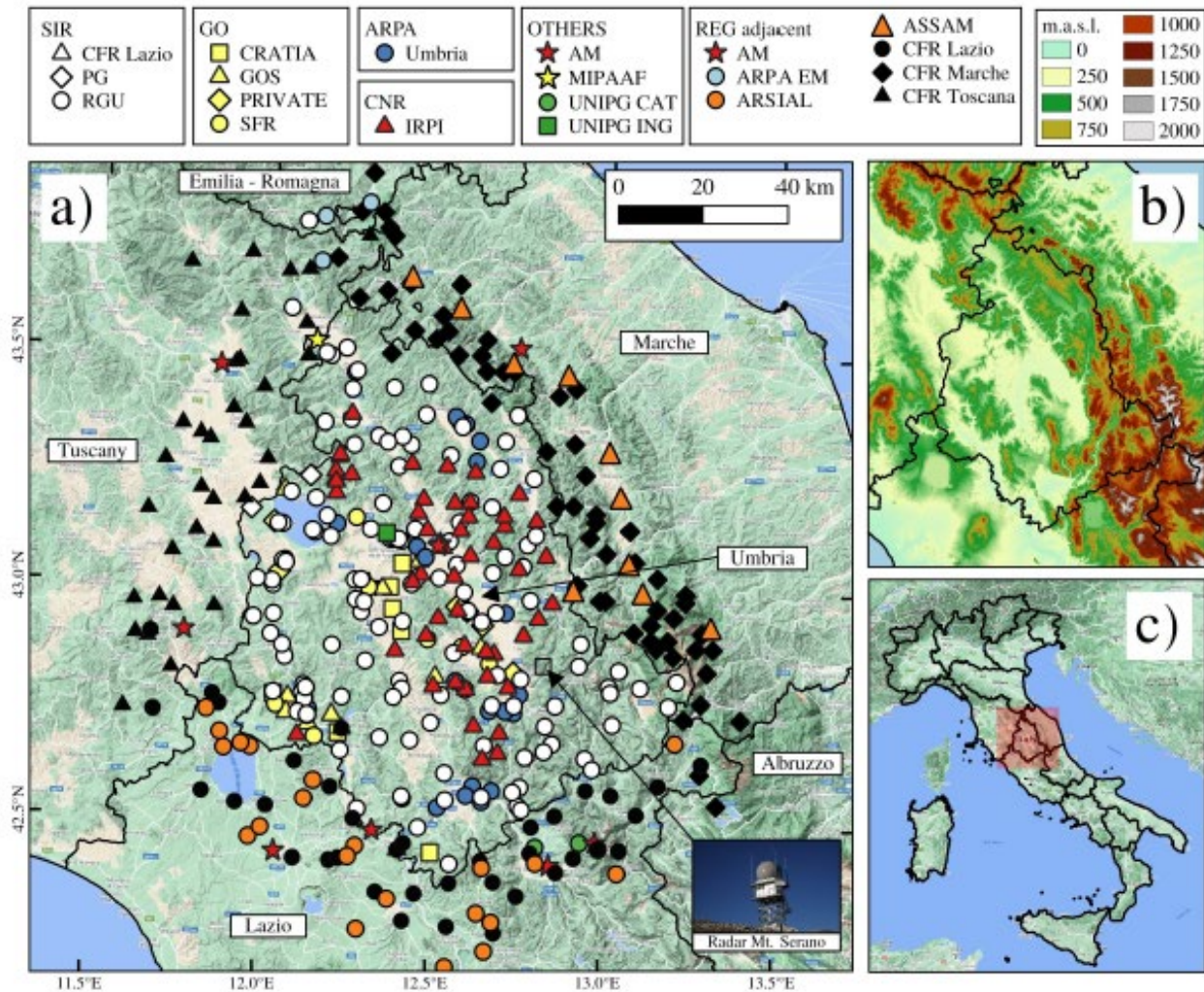


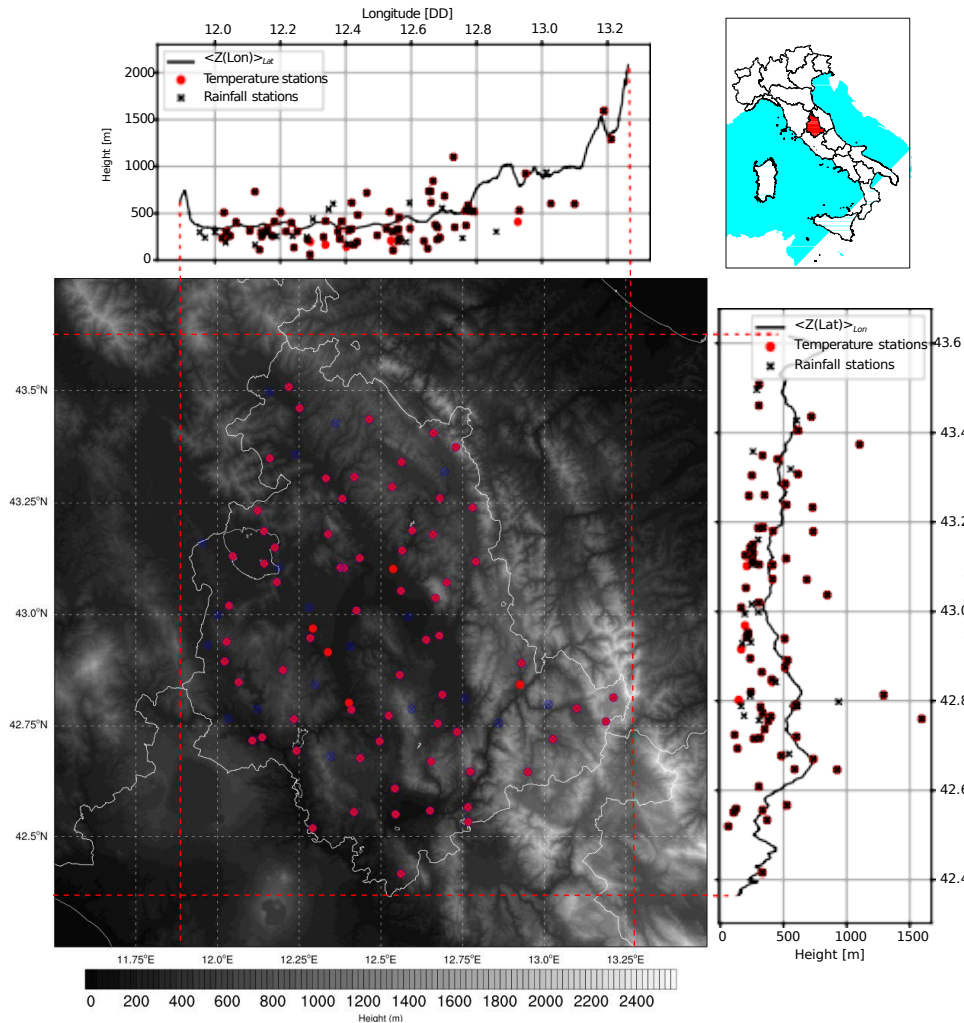
Fig. 2.1 Map of the study domain: a) overview of the meteorological stations present in the territory; b) topography; c) location of the Umbria region inside the Italian peninsula.

L. Silvestri: PhD Thesis XXXIV Ciclo

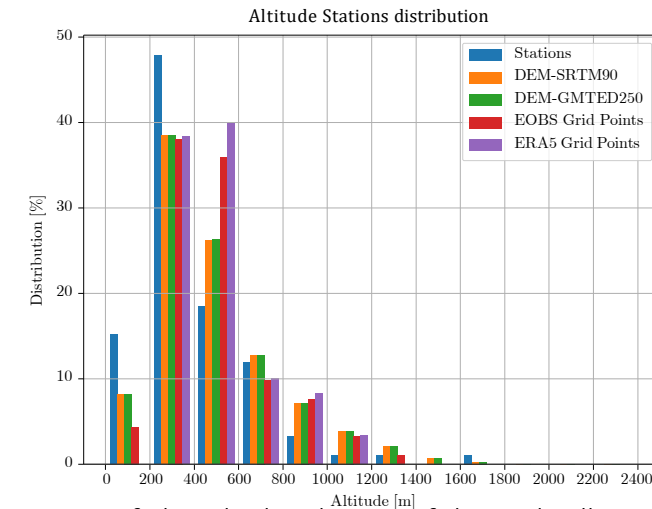
Institution	Stations	P	T-RH	W	SR	PP	SND	WL	LW	SW-ST
Regional Hydrographical Service (SIR)	127	90	78	18	10	9	4	63		3
Smartmeteo Operational Group (GO)	37	37	28	6	5				28	
Regional Environmental Protection Agency (ARPA)	25	9	9	13	13	10				
National Research Council (CNR-IRPI)	50	50	2	2	2	2		3		
Air Force (AM)	2	2	2	2	2	2				
Ministry of Agricultural, Food and Forestry Policies (MIPAAF)	2	2	2	2	2	2				2
University of Perugia (UNIPG)	4	4	4	4	4	4	3			
Total number	247	194	125	47	38	29	7	66	28	5
Total density per 1000 km ²	29,2	22,9	14,8	5,6	4,5	3,4	0,8	7,8	3,3	0,6

Table 2.1 List of regional and national institutions which have meteorological stations in Umbria. Columns indicate the number of stations and sensors for each institution. Each station can have different sensors: rain gauge (P), thermo-hygrometers (T-RH), wind anemometer (W), pyranometers for solar radiation (SR), pressure (PP), nivometers for snow depth (SND), water level sensors (WL), leaf wetness sensors (LWD), soil thermometers and hygrometers (SW-ST).

Topographic analysis

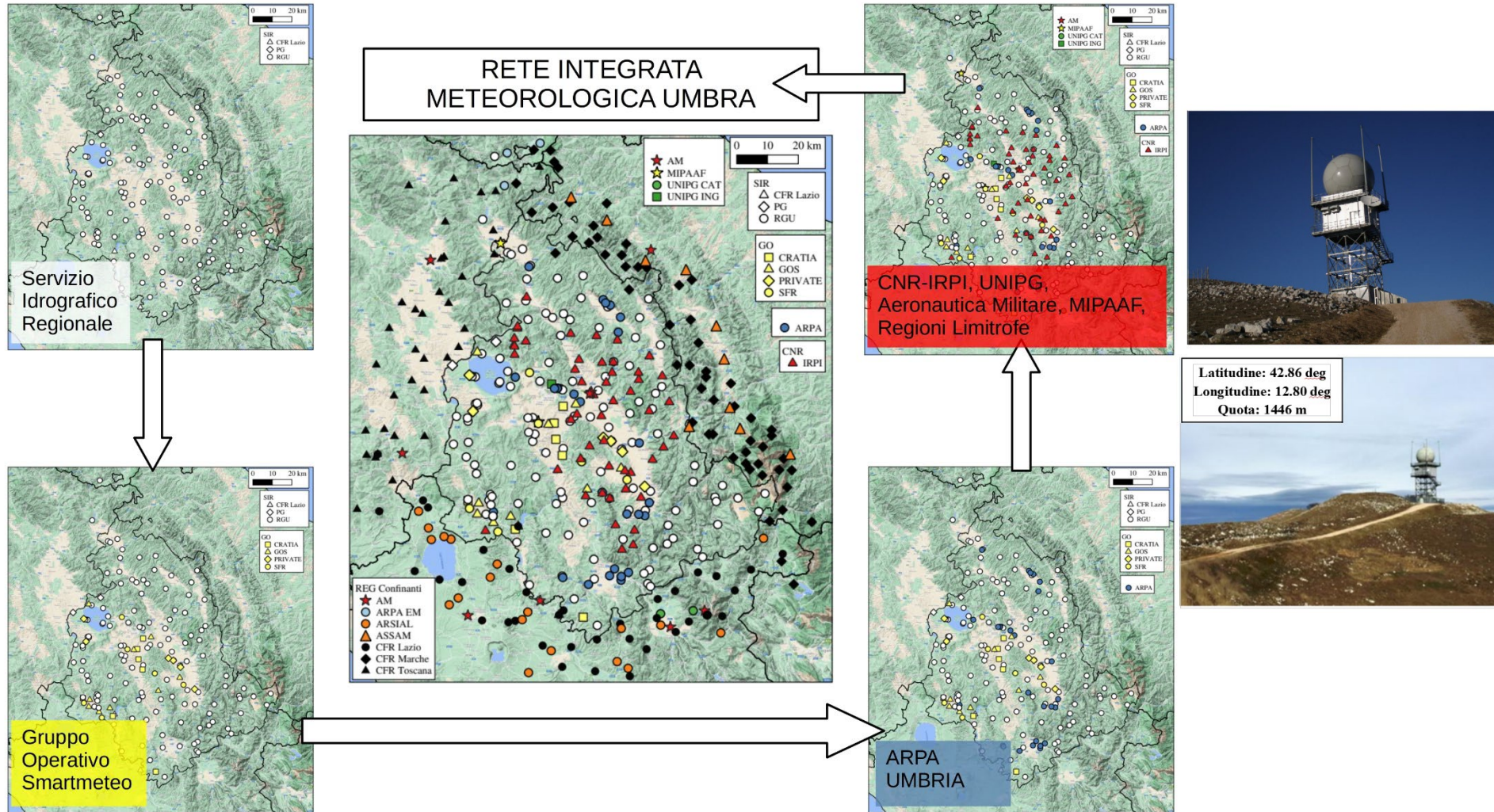


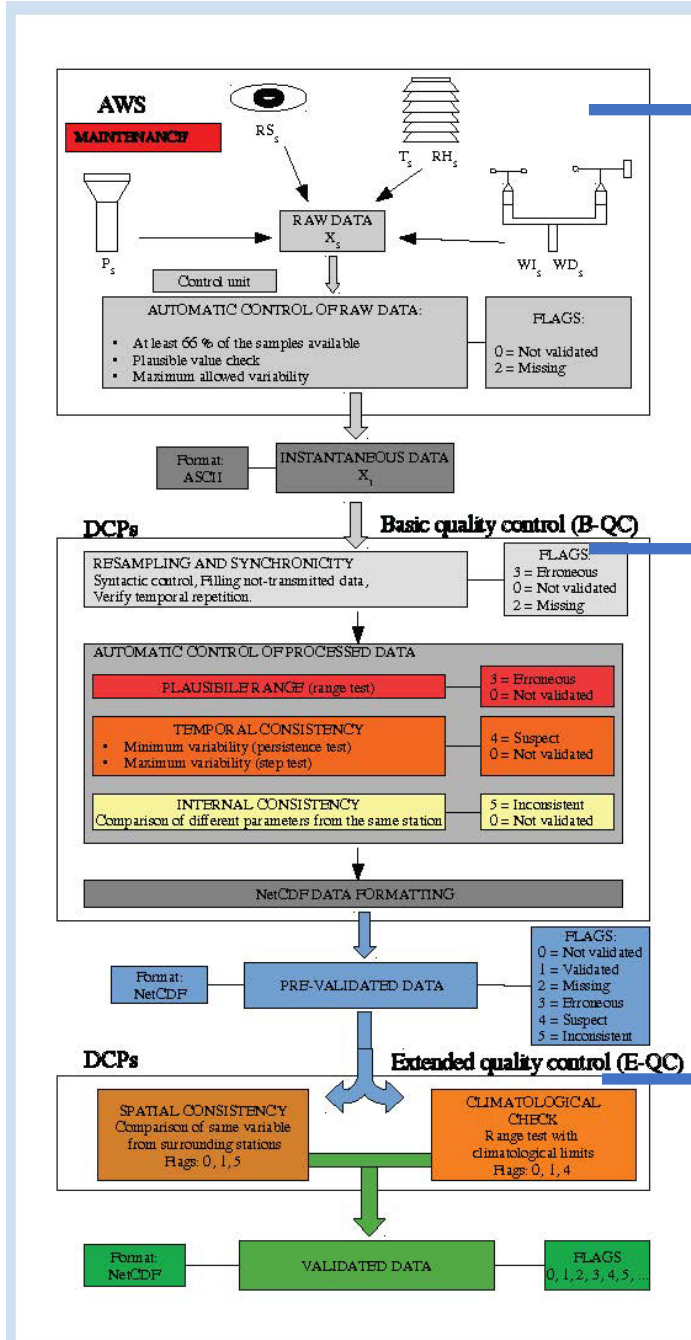
RGU stations:
 Temp \rightarrow 73
 Prec \rightarrow 89



Percentage of altitude distribution of the grid cells or the stations points with respect to the digital elevation model resolution

Main networks in the Umbria region





Validation

The validation procedure is made by three step (figure 3):

1. Automatic quality control of raw data: it is assumed that automatic weather stations (AWS) fulfill basic requirements in transforming raw data into processed data and that maintenance is made at least one time per year.

2. Basic quality control of processed data: range, temporal consistency and internal consistency tests follow common international guidelines [1], except for precipitation temporal consistency that is evaluated following national guidelines [6].

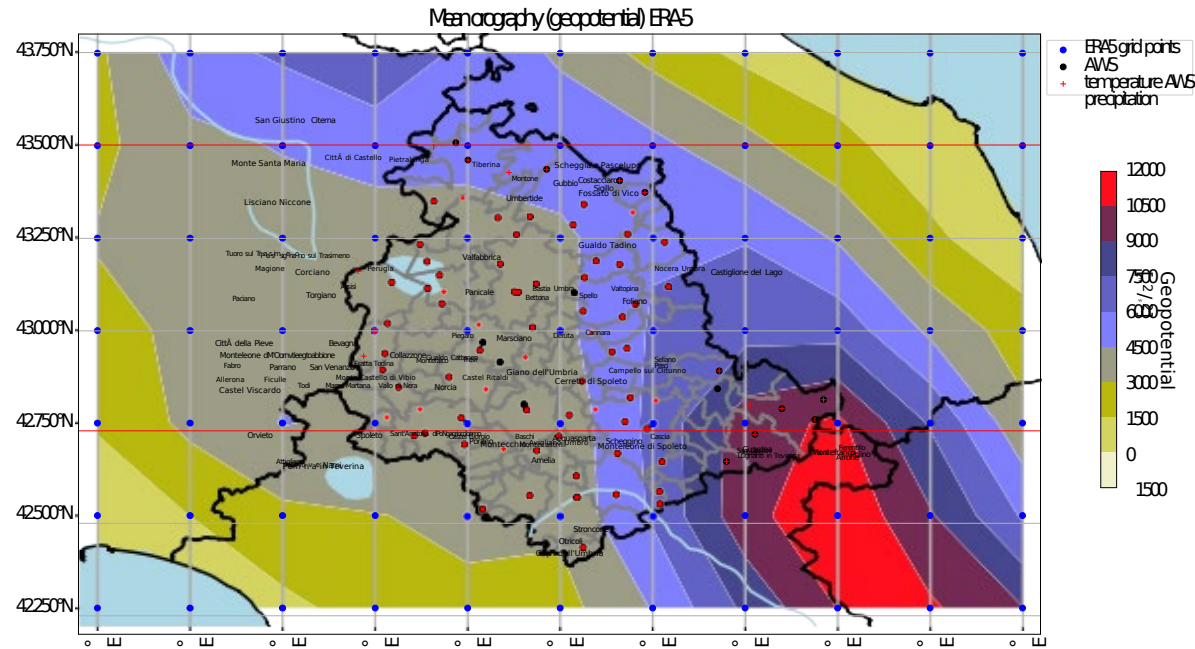
3. Extended quality control of processed data: the spatial consistency test is carried out by spatial regression technique, while the climatological check has to be implemented by using ERA5 reanalysis data since its high quality temporal and spatial resolution.

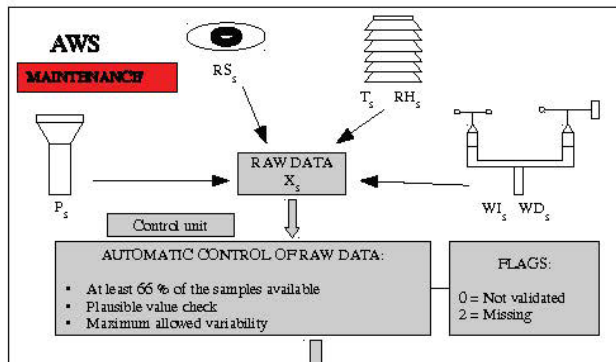
Reconstruction(1)

[Beckers and Rixen (2003)], [Cerlini et al. (2020), Met. App.]

$$\mathbf{T} = [\mathbf{T}_{\text{stat}}, \mathbf{T}_{\text{era}}] = \begin{bmatrix} T_{11} & \dots & T_{1s} & T_{1g} & \dots & T_{1(s+g)} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ T_{t1} & \dots & T_{ts} & T_{tg} & \dots & T_{t(s+g)} \end{bmatrix} \begin{matrix} \\ \\ \\ tx(s+g) \end{matrix} \quad (1)$$

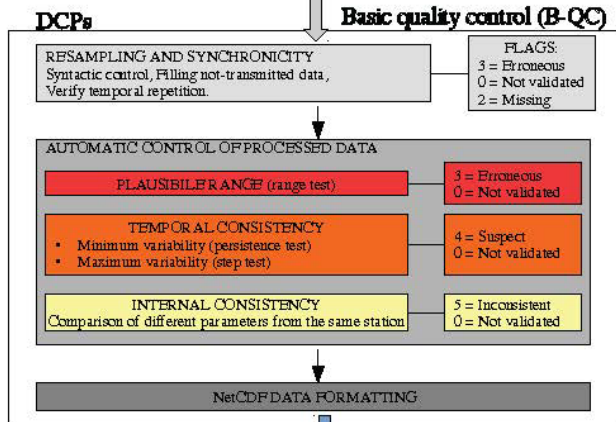
$$[\mathbf{U}, \mathbf{D}, \mathbf{V}^T] = \text{SVD}(\mathbf{T}_N^t) \quad (2)$$





Format: ASCII

INSTANTANEOUS DATA X_i

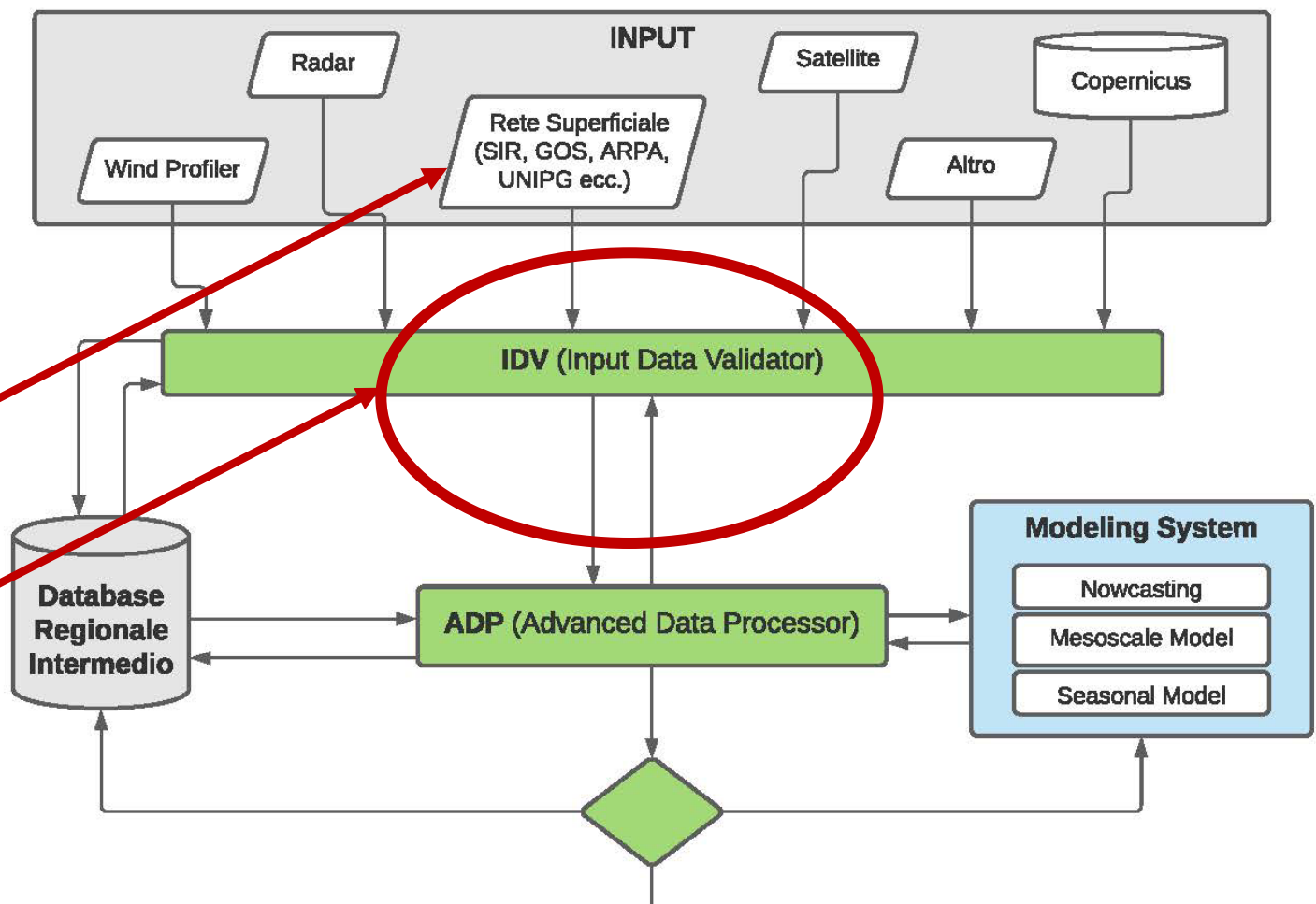
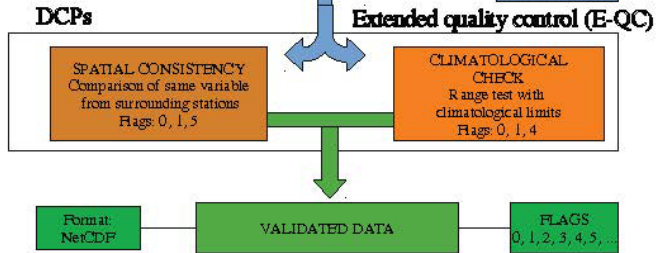


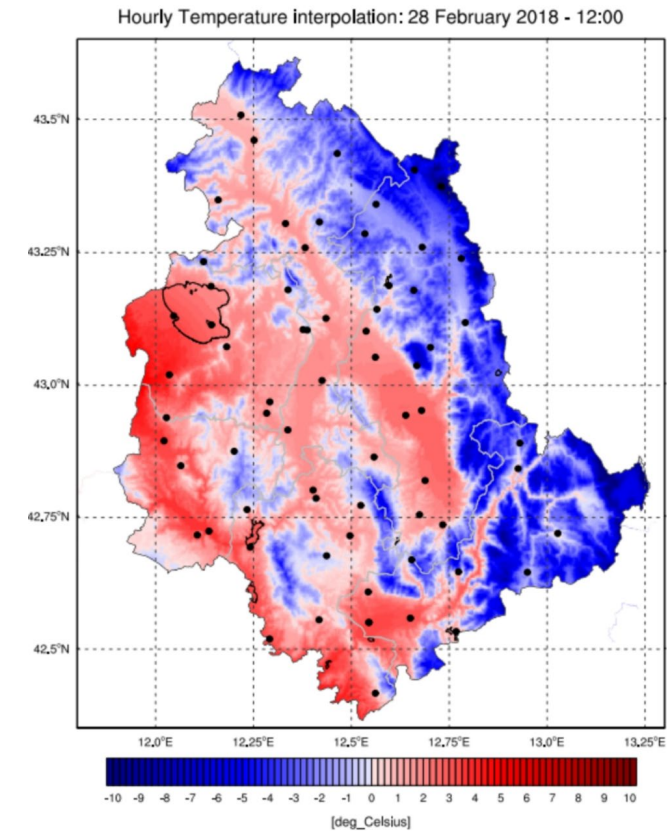
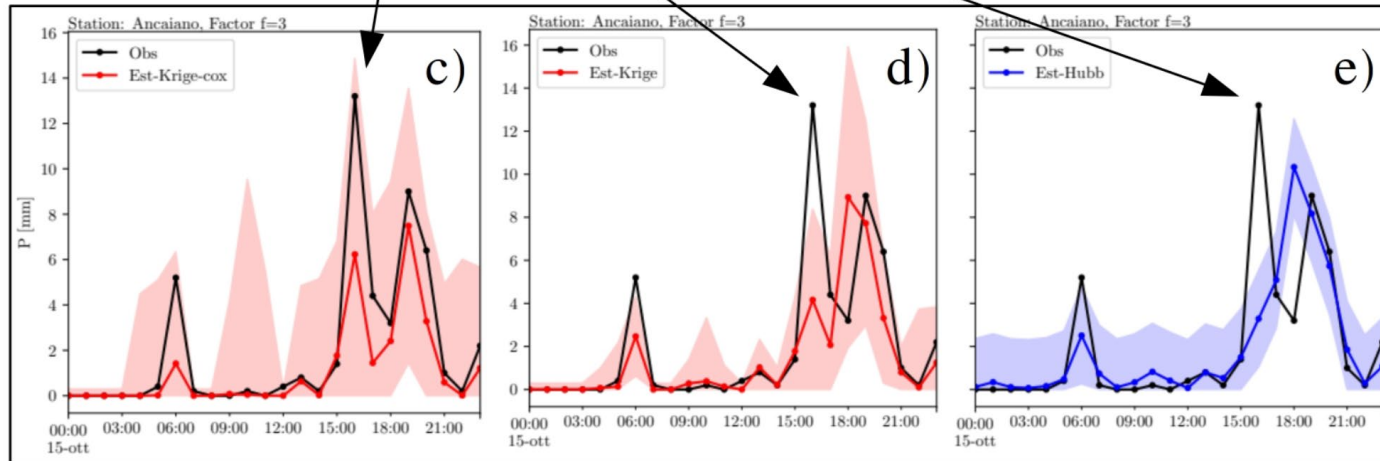
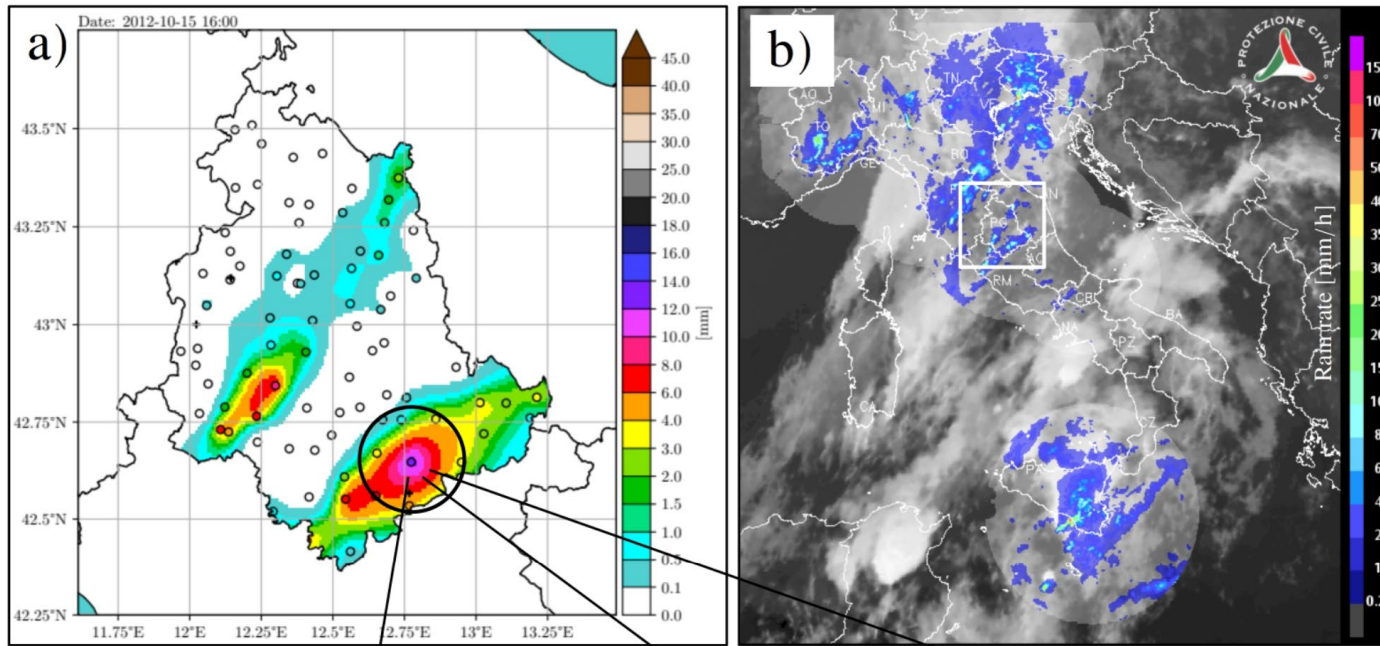
Format: NetCDF

PRE-VALIDATED DATA

FLAGS:

- 0 = Not validated
- 1 = Validated
- 2 = Missing
- 3 = Erroneous
- 4 = Suspect
- 5 = Inconsistent

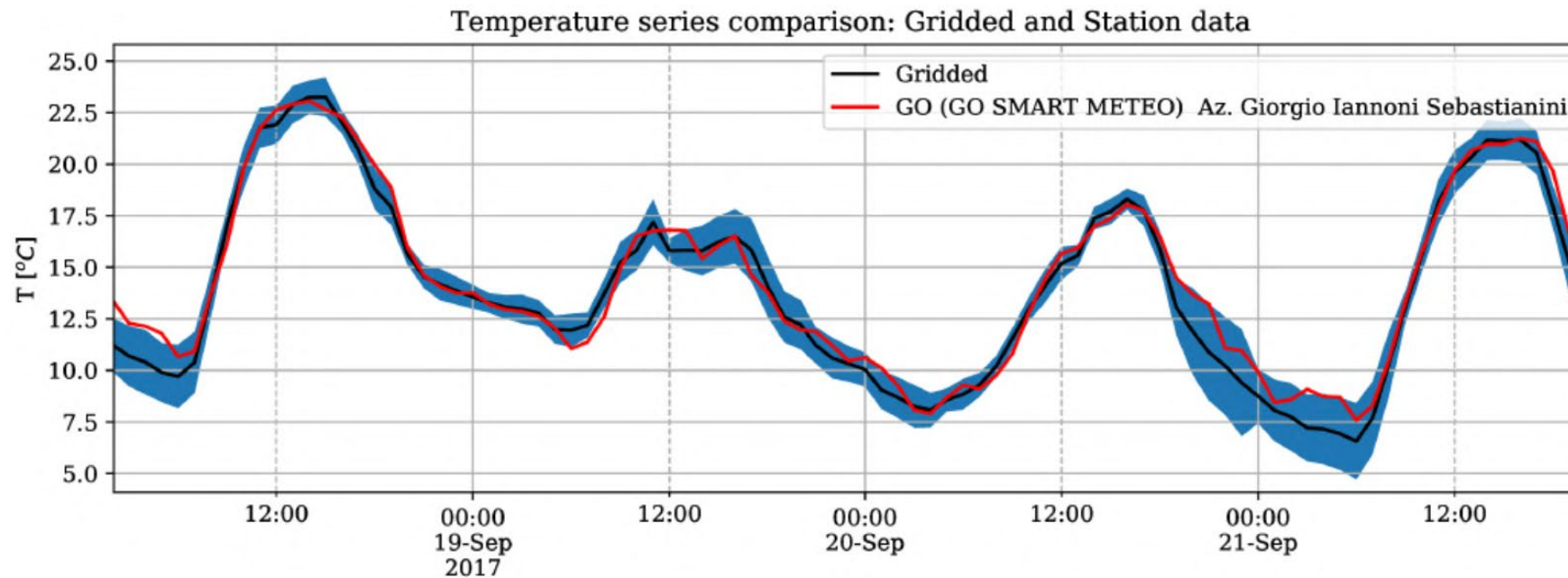




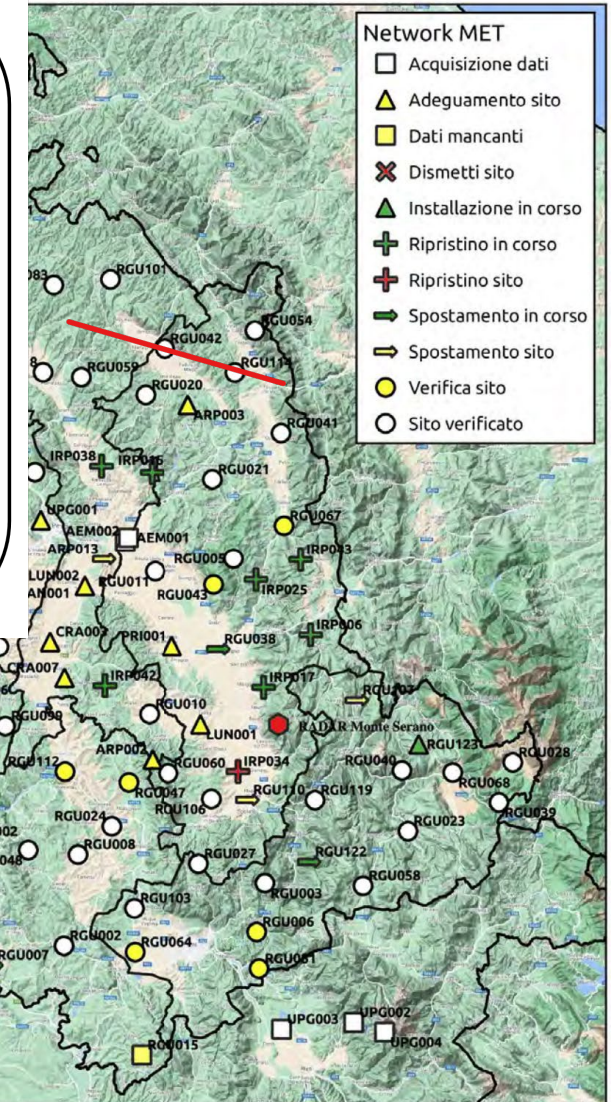
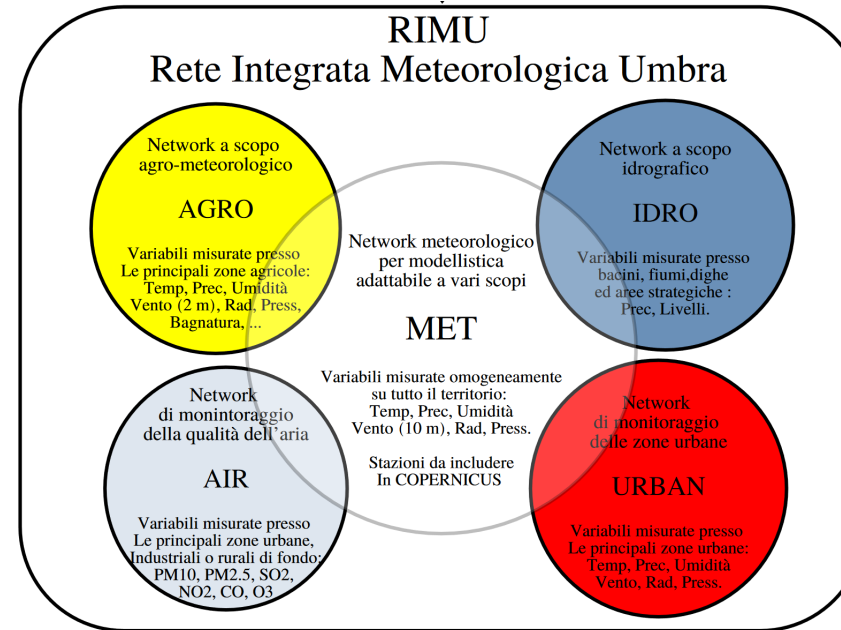
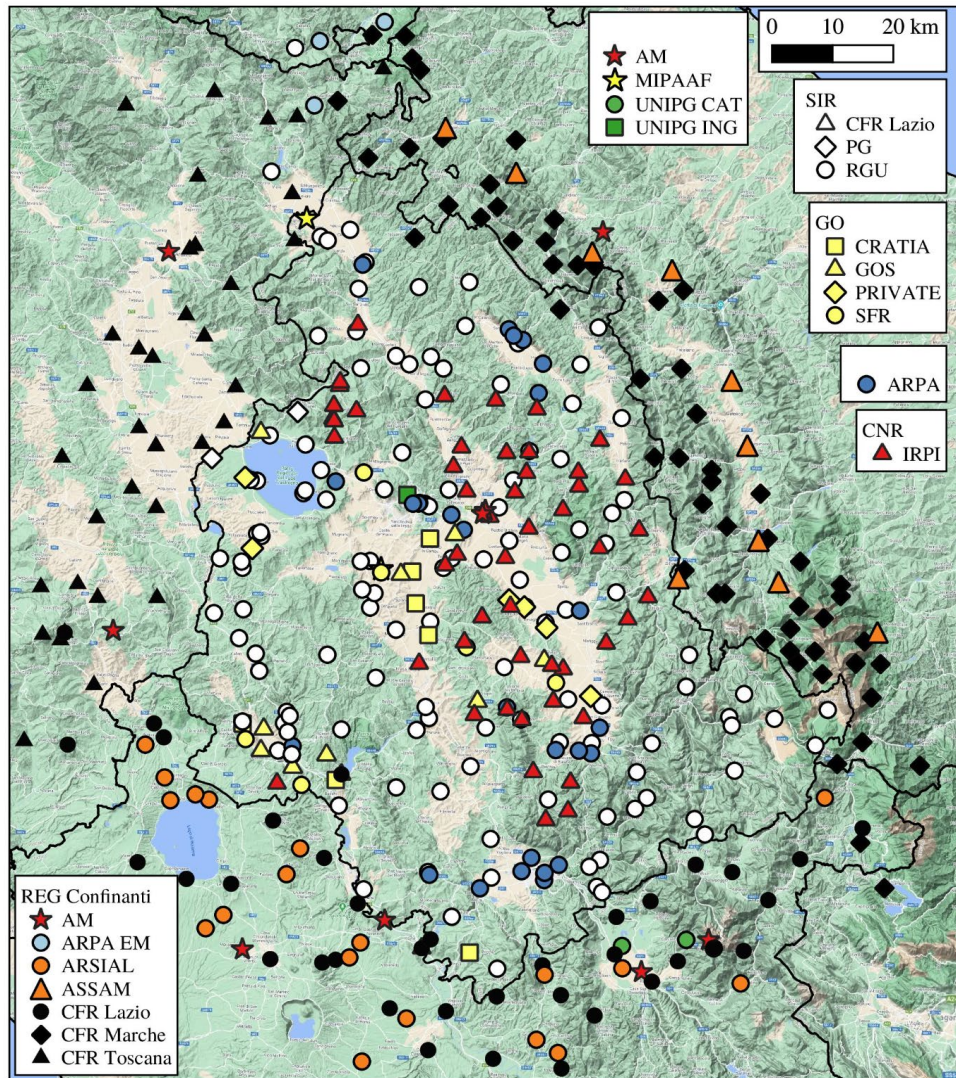
Silvestri, L. et al. Quality management system and design of an integrated mesoscale meteorological network in Central Italy. *Meteorological Applications*, 29(2), e2060. <https://doi.org/10.1002/met.2060>

La validazione dei dati

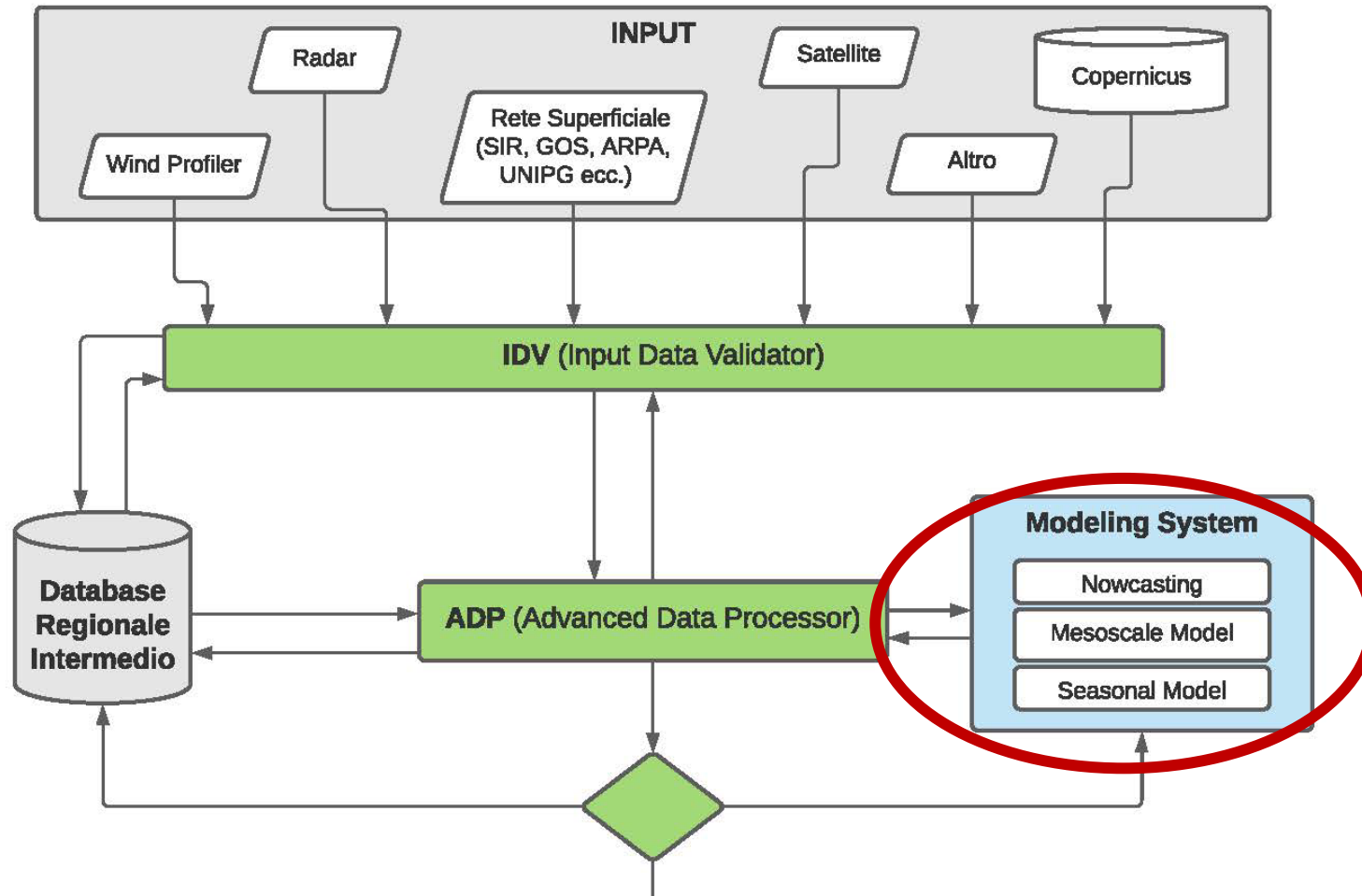
Esempio di serie temporale estratta dal prodotto spaziale con la relativa incertezza (blu) e comparazione con la misurazione diretta di una stazione (rosso).



Network osservativo RIMU e servizi



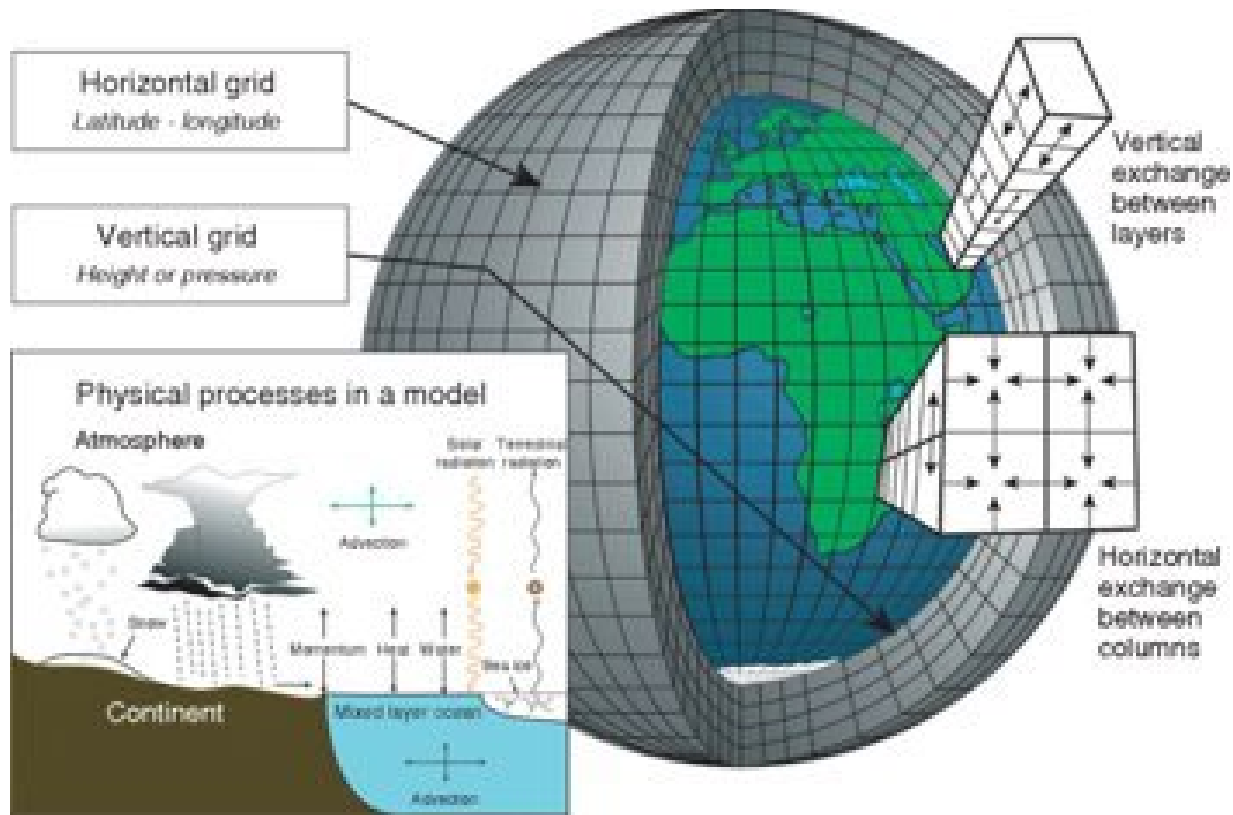
Il Progetto RIMU: La modellazione numerica



Integrazione dei dati

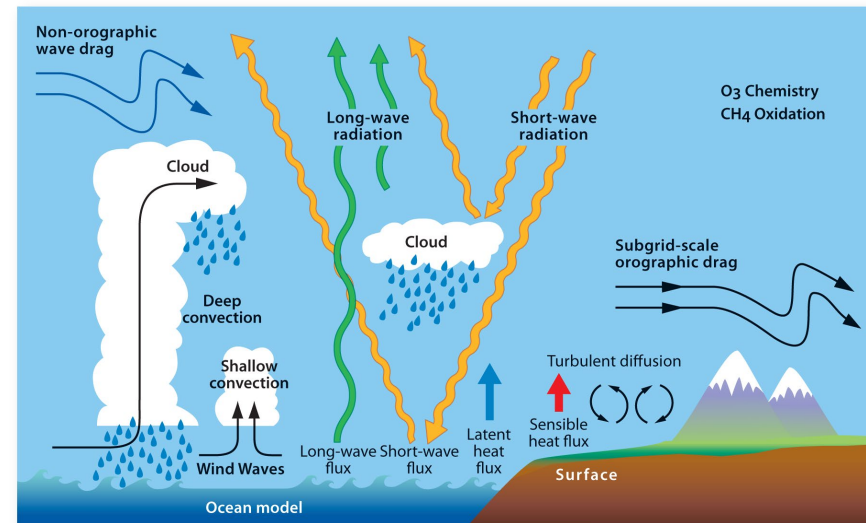


Il Progetto RIMU: La modellazione numerica

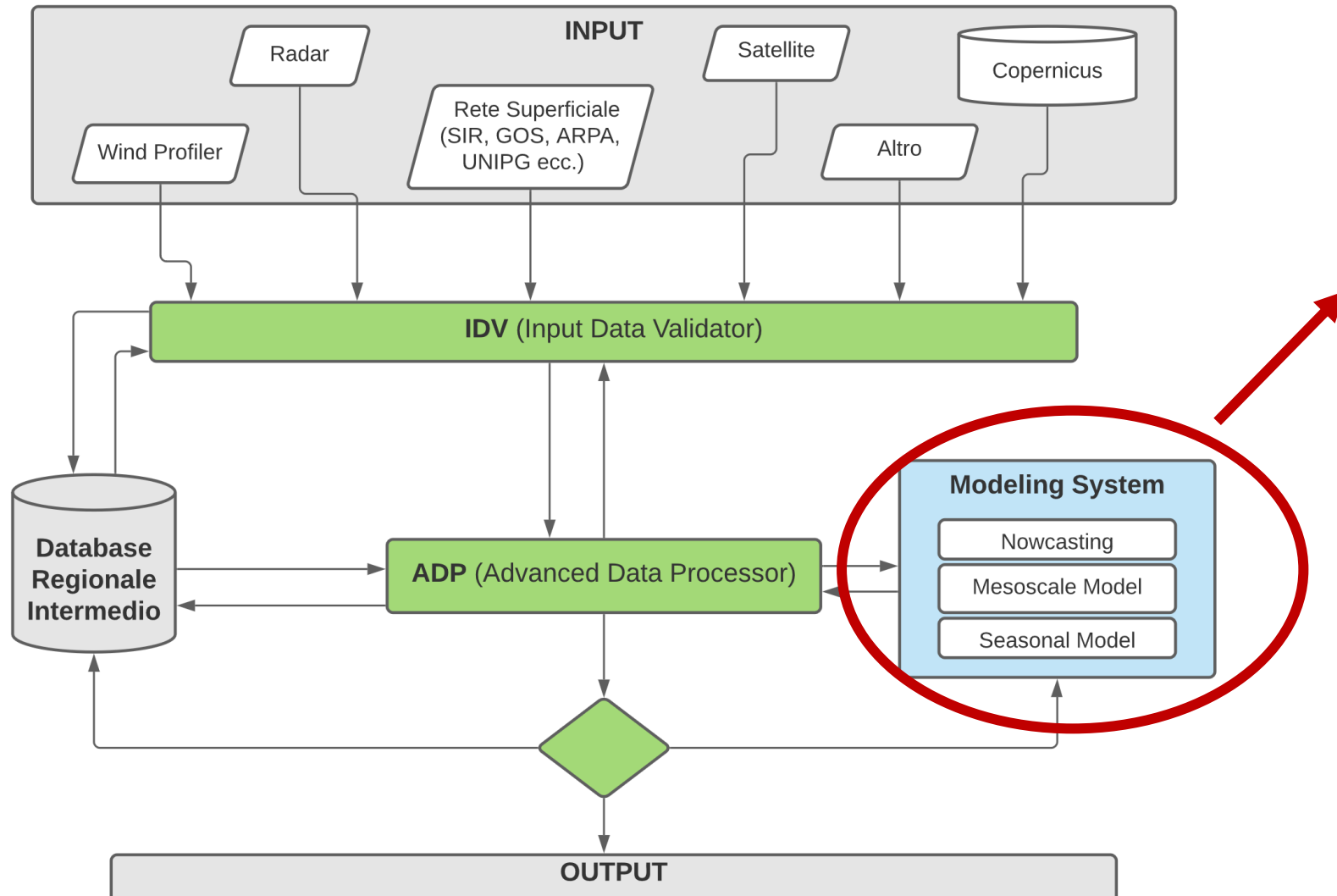


Set di equazioni Fisico-Matematiche per la conservazione di Massa (ρ , ρ), Momento (u, v, w) ed Energia (dT, dq) nel sistema terra

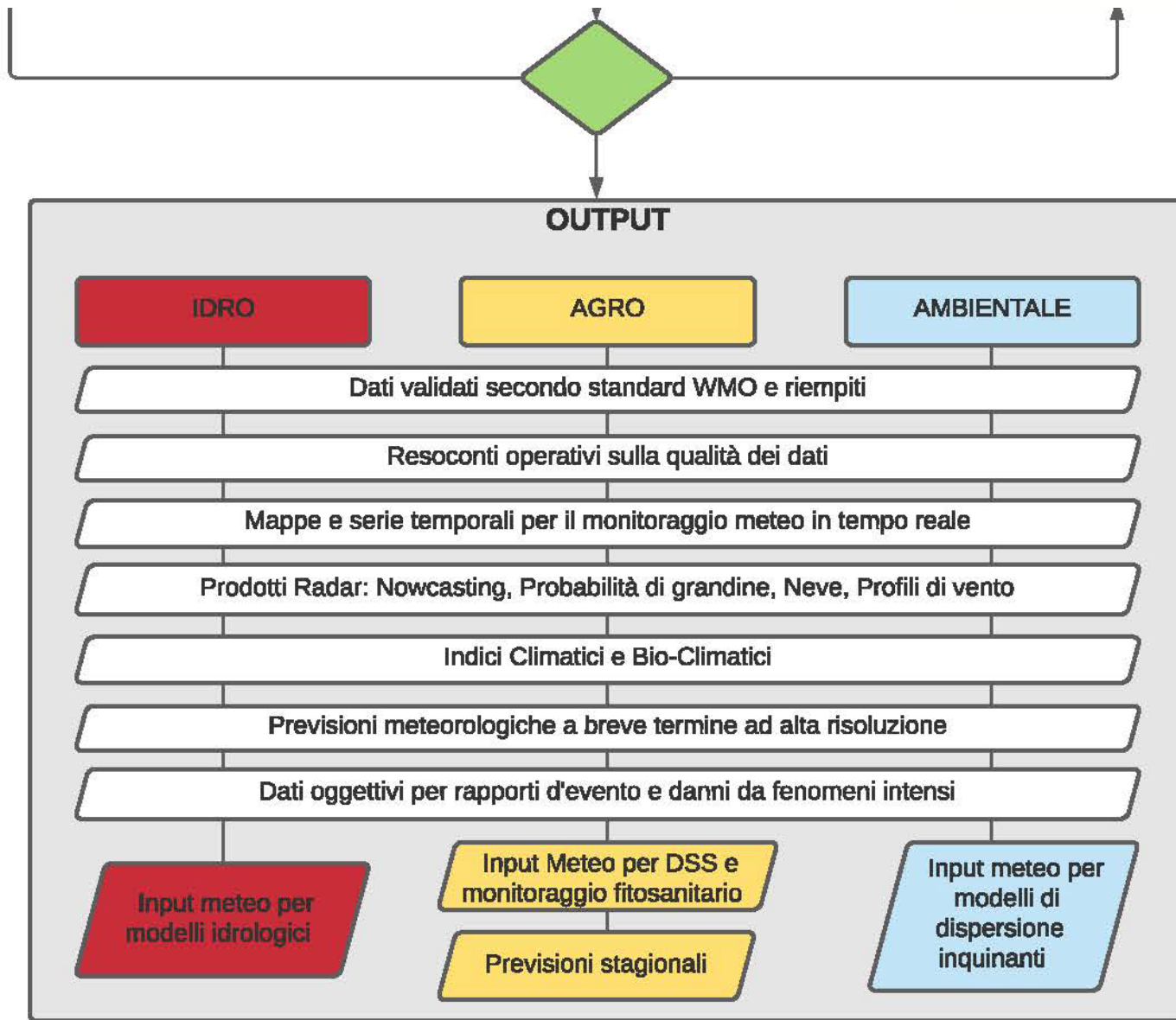
Le equazioni vengono discretizzate nello spazio sulla sfera (in orizzontale e verticale) e risolte nel tempo e nello spazio



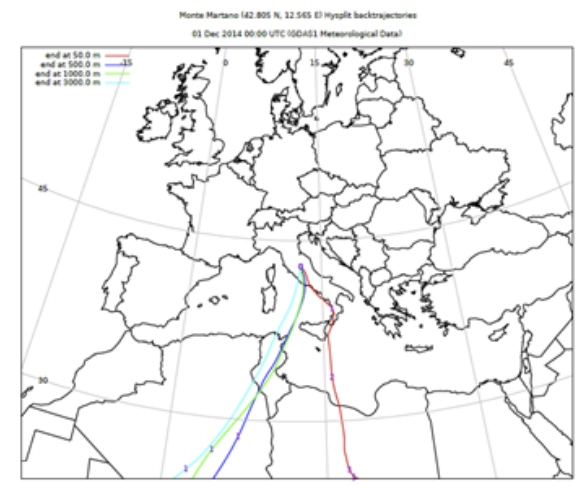
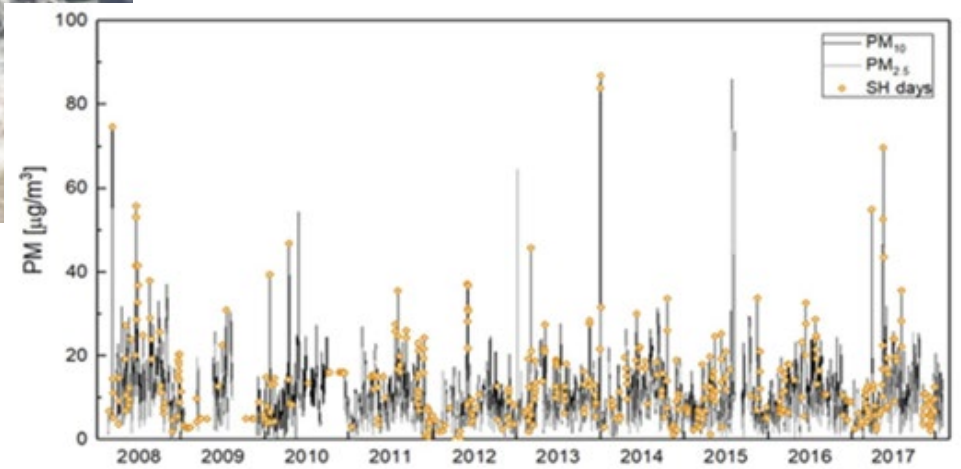
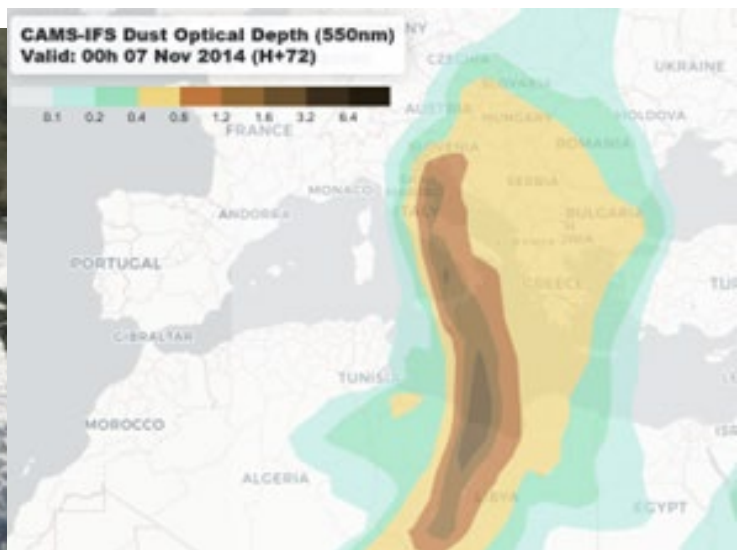
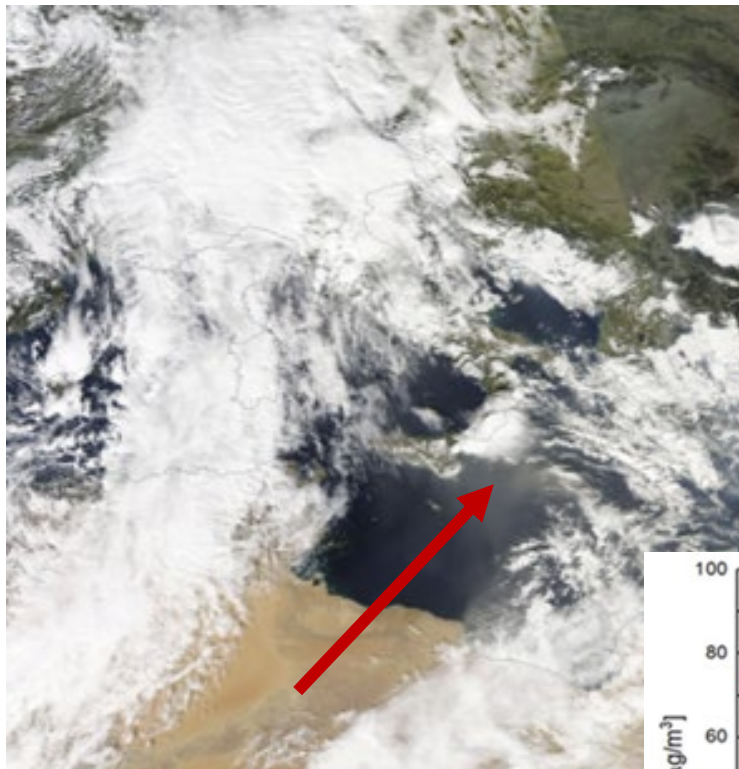
Il Progetto RIMU: La modellazione numerica



- IFS (Integrated Forecasting System)
- Open IFS (ECMWF, Reading U.K., Bonn Germany, Bologna Italy);
- Open IFS A/C (ECMWF),
- 3D non-hydrostatic models ARPS (OK Univ., U.S.),
- WRF (NCAR, Boulder CO), SAM (Stony Brook University, NY State Univ. U.S.)



Qualità dell'aria (uno degli output)



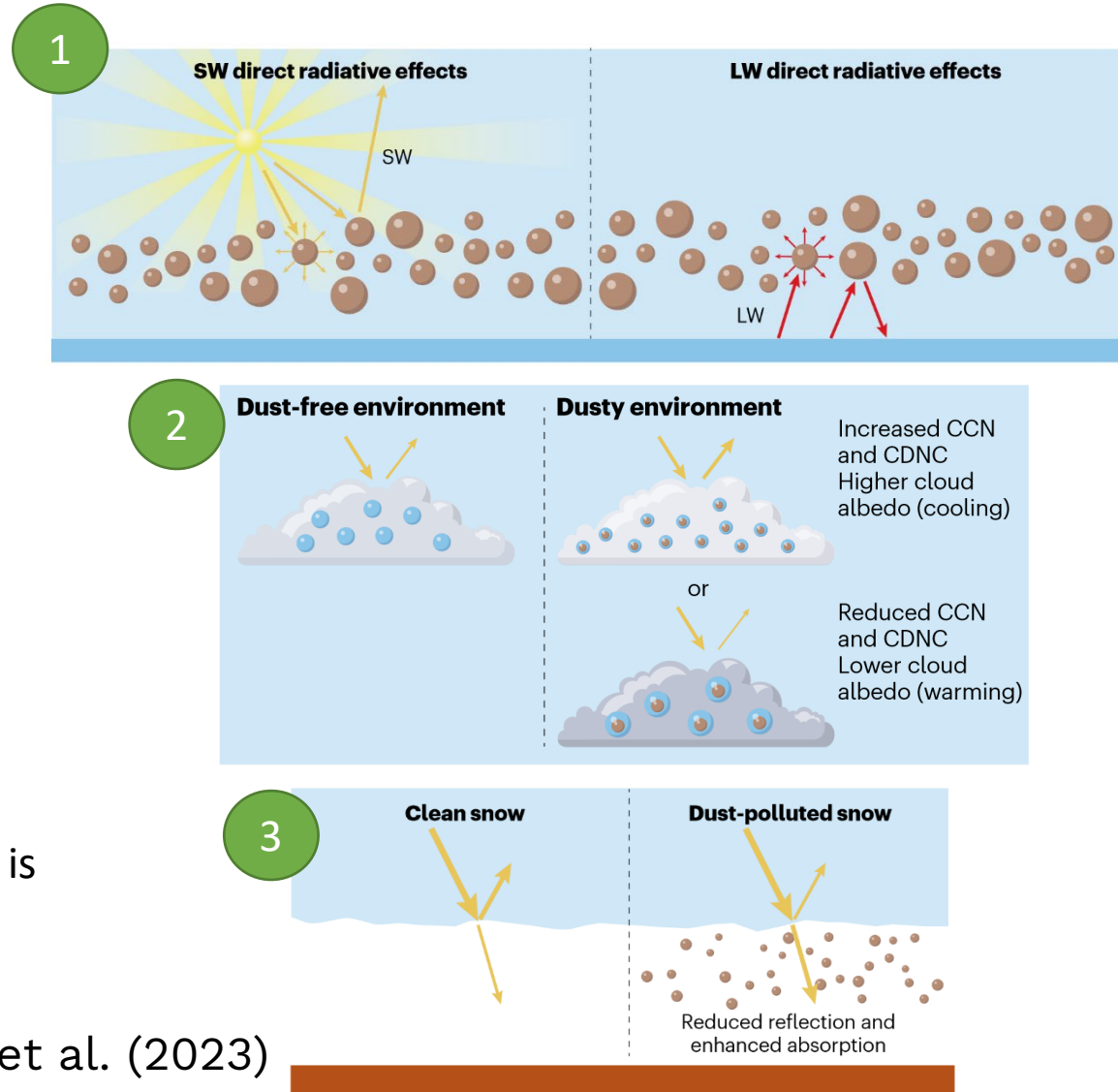
Mechanisms by which dust aerosols impacts climate

1. Interactions with radiation
2. Interactions with clouds
3. Interactions with the cryosphere
4. Interactions with atmospheric chemistry
5. Interactions with biogeochemistry



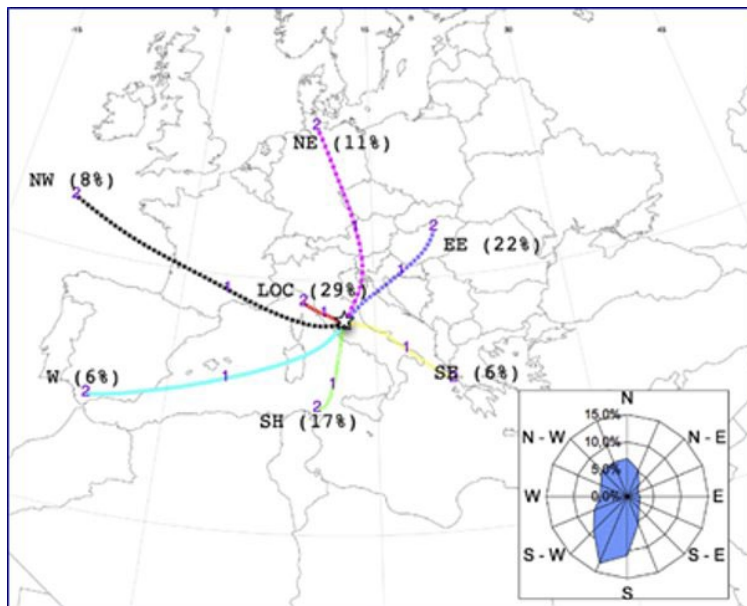
The net effect of such mechanisms (cooling or warming the climate system) is uncertain.

Kok et al. (2023)



Characterization of Saharan dust advections in Central Italy: Ground observations

- Operational since 2009
- Location: 42°48'19"N, 12°33'55"E
- Altitude: 1100m a.s.l.
- Free horizon 360°
- Above the PBL for most of the year
- Networks: **SDS-WAS; EMEP**



Instrumental equipment

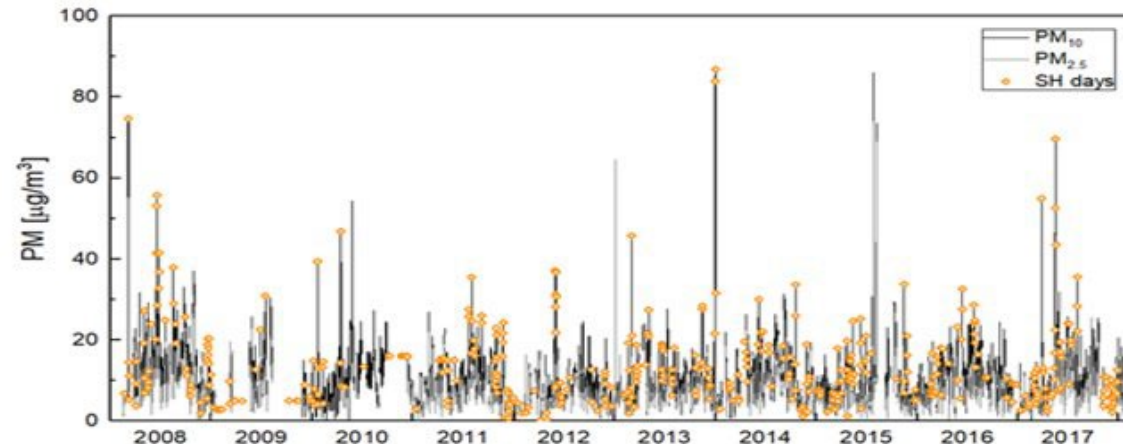
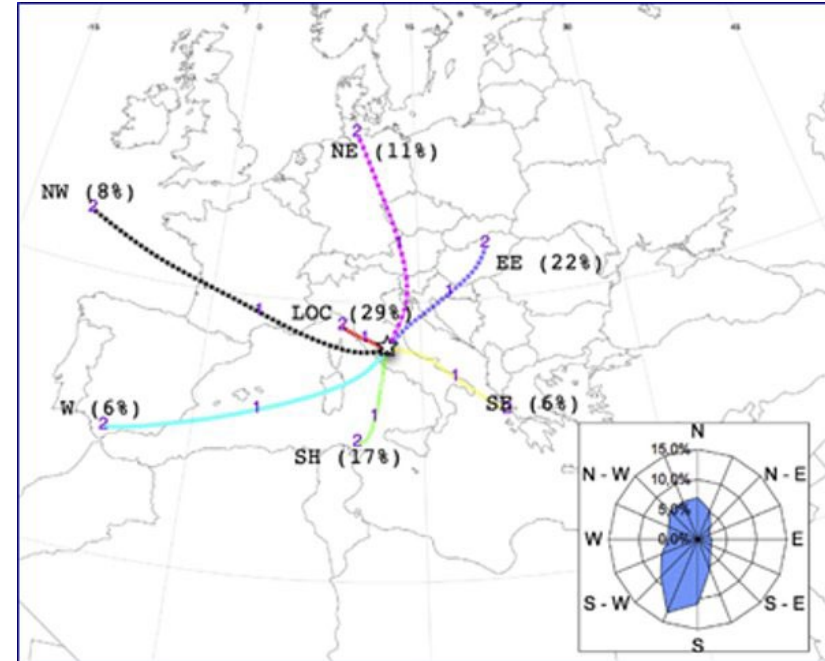
- Aerosol (PM_{10} , $PM_{2.5}$, OPC, BC)
- Gases (O_3 , NO_x , CO_2)
- Meteo (T, P, RH, wind)
- Depositions (wet+dry)

Moroni et al. (2015)

Characterization of Saharan dust advections in Central Italy: Back-Trajectory analysis (BT)

- HYSPLIT v4.513 model
- 1x1 degree GDAS meteo-fields
- 4 altitudes (0, 500, 1000 and 3000 m a.g.l.)
- 6 hours (00:00, 06:00, 12:00 and 18:00 UTC time)

BTs were used to identify the days affected by Saharan dust transport

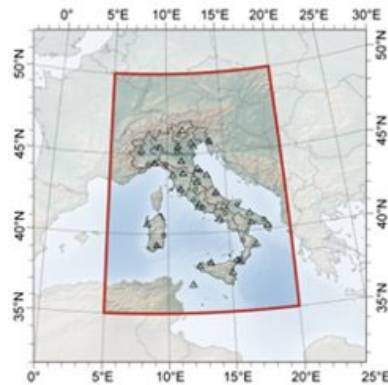


What environmental conditions favor SDA in Central Italy? Studying the correlation with Circulation Weather Types

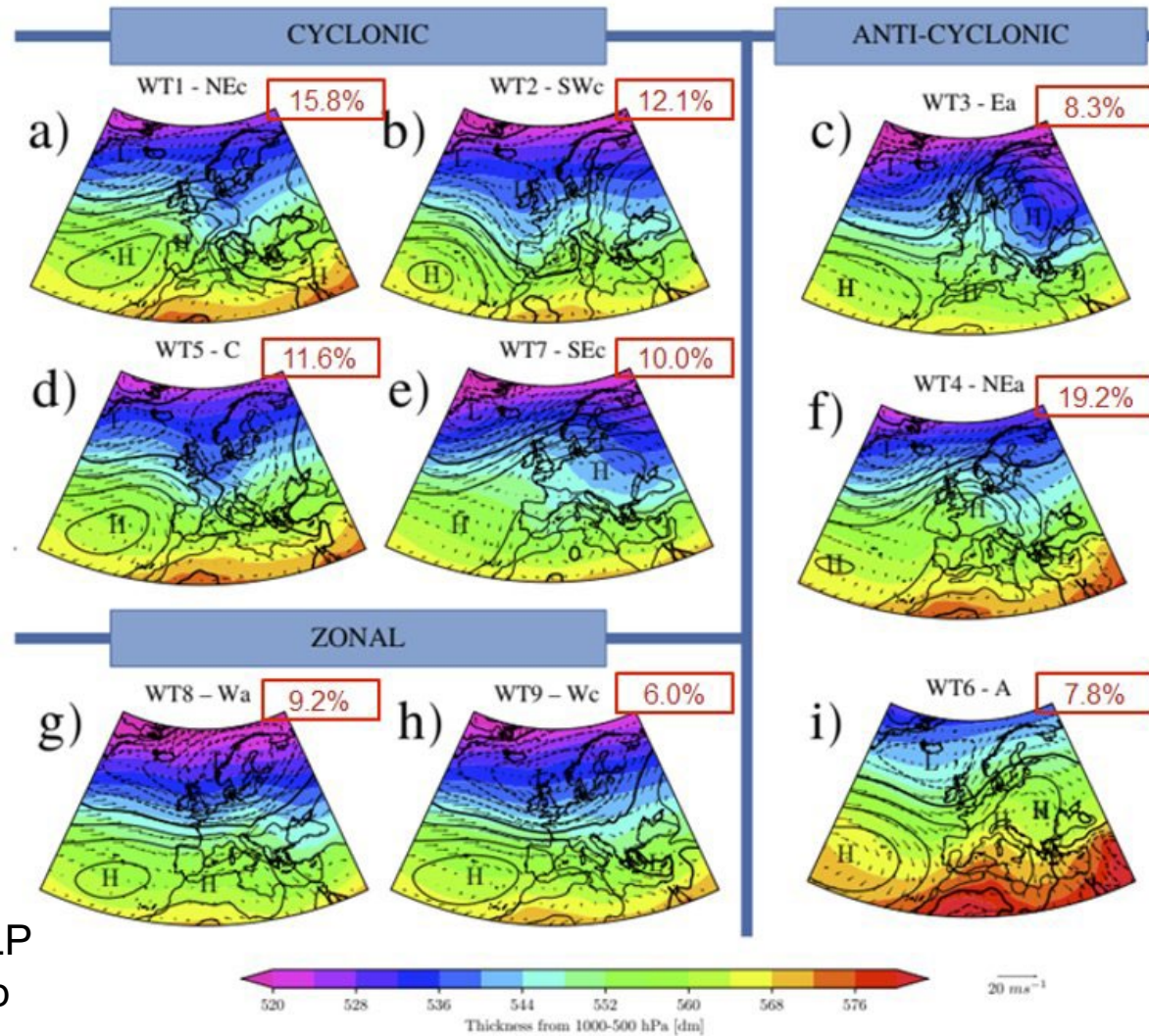
ERA5 Reanalysis

From 1951 to 2019:

- Daily mean of MSLP
- Daily mean of Z, TCWV, IVTe, IVTn, WS (850 hPa), WD (850 hPa)
- Daily Rainfall



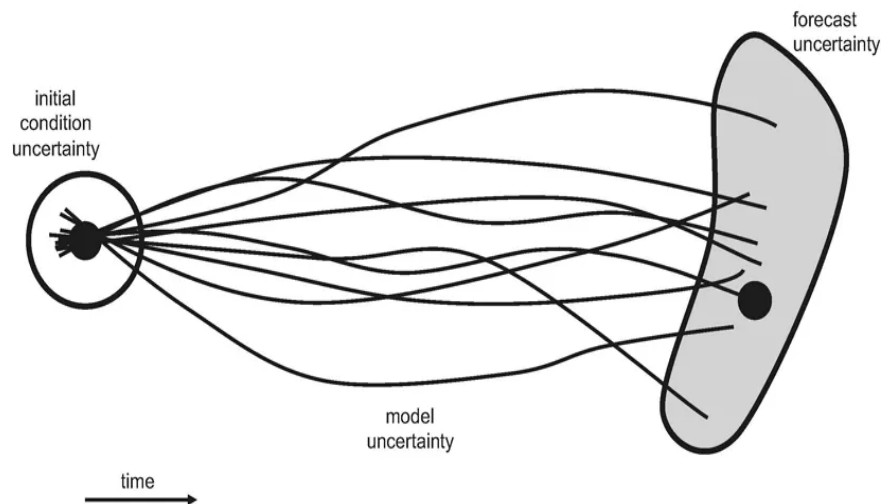
PCT9 Method (Principal Component in T-mode) using MSLP
Software cost733class-1.4 (Philipp et al., 2016)



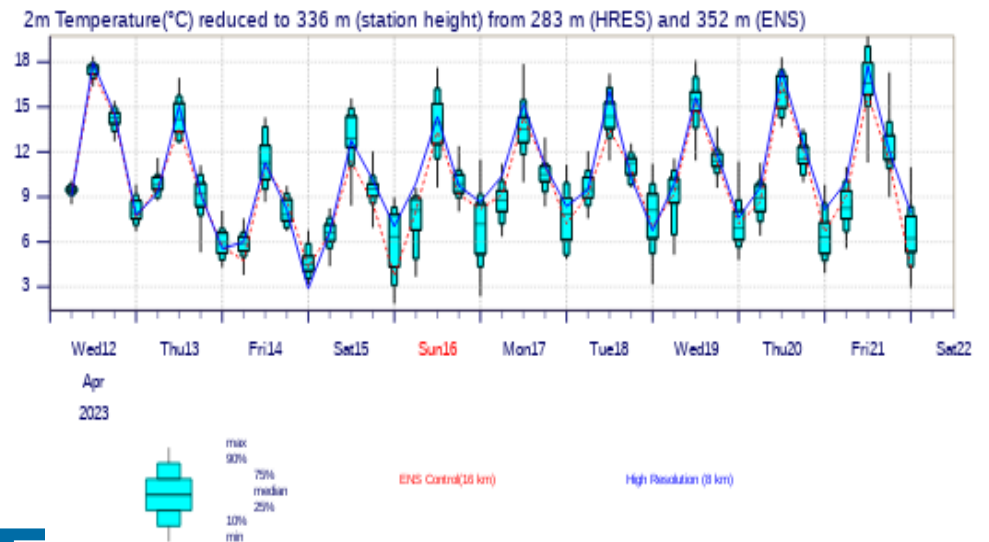
Il Progetto RIMU: La modellazione numerica

- Cosa significa Ensemble Forecasting?

La natura caotica dell'atmosfera significa che tutti i sistemi di previsione del tempo contengono incertezze. Un ensemble (o gruppo) di previsioni cerca di comprendere e quantificare questa incertezza fornendo un range di possibili risultati della previsione.



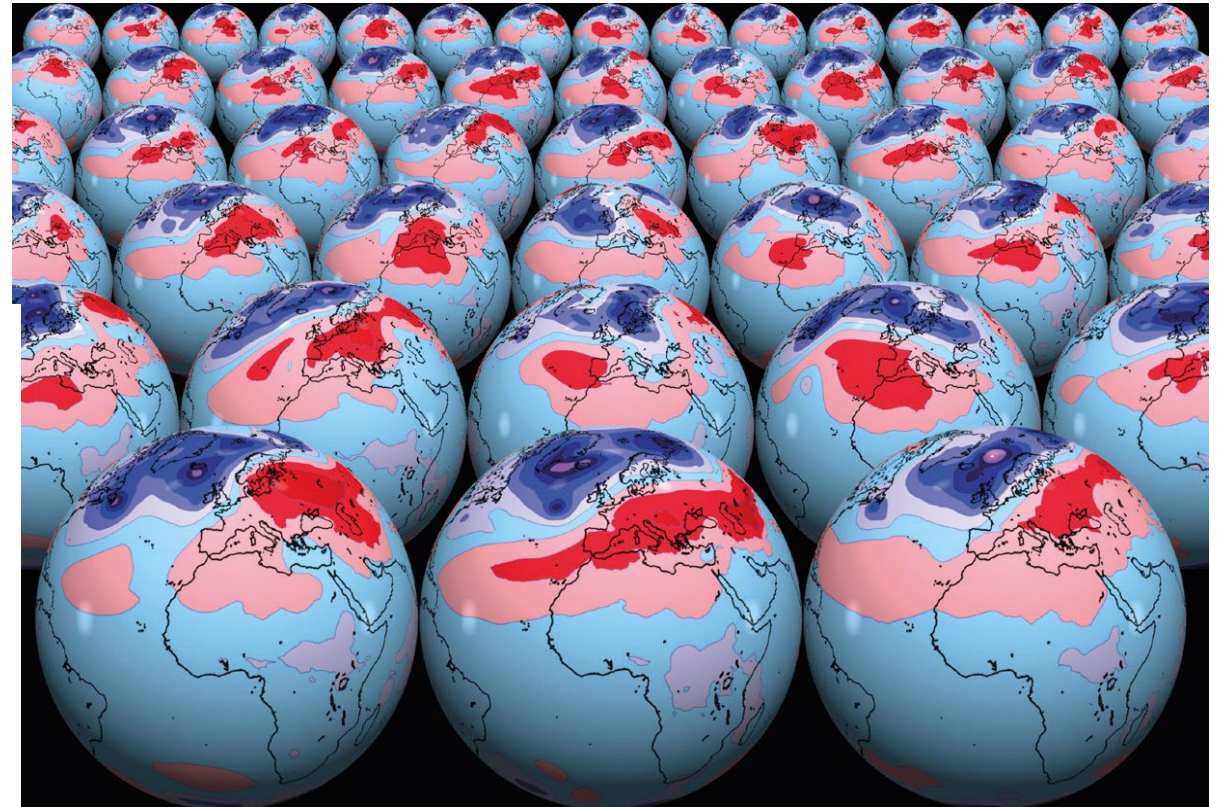
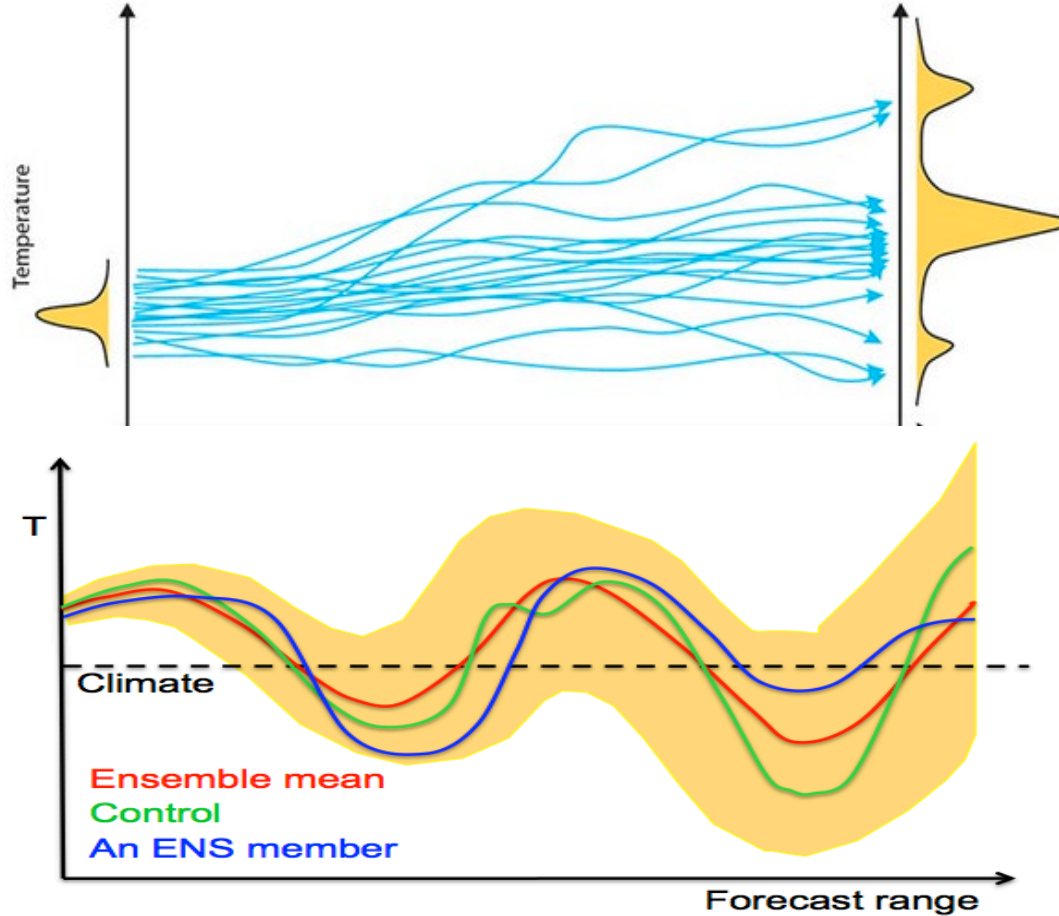
ENS Meteogram
Perugia - Umbria - Italy 43.08°N 12.51°E (ENS land point) 336 m
High Resolution Forecast and ENS Distribution Wednesday 12 April 2023 00 UTC

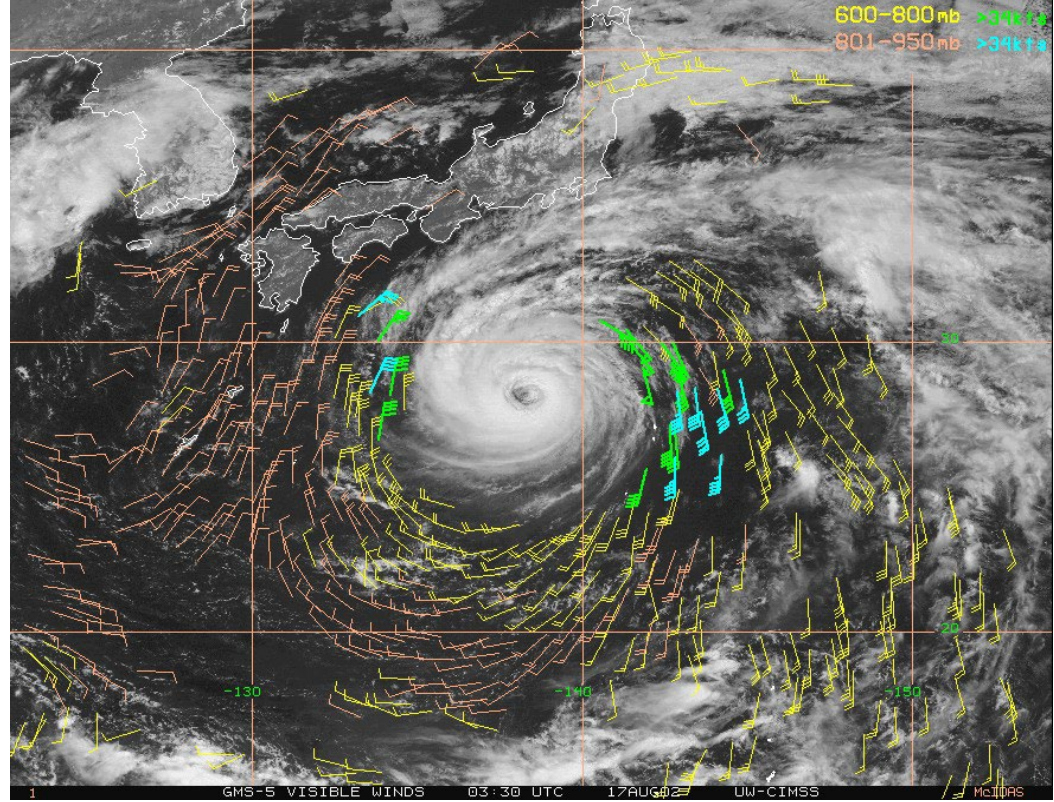
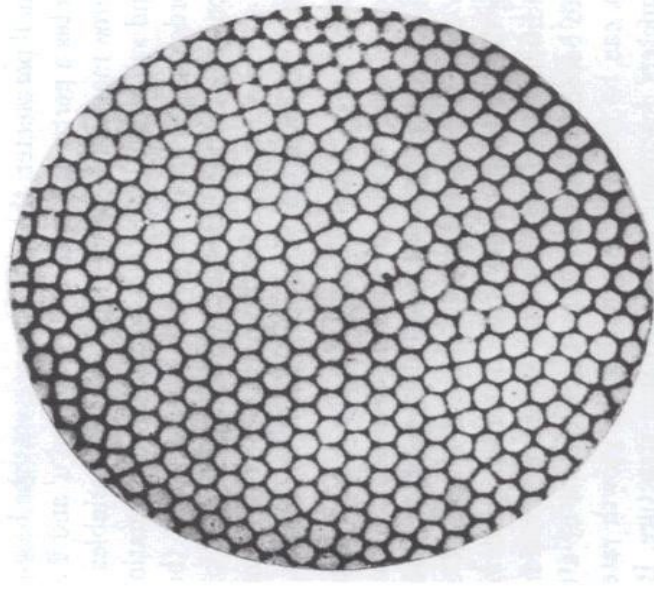


Ensemble@ECMWF



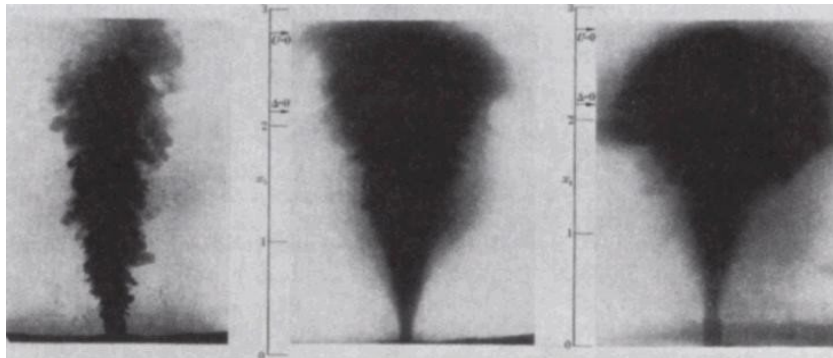
The four Atos supercomputing complexes are linked to four routers and two separate storage networks. Three of the complexes are under final configuration validation stages with Atos prior to release to ECMWF.





CONVEZIONE: COME APPARE?

Moist Convection Global



Applicazioni Risorse lun 15 ott, 12.37 Chiara Marsigli

HYMEX Operating Center - Mozilla Firefox

File Modifica Visualizza Cronologia Segnalibri Strumenti Aiuto

HYMEX Operating Center x Infomet 2.0 :: ARPA SIMC x HyMeX page

sop.hymex.org/group/groupRun.php?current=20121014&nav=COSMO-H2-EPS-Rain&expected=dom3-lt

HyMeX **14** October 2012

Home>Models>Atmospheric models>Convection-permitting models>Ensemble forecast>COSMO H2 EPS>Stamp maps RR24

Stamp maps RR24, Probabilities RR24. Current Day: 14-Oct-2012

COSMO H2 EPS Stamp maps RR24

Area: Native, Balearic Isles, Catalonia, Central Italy, Corsica, Cevennes-Vivarais, Liguria-Toscana, North-East Italy, Valid: from 15 Oct 2012 00:00 UTC to 16 Oct 2012 00:00 UTC

Member1 Member2 Member3 Member4

Member5 Member6 Member7 Member8

Member9 Member10

Archives

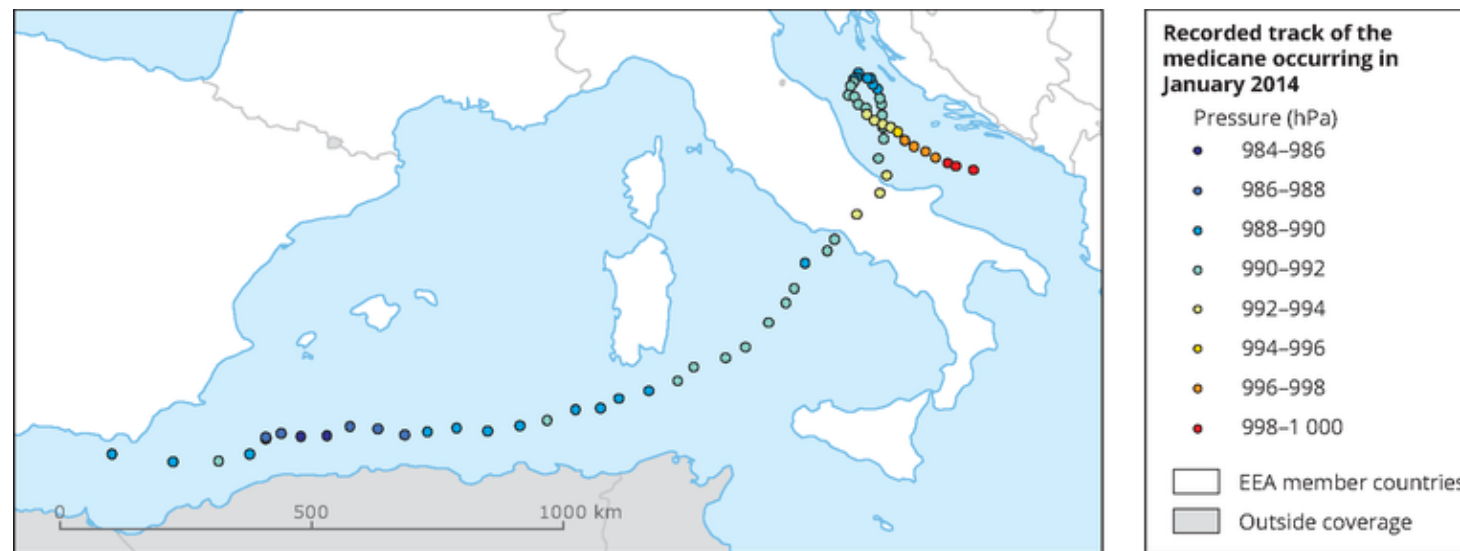
Oct-2011:	25
Nov-2011:	04
Aug-2012:	28 29 30 31
Sep-2012:	02 03 04 05 06 07 08 09 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30
Oct-2012:	01 02 03 04 05 06 07 08 09 14

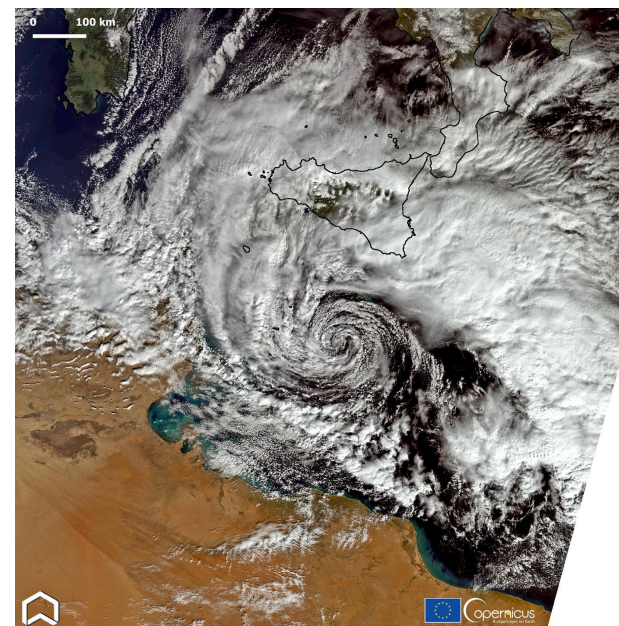
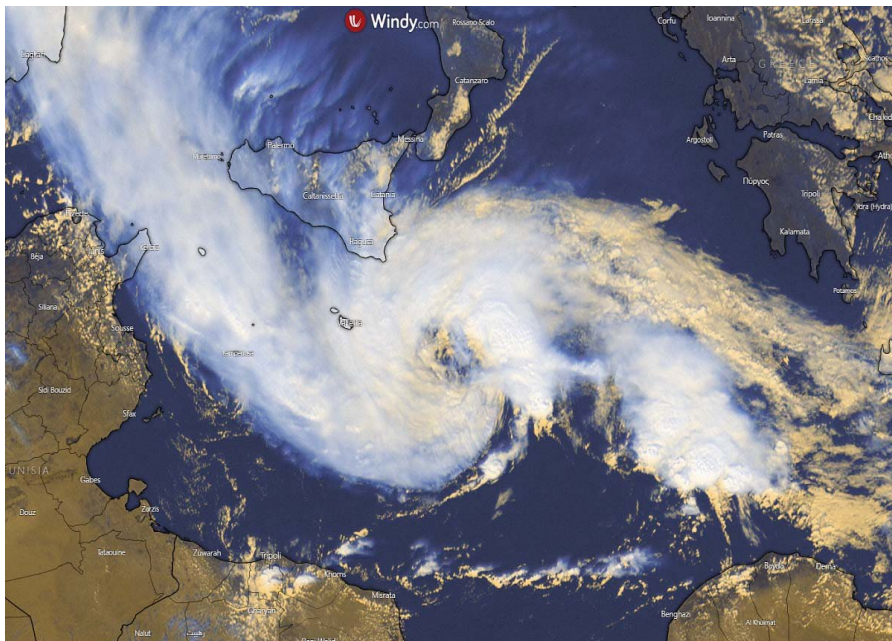
In arrivo (124 non l... HYMEX Operating C... cmarsigli@wanda... chiamarsigli - Skype... [Sop-hymex-it] ATR ...

I cicloni mediterranei (Medicanes=Mediterranean Hurricanes) e il caso particolare degli uragani mediterranei o dei cicloni simil-tropicali

Test degli ensemble con eventi estremi sul Mediterraneo:

La regione mediterranea è inoltre considerata un "hot spot" per gli impatti dei cambiamenti climatici in atto, che la rendono particolarmente vulnerabile agli effetti di eventi precipitativi estremi (Giorgi et al., 2006).



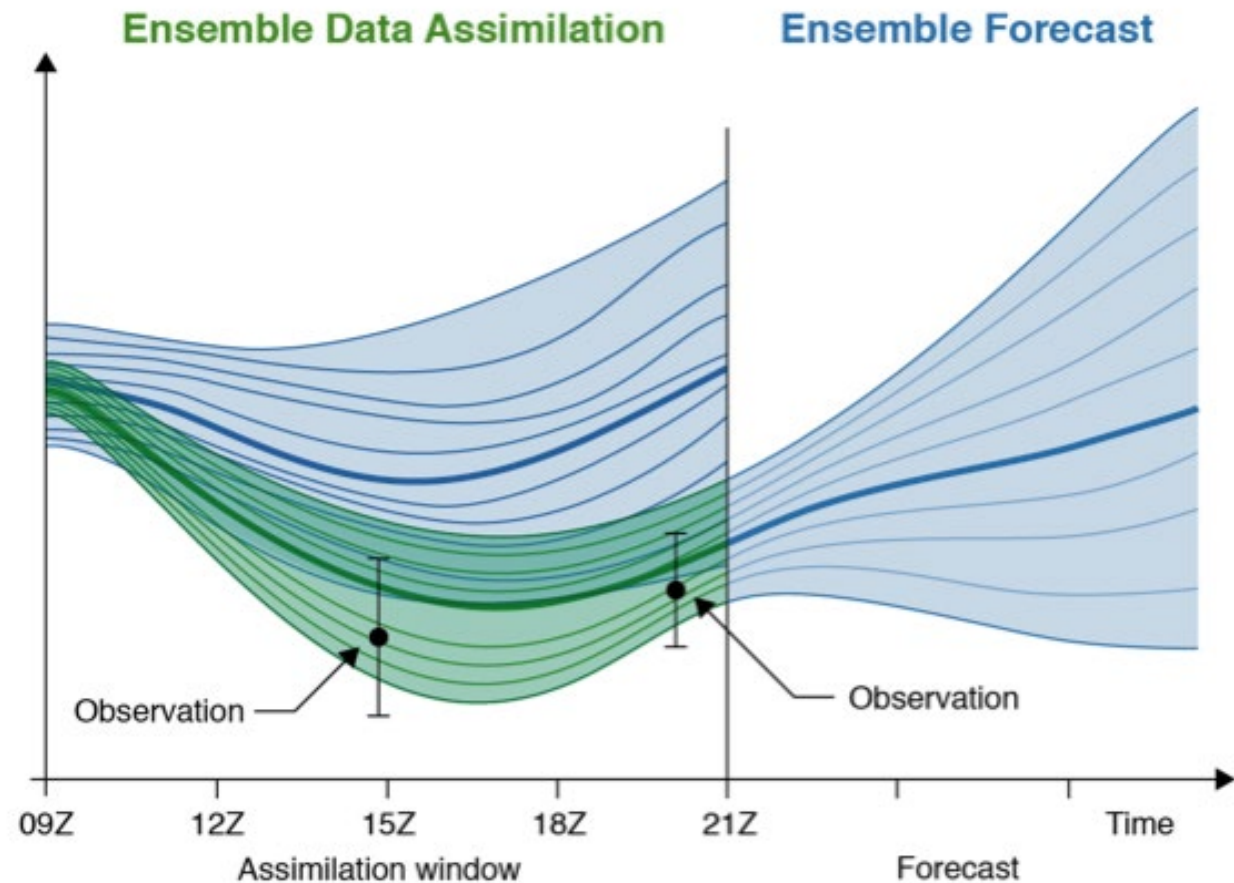


I Medicanes sono un tipo particolare di cicloni mediterranei che presentano una struttura a nucleo caldo con venti superficiali che spesso raggiungono i 25 m/s, occhio centrale e forte convezione attorno alla quale si estendono le bande di precipitazione;

Si verificano soprattutto nella stagione invernale e autunnale (dal 1948 al 2011 ci sono stati 99 Medicanes, con una media annuale di $1,75 \pm 1,30$).

Ensemble Forecast Experiments: different ensemble system

Sono stati utilizzati il sistema di previsione ensemble ECMWF Integrated Forecasting System (IFS) (Cycle 47r3) e l'analisi operativa ECMWF;
Sia le previsioni di ensemble che l'analisi operativa hanno una spaziatura orizzontale della griglia di 9 km (TCO1279) e sono eseguite con 137 livelli verticali;
Sono state condotte tre diverse serie di esperimenti, tutte costituite da un ensemble di 8 (28) membri;
Le previsioni di ensemble sono inizializzate, pari a 3 date iniziali, ogni giorno alle 00:00 UTC.

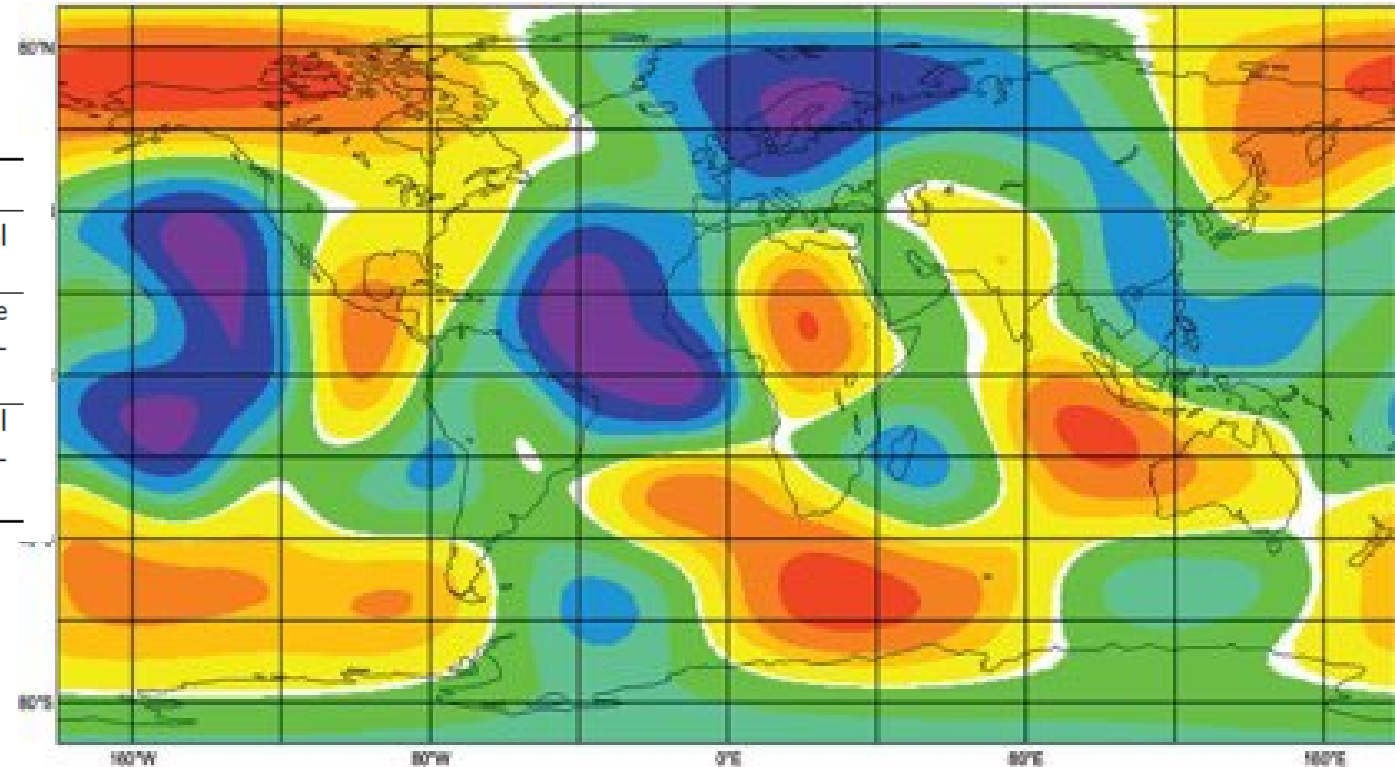


Ensemble Forecast Experiments: Medicanes

- INI experiment = Ensemble Data Assimilation, EDA,
- SPP-conv and SPP experiments = Stochastically Perturbed Parameterizations (SPP)

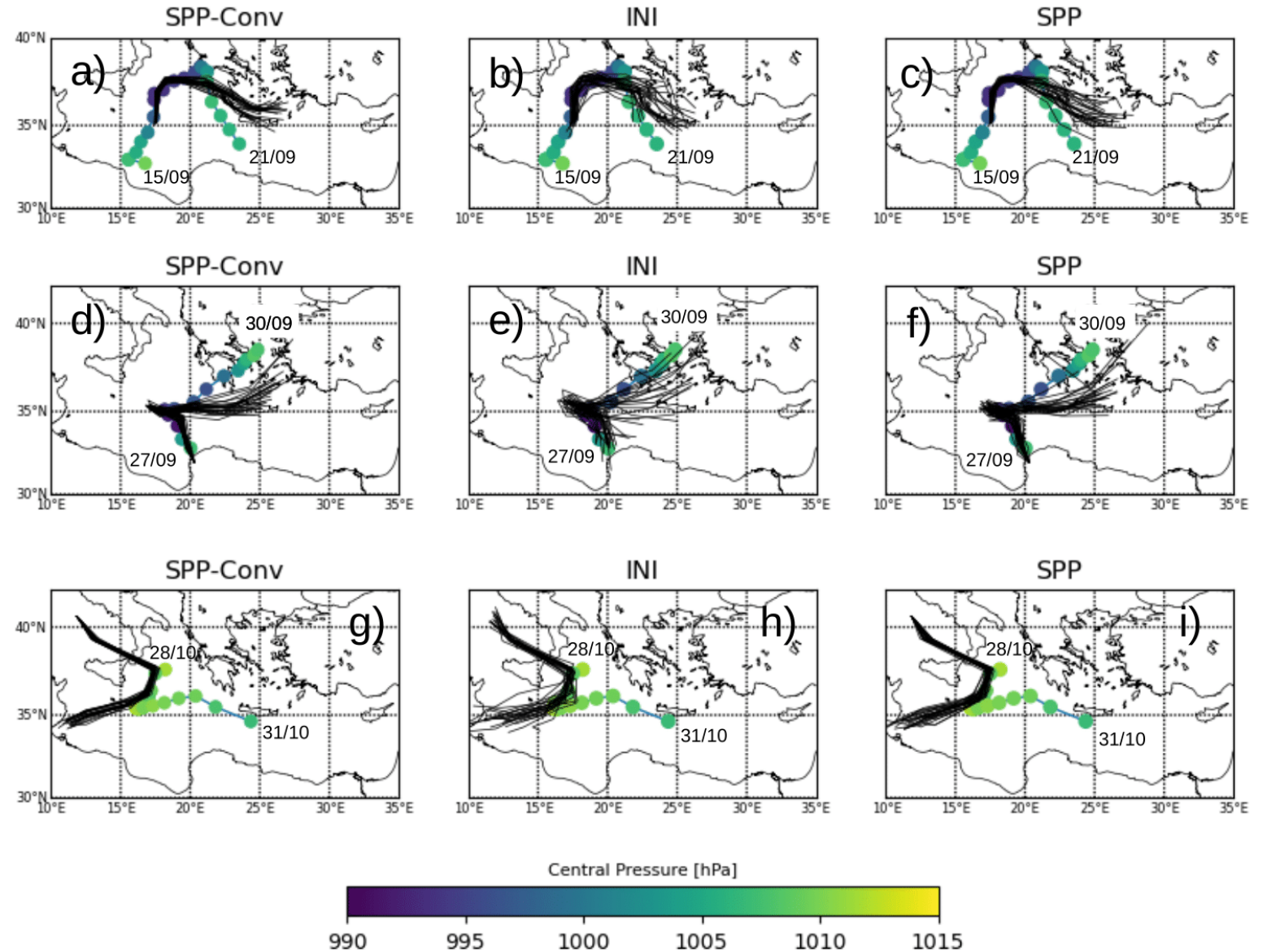
$$\xi_j = \exp(\Psi_j)\hat{\xi}_j, \quad \Psi_j \sim \mathcal{N}(\mu_j, \sigma_j^2)$$

Experiment ID	Experiment Setup
<i>INI</i>	Initial perturbations only - no model uncertainty representation
<i>SPP - Conv</i>	No initial perturbations - convective parameterization uncertainty representation
<i>SPP</i>	No initial perturbations - physical parameterizations uncertainty representation



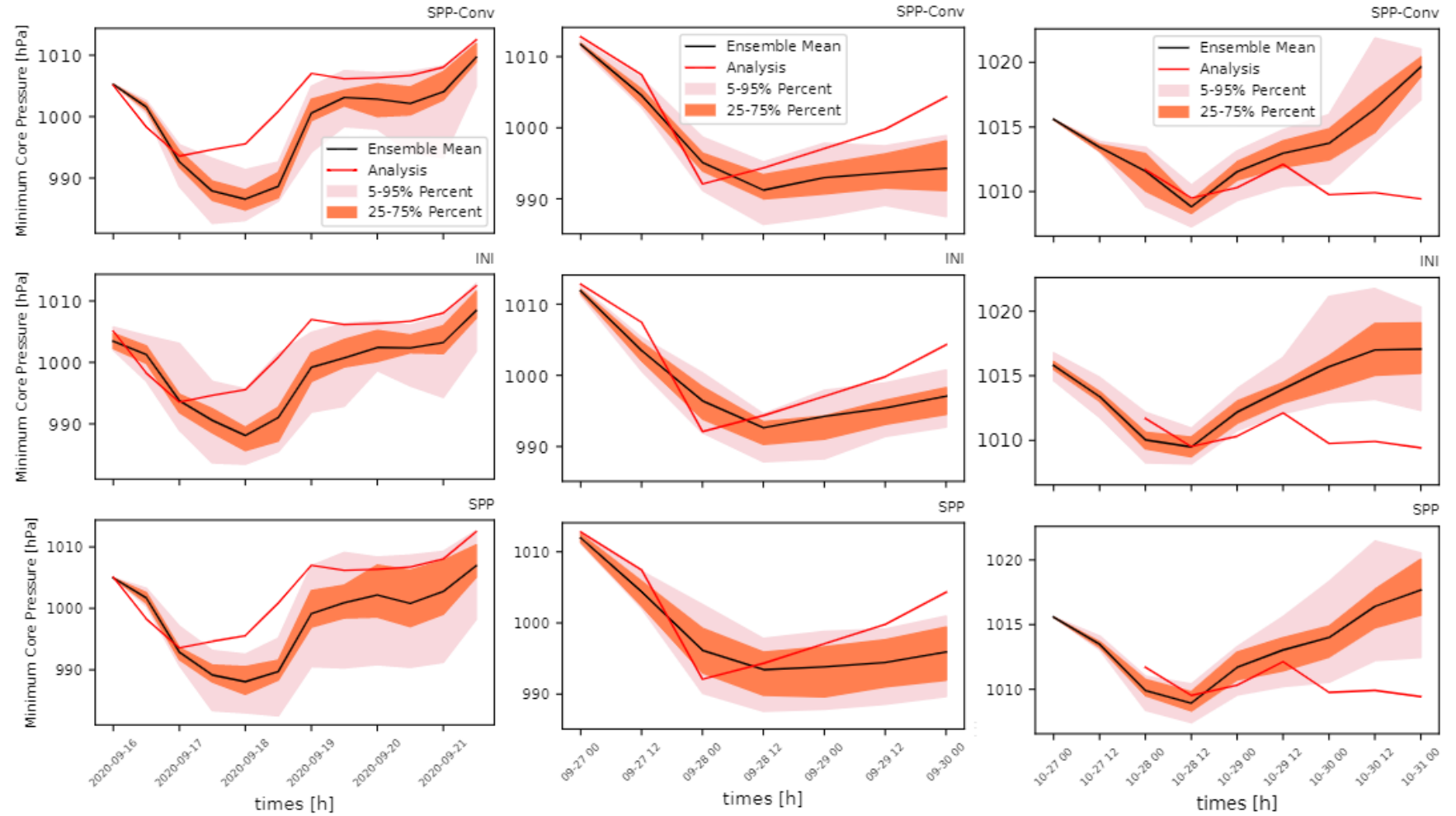
Cyclones tracking

Il metodo di tracciamento si basa su Picornell et al. (2014) e Ragone et al. (2018);
Si basa sul tracciamento della pressione minima media del livello del mare.
Tracce di analisi utilizzate come riferimento



Ensemble

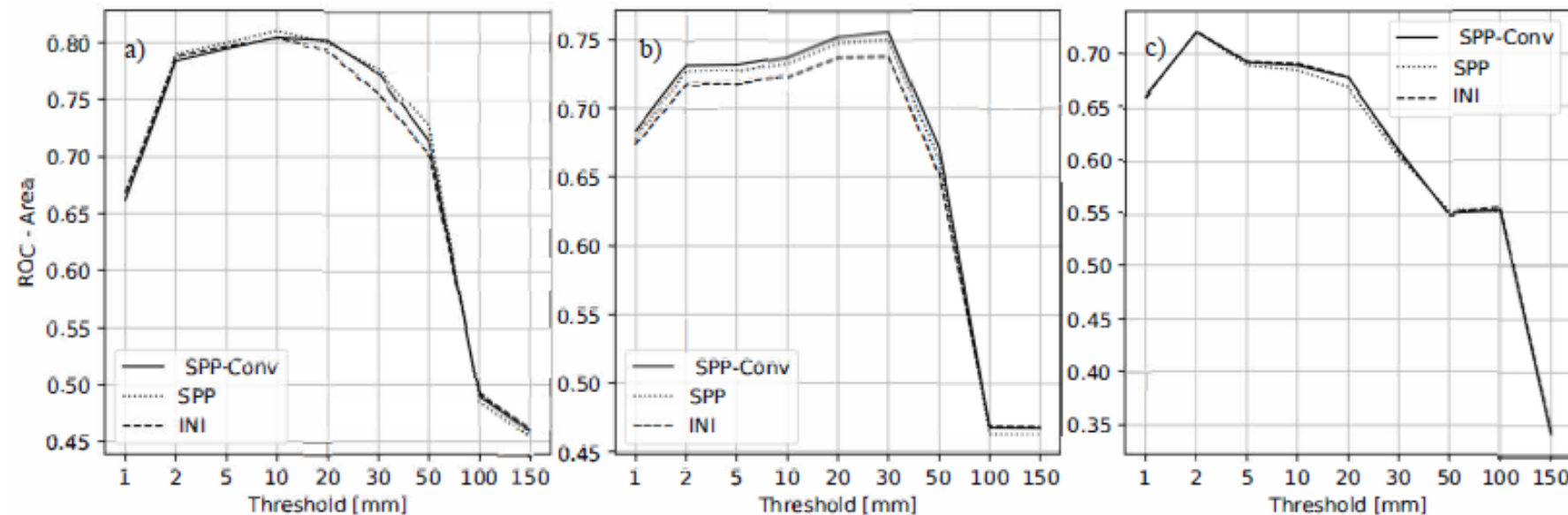
Quantificazione di spread e di errore



Valutazione delle precipitazioni

Confronto tra la precipitazione simulata e l'Integrated Multi-satellite Retrievals for the Global Precipitation Measurement Mission GPM (GPM-IMERG),

Tra i punteggi statistici calcolati, l'area della Curva Operativa Relativa (ROC) è particolarmente rilevante.



Sommario:

Il Progetto RIMU che ha lo scopo di sviluppare un **servizio meteo-climatico per la Regione Umbria**, partendo dal **pre-esistente network osservativo meteorologico** migliorato sia con **l'assimilazione di nuovi dati osservativi** che con l'applicazione di criteri di validazione secondo gli standard WMO, e con l'acquisizione di dati regionali nel network osservativo nazionale ed internazionale (E-OBS, COPERNICUS), intende mettere a punto un Sistema di modellazione per previsioni di ensemble ad alta risoluzione e a medio-range (fino a 10 giorni) sull' Umbria.

Il sistema di **previsioni di Ensemble** deriva dalla necessità di fornire una **incertezza** assieme ad **un insieme di possibili risultati della previsione deterministica**, che sia in grado di prevedere la **distribuzione di probabilità delle variabili** previste dai modelli, che hanno una natura caotica deterministica, sensibile a differenze anche piccole nelle condizioni iniziali.

L'utilizzo delle perturbazioni **SPP** e specificamente delle **perturbazioni dei parametri convettivi**, ora studiate con i ricercatori del ECMWF a Bonn, migliorano la revisione degli eventi convettivi estremi alle medie latitudini, mostrando risultati pari agli ensemble canonici. Il Sistema di previsioni di ensemble del ECMWF è piuttosto accurato nella riproduzione della precipitazione e sia della struttura termica che della simmetria dei cicloni Mediterranei.

La variazione **nella parametrizzazione convettiva** (variazione nella parametrizzazione del riscaldamento convettivo) è altrettanto efficace nel dare una variazione delle traiettorie delle simulazioni (spread) rispetto a quelle canoniche. Lo sviluppo di un Sistema di Previsioni di Ensemble nella RIMU verrà portato avanti con l'utilizzo di IFS e con la collaborazione dell'Università di Perugia con ECMWF.