



RIMU *clima*

Rete Integrata Meteorologica Umbra

e Strumenti per l'analisi climatica in Umbria

Il network degli strumenti osservativi e la modellistica meteo-climatica in Umbria nel progetto RIMU

Paolina Bongioannini Cerlini
Dipartimento di Fisica e Geologia
Università degli Studi di Perugia



A.D. 1308
unipg
DIPARTIMENTO
DI FISICA E GEOLOGIA

**COESIONE
ITALIA 21-27**

UMBRIA



- **BREVE STORIA DELLO SVILUPPO DEL PROGETTO DELLA RETE METEOROLOGICA INTEGRATA UMBRA (RIMU)** e motivazioni attuali per la progettazione della rete a mesoscala e per l'acquisizione di tutte le misure al suolo e in quota di tale rete all'interno della Regione Umbria.
- **RICERCA PER LA VALIDAZIONE DEI DATI** della rete terrestre regionale e per la classificazione delle stazioni meteorologiche classi del sito per suddividerle in base alla qualità e al tipo di utilizzo, il tutto seguendo gli standard WMO.
- **FASI E SCOPI DI RIMU:**
 - Integrazione Osservazioni a terra ed in quota
 - 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 dei cicloni estremi;
- *Commissionato dalla Regione Umbria, il lavoro è alla base della creazione della Rete Meteorologica Integrata Umbra (RIMU) realizzata dall'Università degli Studi di Perugia in collaborazione con il Servizio rischio idrogeologico, idraulico e sismico, e di difesa del suolo e con il Centro Funzionale della Protezione Civile ed Emergenze della Regione Umbria*



Gruppo di ricerca di UNIPG: progetto RIMU



**Paolina
Bongioannini
Cerlini**



**Lorenzo
Silvestri**



**Miriam
Saraceni**



**Bruno
Brunone**



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/met.1913>

Silvestri, L., Saraceni, M., & Bongioannini Cerlini, P. (2022). 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>

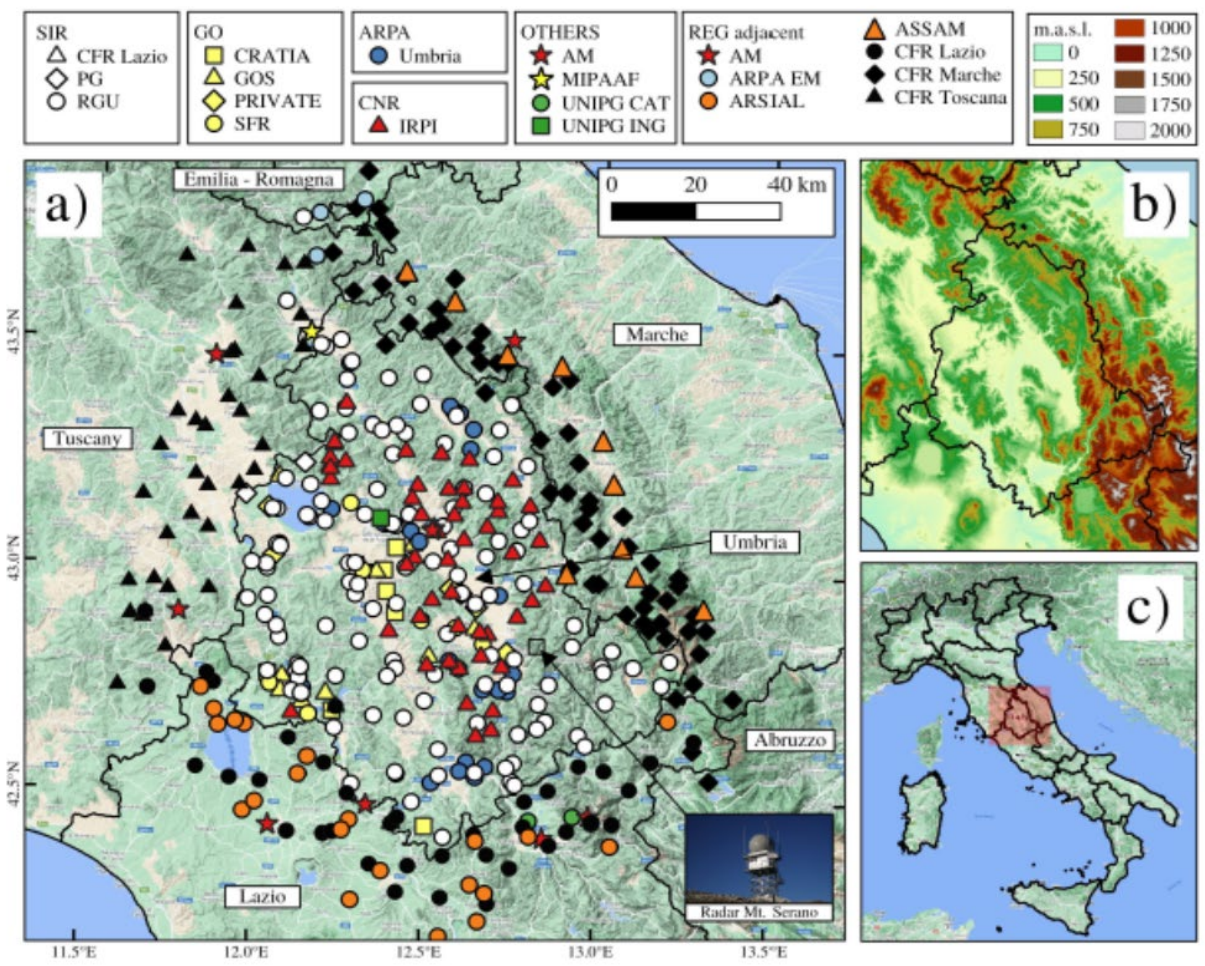


Fig. 2.1 Map of the study domain: a) overview of the meteorological stations present in the territory; b) topography; c) location of the Umbria region inside the Italian peninsula.

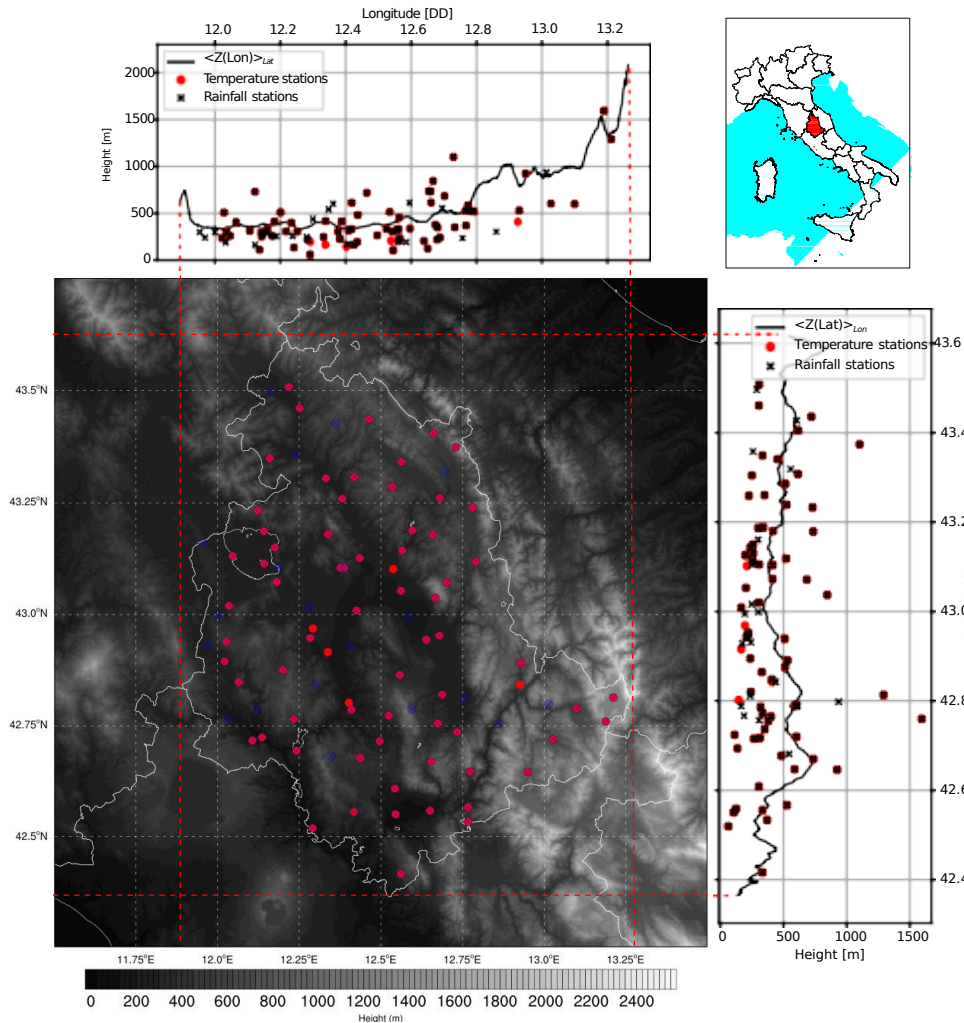


| Institution | Stations | P | T-RH | W | SR | PP | SND | WL | LW | SW-ST |
|---|----------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|
| Regional Hydrographical Service (SIR) | 127 | 90 | 78 | 18 | 10 | 9 | 4 | 63 | | 3 |
| Smartmeteo Operational Group (GO) | 37 | 37 | 28 | 6 | 5 | | | | 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: raingauge (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).

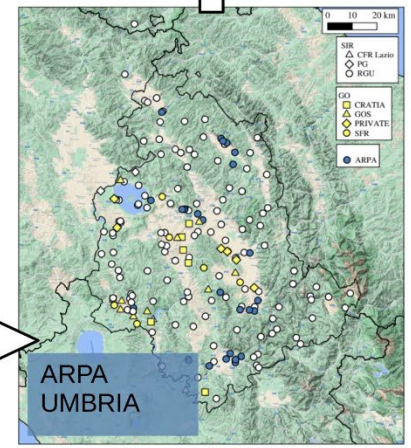
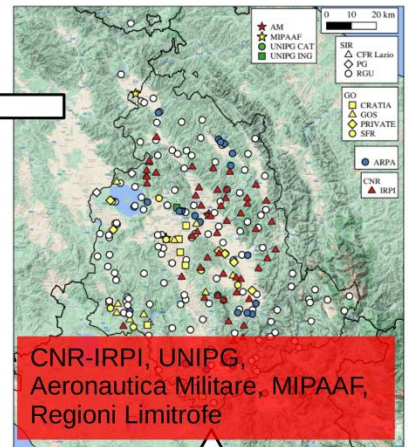
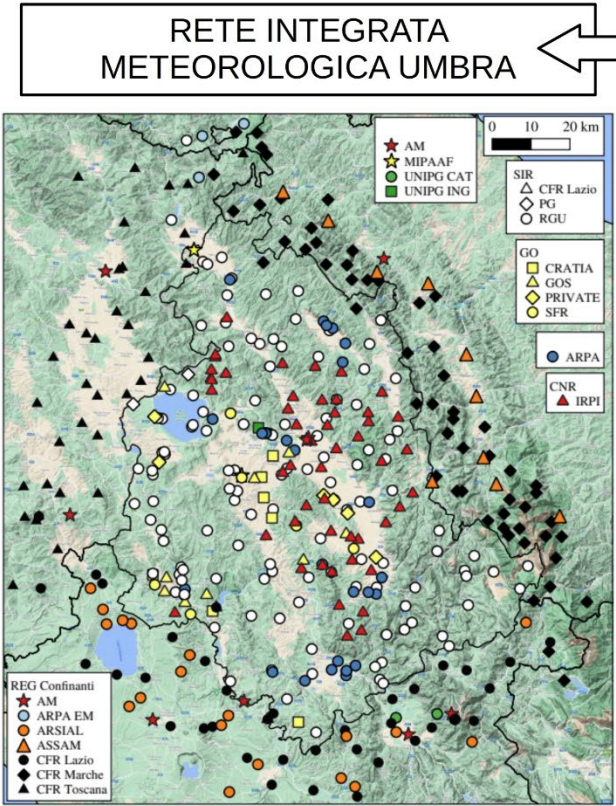
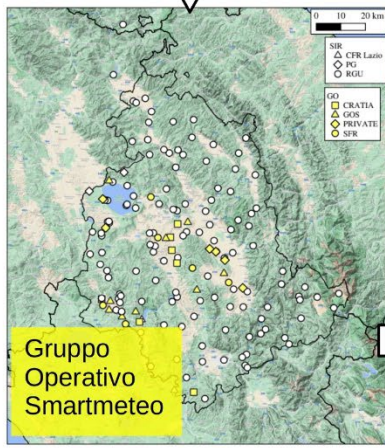


Topographic analysis

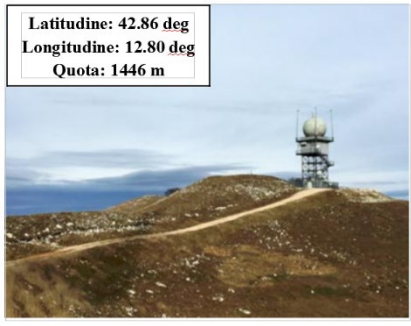


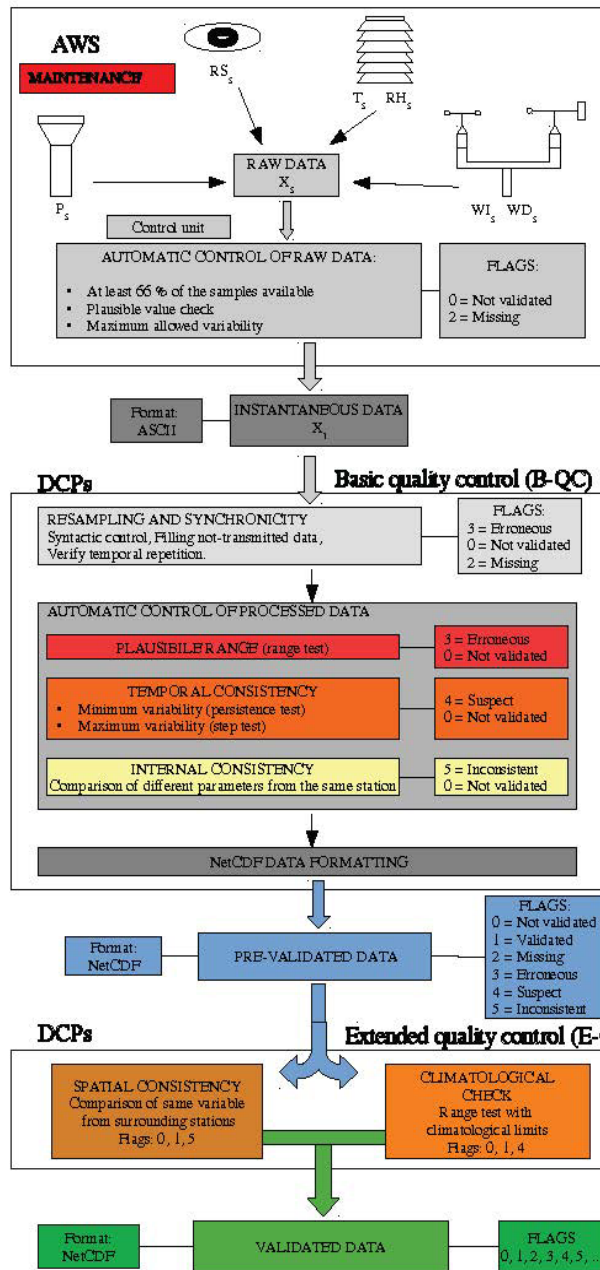
RGU stations:
 Temp \rightarrow 73
 Prec \rightarrow 89

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



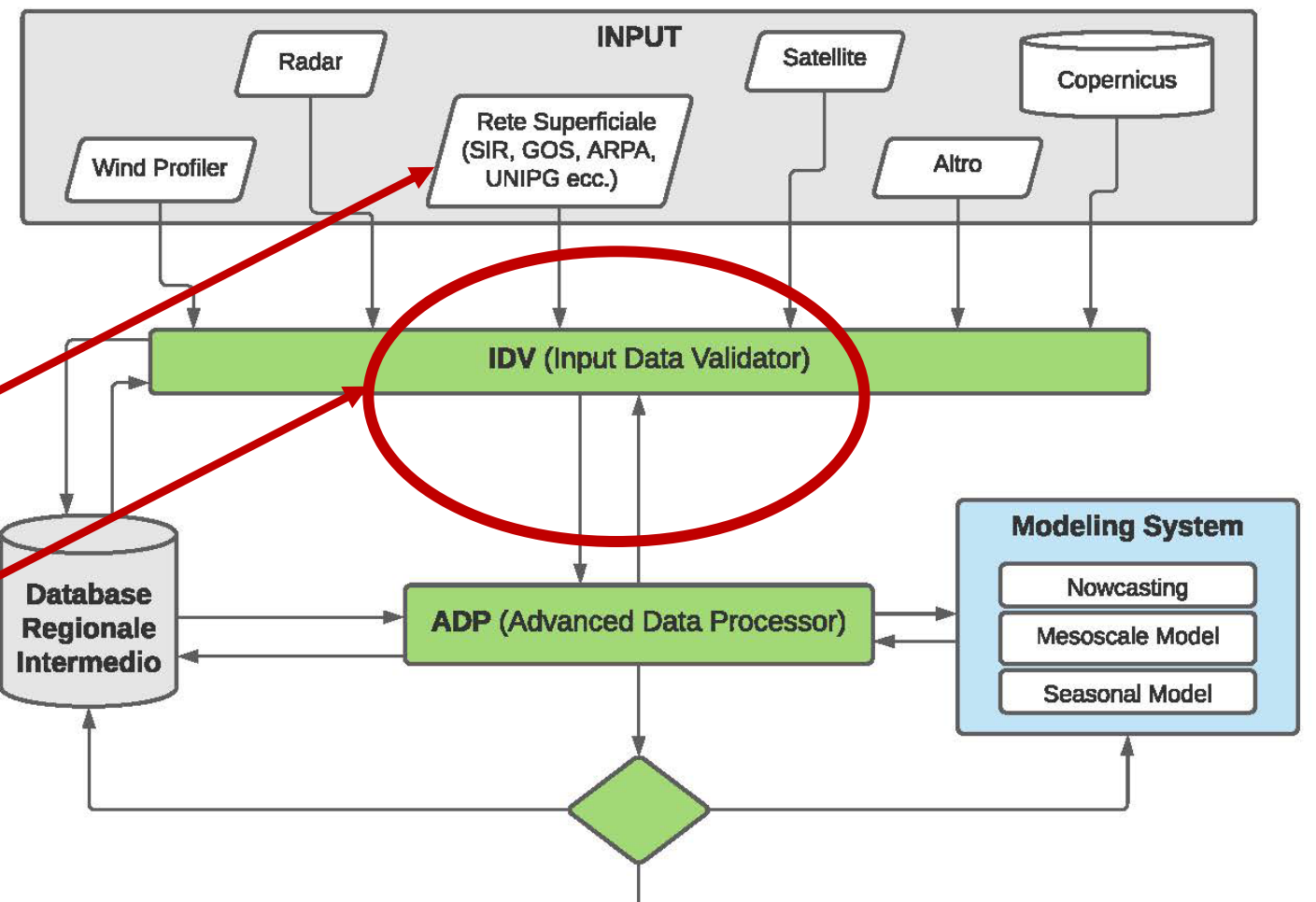
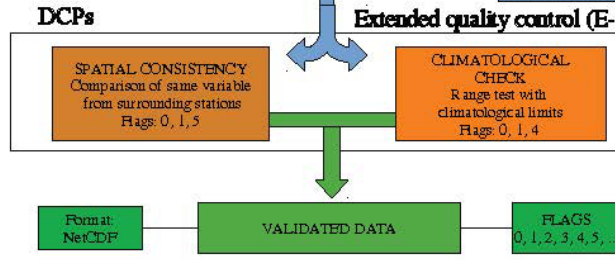
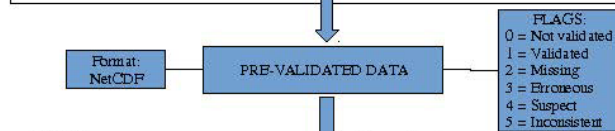
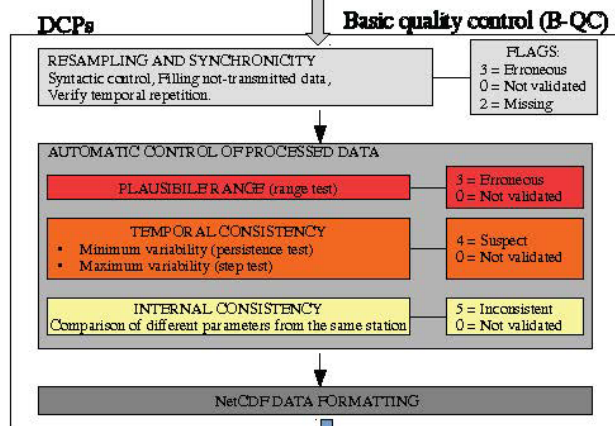
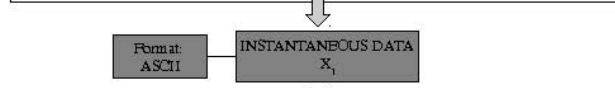
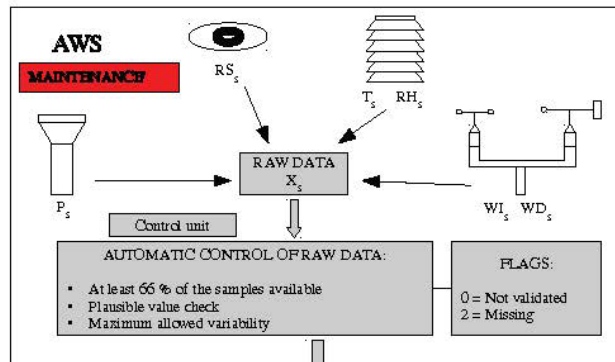
Latitudine: 42.86 deg
 Longitudine: 12.80 deg
 Quota: 1446 m

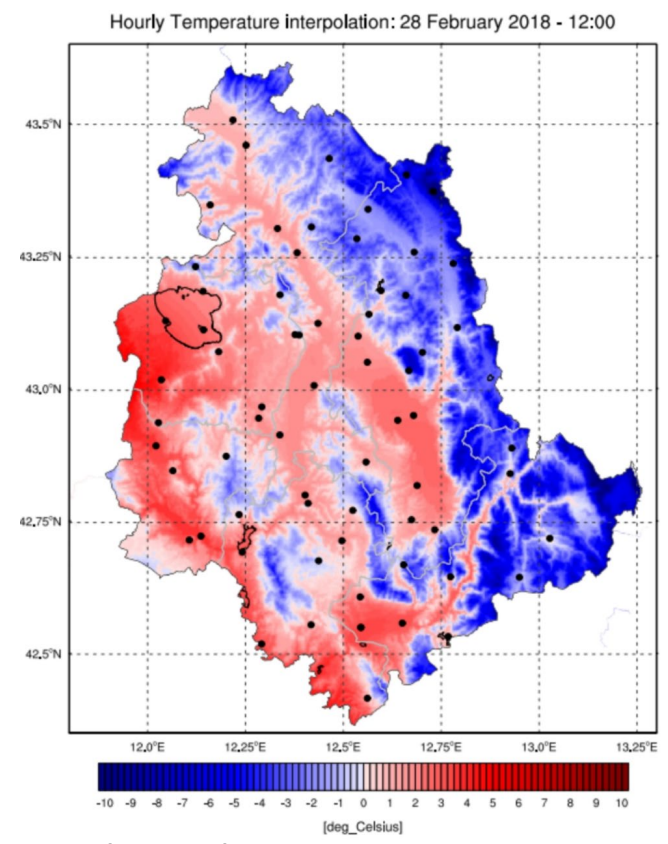
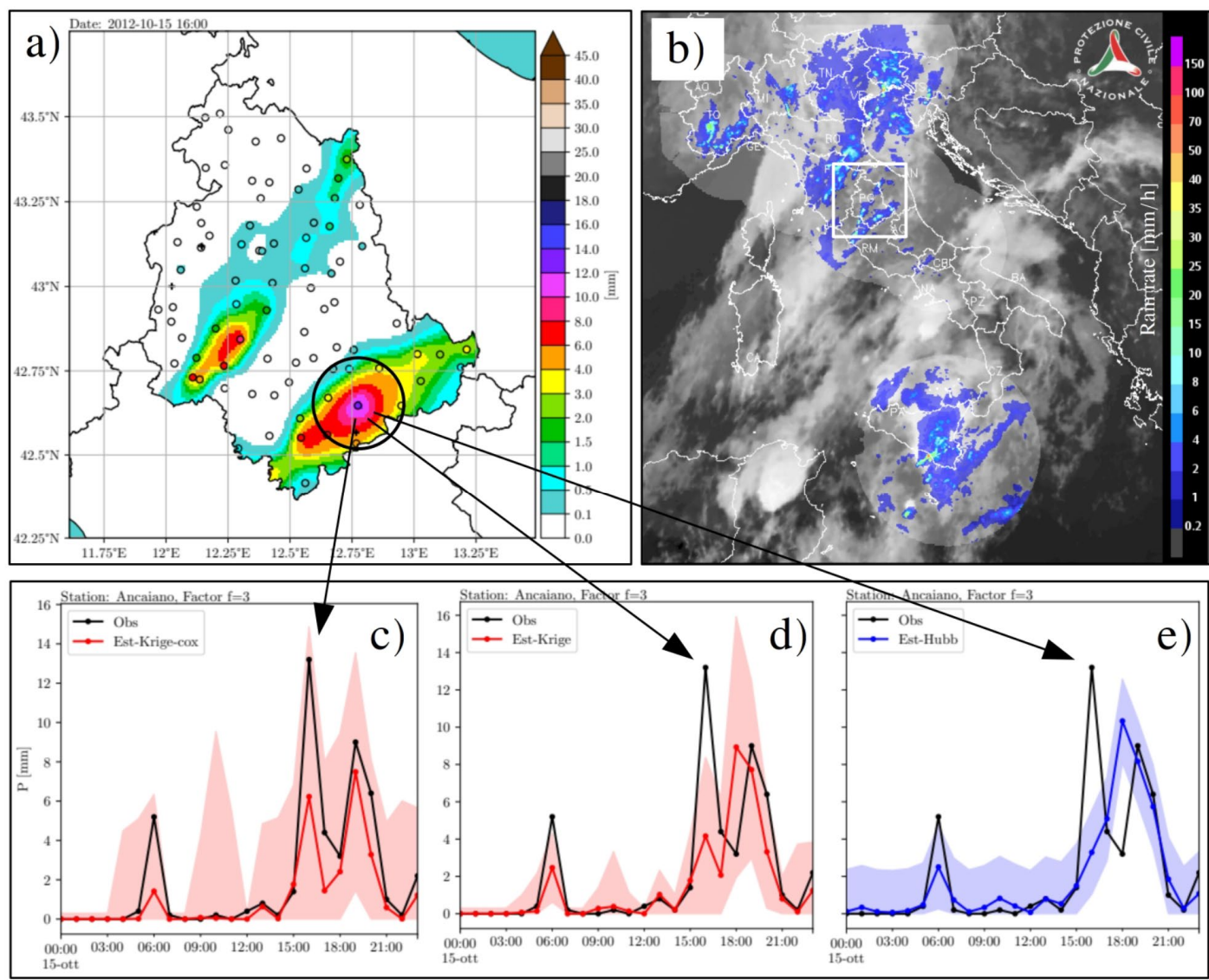




The validation procedure is made by three step (figure 3):

- 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.



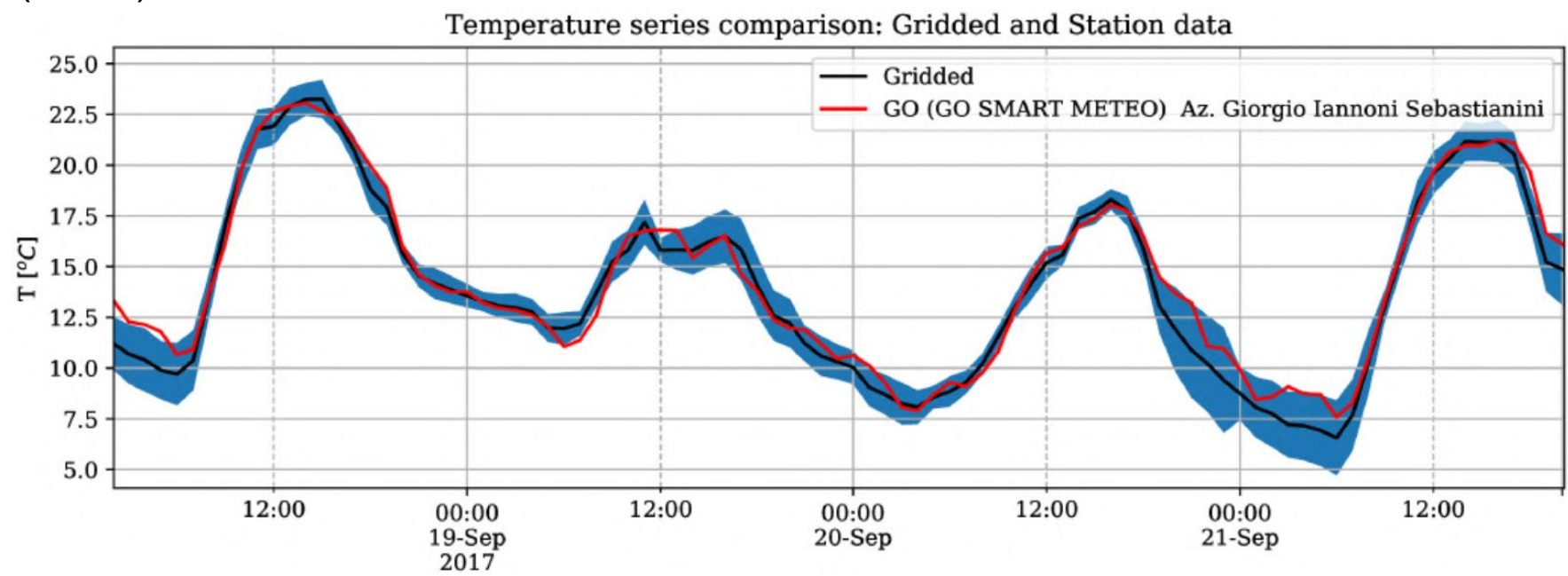


Silvestri, L. et al. Quality management system and design of an integrated mesoscale meteorological network in Central Italy. *Meteorological Applications*, 29(2), e2060. <https://doi.org/10.1002/met.2060>

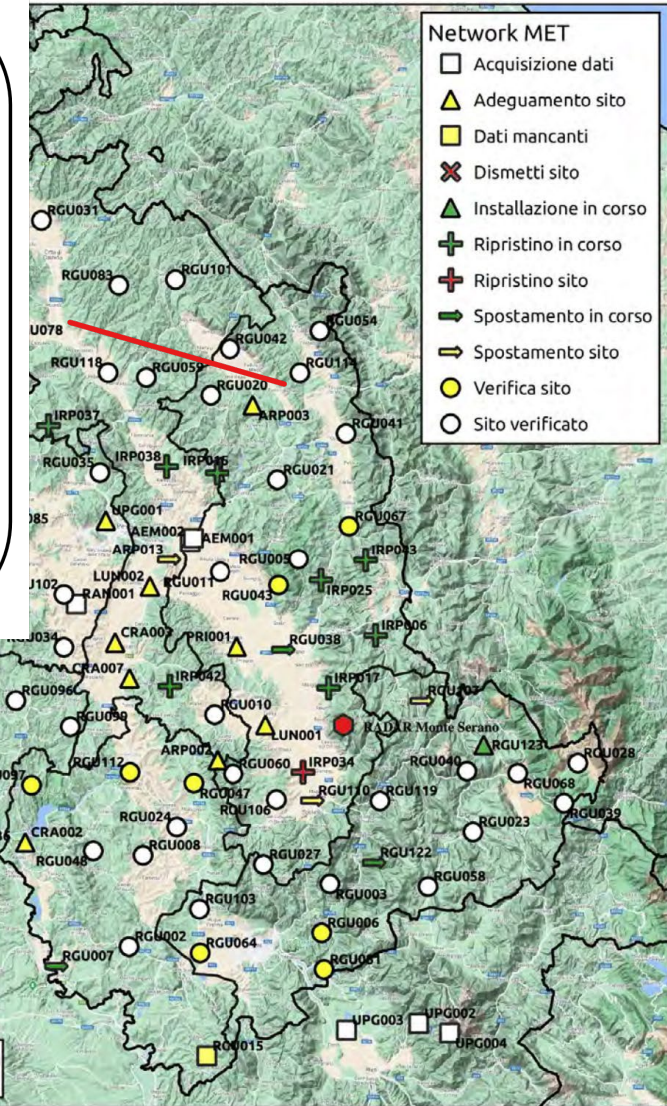
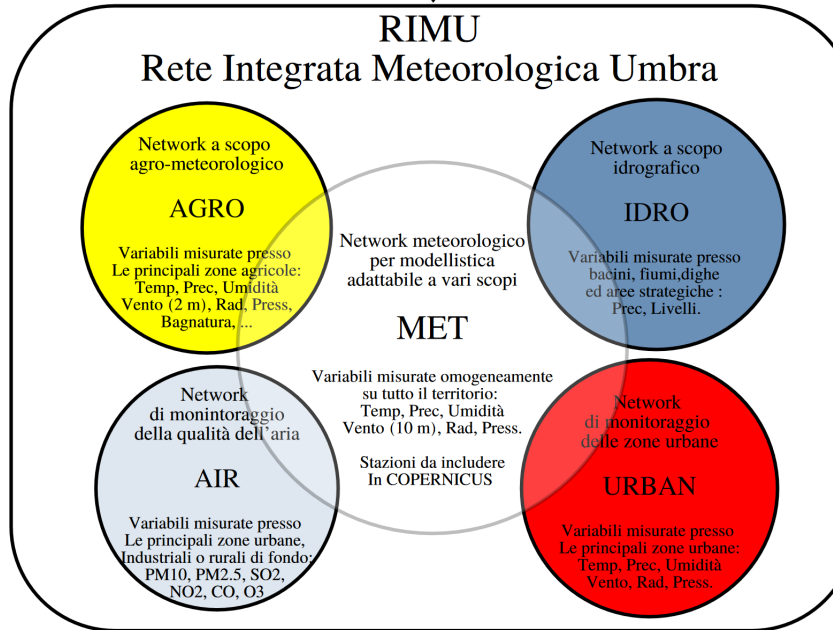
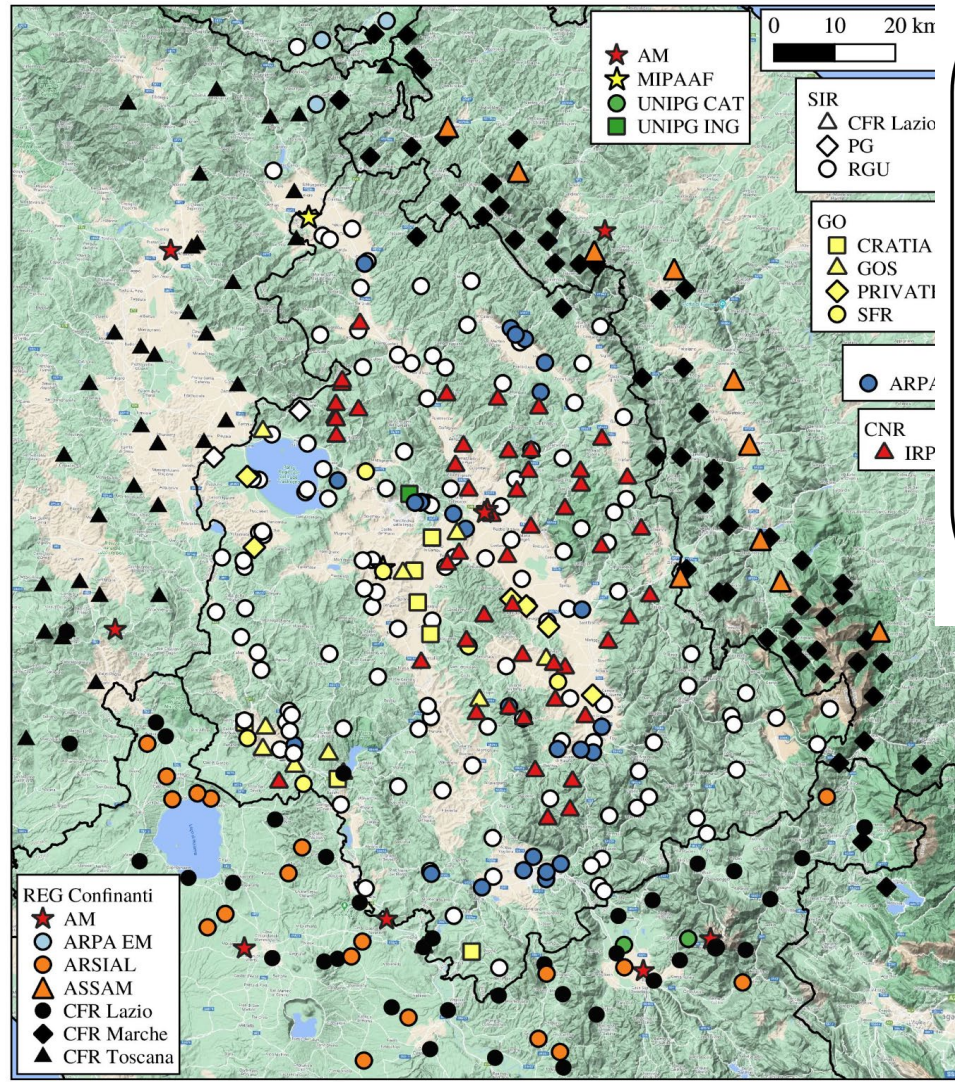


La validazione dei dati

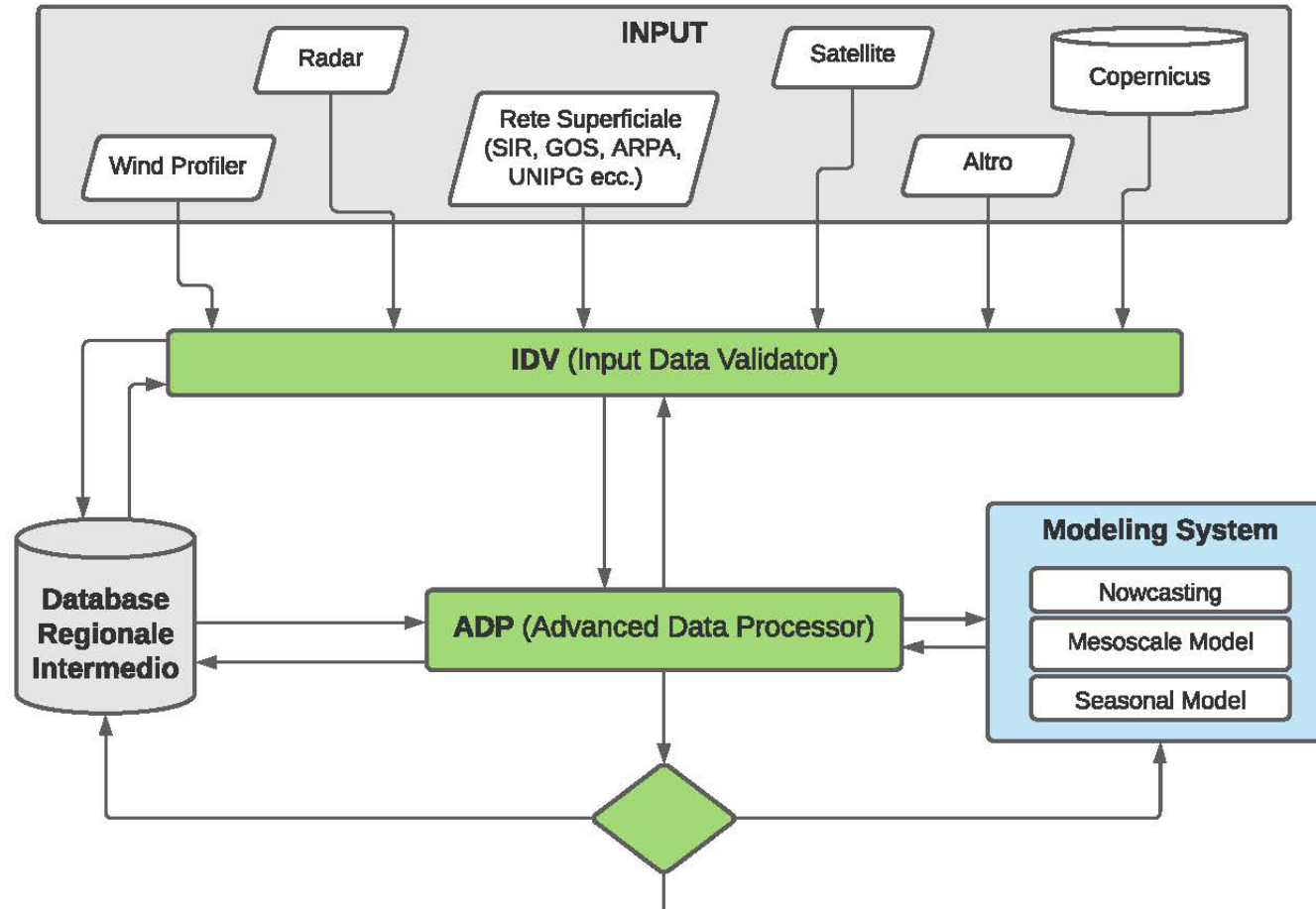
Esempio di serie temporale estratta dal prodotto spaziale con la relativa incertezza (blu) e comparazione con la misurazione diretta di una stazione (rosso).



Network osservativo RIMU e servizi



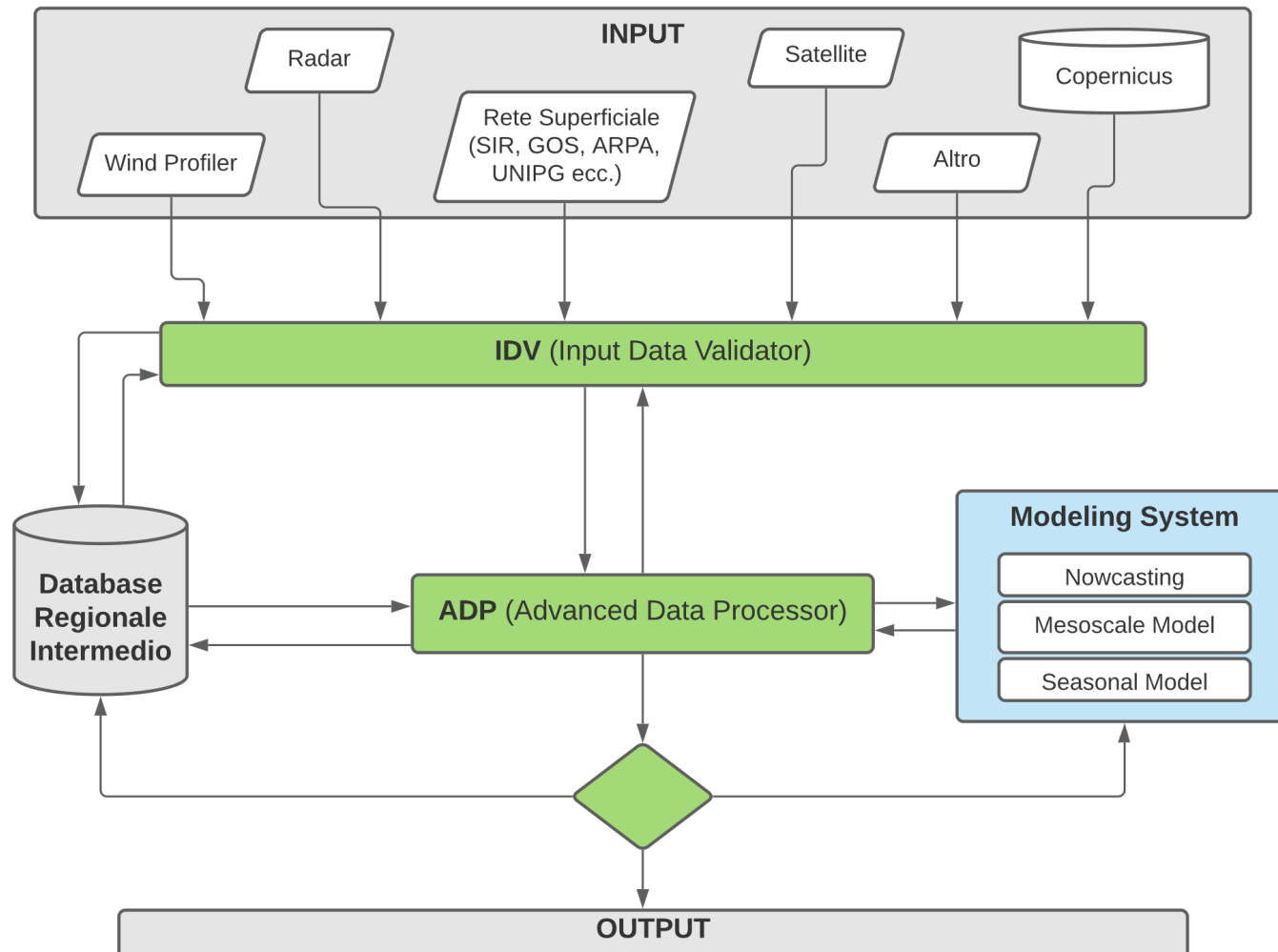
Il Progetto RIMU: La modellazione numerica



Integrazione dei dati



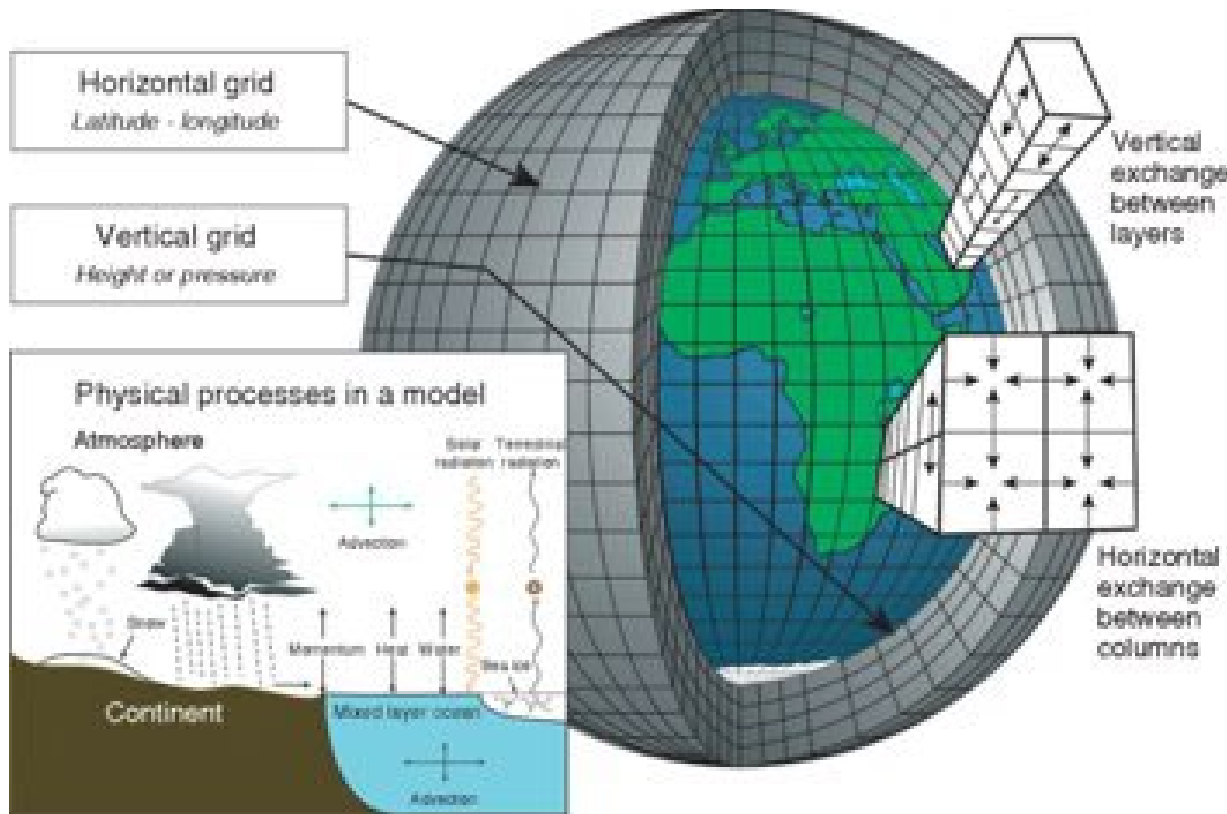
Il Progetto RIMU: La modellazione numerica



- 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.)

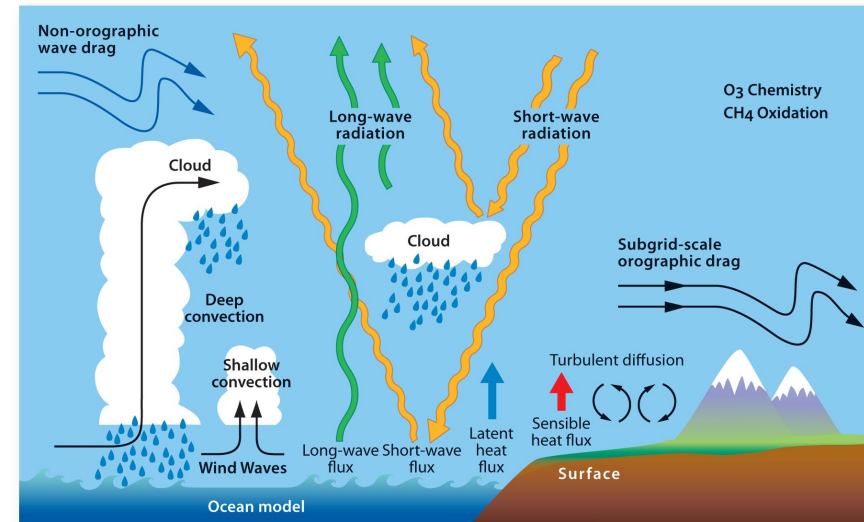


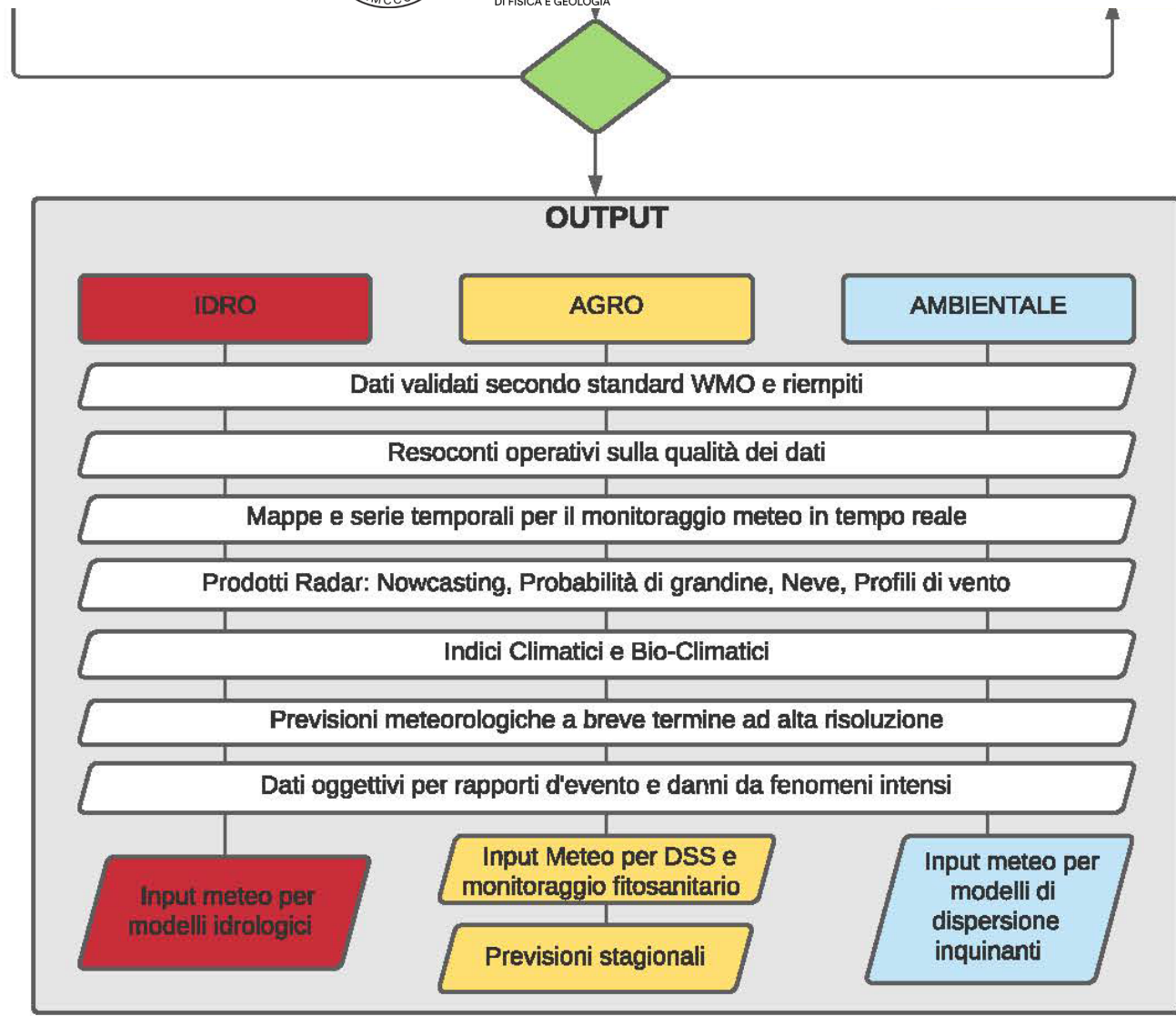
Il Progetto RIMU: La modellazione numerica



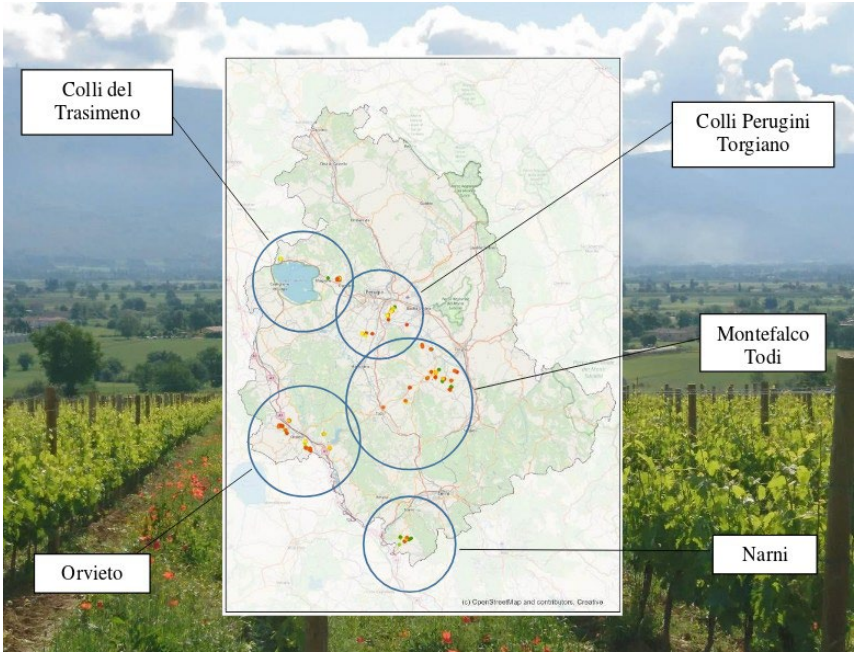
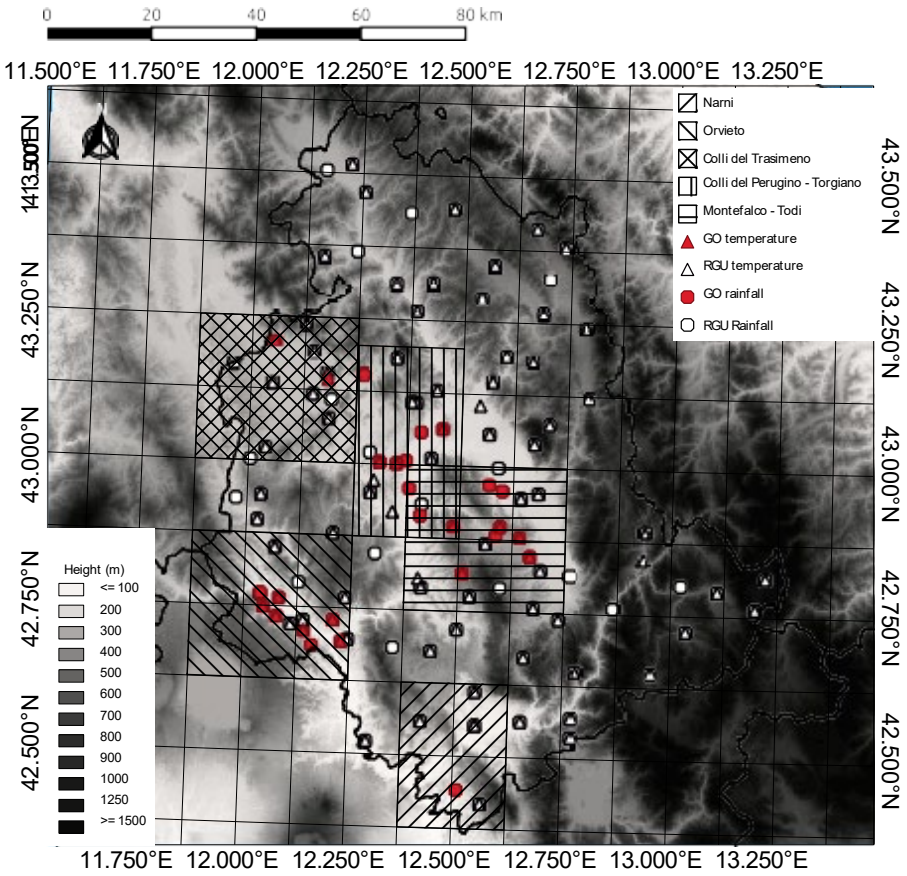
Set di equazioni Fisico-Matematiche per la conservazione di Massa (dp, dp), Momento (u,v,w) ed Energia (dT,dq) nel sistema terra

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





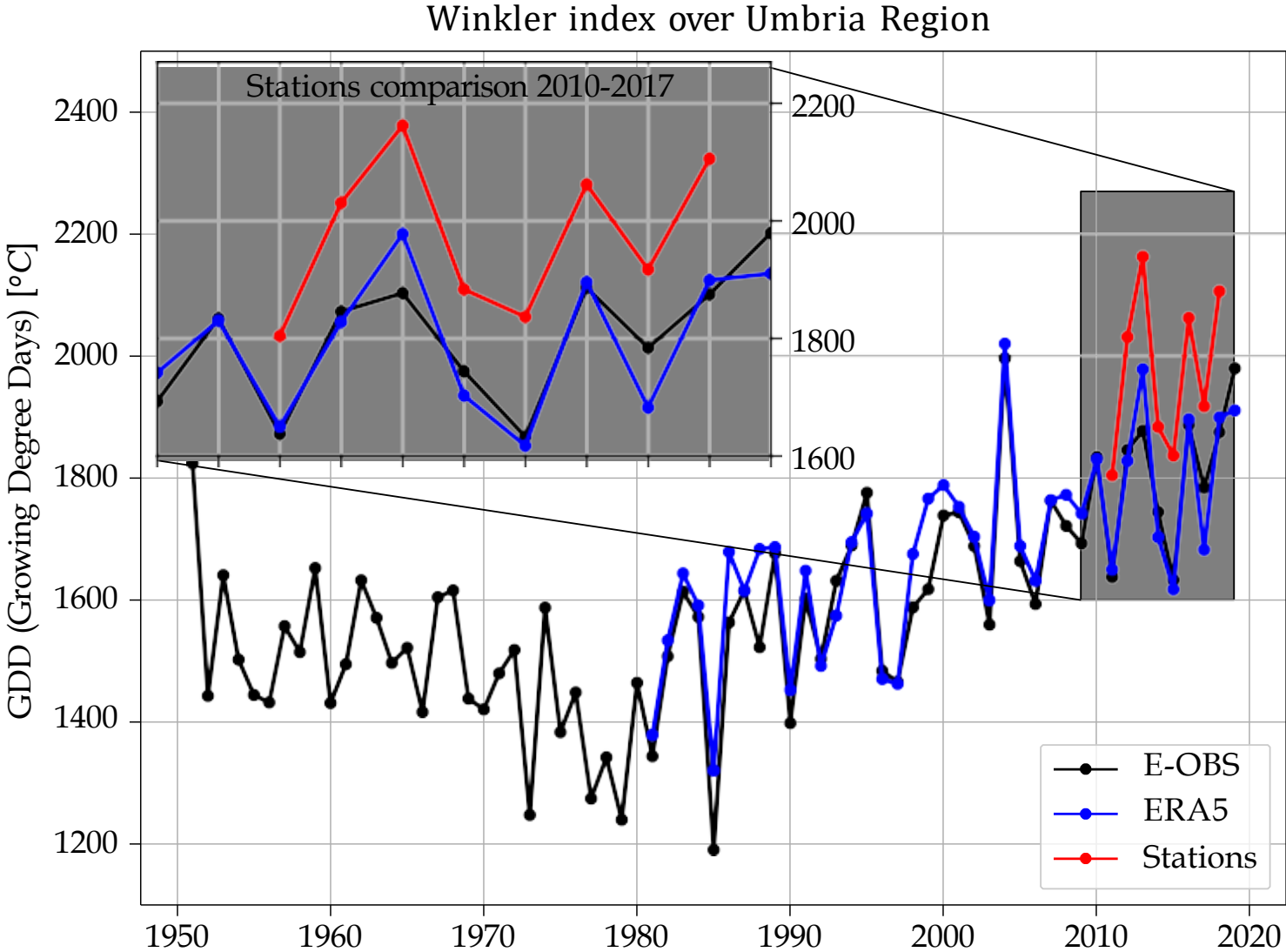
Bio-Climatic Indexes: Areal averages



Selected Smartmeteo areals for Wine Bulletins 2019

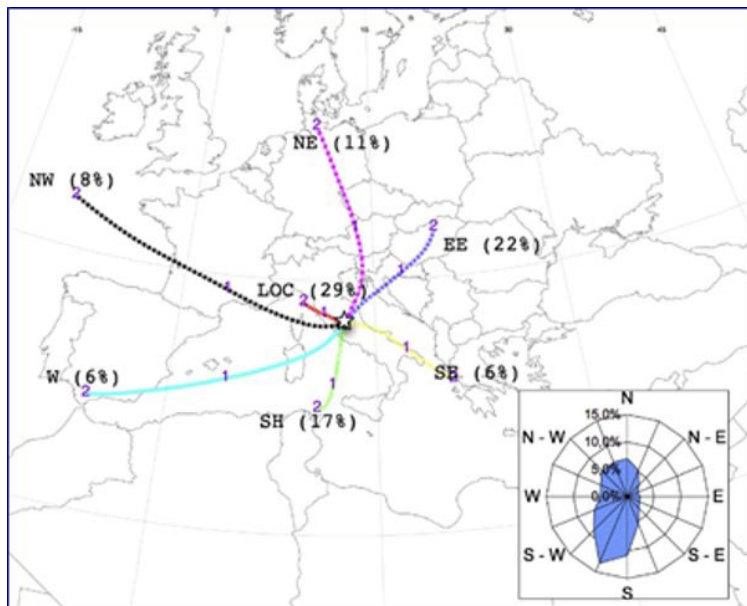
Selected areals for indexes calculation

Bio-Climatic Indexes: Winkler



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 (PM₁₀, PM_{2.5}, OPC, BC)
- Gases (O₃, NO_x, CO₂)
- Meteo (T, P, RH, wind)
- Depositions (wet+dry)

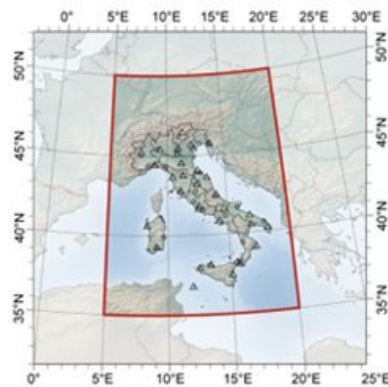
Moroni et al. (2015)

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

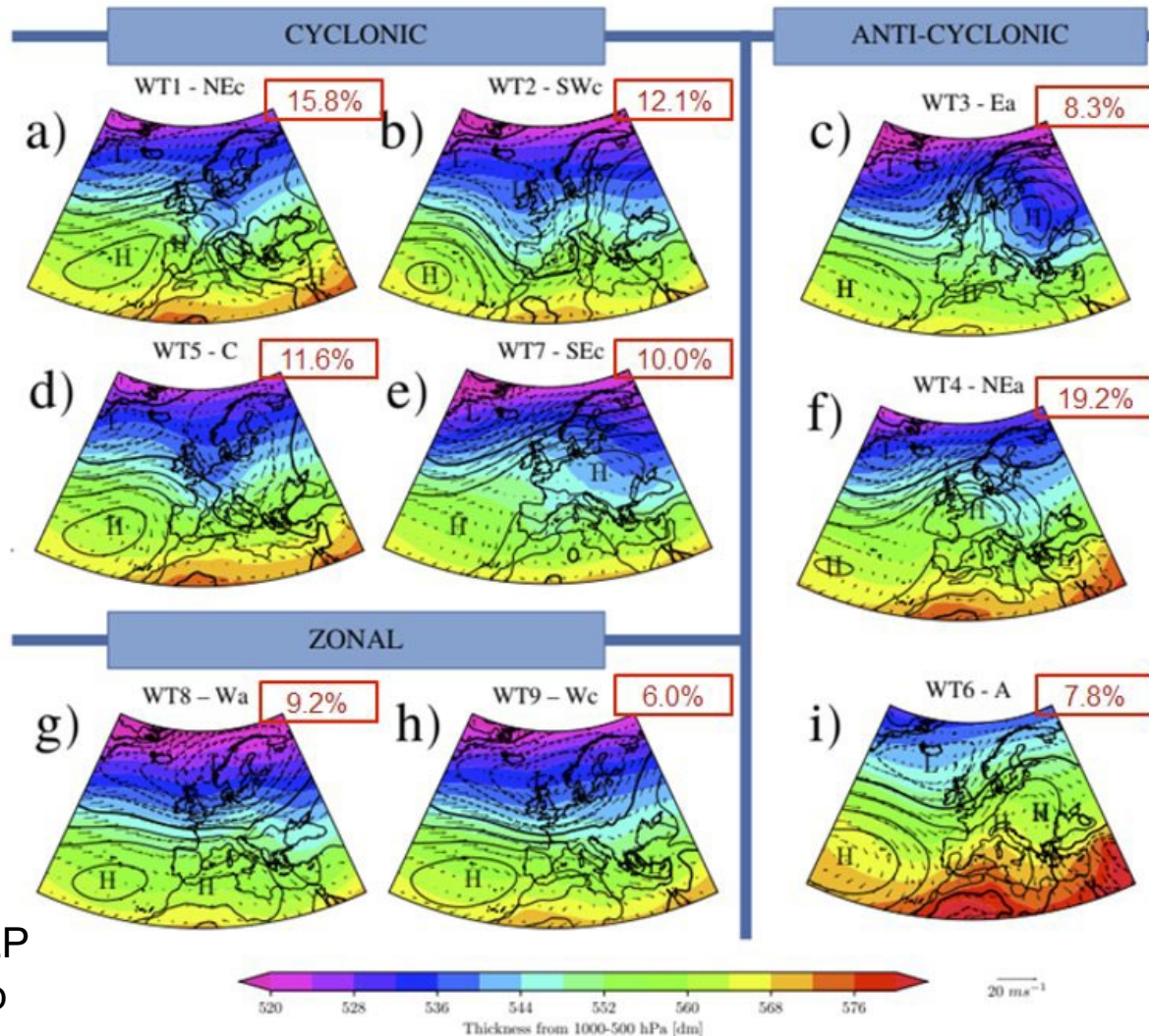
ERA5 Reanalysis

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)



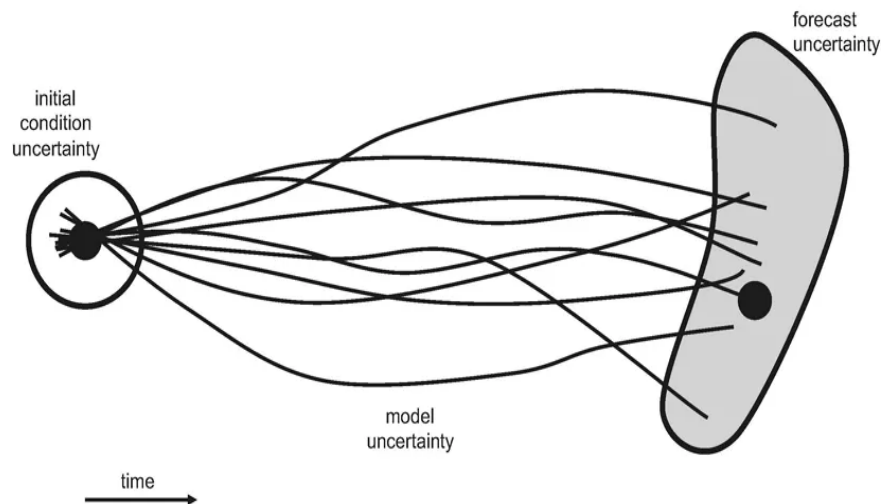
Silvestri, L., Saraceni, M., & Bongioannini Cerlini, P. (2022). Links between precipitation, circulation weather types and orography in central Italy. *International Journal of Climatology*, 42(11), 5807–5825.

<https://doi.org/10.1002/joc.7563>

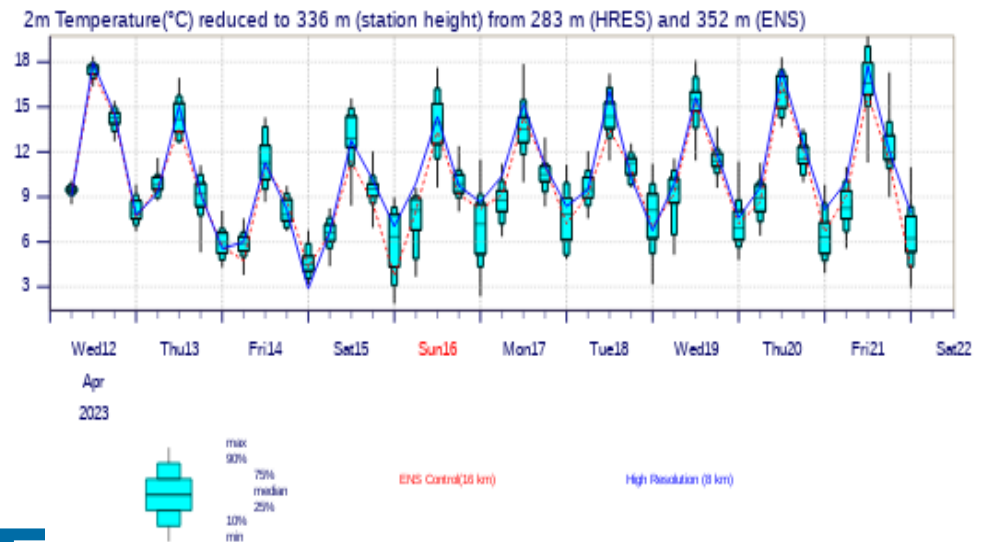
Il Progetto RIMU: La modellazione numerica

- 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.



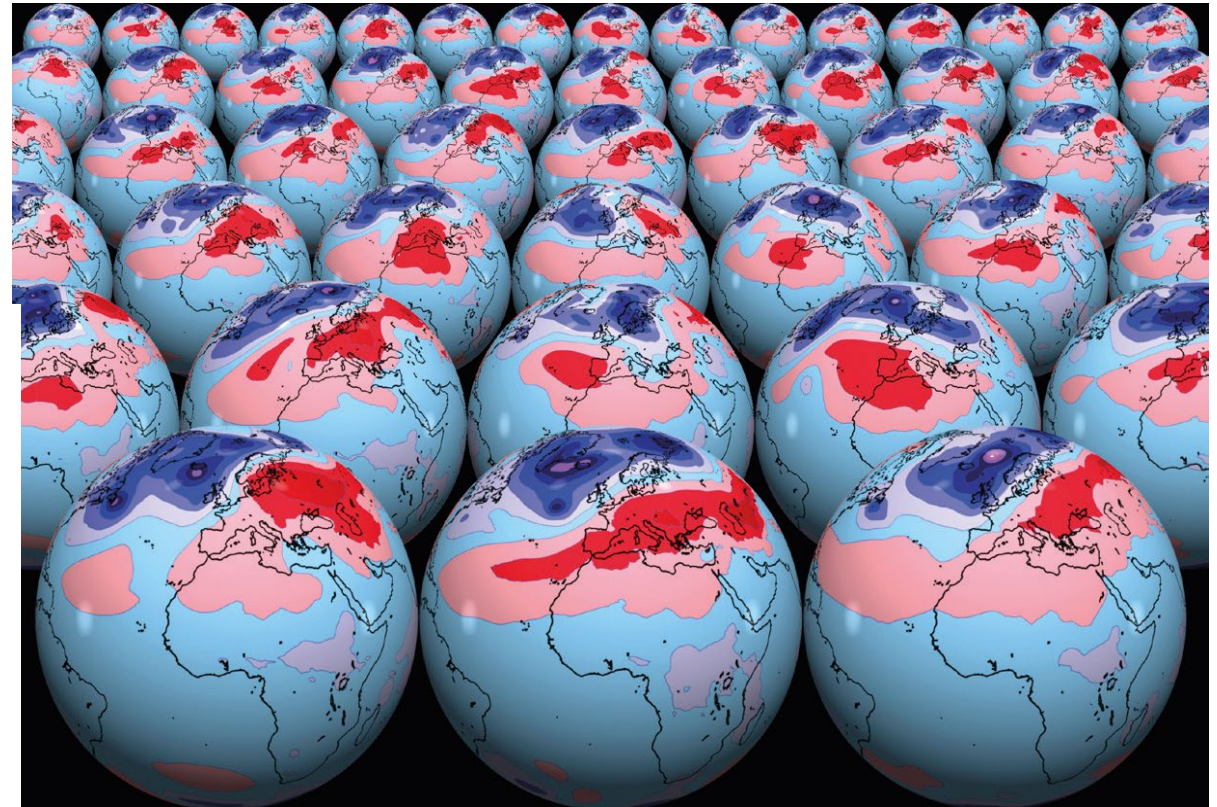
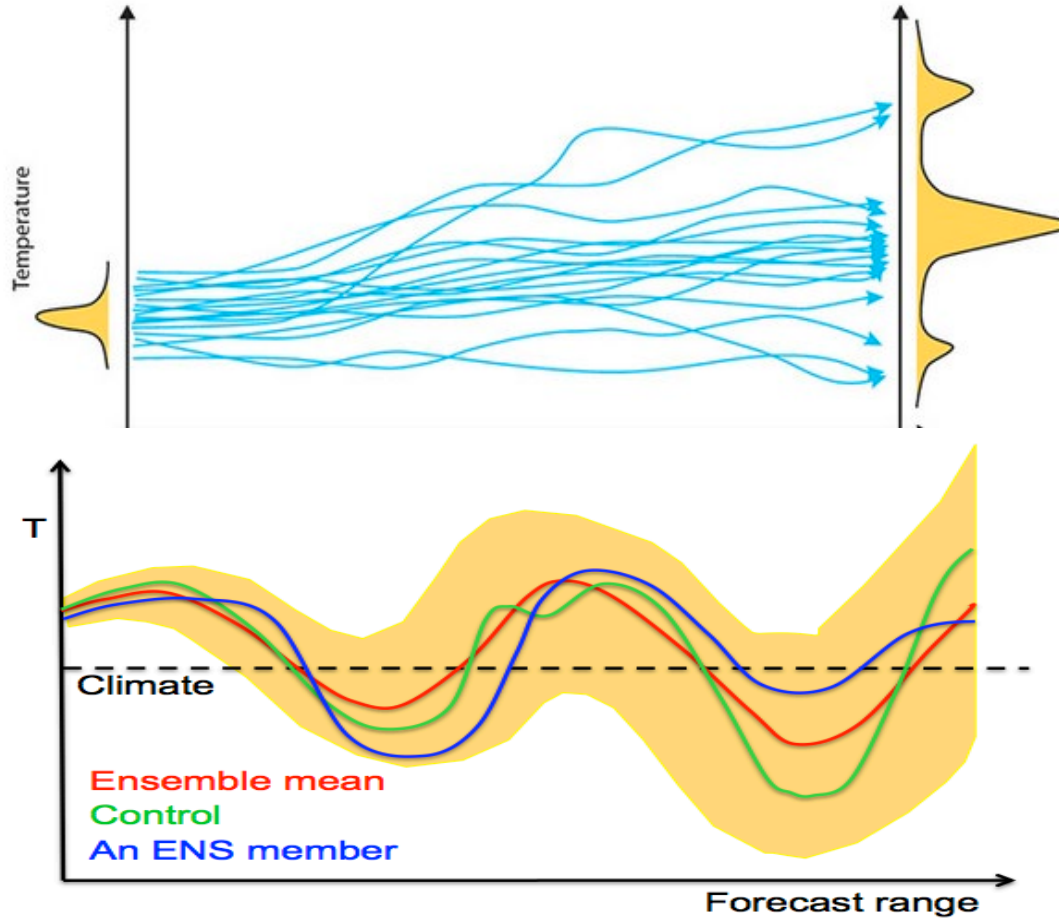
ENS Meteogram
Perugia - Umbria - Italy 43.08°N 12.51°E (ENS land point) 336 m
High Resolution Forecast and ENS Distribution Wednesday 12 April 2023 00 UTC



Ensemble@ECMWF

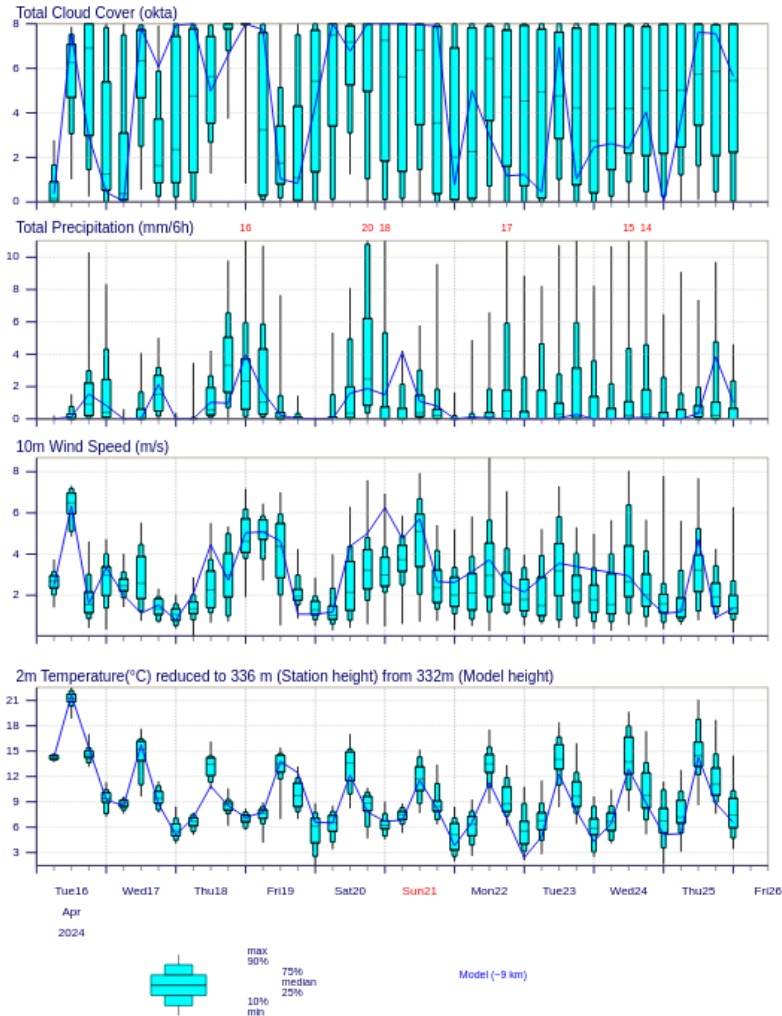


The four Atos supercomputing complexes are linked to four routers and two separate storage networks. Three of the complexes are under final configuration validation stages with Atos prior to release to ECMWF.



Forecasts@ECMWF

ENS Meteogram
Perugia - Umbria - Italy 43.13°N 12.34°E (ENS land point) 336 m
High Resolution Forecast and ENS Distribution Tuesday 16 April 2024 00 UTC



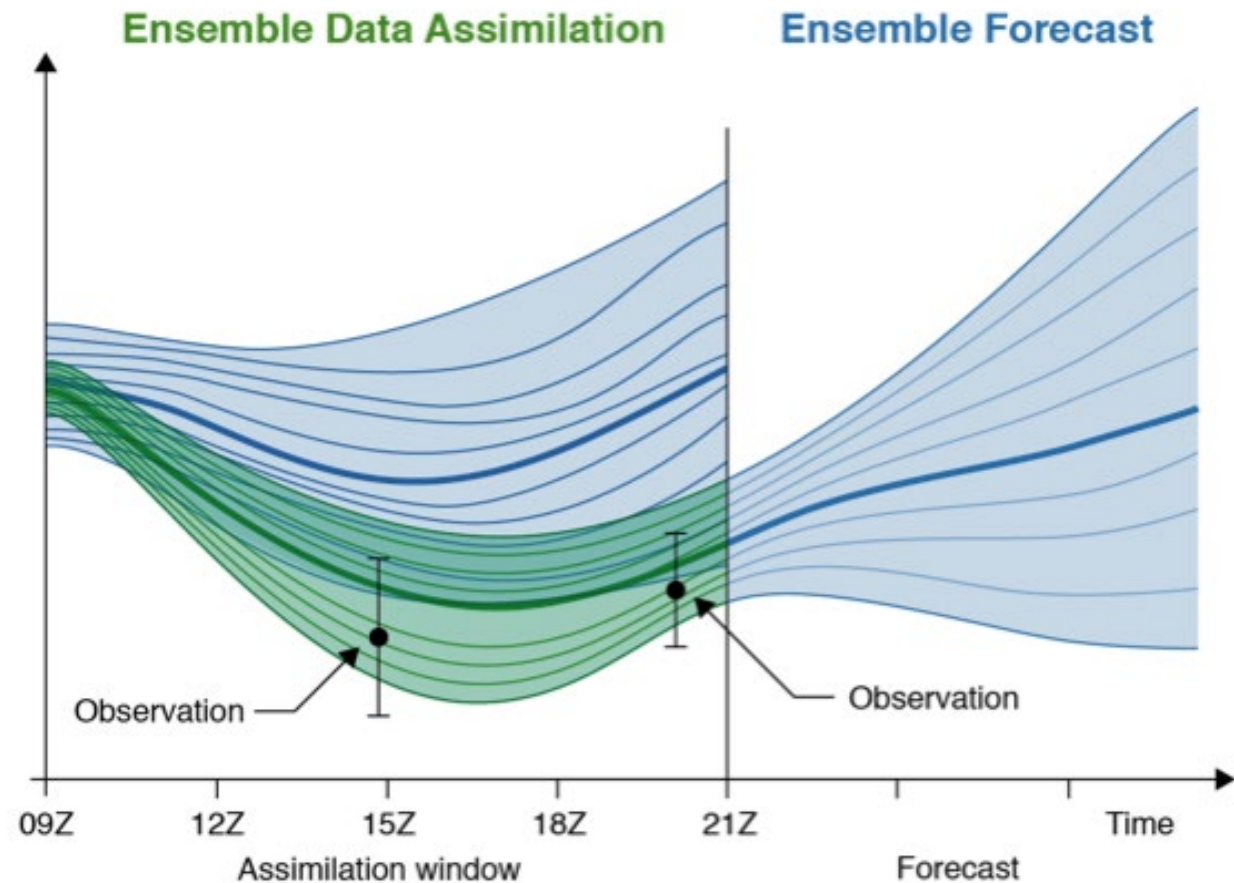
Ensemble Forecast Experiments: different ensemble system

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;

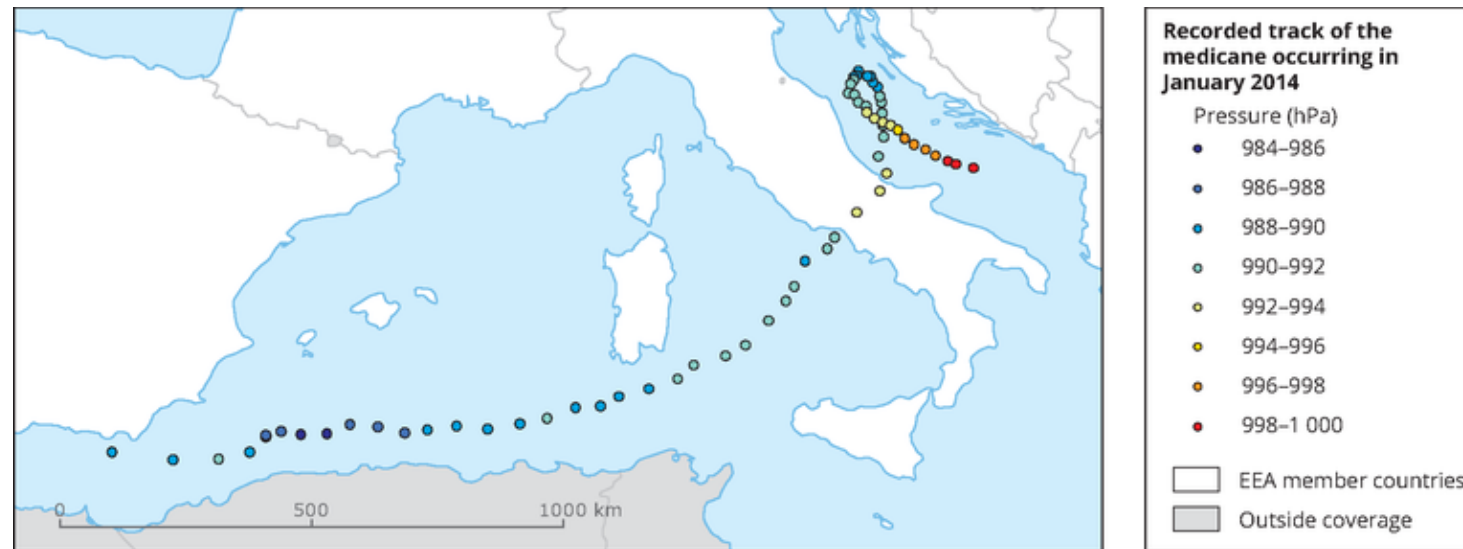
Le previsioni di ensemble sono inizializzate, pari a 3 date iniziali, ogni giorno alle 00:00 UTC.

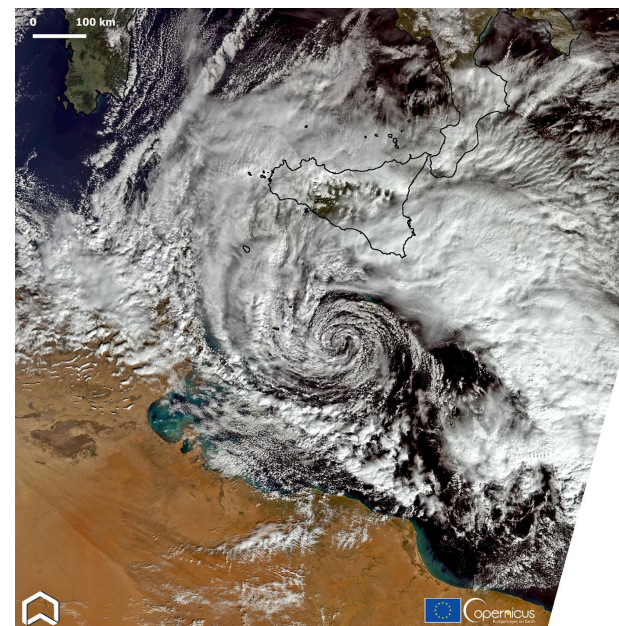


I cicloni mediterranei (Medicanes=Mediterranean Hurricanes) e il caso particolare degli uragani mediterranei o dei cicloni simil-tropicali

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;

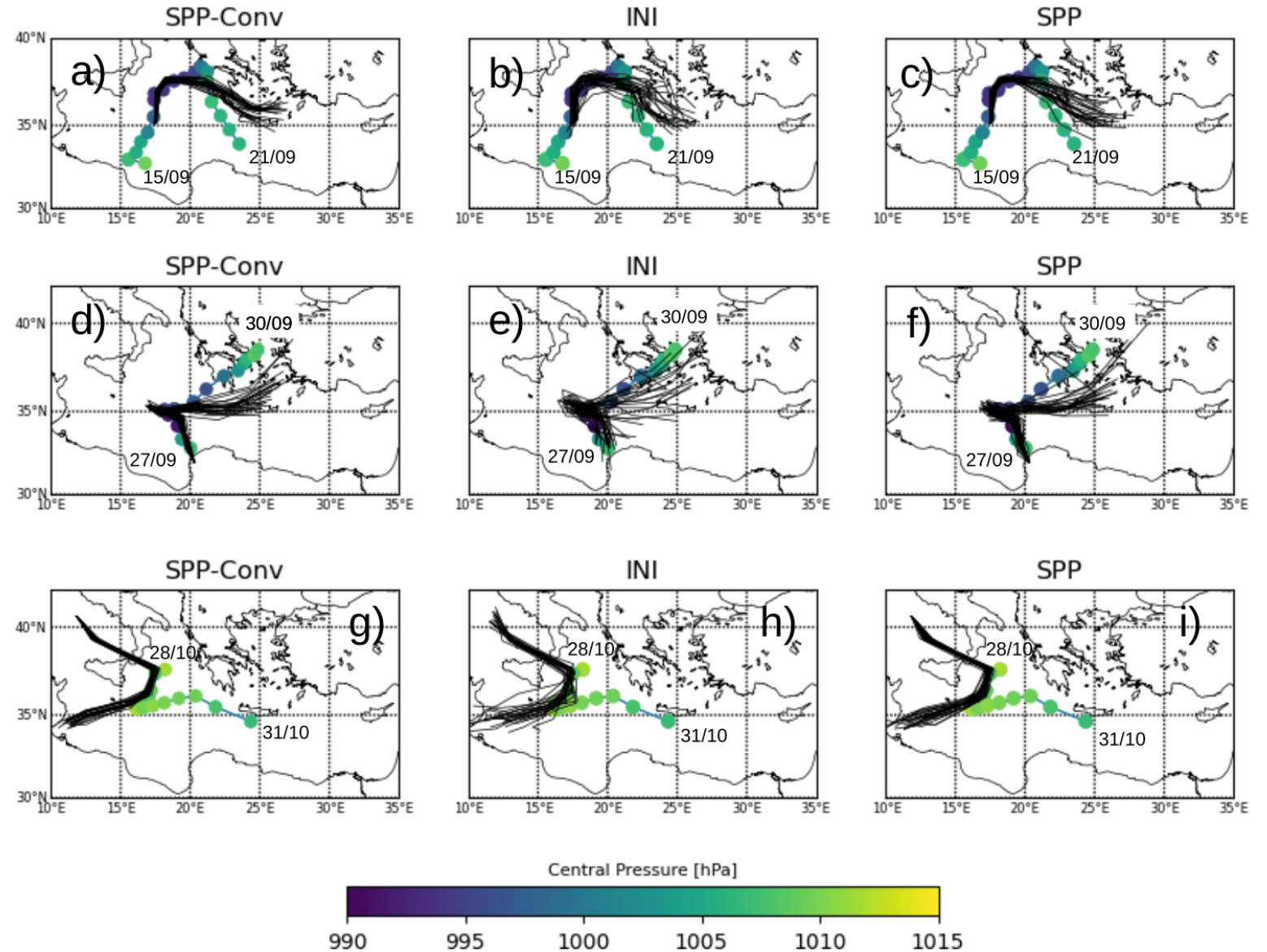
Si verificano soprattutto nella stagione invernale e autunnale (dal 1948 al 2011 ci sono stati 99 Medicanes, con una media annuale di $1,75 \pm 1,30$).

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



- La validazione dei dati e la ricostruzione dei dati orari è stata applicata alle osservazioni utilizzando le procedure di controllo di qualità estese standard WMO applicate a questi set di dati per rilevare gli errori osservativi utilizzando il metodo spaziotemporale EOF e utilizzando la rianalisi ERA5 per colmare i dati mancanti e le lacune temporali comuni a tutte le stazioni della rete.
- Acquisizione di strumenti di misura dell'aria superiore all'interno della rete (dal radar esistente del Monte Serano, dai mini-radar in banda X, dal radar wind profiler).
- I dati raccolti dalla rete AGRO, dalla rete MET e IDRO, dal radar del Monte Serano e dai modelli atmosferici costituiscono una solida base per lo sviluppo di prodotti specializzati di alta qualità per il settore agrometeorologico. Questi dati validati, possono essere utilizzati direttamente nei DSS già comunemente utilizzati nelle aziende private e nelle piattaforme regionali come Sm@rtmeteo, già utilizzate.
- Assimilazione di una o più stazioni nella rete di osservazione globale WMO (World Meteorological Organization) per contribuire all'assimilazione dei dati nei modelli di previsione meteorologica Organizzazione)
- Collegare la rete regionale al progetto Copernicus per promuovere l'allineamento dei dati della rete regionale con quella europea. Includere nel programma WMO delle osservazioni del centenario la stazione storica di Perugia ISA (Istituto di Scienze Agrarie).
- Contribuire all'assimilazione dei dati nei modelli di previsione meteorologica globale e affinare i risultati sul territorio umbro: collaborazione con CETEMPS, CNR ISAC, MIT, ICTP. Assimilazione di dati per l'acquisizione di diverse condizioni iniziali.



Direttrici chiave

- 1 Adeguare la Rete Integrata Meteorologica Umbra (**RIMU**)
- 2 Creare lo Sportello Meteo-Climatico Umbro
- 3 Potenziare la dotazione strumentale della RIMU
- 4 Sviluppare la previsione meteo-climatica

RISULTATI ATTESI:

- Miglioramento del monitoraggio meteorologico
- Miglioramento del monitoraggio dei cambiamenti climatici
- Riduzione dei rischi legati agli eventi estremi
- Accessibilità dei dati a cittadini, imprese ed enti regionali
- Riduzione dell'incertezza delle previsioni meteorologiche
- Miglioramento dei sistemi di supporto per l'industria e l'agricoltura

