
SULL'USO DEI DATI METEO-CLIMATICI IN CONTESTI APPLICATIVI PARAMETRICI

Esperienze, aspetti convenzionali e comunicativi

Massimo Crespi
Gianluca Ferrari
Paolo Spagna

In Padova (Italia),
Inverno 2022/23



SOMMARIO

1. CONTESTO E SCOPO	3
2. DEFINIZIONE DEGLI STANDARD DELLE FONTI OSSERVATIVE, DEI DATI E DEI METODI DI ELABORAZIONE DEI <i>DATASET</i>	4
2.1. Fonti osservative e dati.....	4
2.2. Metodi di elaborazione dei <i>dataset</i> : rianalisi e tecniche di <i>post-processing</i>	4
2.2.1. Gestione dei cicli di aggiornamento dei <i>dataset</i> di rianalisi.....	5
2.2.2. Gestione delle differenze con <i>dataset</i> di pseudo rianalisi.....	6
3. DEFINIZIONE DELLE CONVENZIONALITÀ NEI DIVERSI CONTESTI APPLICATIVI	6
3.1. Definizione della risoluzione rappresentativa a livello nazionale	7
3.2. I <i>buffer</i>	7
3.2.1. Discontinuità spaziale dei <i>trigger</i>	8
3.2.2. Incertezza sui dati.....	9
3.2.3. Incertezza sui metadati.....	10
4. DIVERSITÀ DEI VALORI SULLA STESSA UNITÀ GEOGRAFICA.....	10
4.1. <i>Dataset</i> di secondo livello derivati da aggregazione spaziale	12
4.1.1. Regridding ed il sistema HYPER-GRID ID®	12
4.1.2. Aggregazioni per unità territoriali e dataset unici.....	15
5. BIBLIOGRAFIA	20

1. CONTESTO E SCOPO

Radarmeteo ed Hypermeteo, quest'ultima recente *spin off* della prima ed attuale titolare di tutto l'*asset* dati e *dataset* meteorologici, nel corso degli ultimi cinque anni hanno avuto modo di dar corso, su tutto il territorio nazionale, ad una esperienza diretta di creazione e fornitura di *dataset* collegati al rischio di carattere climatico in agricoltura ed in altri comparti esposti. Non si è trattato di un'attività sperimentale o pilota, ma dell'esercizio di un servizio strutturato in tutti i suoi aspetti sulla base di contratti specifici intrattenuti con la quasi totalità delle compagnie di assicurazione e dei consorzi degli agricoltori e con gli organismi ministeriali nazionali di controllo competenti. In sintesi, il servizio ha interessato oltre il 90% del capitale assicurato nelle produzioni agricole ed ha supportato oltre un milione di verifiche all'anno nelle varie fasi del processo assicurativo, quindi dal *risk assessment*, all'assunzione delle polizze ed infine alla liquidazione dei danni.

Si è trattato di un vero e proprio *stress test* che, grazie ad un'operatività così capillare, ha potuto mettere in luce il fatto che il sistema poggiava su di un palinsesto tecnologicamente solido, ma pur tuttavia migliorabile in alcuni aspetti che potevano sfuggire durante una prima implementazione.

Va anche rilevato un altro aspetto rilevante di questa esperienza, cioè che il cosiddetto "oracolo", ossia la fonte del dato meteorologico, era la stessa sia per la compagnia assicurativa che per l'assicurato. Questo fatto, che a primo acchito può sembrare improprio, ha rappresenta invece uno dei motivi di successo del servizio poiché ha praticamente azzerato tutta la contenziosità legata al dato, essendo quest'ultimo frutto di una elaborazione rianalitica basata sul data base unico nazionale che Radarmeteo aveva costituito con dati terzi ed indipendenti, cioè con le sole reti meteorologiche e radarmeteorologiche ufficiali, certificate od a norma WMO (*World Meteorological Organization*).

Ma ciò non è sufficiente in ambito contrattuale, poiché la credibilità va costruita anche in collegamento con altri aspetti quali la trasparenza, la consistenza e l'uniformità delle risposte, ed una comunicazione di contenuto anche tecnico-scientifico ma adeguatamente divulgativa, pena l'inadeguatezza, l'inefficacia e la perdita di reputazione dell'intero sistema. Con le stesse modalità vanno anche gestite le criticità, gli aggiornamenti e le nuove soluzioni imposte dalla complessità tecnico-gestionale e dall'estesa platea di utenti.

Inoltre le transizioni tecnologiche, economiche e digitali incidono in modo significativo in questi processi, così come gli scenari delineati dall'emergenza climatica, modificandoli anche negli aspetti strutturali. In questo ambito, infatti si assiste ad una crescente spinta verso la parametrizzazione, almeno parziale, della logica assicurativa, che affida al *trigger* meteo un valore derimente, probante ed a volte definitivo.

Tutto ciò ha reso necessaria la "revisione" di alcuni aspetti, attraverso una più precisa definizione della convenzionalità, in considerazione e ragione del fatto che si tratta di materia operativa, che ha quindi necessità non di dubbi ma di soluzioni e di chiarezza; a tal fine vengono ridefiniti i processi elaborativi sui quali si è intervenuti, motivandone le cause e specificandone gli aspetti che sono stati oggetto di azioni di mitigazione, di revisione o di approfondimento.

2. DEFINIZIONE DEGLI STANDARD DELLE FONTI OSSERVATIVE, DEI DATI E DEI METODI DI ELABORAZIONE DEI *DATASET*

2.1. Fonti osservative e dati

L'insieme osservativo nazionale è composto da diverse tipologie di reti: reti meteorologiche *in situ* (al suolo), rete di radar meteorologici, reti satellitari, ecc. Il data base nazionale unificato utilizza tutti i dati raccolti da reti che rientrano nelle seguenti categorie qualitative:

- **certificate**: sottoposte a procedure formali di certificazione per quanto riguarda la tipologia di strumentazione installata, il posizionamento dei siti di rilevazione, le procedure di manutenzione e la validazione dei dati;
- **a norma WMO**: afferenti ad associazioni, organizzazioni di ricerca, ONLUS, aziende di gestione del territorio che applicano le procedure di installazione, gestione, manutenzione e validazione definiti nelle Linee guida della WMO;
- **ufficiali**: afferenti ad enti ed organizzazioni governative legalmente preposti al monitoraggio meteorologico-ambientale.

Per un approfondimento si indirizza al [Quaderno di meteorologia aperta n°1 "Caratteristiche e rappresentatività della meteorologia di precisione nel contesto nazionale italiano"](#) edito da Radarmeteo nel 2020.

2.2. Metodi di elaborazione dei *dataset*: rianalisi e tecniche di *post-processing*

I dati raccolti dalle diverse fonti osservative presentano caratteristiche e formati disomogenei che li rendono di per sé difficilmente utilizzabili nella loro forma originale; in particolare, visto che l'obiettivo è quello di ottenere una rappresentazione il più possibile completa e coerente della situazione atmosferica, si rende necessario adottare delle tecniche di elaborazione che consentano di assimilare questi dati, integrarli e renderli disponibili in *dataset* "ordinati" e completi.

In meteorologia, la rianalisi, o analisi retrospettiva, definisce il metodo scientifico impiegato per realizzare questa elaborazione; in essa vengono combinati i modelli di simulazione con le osservazioni reali per generare una valutazione sintetica dello stato dell'atmosfera. I *dataset* ottenuti vanno a popolare un sistema regolare di griglie, le cui dimensioni e caratteristiche dipendono dalla specifica applicazione richiesta.

Partendo da una base adeguata di osservazioni, la rianalisi è quindi in grado di generare *dataset* meteorologici dotati delle seguenti caratteristiche:

- copertura completa della superficie terrestre;
- elevata rappresentatività dell'effettivo andamento meteoclimatico su tutto il territorio geografico coperto, anche nelle aree prive di reti di monitoraggio in situ;

- eliminazione o riduzione di discontinuità e disomogeneità spazio-temporali.

Altra sua peculiarità è la distribuzione di questi dati su griglie regolari di dimensione diversa, variabile in base alla specifica applicazione ed all'accuratezza richiesta o possibile.

Anche la profondità temporale è funzione dell'impiego, nel senso che deve essere funzionale alla visibilità delle dinamiche meteo-climatiche ricercate, le quali potrebbero per esempio venir appiattite in una scala eccessivamente dilatata.

Al fine di renderli più orientati alle specifiche applicazioni, i *dataset* di rianalisi sono sottoposti a sistemi di *post-processing*. Queste procedure, che adottano tecniche innovative di intelligenza artificiale come le reti neurali, portano ad aumentare significativamente il valore di rappresentatività dei *dataset*, in particolare per quelle variabili, come la pioggia, che vengono simulate dalla sola componente modellistica del sistema di rianalisi, le cui derive e incertezze minerebbero un loro utilizzo diretto e proficuo negli ambiti applicativi qui contemplati.

Maggiori approfondimenti di carattere tecnico sono presentati nel [Quaderno di meteorologia aperta n°2 "Della rianalisi, o analisi retrospettiva, in meteorologia"](#) edito da Radarmeteo nel 2020.

Applicando in modo diffuso la tecnologia della rianalisi è emersa l'esigenza di enfatizzare alcuni aspetti specifici che potrebbero indurre differenze numeriche anche significative.

2.2.1. Gestione dei cicli di aggiornamento dei *dataset* di rianalisi

Il continuo evolversi della tecnologia (incremento delle potenzialità computazionali) e delle metodologie di analisi (nuove tecniche di validazione dati, modelli più accurati, nuove fonti osservative ecc.), porta ad effettuare cicli di aggiornamento dei *dataset* storici, al fine di conseguire via via una maggior accuratezza e rappresentatività. Questi cicli seguono una periodicità pluriennale, pertanto sono operazioni che non avvengono con particolare frequenza, ma fanno comunque parte di processi consolidati e comuni in ambito meteorologico, ed interessano sia i *dataset* elaborati dai principali centri meteorologici mondiali (NOAA, ECMWF, ecc.), che quelli prodotti da realtà locali, quando queste intendano migliorare i propri prodotti di rianalisi andando a ridurre, o statisticamente o con una elaborazione *ex novo*, le incertezze legate alle stime delle variabili meteo-climatiche. L'aggiornamento del *dataset* comporta che i valori numerici associati alle variabili nella nuova base di dati saranno generalmente differenti da quelli riportati nel *dataset* originario, pur a parità di località geografica e di periodo temporale, determinando quindi una situazione di ambiguità nell'informazione.

Azione di mitigazione: una adeguata metadatozione consente di risalire alle versioni dei *dataset* utilizzati nel corso dei vari processi decisionali. Il rilascio di nuove versioni di *dataset* di rianalisi viene comunicato agli utilizzatori finali al fine di consentire loro di valutarne l'eventuale acquisizione e le modalità di impiego anche in base ai benefici che ne potrebbero trarre. In molte situazioni, se il *dataset* di rianalisi è stato utilizzato per alimentare modelli interni, può essere ritenuto opportuno rieseguire il processo di calcolo con la base dati aggiornata, in particolare se i modelli impiegano tecniche di intelligenza artificiale che

devono essere "ri-allenate" sulla nuova versione del *dataset* al fine di assimilarne la nuova statistica.

Quando i *dataset* di rianalisi vengono impiegati in ambiti di tipo probatorio, come quello assicurativo, il fatto che il nuovo *dataset* presenti valori diversi da quelli impiegati originariamente nel processo decisionale può generare dei contrasti. Si prenda ad esempio il caso di una richiesta di indennizzo riferito ad un *trigger* definito sul valore di una particolare variabile meteorologica che debba essere raggiunta e/o superata; se nella base dati originaria il valore della variabile risultasse inferiore al *trigger*, esso non darebbe luogo al risarcimento, mentre se nel nuovo *dataset* tale valore fosse superato, potrebbe trovare spazio un contenzioso. Per evitare queste situazioni è necessario specificare, nella documentazione contrattualistica accettata dalle parti, quale versione del *dataset* sarà utilizzata, e conservare comunque traccia di tutte le modificazioni intervenute.

2.2.2. Gestione delle differenze con *dataset* di pseudo rianalisi

Le caratteristiche di costruzione dei *dataset* (tecnica impiegata, fonti utilizzate, risoluzione spaziale, ecc.) influiscono sulla valorizzazione dei dati meteo; ciò significa che il confronto tra *dataset* di natura diversa può portare a differenze numeriche per uno stesso parametro, pur a parità di coordinata geografica e di istante temporale, ingenerando quindi una dicotomia di non semplice soluzione nell'utente finale che non è in grado di operare una scelta verso il dato più rappresentativo in quanto più adatto al contesto specifico. Ciò accade con una certa frequenza quando il confronto ha luogo tra un prodotto di rianalisi e uno di pseudo rianalisi, ossia quando la tecnica di elaborazione dei dati storici non è quella della rianalisi, ma trae origine da fonti diverse, come gli output da modelli previsionali, l'uso diretto di misure satellitari o radar, l'interpolazione di dati da stazione e così via, i quali consegnano prodotti di resa quantitativa generalmente inferiore, quando non modesta.

Azione di mitigazione: una chiara descrizione tecnica del prodotto consente di risalire alla metodologia impiegata per la costruzione del *dataset* ed ai valori delle principali metriche utilizzate per valutare le incertezze medie associate alle variabili meteorologiche. Le tecniche di pseudo rianalisi, infatti, soprattutto per alcuni parametri (es. pioggia) forniscono prodotti di qualità piuttosto bassa, non paragonabile con le elaborazioni rianalitiche. Pur tuttavia esistono ambiti applicativi di carattere generalista per i quali sono sufficienti informazioni di costo contenuto, ma anche di elevata incertezza. Come conseguenza, queste tipologie non saranno utilizzabili in contesti contrattuali, ma ove lo fossero ne vanno esplicitati i limiti oggettivi.

3. DEFINIZIONE DELLE CONVENZIONALITÀ NEI DIVERSI CONTESTI APPLICATIVI

La convenzionalità è un aspetto fondamentale poiché deve individuare una sintesi accettabile della rappresentatività del dato meteorologico come tale, anche rispetto alle tecnologie che lo raccolgono. A ciò va aggiunto che la meteorologia non si presta tecnicamente a fornire dati quantitativi confrontabili oltre un certo limite, che i fenomeni

sono in costante movimento ed evoluzione, che variabili meteorologiche diverse sono misurabili con livelli di precisione diversi, che le misure attingono il punto specifico da remoto ed infine che l'approccio parametrico consegna al dato meteo un peso relativo molto oneroso.

Tutti i fattori citati comunque godono di tolleranze generalmente accettate, tranne che la situazione specifica in cui il valore sia derimente rispetto ad un *trigger*. Si rende quindi comunque necessario definire con precisione gli aspetti convenzionali e le azioni che ne consentono un impiego adeguato alle esigenze operative.

3.1. Definizione della risoluzione rappresentativa a livello nazionale

Il tema della risoluzione spazio-temporale del *dataset* è la risultante di un processo complesso, nel quale devono trovare sintesi le esigenze specifiche della funzione, ma anche le tecnologie che possono sostenerla, ed inoltre la componente pragmatica ed euristica che possa farla ragionevolmente condividere, sulla base di un consistente patrimonio di esperienza derivante da un uso diffuso. Essa, quindi, deve essere congruente almeno con i seguenti aspetti:

- disponibilità di dati osservativi e loro copertura territoriale;
- scale spazio-temporali dei fenomeni meteorologici che si vogliono rappresentare con adeguata accuratezza;
- caratteristiche territoriali;
- contesto applicativo;
- costi delle risorse computazionali.

In termini generali, in Italia, la profondità storica della raccolta ordinata di dati meteorologici e l'attuale assetto osservativo consentono di discretizzare il dato, sia storico che *near real time* che previsionale, su di un *pixel* di 1 km².

La diffusa esperienza applicativa maturata in questi anni conferma la correttezza e la condivisione della scelta; definizioni di maggior dettaglio possono venir approfondite in sede scientifica e sperimentale, ma si ritiene che troverebbero una difficile applicabilità e sarebbero comunque confinate alla presenza di reti locali molto fitte e quindi non generalizzabili.

Anche questo argomento viene approfondito nel Quaderno di meteorologia aperta n°1 "Caratteristiche e rappresentatività della meteorologia di precisione nel contesto nazionale italiano" 2020 edito da Radarmeteo.

3.2. I *buffer*

Il dato meteorologico, in prossimità dei *trigger*, non può assumere un valore dirimente assoluto, poiché la dimensione spazio-temporale dell'evento, che viene colta in modo adeguato nel suo insieme, non è sovrapponibile in termini statici su di una scala territoriale

puntuale, essendo i fenomeni meteorologici in continua evoluzione. Anche in questo caso va fatto riferimento alla specifica esigenza per cui viene predisposto un *dataset*; ad esempio, mentre con un vento di 13 m/s o di 14 m/s non vengono modificati in modo significativo gli output di un sistema di supporto alle decisioni (es. modello di producibilità eolica, DSS in agricoltura ecc.), con un *trigger* a 14 m/s vengono invece modificate, ad esempio, le opzioni assicurative, che con il secondo valore possono aprire ad un ristoro del danno, ma non con il primo.

Di seguito si riportano alcune metodologie di gestione delle incertezze in base anche alla natura delle stesse.

3.2.1. Discontinuità spaziale dei *trigger*

Questo aspetto può essere dovuto a cause diverse. Una prima trova origine nel fatto che il dato meteorologico elaborato viene discretizzato in una griglia regolare costituita da celle di lato 1km, ad ognuna delle quali viene assegnato il valore più rappresentativo della variabile meteorologica per l'area geografica sottostante; la suddivisione delle celle viene realizzata in base al DEM (*Digital Elevation Model*) ed il fatto che una cella raggiunga o meno un valore *trigger* potrebbe dipendere dalle stesse caratteristiche tecniche del DEM utilizzato. Va comunque soprattutto considerato il fatto che i fenomeni meteorologici hanno confini spaziali estremamente labili, spesso discontinui, e che la precisione con cui vengono monitorati dipende dalla precisione strumentale e dalla densità spaziale dei campionamenti; ne deriva che la confinazione dei fenomeni non può corrispondere ad una netta linea di separazione.

Azione di mitigazione: è opportuno definire convenzionalmente un'area di transizione, che viene indicata in 1 km, la quale svolge la funzione di *buffer*, di zona cuscinetto fra il fenomeno e la sua assenza o fra le sue diverse intensità di manifestazione.

Il *buffer* di tipo spaziale agisce in due modi:

- nel caso di valutazione di *trigger* (valore booleano VERO/FALSO), le celle che, secondo il *dataset* originario, non raggiungono la condizione necessaria per la definizione dell'avversità, ma sono comunque attigue a celle con superamento del valore *trigger*, vengono convenzionalmente incluse nell'area affetta dall'avversità;
- nel caso di interrogazione del dato numerico della variabile associato ad una specifica cella, per confrontarlo con il *trigger*, viene assegnato il valore che rappresenta l'intensità massima dell'avversità analizzata riscontrato nell'area definita tra la cella stessa e le celle contigue.

I due punti precedenti definiscono il *modus operandi* tipico nell'applicazione del *buffer* di tipo spaziale. Esistono tuttavia alcuni casi specifici e peculiari per i quali le regole di applicazione dell'area di *buffer* sono state adattate alle caratteristiche della variabile meteorologica considerata, in particolare:

- raffica di vento: per l'avversità "vento forte", la cui variabile di riferimento è la velocità di raffica di vento massima giornaliera, l'area di *buffer* non è di 1 km ma di 3 km.

Questo perché la densità spaziale del campionamento della variabile è inferiore rispetto alle altre variabili; la misura del vento, infatti, è affidata ai soli sensori anemometrici, i quali hanno una distribuzione territoriale molto rada rispetto alle reti termometriche e pluviometriche. La ridotta capillarità delle misure del vento viene anche enfatizzata dall'estrema variabilità spaziale del fenomeno di raffica, che presenta picchi di intensità su scale spaziali molto ridotte, motivando ulteriormente l'adozione di un *buffer* spaziale di maggiore ampiezza;

- temperatura: per la variabile "temperatura" non viene applicato alcun *buffer* di tipo spaziale in quanto, in aree con terreni complessi ove l'altitudine varia rapidamente da un punto all'altro del territorio, come ad esempio nel caso di uno stretto fondovalle, l'applicazione del *buffer* potrebbe assegnare valori di temperatura non rappresentativi;
- precipitazione: alla variabile "precipitazione" viene assegnato un *buffer* di tipo spaziale di 1km solamente per la valutazione di *trigger* relativi ad eventi che si esauriscono in tempi molto ristretti (1-3 ore), ossia per la verifica di avversità legate a fenomeni come i nubifragi. Questo *buffer* non viene applicato sui valori di precipitazioni sui quali si effettuano altre operazioni (es. sommatorie su precipitazioni giornaliere), in quanto determinerebbe una sovrastima.

3.2.2. Incertezza sui dati

Ad ogni valore relativo alla variabile meteorologica elaborata e fornita nell'ambito del servizio è associata un'incertezza complessiva derivante da due componenti principali:

- incertezza sulla misura strumentale;
- incertezza risultante dall'elaborazione (dipendente in gran parte dalla densità della rete di misura).

Essa può essere stimata come valore medio utilizzando specifiche tecniche di validazione dei *dataset*; si tratta comunque di una definizione che viene gestita in *back office* e non raggiunge una visibilità esterna.

L'incertezza, quindi, è una grandezza che varia a seconda della variabile fisica in esame in quanto dipende, oltre che dalla incertezza strumentale, dalla densità dei punti di misura: più la densità di osservazioni è elevata, minore è l'incertezza sul valore del dato elaborato finale. Siccome la densità di osservazioni può variare spazialmente tra una zona e l'altra del territorio d'interesse, l'incertezza varia di conseguenza; tuttavia, per una gestione più agevole di questa informazione e in situazioni in cui la densità di osservazioni è piuttosto omogenea sul territorio, l'incertezza può essere considerata costante a livello spaziale.

Azione di mitigazione: la gestione dell'incertezza sul dato può portare convenzionalmente all'adozione di valori diversi dalla miglior stima (ossia quella fornita dal *dataset* come "valore vero") in dipendenza dello specifico ambito applicativo. Nella gestione del rischio agricolo l'incertezza media può venir sommata al dato al fine di definire un valore al di sopra del

quale vi sia la ragionevole certezza che l'evento non si sia verificato oppure, in ambito energetico, fornire lo scenario peggiore per predisporre tutti i sistemi alla sua gestione con un adeguato margine di sicurezza.

Si tratta quindi di un *buffer* dipendente dal margine di incertezza che si ha sulla stima della variabile. Ad esempio, nella valutazione degli eventi di gelo (avversità definita per le aree dove la temperatura minima è scesa al di sotto degli 0°C), visto che l'incertezza media sulla stima del valore di temperatura è di 1°C, viene convenzionalmente addizionato un *buffer* pari a 1°C (di fatto, quindi, si considera un *trigger* per il gelo pari a +1°C o, operazione equivalente, si sottrae 1°C al valore di temperatura ottenuta dal *dataset* originario). In questo caso, quindi, vengono convenzionalmente incluse nell'area con avversità tutte quelle celle di griglia che presentano valori compresi tra 0°C e +1°C e che quindi potrebbero, entro i margini d'incertezza, essere state interessate dall'avversità.

3.2.3. Incertezza sui metadati

Anche i metadati utilizzati nei processi elaborativi sono affetti da una incertezza dovuta, in particolare, alla risoluzione della griglia adottata e alla capacità di categorizzare correttamente una porzione di territorio attraverso sistemi di *remote sensing* (generalmente le rilevazioni di *land-cover* sono effettuate con rilevazioni satellitari che, come tutte le misure, presentano un certo margine di incertezza).

Di conseguenza, la categorizzazione del terreno (*land-cover*) a 1km di risoluzione potrebbe portare alla classificazione di sue porzioni in una specifica classe, pur in presenza di situazioni in realtà promiscue. Ad esempio, una cella classificata come urbana potrebbe in realtà presentare una composizione di 70% urbana e 30% agricola. La classificazione della cella influisce sul valore della variabile meteorologica associata (es. temperatura più elevata nella zona urbana). Eventuali aziende agricole che si dovessero trovare in celle non categorizzate come agricole potrebbero essere incluse nelle zone con assenza di *trigger* anche quando l'avversità si fosse realmente verificata nelle zone agricole limitrofe.

Azione di mitigazione: l'incertezza sui metadati, come la categorizzazione del terreno, può venir mitigata utilizzando, nel caso di valutazioni di *trigger*, *buffer* di tipo spaziale. Infatti, il problema di una errata categorizzazione del territorio si incontra nelle zone di transizione (es. da zona urbana a zona agricola), pertanto un *buffer* di tipo spaziale di 1 km è in grado di includere nell'analisi porzioni di territorio con una categorizzazione corretta e quindi con dati rappresentativi. Nel caso di interrogazione del dato numerico, la logica che può essere adottata è quella di interrogare la cella di griglia più vicina alla località o all'area d'interesse con la categorizzazione corretta.

La stessa metodologia di mitigazione dell'incertezza può essere applicata anche ad altre tipologie di metadati, come ad esempio l'altitudine.

4. DIVERSITÀ DEI VALORI SULLA STESSA UNITÀ GEOGRAFICA

Come conseguenza di un importante assioma della meteorologia operativa, quello secondo cui ogni *dataset* è funzionale e rappresentativo per la sola specifica utilizzazione cui è

destinato, quindi per un certo territorio e per una certa scala e per una certa profondità temporale, può verificarsi che elaborazioni diverse producano, per una determinata area d'interesse e per uno stesso evento, valori divergenti dei parametri meteorologici. Quella divergenza sarà ragionevolmente modesta, ma se essa va a determinare il *trigger* nella quantificazione di un evento, la differenza assumerà un ruolo chiave sulla eventuale obbligazione contrattuale di natura assicurativa, soprattutto in un mercato che si sta orientando sempre di più verso soluzioni di carattere parametrico (polizze index based). Non solo, eventi di questo tipo inficiano la credibilità della componente "oggettiva" del sistema, indebolendo il ruolo dell'oracolo, cioè di chi fornisce il dato meteorologico utilizzato. In Italia, per diversi motivi, si verifica una situazione particolare, e cioè il fatto che la grande maggioranza del portafoglio assicurativo agricolo prenda a riferimento lo stesso fornitore di servizi meteorologici, e questo sia da parte delle compagnie assicurative che da parte degli agricoltori assicurati e dei loro organismi associativi. Va però specificato che quel fornitore non dispone di sistemi di monitoraggio propri, ma provvede alla raccolta e all'elaborazione dei dati resi disponibili in formati *open* dalle strutture pubbliche e private che gestiscono le principali reti meteorologiche (Dipartimento Nazionale di Protezione Civile, ARPA regionali, Aeronautica Militare, Consorzi di Bonifica, Utility, Associazioni Onlus, ecc.), che costituiscono il cosiddetto insieme osservativo, e da questi ricava i *dataset* necessari alle esigenze del mercato, secondo modalità e tecnologie testate e pubbliche. Questa specifica situazione porta indubbi vantaggi al sistema complessivo, poiché ha determinato un sostanziale azzeramento del contenzioso legato al dato meteo, ma richiede una chiarezza ed una trasparenza assolute, che si costruiscono extracontrattualmente con una linearità operativa ed una credibilità di lungo periodo, che possono venir inficiate da disallineamenti pur tecnicamente motivabili.

Il *dataset* di rianalisi, alla risoluzione originale di 1 km, funge da fonte univoca di tutti i dati storici, pertanto il suo utilizzo diretto non darebbe luogo ad ambiguità poiché, data una coppia di coordinate (latitudine e longitudine) ed un istante temporale, il valore della variabile meteorologica d'interesse più rappresentativo della cella di 1 km nella quale ricade l'area di interesse specifica è definito in maniera univoca.

Il riscontro di diversità di valori a parità di area geografica e istante temporale può essere causato dall'utilizzo di versioni differenti dello stesso *dataset* di rianalisi oppure dal confronto di dati presenti in *dataset* di diversa natura, come trattato nei capitoli precedenti. Un altro contesto che può dar origine a differenze di valori, a parità di condizioni spazio-temporali, è quello delle aggregazioni spaziali basate sul *dataset* di rianalisi originale, quando vengono cioè prodotti "*dataset* di secondo livello".

Lo scopo di questo capitolo è quello di evidenziare come diversi metodi di aggregazione spaziale possano portare a valorizzare le variabili meteorologiche in modo diverso anche a parità di unità geografica e temporale e quali siano le azioni di mitigazione necessarie per evitare possibili ambiguità nell'utilizzo di quei *dataset*.

4.1. Dataset di secondo livello derivati da aggregazione spaziale

Spesso, l'utilizzo del dataset originale non è coniugabile con l'ambito di applicazione, e quindi si rende necessario effettuare opportune aggregazioni spaziali che consentano di:

- ridurre la numerosità dei dati (es. *regridding* a griglie di risoluzione più bassa rispetto a quella originaria);
- uniformare il sistema di riferimento del dato meteo a quello del particolare ambito applicativo che spesso opera per unità territoriali (es. comune, provincia, CAP, bacini idrografici ecc.).

Nei seguenti paragrafi si provvede a fornire una descrizione dei diversi processi di aggregazione spaziale e delle relative azioni di mitigazione che si devono approntare per gestire eventuali differenze di valorizzazione delle variabili introdotte da queste procedure.

4.1.1. Regridding ed il sistema HYPER-GRID ID®

L'impiego del *dataset* di rianalisi originale a 1 km di risoluzione, sebbene preferibile per ottenere il massimo della rappresentatività del dato, può essere poco efficiente per alcune attività che possono non richiedere un dettaglio spaziale particolarmente elevato. Per alcune applicazioni, infatti, è preferibile alleggerire la catena elaborativa favorendo l'efficienza di calcolo poiché l'impiego di griglie a più bassa risoluzione, e quindi con una numerosità di celle più contenuta, garantisce tempi di calcolo molto più ridotti.

L'operazione che consente di trasformare una griglia ad alta risoluzione in una a bassa risoluzione viene chiamata *regridding*: quest'operazione può essere effettuata utilizzando diversi metodi, i quali tutti hanno in comune lo scopo di associare alle celle della griglia di destinazione un valore della variabile meteo rappresentativo a partire dalle celle originarie che, essendo di estensione più piccola (maggiore risoluzione), ricadono nella cella di destinazione (Fig. 1).

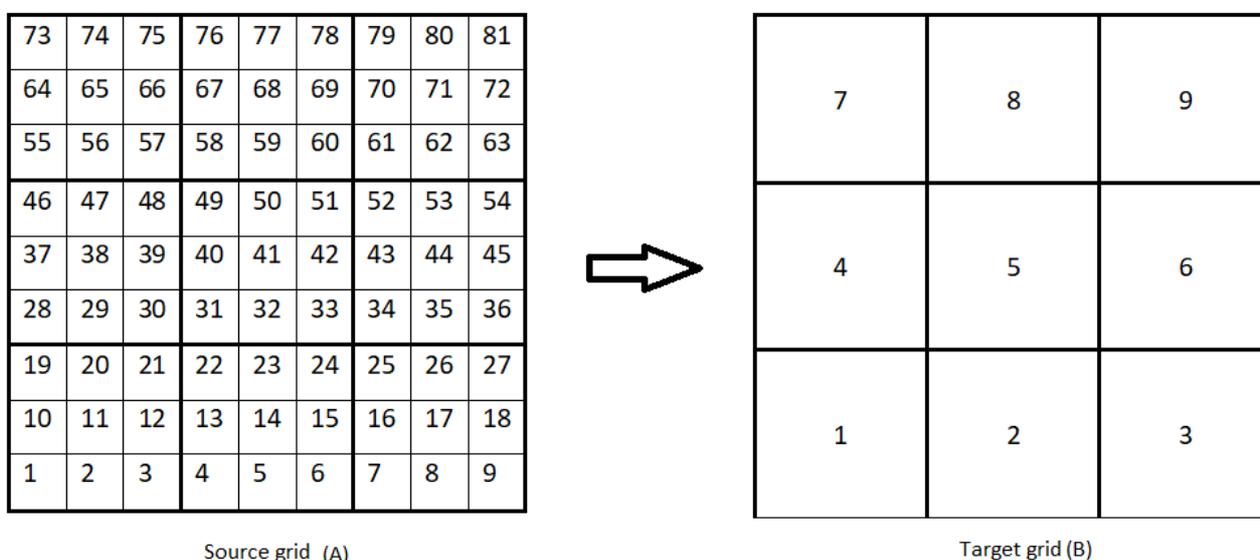


Fig. 1 Regridding

Nell'esempio riportato in fig. 1, dove la risoluzione spaziale della griglia originale A è 3 volte superiore a quella della griglia finale B, la riduzione del numero di celle è pari ad un fattore 9; per rappresentare la stessa area geografica con la griglia ad alta risoluzione sono necessarie 81 celle, mentre con la griglia a bassa risoluzione ne bastano 9. Il fattore di riduzione della numerosità delle celle, in questo caso 9, si ripercuote sul tempo di elaborazione di dati contenuti, quindi la griglia B è 9 volte più veloce da processare rispetto alla griglia A. Ipotizzando una catena elaborativa che impieghi un'ora per processare la griglia B, essa impiegherebbe ben nove ore a processare i dati alla risoluzione originaria oppure, per mantenere il tempo di calcolo inalterato, sarebbe richiesta una potenza di calcolo 9 volte superiore, con un proporzionale aumento dei costi relativi all'infrastruttura di calcolo. Ma l'utilizzo di griglie a diversa risoluzione può determinare un problema di ambiguità nel valore della variabile meteo a parità di località geografica. L'operazione di *regridding* da una griglia ad alta risoluzione a una a più bassa risoluzione del campo di una variabile meteorologica porta, in linea di massima, a mediare i valori originali presenti nelle celle che ora vengono rappresentate da una singola cella.

Nell'esempio di figura 2, il campo di precipitazione rappresentato da 9 celle a 1 km di risoluzione, che coprono una certa area geografica, può presentare una variabilità spaziale molto elevata in caso di precipitazioni convettive. Se viene effettuata una operazione di *regridding* su una griglia finale a 3 km di risoluzione, i valori delle 9 celle originarie vengono sostanzialmente mediati per ricostruire il dato più rappresentativo della cella finale. Nel caso si fosse interessati al valore di precipitazione di una specifica località, esso sarà diverso a seconda della griglia utilizzata: interrogando la griglia ad alta risoluzione, la località assume il valore originale della cella di 1km di lato nella quale ricade, cioè 19 mm, interrogando quella a bassa risoluzione, la località assume il valore medio delle 9 celle originarie utilizzate per ricostruire il dato della cella della griglia finale, cioè 6 mm (Fig. 2).

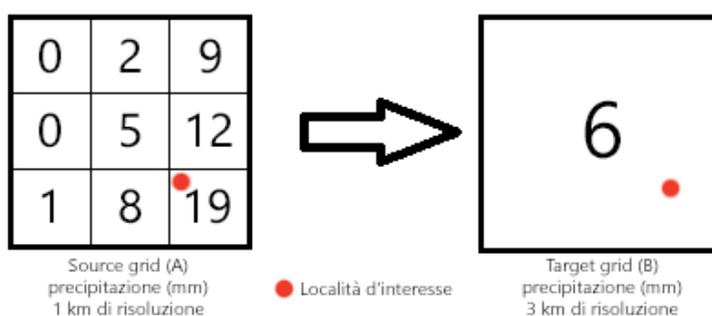


Fig. 2 *Regridding* del dato di precipitazione da una griglia ad alta risoluzione a una di bassa risoluzione. Nella griglia originale, il valore di precipitazione associato alla località d'interesse è di 19 mm, nella griglia finale è di 6 mm.

Azione di mitigazione: una corretta metadattazione dei *dataset* utilizzati nei processi decisionali è necessaria per definire in modo univoco la griglia di appartenenza e, quindi, le caratteristiche dei dati impiegati. Per associare ad ogni cella di griglia un codice identificativo che consenta di ricondurla in maniera univoca al *dataset* di appartenenza ed alla sua geolocalizzazione, Hypermeteo adotta il sistema HYPER-GRID ID[®], il quale abbina al codice identificativo della cella, oltre ai dati meteo, tutta una serie di indicatori ed informazioni di altra natura utili per l'analisi delle specificità dell'area di interesse racchiusa nella cella.

HYPER-GRID ID, definendo una logica standardizzata e condivisa, rappresenta la chiave che consente il collegamento univoco tra i dati meteo-climatico e i dati dello specifico ambito applicativo (es. contratti, fascicoli aziendali, certificati di polizza, asset industriali ecc.).

Nell'ambito della gestione del rischio, ad esempio, ogni bene assicurato può essere automaticamente abbinato ad un codice identificativo (ID) in base alla propria collocazione territoriale, e quindi associato al flusso di dati più rappresentativo. Tutti gli oggetti a rischio, le cui coordinate geografiche ricadono all'interno dello stesso HYPER-GRID ID®, sono caratterizzati dallo stesso livello di rischio e dagli stessi valori dei parametri meteo-climatici utilizzati nell'applicazione o nel servizio. Ad esempio, nelle polizze parametriche o nei servizi di supporto alle decisioni (DSS), per ogni ID possono venir resi disponibili e costantemente aggiornati gli indici di rischio ed i valori di misurazione delle avversità su cui si fonda l'applicazione o il servizio.

La logica del HYPER-GRID ID® consente di associare ad ogni oggetto più stazioni meteorologiche virtuali appartenenti a *dataset* differenti (per tipologia di dato e risoluzione geografica), consentendo così una totale trasparenza ed univocità sulla fonte ed il flusso di dati (Fig. 3 e 4).

La conoscenza dell'identificativo della cella in cui ricade l'area di interesse, utilizzato come chiave di ingresso in sistemi digitali di interrogazione dei *dataset* realizzati allo scopo (*web app*, applicativi gestionali, ecc.) consente un rapido e costante monitoraggio da parte degli utenti del mutare nel tempo dei parametri meteo associati all'identificativo stesso, facilitando così la trasparenza bilaterale del dato all'interno di un rapporto contrattuale (ad esempio tra compagnia di assicurazione ed assicurato).

Sempre all'interno di un rapporto contrattuale, di natura assicurativa o altro, in cui il valore del parametro meteo è determinante per l'insorgere di una obbligazione contrattuale, il sistema HYPER-GRID ID® consente di gestire facilmente i casi in cui l'area di interesse abbinata al bene/servizio oggetto del contratto dovesse ricadere in due o più celle della griglia considerata identificate da codici diversi. In tal caso, le parti potrebbero preventivamente e convenzionalmente scegliere su una mappa interattiva l'identificativo della cella a cui si farà contrattualmente riferimento.

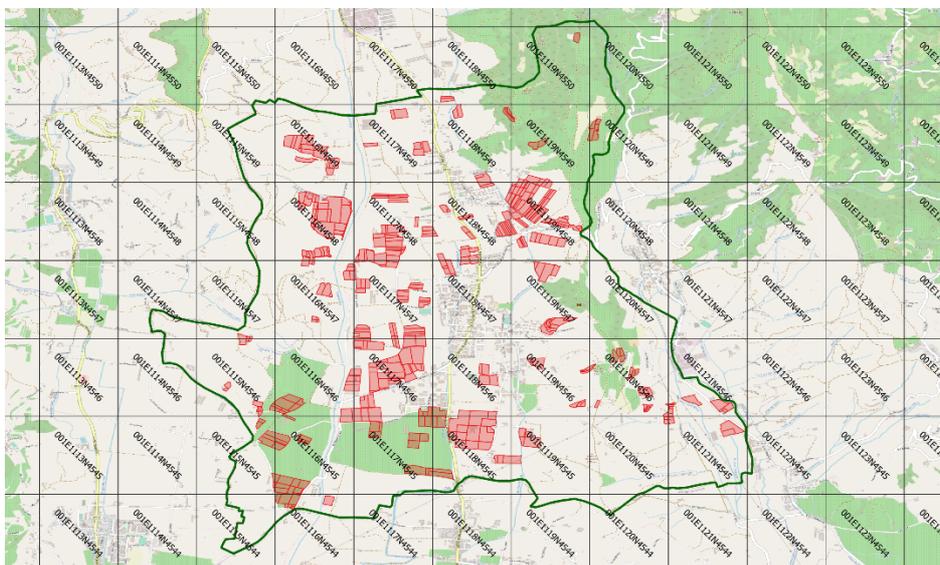


Fig. 3 Rappresentazione del sistema HYPER-GRID ID® su di un'area comunale: ogni cella è identificata da un codice univoco che consente di risalire alle caratteristiche del dataset di origine.

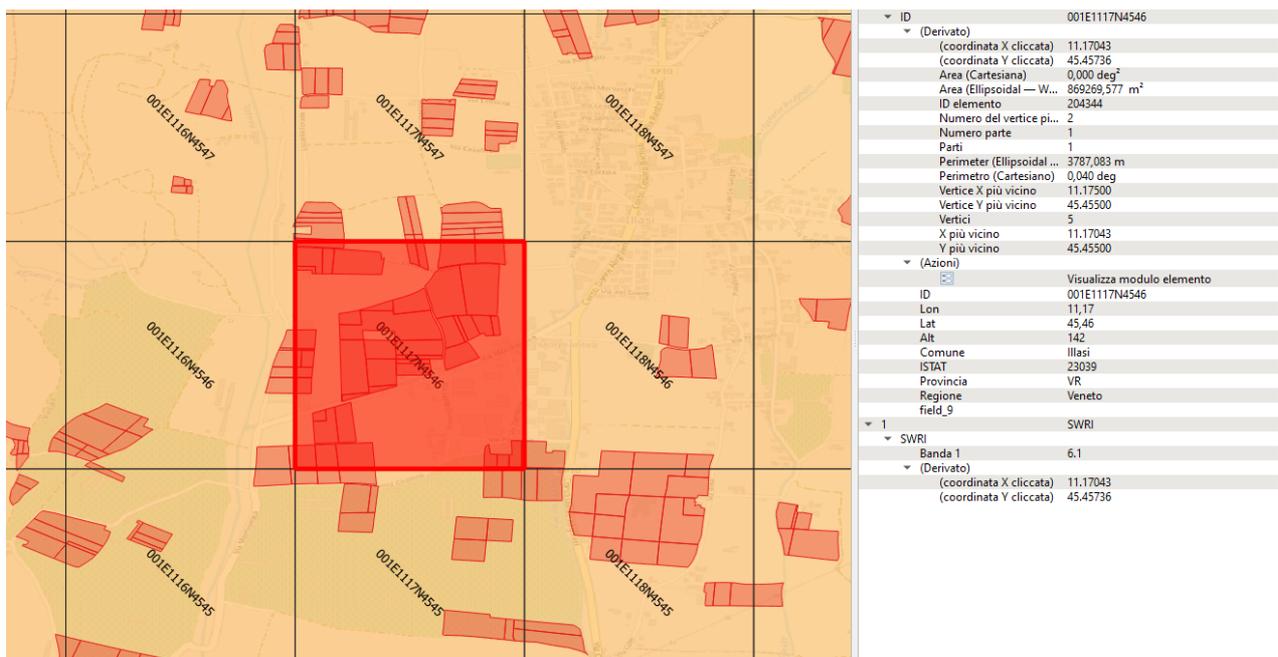


Fig. 4 Esempio di metadati forniti dal sistema HYPER-GRID ID® (es. coordinate, altitudine, comune, codice ISTAT, provincia ecc.).

4.1.2. Aggregazioni per unità territoriali e dataset unici

Il sistema di riferimento geografico "naturale" dei dati meteorologici, ossia le griglie il cui posizionamento delle celle è definito da coppie di coordinate (latitudine e longitudine) spesso risulta di difficile interpretazione nell'ambito della gestione del rischio e, più in generale, nei casi in cui i sistemi impiegati per localizzare i propri asset sono quelli di natura amministrativa (es. indirizzi civici, riferimenti catastali, Comuni, Province, Regioni, ecc.). L'insieme di queste unità territoriali, che definiscono il sistema di georeferenziazione dell'ambito applicativo, può essere suddiviso in due categorie:

- unità territoriali puntuali: sono quelle che presentano una dimensione spaziale inferiore alla cella della griglia; in questo caso l'associazione località d'interesse/cella è univoca (es. ad ogni indirizzo civico è associata una ed un'unica cella di griglia in quanto la dimensione dell'edificio identificato dall'indirizzo è spesso di diversi ordini di grandezza inferiore anche rispetto alla dimensione delle celle delle griglie a più alta risoluzione);
- unità territoriali areali: sono quelle che presentano una dimensione spaziale superiore alla cella della griglia; in questo caso l'associazione località d'interesse/celle non è più univoca in quanto all'interno dell'area sottesa all'unità territoriale d'interesse vi è una pluralità di celle.

La definizione di sistema di georeferenziazione puntuale o areale è quindi strettamente dipendente dalla risoluzione spaziale della griglia di dati che si vuole utilizzare. Ad esempio, un territorio comunale può essere visto come unità territoriale areale se si sta utilizzando

una griglia ad una risoluzione di 1 km (quindi il numero di celle che cadono nell'area comunale è numericamente pari, all'incirca, all'estensione in kmq del Comune stesso) mentre può essere considerato puntuale se la risoluzione del *dataset* è molto grossolana (es. 50 km) e quindi il Comune ricade all'interno di una singola cella e ne assume univocamente il valore.

La traduzione dal sistema di riferimento delle unità territoriali a quello della griglia può risultare talvolta difficoltoso anche quando si tratta di riferimenti "puntuali" (es. indirizzi civici e particelle catastali), per i quali si debba solamente individuare la cella della griglia nella quale ricade il punto di interesse, sono infatti necessarie delle procedure che consentano di "tradurre" l'informazione geografica dell'ambito applicativo nel sistema di riferimento della griglia (latitudine e longitudine). Ad esempio, per gli indirizzi civici esistono numerosi servizi web che consentono di estrarre la coppia di coordinate relativa a ciascuno di essi, mentre per i dati catastali solo recentemente si sta iniziando a disporre di banche dati vettoriali che geolocalizzano le particelle.

Quando si ha a che fare con unità territoriali areali, al fine di associare l'informazione meteo-climatica "caratteristica" di quella particolare località, si rende necessario introdurre una post-elaborazione dei dati su griglia; avendo una pluralità di celle sottese all'area d'interesse, la procedura che si adotta è quella dell'aggregazione dei dati in base a specifiche regole. Queste diverse logiche di aggregazione, pur a parità di denominazione dell'unità territoriale (es. nome del Comune), possono determinare valorizzazioni diverse delle variabili meteorologiche.

L'aggregazione spaziale (es. per Comune, Provincia, bacino ecc.) può differire per diversi motivi:

- Differenti tecniche di aggregazione: la logica utilizzata per ottenere un unico dato rappresentativo per una certa unità territoriale, può differire a seconda degli scopi. Le tecniche più impiegate sono, ad esempio, la media aritmetica, la media pesata, l'estrazione di un particolare percentile (es. mediana, primo quartile, terzo quartile ecc.), estrazione del valore minimo o massimo.
- Filtri: al fine di ottenere un dato maggiormente rappresentativo per l'ambito di applicazione, può essere necessario escludere dall'aggregazione celle di griglia che, pur ricadendo nell'unità territoriale in oggetto, non sono d'interesse specifico ed i cui valori meteo-climatici possono distorcere il valore finale. Un esempio tipico di filtro è quello sull'altitudine: tramite un DEM (Digital Elevation Model) è possibile associare ad ogni cella di griglia il valore di altitudine e, a seconda dell'ambito di applicazione, escludere quelle celle appartenenti a fasce di altitudine poco rappresentative. Può essere il caso di un Comune il cui territorio sia distribuito fra aree di fondovalle o addirittura costiere e rilievi significativi.
- *Buffer*: talvolta può essere utile allargare l'area sottesa all'unità territoriale per includere celle di griglia che, di fatto, si troverebbero al di fuori dei confini. L'inclusione di queste celle nel processo aggregativo, porta a valorizzazioni differenti delle variabili meteorologiche associate all'unità territoriale se confrontate con la semplice aggregazione delle celle all'interno del territorio.

- Aggiornamenti delle unità territoriali: periodicamente avvengono delle modifiche nelle estensioni e nei confini di alcune unità territoriali, come ad esempio nell'aggregazione fra Comuni. Questo porta alla modifica dell'insieme di celle sottostanti l'unità territoriale ed a disomogeneità temporali nella serie storica che deve essere quindi ricalcolata.

Al fine di rendere più chiaro come tutte queste casistiche possano portare a valorizzazioni differenti e dare luogo a spazi di ambiguità, si propone l'esempio di un *dataset* comunale di temperature. Nel caso il *dataset* sia destinato all'utilizzo in ambito agricolo, può essere necessario escludere tutte le celle che si trovano ad altitudini superiori alla quota alla quale si spingono le coltivazioni, in modo che l'aggregazione dei dati (es. media sulle temperature) non risenta dei valori di celle che non sono d'interesse per il caso specifico. Inoltre, sempre con l'ottica di ottenere un dato maggiormente rappresentativo del territorio agricolo, un filtro basato sulle classificazioni di *land cover* può essere applicato per escludere dall'aggregazione tutte le celle di griglia che rappresentano territori non destinati a produzioni agricole (es. zone urbane, boschi, acque interne, aree incolte).

Di seguito si propone un confronto tra i risultati ottenuti da un'aggregazione a livello comunale senza filtri e da un'aggregazione con i filtri di tipo agricolo sopra menzionati (*land cover* di tipo agricolo, altitudine < 1200m) per un territorio comunale che presenta una significativa variabilità di ambienti (zone urbane e montuose).

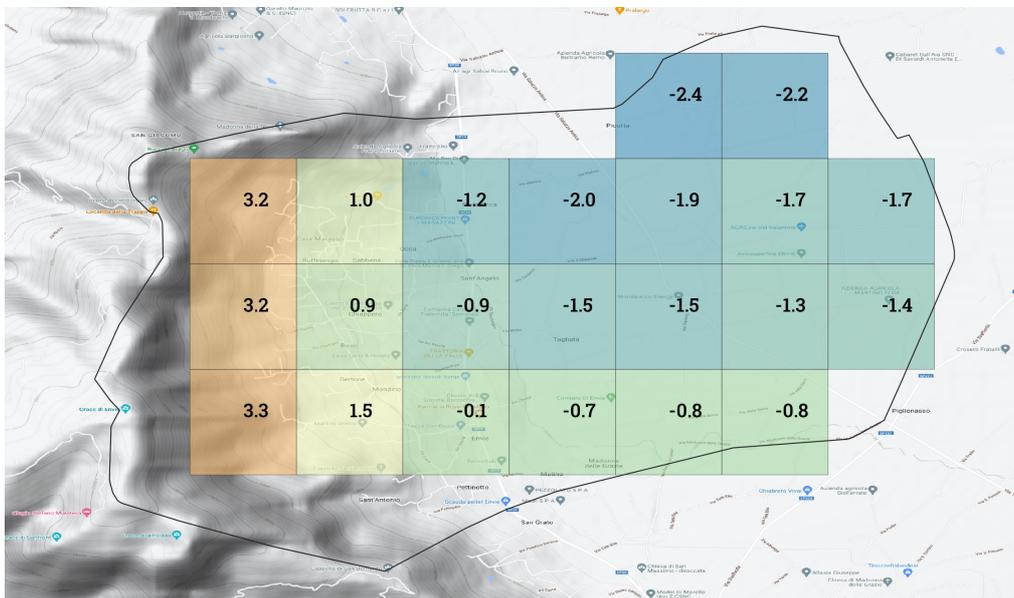


Fig. 5 Valori di temperatura minima giornaliera relativi a tutte le celle di griglia ricadenti nel comune di Envie del 23/03/2022.

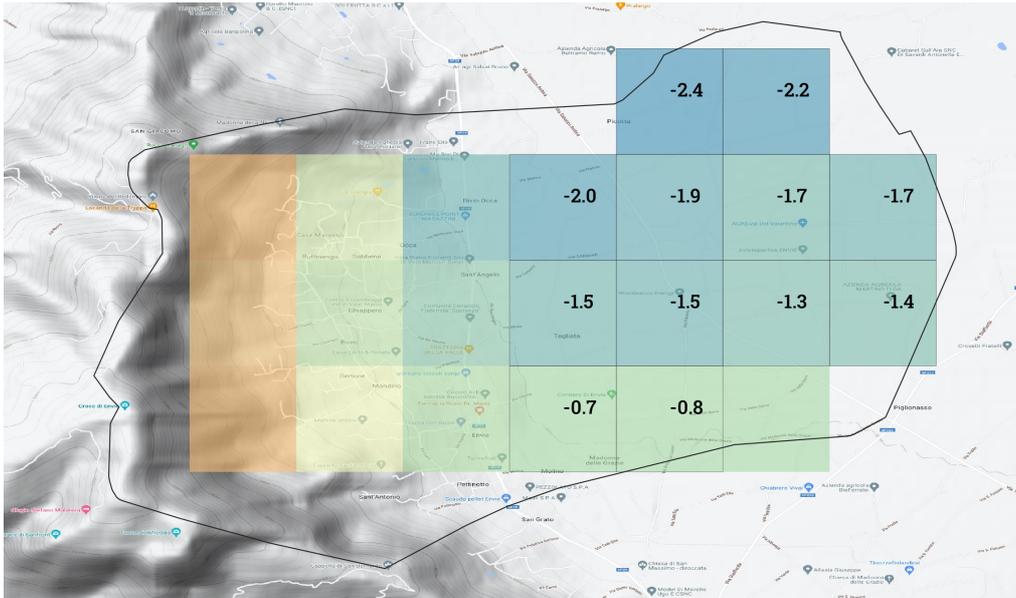


Fig. 6 Valori di temperatura minima giornaliera relativi alle celle di griglia ad uso agricolo al di sotto dei 1200m ricadenti nel comune di Envie del 23/03/2022.

Comune	Valore minimo	Valore medio	Valore massimo
Envie (tutte le celle)	-2.4°C	-0.4°C	+3.3°C
Envie (celle agricole)	-2.4°C	-1.6°C	-0.7°C

Tab. 1 Valori del dataset aggregato di temperatura minima giornaliera per il comune di Envie del 23/03/2022 a seconda del filtro applicato: prima riga, nessun filtro, seconda riga, filtro land cover agricolo e altitudine <1200m.

L'esempio mette in evidenza come diverse logiche di aggregazione possano portare, a parità di unità territoriale, a valori aggregati completamente differenti. Nel caso specifico, la presenza di inversione termica dà luogo a temperature più elevate sulle celle di griglia dell'area montana il che, ove non vengano applicati filtri (prima riga di tabella 1), determina un aumento significativo dei valori medi (+1.2°C) e massimi (+4.0°C), rispetto al *dataset* aggregato che utilizza i filtri su altitudine e *land cover*.

Azione di mitigazione: Adozione di un *dataset* unico per ogni ambito applicativo, con l'obiettivo di:

- massimizzare la rappresentatività dei dati meteorologici per lo specifico contesto;
- fornire valori univoci delle variabili in modo tale che non vi siano spazi di ambiguità contrattuale;

tali obiettivi vengono conseguiti mediante la chiara definizione delle:

- logiche di aggregazione del dato, al fine di poter ricostruire la procedura che ha portato ad ottenere quei particolari valori di variabili a partire dal *dataset* originario su griglia.
- unità territoriali utilizzate; nel caso di aggiornamenti apportati alla base geografica (es. accorpamento di Comuni amministrativi), vanno anche aggiornate le serie storiche relative a quelle unità territoriali, per omogeneizzare temporalmente il dato.

Si riportano di seguito alcuni *dataset* unici impiegati operativamente per specifici ambiti di utilizzo e delle principali logiche di aggregazione adottate per rendere maggiormente rappresentativo il dato finale.

DATASET	UNITÀ TERRITORIALI TIPICHE	TECNICHE DI AGGREGAZIONE	FILTRI	BUFFER
<i>DATASET</i> AGRICOLO – ASSICURATIVO AGRICOLO	Comuni e province	Media aritmetica, estrazione di massimi e minimi spaziali	Land cover di tipo agricolo, altitudine inferiore a 1200m	Da nessuno a 3 km in base alla variabile considerata
<i>DATASET</i> PROPERTY – ASSICURATIVO PROPERTY	Comuni e province	Media aritmetica, estrazione di massimi e minimi spaziali	Land cover di tipo urbano	Nessuno
<i>DATASET</i> CONSUMI ENERGETICI	Comuni, province, regioni	Media pesata delle variabili meteo-climatiche con la densità di popolazione	Nessuno	Nessuno
<i>DATASET</i> EOLICO	Comuni e province	Media pesata delle variabili meteo-climatiche con la densità di impianti eolici	Nessuno	Nessuno
<i>DATASET</i> FOTOVOLTAICO	Comuni e province	Media pesata delle variabili meteo-climatiche con la densità di impianti fotovoltaici	Nessuno	Nessuno
<i>DATASET</i> IDROELETTRICO	Bacini idrografici	Media aritmetica, estrazione di massimi e minimi spaziali	Nessuno	Nessuno

Tab. 2 Esempi di dataset unici elaborati per diversi ambiti applicativi.

5. BIBLIOGRAFIA

- [1] [https://www.radarmeteo.com/wp-content/uploads/2022/02/Quaderno Meteorologia Aperta1 Rappresentativita%CC%80_dat_i_meteo-1.pdf](https://www.radarmeteo.com/wp-content/uploads/2022/02/Quaderno_Meteorologia_Aperta1_Rappresentativita%CC%80_dat_i_meteo-1.pdf)
- [2] [https://www.radarmeteo.com/wp-content/uploads/2022/07/Quaderno Meteorologia Aperta2 Rianalisi-2.pdf](https://www.radarmeteo.com/wp-content/uploads/2022/07/Quaderno_Meteorologia_Aperta2_Rianalisi-2.pdf)
- [3] [https://www.radarmeteo.com/wp-content/uploads/2022/07/Quaderno Meteorologia Aperta-4 Lemergenza-climatica-al-tempo-del-digitale.pdf](https://www.radarmeteo.com/wp-content/uploads/2022/07/Quaderno_Meteorologia_Aperta-4_Lemergenza-climatica-al-tempo-del-digitale.pdf)
- [4] WMO. (1993). Siting and Exposure of Meteorological Instruments (J. Ehinger). Instruments and Observing Methods Report No. 55 (WMO/TD-No. 589). Geneva.
- [5] WMO. (2000). *Representativeness, Data Gaps and Uncertainties in Climate Observations* WMO-TD No. 977. Geneva.
- [6] WMO. (2008). *Guide to Hydrological Practices* (WMO-No. 168), Volume I. Geneva.
- [7] WMO. (2011). *Guide to Climatological Practices* (WMO-No. 100,). Geneva.
- [8] Bengtsson, L., and Shukla, J. (1988). *Integration of space and in situ observations to study global climate change*. Bull. Amer. Meteor. Soc., 69, 1130–1143.
- [9] Ramsey, C.A., Hewitt, A.D. (2005). *A methodology for assessing sample representativeness*. Environmental Forensics 6(1) 71-75.
- [10] Sinclair, S., Pegram, G. (2005). *Combining radar and rain gauge rainfall estimates using conditional merging*, Atmospheric Science Letters, 6, 19-22.
- [11] Thorne, P., and Vose, R. S. (2010). *Reanalyses suitable for characterizing long-term trends*. Bull. Amer. Meteor. Soc., 91, 353–361.
- [12] Parker, W.S. (2016). *Reanalyses and Observations: What's the Difference?* Bulletin of the American Meteorological Society 97 (9): 1565-1572.
- [13] Bosilovich, M. G., Kennedy, J., Dee, D., Allan, R., .and O'Neill, A. (2011). *On the reprocessing and reanalysis of observations for climate*. *Climate Science for Serving Society: Research, Modeling and Prediction Priorities*, G. R. Asrar and J. W. Hurrell, Eds., Springer, 51–71.
- [14] Conradt, S., R. Finger, and M. Spörri, (2015). *Flexible weather index-based insurance design*. *Climate Risk Manage*. 10, 106–117.
- [15] Daniel K., Riishojgaard L. P., Eyre J., Varley R. A., *The Value of Surface-based Meteorological Observation Data*, The World Bank, World Meteorological Organization, British Crown, Met Office, 2021.

GLI AUTORI

Già Ispettore del Corpo Forestale dello Stato-Ministero Agricoltura e Foreste, Direttore del Centro Sperimentale per le valanghe e la difesa idrogeologica di Arabba (Regione Veneto), Direttore del Centro Meteorologico di Teolo (ARPA Veneto), Direttore della Ricerca e Comunicazione di ARPA Veneto, Direttore Generale della Pianificazione e Programmazione della Regione del Veneto, Delegato Nazionale presso la WMO dell'ONU, Direttore del Centro di monitoraggio meteorologico, ambientale ed idrologico della Unione Europea in Asunción (Paraguay) e Capo missione per l'America latina nei progetti a carattere meteorologico. Autore di oltre 30 pubblicazioni a carattere tecnico-scientifico. Docente ai corsi UE, FAO, IILA per i funzionari governativi dell'America latina; docente a corsi in ambito universitario, post-universitario, master, aziendale, sindacale.

Attualmente Presidente di Hypermeteo e Amministratore unico di Radarmeteo.



Massimo Crespi

Esperto di meteorologia applicata al risk assessment e responsabile della gestione del rischio in ambito agricolo e property di Radarmeteo Srl. Co-fondatore e responsabile del settore analisi dati di Hypermeteo Srl. Autore di pubblicazioni tecnico-scientifiche sulle tecnologie meteo-climatologiche di analisi retrospettiva (rianalisi) e sulla loro applicazione.



Gianluca Ferrari

Da oltre 30 anni opera nel mondo della gestione del rischio. Ha lavorato per importanti compagnie assicurative italiane ed estere; è esperto nell'analisi e nel trattamento dei rischi dell'agricoltura. Dal 2015 è consulente di Asnacodi Italia per i rapporti col mondo assicurativo, per la gestione di Fondi Mutualistici e per la digitalizzazione e l'innovazione dei processi. Ha partecipato a progetti europei per l'utilizzo dei dati satellitari (PREMIA), per lo studio di nuove polizze index based e per l'integrazione di dataset meteo-climatici nella gestione dei rischi atmosferici in agricoltura. Attualmente è anche Consulente Senior di ISMEA per il progetto di sperimentazione del Fondo Mutualistico AgriCat.



Paolo Spagna



PMI innovativa

Via IV Novembre, 117
35020 – Due Carrare (PD)

radarmeteo.com
info@radarmeteo.com



Startup innovativa

Via Nazionale, 181
00184 – Roma (RM)

hypermeteo.com
info@hypermeteo.com