

ITALIAN PATENT OFFICE

Document No.

102012902059065A1

Publication Date

20131212

Applicant

ENI S.P.A.

Title

SISTEMA DI PREVISIONE DELLA TEMPERATURA DAL BREVE AL LUNGO
TERMINE PER LA PRODUZIONE, GESTIONE E VENDITA DI RISORSE
ENERGETICHE.

SISTEMA DI PREVISIONE DELLA TEMPERATURA DAL BREVE AL
LUNGO TERMINE PER LA PRODUZIONE, GESTIONE E VENDITA DI
RISORSE ENERGETICHE

5 La presente invenzione si riferisce a un metodo e
a un sistema di previsione meteo-climatica della
temperatura in modo continuo, dal breve al lungo
termine, utilizzabile in particolare ma non
esclusivamente per la gestione di risorse energetiche e
10 per la pianificazione logistica e la costruzione di
cantieri e impianti industriali.

I modelli numerici di previsione meteo-climatica a
lungo termine (60-90 giorni), su scala globale e
regionale, forniscono un'alternativa ai sistemi
15 statistici derivanti dall'analisi di dati storici. Tali
modelli si basano sull'approccio dinamico alla
previsione delle temperature, delle piogge e delle
altre variabili meteo-climatiche. Per molti anni i
modelli numerici sono stati usati soprattutto per le
20 previsioni del tempo a breve termine (1-5 giorni) con
un grado di affidabilità crescente.

La scala regionale è definita, per gli scopi qui
illustrati, tra circa 10^4 km² e circa 10^7 km². Il limite
superiore (circa 10^7 km²) è la scala sub-continentale,
25 alla quale le disomogeneità climatiche possono essere
diffuse in varie parti del globo. Ciò che avviene oltre
questo limite superiore, cioè su scala planetaria, è
dominato dai processi e dalle interazioni connesse alla
circolazione generale. Il limite inferiore (circa 10^4
30 km²), al contrario, rappresenta il confine tra la scala
regionale e quella locale. In anni più recenti è stato
dimostrato che questi modelli hanno anche una certa

capacità predittiva su scale temporali dell'ordine della stagione (3-6 mesi) (Kumar et al., 1996; Zwiers, 1996; Barnston et al., 1999; Mason et al., 1999; Goddard et al., 2001; Palmer et al., 2004). Previsioni stagionali a carattere sperimentale sono state prodotte fin dagli anni '90 del secolo scorso in diverse istituzioni internazionali.

Per un'applicazione efficace delle previsioni a carattere stagionale si richiede che le informazioni significative siano disponibili su scale regionali e locali. E' anche ben noto che i modelli sono lo strumento principale per l'analisi dei cambiamenti climatici e lo sviluppo dei futuri scenari. Questi modelli offrono simulazioni al calcolatore del clima che includono le caratteristiche basilari della fisica e della dinamica dell'atmosfera e tengono conto delle interazioni tra le diverse componenti (atmosfera, oceani, terra, ghiaccio, biosfera). I sistemi finora più avanzati simulano il clima su tutto il pianeta, accoppiando l'atmosfera con quanto accade negli oceani (Atmosphere-Ocean General Circulation Models, AOGCM). La risoluzione orizzontale, ovvero la distanza tra i punti su cui il modello effettua i calcoli, è tipicamente tra i 50 e i 250 km. All'interno di questi modelli, i processi fisici che avvengono su una scala spaziale più piccola rispetto alla risoluzione del modello sono trattati attraverso degli opportuni algoritmi, generalmente denominati parametrizzazioni.

Gli AOGCM forniscono una buona descrizione del clima su scale spaziali più ampie della loro risoluzione orizzontale, ma non possono fornire una descrizione dettagliata delle variabili climatiche alle

condizioni correnti, né proiezioni dettagliate relative a variazioni delle stesse su scale inferiori alla risoluzione medesima. Negli ultimi anni l'aumento della risoluzione dei modelli su scala globale ha consentito di disporre di informazioni anche su scala regionale. Ciononostante, la maggior parte dei modelli utilizzati nelle previsioni stagionali conserva ancora una carenza nella risoluzione spaziale, che non permette di derivare valori realistici delle variabili meteo-climatiche. In particolare, la predicibilità della temperatura può risultare limitata, in quanto questa variabile è particolarmente sensibile alla complessità del territorio e al dettaglio con cui esso è descritto.

Negli ultimi anni sono stati utilizzati modelli su scala regionale o ad area limitata nelle previsioni a lungo termine, inserendoli all'interno dei modelli globali per produrre informazioni meteo-climatiche regionali e locali. Questi modelli sono in grado di tener conto di importanti fattori locali, come ad esempio l'influenza dell'orografia. In questo modo sono consistenti e capaci di fornire risposte significative a un'ampia gamma di parametri fisici. Questi modelli sono basati sui medesimi fondamenti dei modelli ad alta risoluzione per le previsioni meteorologiche, come quelle prodotte dal Centro Epson Meteo (CEM). I modelli ad alta risoluzione sono impiegati all'interno del CEM da 15 anni per produrre informazioni meteorologiche su scala globale. Nel 2002, poi, fu avviata un'attività sperimentale per la produzione di previsioni stagionali basate su un approccio denominato *two-tiered*. Tale approccio è caratterizzato dal fatto che le condizioni al contorno, quali le temperature superficiali dei mari

(SST, Sea-Surface Temperature), vengono previste e utilizzate come elemento forzante dell'atmosfera sovrastante. Le SST possono essere derivate dalle temperature climatologiche sulla base dell'anomalia
5 presente all'istante di partenza, nonché completamente previste da un modello AOGCM.

Scopo della presente invenzione è pertanto quello di realizzare un metodo e un sistema di previsione meteo-climatica della temperatura su un orizzonte
10 temporale da uno a novanta giorni che sia in grado di risolvere le principali carenze sopra citate della tecnica nota in una maniera estremamente semplice, economica e particolarmente funzionale.

Nel dettaglio, è uno scopo della presente
15 invenzione quello di realizzare un metodo e un sistema di previsione meteo-climatica dal breve termine fino alla stagione che sia in grado di consentire la gestione e la valutazione delle scorte di gas naturale, nonché le fasi di acquisto e di vendita del medesimo,
20 con particolare interesse alla scala europea, nazionale e macroregionale.

Un altro scopo della presente invenzione è quello di realizzare un metodo e un sistema di previsione meteo-climatica della temperatura dal breve al lungo
25 termine che sia in grado di consentire una stima accurata della produzione di energia elettrica ottenuta mediante l'utilizzo di gas naturale, con un miglioramento dell'efficienza energetica degli impianti e la riduzione dello sbilanciamento sulla rete di
30 trasporto generato dalla differenza tra la vendita e il consumo di energia elettrica sul mercato nazionale e sul mercato europeo ("*smart grid*").

Un altro scopo della presente invenzione è quello di realizzare un metodo e un sistema di previsione meteo-climatica della temperatura dal breve al lungo termine che consenta la gestione ottimizzata dei
5 processi di produzione industriale, con la previsione anticipata delle tendenze dei mercati di produzione e approvvigionamento di petrolio, prodotti raffinati e gas naturale (*"smart transportation and shipping"*).

Un altro scopo della presente invenzione è quello
10 di realizzare un metodo e un sistema di previsione meteo-climatica della temperatura dal breve al lungo termine che consenta la gestione delle fasi di vendita, trasporto e stoccaggio di prodotti petroliferi, con la previsione anticipata dei consumi industriali e civili
15 e delle scorte sulla rete delle stazioni servizio (*"smart station"*).

Un ulteriore scopo della presente invenzione è quello di realizzare un metodo e un sistema di previsione meteo-climatica di breve-medio-lungo periodo
20 che consenta una più efficace gestione dei cantieri in cui si prevedono il trasporto di materiali e personale, l'esplorazione in aree off-shore, la costruzione di impianti industriali o di pipeline in qualsiasi area geografica.

25 La previsione meteo-climatica stagionale deve essere affrontata come un processo continuo dal breve al lungo termine (concetto di *seamless prediction*). Un sistema accoppiato "atmosfera - oceani - terra - ghiacci" mostra un'ampia gamma di fenomeni fisici e
30 dinamici, a cui si associano reazioni fisiche e biochimiche. Essi costituiscono un insieme continuo nel quale si esercita la variabilità spazio-temporale. Il

confine tra le condizioni meteo e il clima è assolutamente artificiale e, come tale, tende a inibire le interazioni tra le componenti del sistema fisico. Infatti, il clima su scala globale influenza l'ambiente
5 nel suo insieme, a livello di microscala e di mesoscala. A sua volta, tale influenza regola il tempo atmosferico e il clima locale. Inoltre i processi a piccola scala hanno un impatto significativo sull'evoluzione della circolazione a grande scala e
10 sulle interazioni tra le diverse componenti del sistema climatico.

Il punto centrale del metodo e del sistema secondo l'invenzione è quindi costituito dalla predizione sulla scala spazio-temporale di questo "insieme continuo" e
15 delle interazioni tra le diverse componenti del sistema fisico. Il concetto di *seamless prediction* diventa così il paradigma esplicito per il riconoscimento dell'importanza e dei benefici nella convergenza delle metodologie e delle tecnologie utilizzate nel campo
20 delle previsioni meteorologiche e del clima. Un particolare riguardo deve essere dedicato all'inizializzazione del sistema climatico, in quanto ogni fenomeno, da quelli su scala oraria a quelli su scala settimanale, trae beneficio da un'accurata
25 definizione delle condizioni iniziali dell'intero sistema climatico.

Lo sviluppo di un approccio unificato della previsione, che elimina il divario tra la previsione di un evento meteorologico a breve termine e le variazioni
30 stagionali, parte dall'unione delle attività proprie della previsione stagionale e dei cosiddetti metodi di *ensemble*. Con l'espressione "*previsione stagionale*" si

intende una previsione che copre un periodo compreso tra trenta e novanta giorni (stagione). Con il termine "ensemble" si intende invece l'unione delle simulazioni effettuate da un modello matematico di previsione meteorologica. Ogni simulazione (*run*) utilizza un set di dati, costituiti da variabili meteorologiche fornite dai sistemi di rilevazione dei dati atmosferici su scala globale, ad esempio stazioni meteo, satelliti, ecc. Il numero di *run* che compongono l'*ensemble* è variabile ed è pari al numero di perturbazioni applicate ai valori iniziali rilevati con cui il modello stesso viene inizializzato. L'approccio deve necessariamente contemplare una procedura che comprenda l'utilizzo di più modelli matematici e/o l'uso di più schemi fisici e dinamici (*multi-model*).

L'approccio *multi-model* è necessario poiché i modelli sono semplificati e imperfetti, e dunque il risultato dell'utilizzo di più sistemi dinamici e fisici è superiore, in principio, alla perturbazione delle condizioni iniziali di un singolo modello. L'approccio *multi-model* diventa, quindi, un modo semplice e consistente di perturbare la fisica e la dinamica nella previsione meteorologica. Attraverso l'approccio *multi-model* di perturbazione dello stato di partenza si ottiene un sistema di previsione più robusto ed efficace. Inoltre, verificando le ipotesi su più di un modello, è possibile verificare quale risultato è indipendente dal modello stesso e, quindi, probabilmente più attendibile.

In questa ottica si inserisce nella presente applicazione la previsione di breve termine basata sulla medesima modellistica di *ensemble* e di *multi-*

model. Lo scopo è quello di utilizzare la previsione della temperatura per la previsione dei consumi di gas e di elettricità e per la previsione della produzione elettrica in centrali a ciclo combinato mediante la
5 combustione di gas naturale.

La previsione meteo-climatica richiesta dal mercato elettrico si orienta sull'intervallo da uno a dieci giorni. La previsione della temperatura in questo intervallo temporale è applicabile anche alla
10 previsione del carico elettrico in funzione della distribuzione geografica e delle richieste di potenza del gestore della rete elettrica. La programmazione della produzione elettrica nei siti industriali può utilizzare la previsione meteo-climatica di medio-lungo
15 termine, anche ai fini della pianificazione delle operazioni di manutenzione.

Le interazioni sulle diverse scale spazio-temporali sono la caratteristica dominante di tutti gli aspetti della previsione meteo-climatica. La previsione
20 di qualsiasi anomalia climatica su una regione si completa solo valutando efficacemente gli effetti dei mari, dei suoli, della vegetazione e dei processi stratosferici. Inoltre la previsione stagionale richiede che i modelli siano in grado di fornire una
25 rappresentazione realistica delle fluttuazioni giorno per giorno del tempo atmosferico. Queste fluttuazioni modificano la correlazione statistica su scala locale e quindi occorre tenerne conto nei cambiamenti del sistema che ne alterano la previsione. L'unione del
30 tempo atmosferico e del clima in un unico aspetto comporta l'uso di modelli realistici che includano le interazioni tra le componenti del sistema meteo-

climatico e che, nel contempo, siano capaci di predire le principali anomalie dei parametri meteo-climatici e il tempo giorno per giorno.

Anche se esistono ragioni ben documentate alla base dell'uso di approcci diversi tra tempo atmosferico e clima (Barry et al., 2009), la divisione in senso stretto costituisce una limitazione. In una previsione di breve termine, l'evoluzione deterministica del tempo è un problema legato ai valori utilizzati per
5
10
inizializzare il modello. Per tempi a scala climatologica, invece, la statistica dei sistemi atmosferici è l'elemento che conta maggiormente.

Nella previsione stagionale, tuttavia, l'interazione tra le diverse componenti del sistema meteo-climatico costituisce l'elemento fondamentale e
15
il paradigma della previsione stessa che spazia dal breve al lungo termine. Si riconosce chiaramente l'importanza e il grande beneficio nella convergenza delle metodologie usate nella previsione meteorologica e nella previsione climatica, per il fatto di
20
considerare l'insieme delle variabilità in un processo continuo che spazia in tutto l'intervallo stagionale.

Le caratteristiche e i vantaggi di un metodo e di un sistema di previsione meteo-climatica di breve-
25
medio-lungo periodo, utilizzabili in particolare ma non esclusivamente per la gestione di risorse energetiche e per la pianificazione e la costruzione di cantieri e impianti industriali, secondo la presente invenzione risulteranno maggiormente evidenti dalla descrizione
30
seguente, esemplificativa e non limitativa, riferita ai disegni schematici allegati nei quali:

la figura 1 è uno schema pittorico che illustra le

interazioni tra i processi utilizzati per la determinazione dei parametri meteorologici nel metodo e nel sistema di previsione meteo-climatica secondo l'invenzione;

5 la figura 2 è uno schema sintetico che illustra il flusso del processo di interazione tra scala globale e regionale in relazione al sistema di *down-scaling* e di costruzione della previsione utilizzato nel metodo e nel sistema di previsione meteo-climatica secondo
10 l'invenzione;

la figura 3 è uno schema a blocchi che illustra le fasi e i componenti principali del metodo e del sistema di previsione meteo-climatica secondo l'invenzione;

la figura 4 illustra le procedure di un modello applicativo che introduce, all'interno del dominio
15 finale e durante la fase di *down-scaling* dinamico, un campo di parametri meteorologici vicino al suolo derivanti da uno *scaling* statistico, tali parametri meteorologici venendo riassimilati nel modello
20 regionale e agendo su una scala compatibile con quella del modello regionale stesso;

le figure 5 e 6 sono grafici che mostrano due distinti esempi di previsione della temperatura massima ottenuti in determinati periodi temporali e in
25 determinate aree geografiche, in cui le previsioni ottenute mediante il metodo secondo l'invenzione (linee con rombi) vengono rispettivamente comparate con le temperature osservate (linee con triangoli) e con le medie climatiche su 25 anni (linee con quadrati), oltre
30 che riportare l'intervallo di confidenza all'80% (linee tratteggiate);

la figura 7 è un grafico che mostra un esempio di

previsione stagionale della temperatura media ottenuta in un determinato periodo temporale e in una determinata area geografica, in cui le previsioni ottenute mediante il metodo secondo l'invenzione (linee con rombi) vengono rispettivamente comparate con le temperature effettivamente osservate (linee con triangoli), con le medie climatiche su 25 anni (linee con quadrati) e con le previsioni della temperatura ottenute dal NCEP-NOAA (*"National Center for Environmental Prediction-National Oceanic and Atmospheric Administration"*, U.S.A.), attraverso il modello *Climate Forecast System* (linee con cerchi); e la figura 8 riporta la statistica complessiva su 3 anni dell'errore mensile delle previsioni della temperatura, ottenute mediante il metodo secondo l'invenzione, per intervallo temporale e su diverse macroregioni, con una comparazione con la previsione climatica su scala stagionale.

Il metodo di previsione meteo-climatica in modo continuo, dal breve termine alla stagione, secondo l'invenzione si basa sulla composizione delle previsioni e sull'applicazione alle macroaree geografiche di interesse utilizzando un sistema innovativo di *down-scaling*. Con il termine "*down-scaling*" si intende un processo per la determinazione di parametri meteorologici locali a partire da parametri disponibili su una scala geografica più grande. Nel metodo secondo l'invenzione l'insieme delle simulazioni viene generato a partire dalla perturbazione delle condizioni atmosferiche iniziali usando modelli globali e regionali. Ciò permette lo sviluppo della previsione meteo-climatica in senso

probabilistico.

In sostanza, il metodo di previsione meteo-climatica di breve-medio-lungo periodo secondo l'invenzione:

5 - unisce sistemi dinamici e sistemi statistici attraverso un modello applicativo di nuova concezione, che supera qualsiasi altro sistema in uso e che aggiunge uno *scaling* statistico dei dati per le temperature vicino al suolo, le quali, quindi, sono
10 riassimilate nel modello regionale come nuovi valori di temperatura vicino al contorno fisico (il suolo);

- unisce l'applicazione della tendenza temporale alla previsione stagionale su scala globale secondo l'approccio "*end-to-end*" (osservazione, predizione,
15 applicazione e decisione), che costituisce uno degli elementi base dell'invenzione;

- utilizza una nuova metodologia di "*ensemble down-scaling*" per fornire una previsione meteo-climatica di breve, medio e lungo periodo (stagionale). Con
20 l'espressione "*ensemble down-scaling*" si intende l'applicazione del processo di *down-scaling* (statistico e dinamico) a ciascuna simulazione (*run*) effettuata dai modelli su scala globale.

Sono state implementate due fasi, poi integrate
25 tra loro, per la simulazione e la previsione meteo-climatica su scala regionale:

- la prima fase prevede l'utilizzo di modelli ad area limitata, con passo spaziale da 1 km a 20 km e tipicamente dell'ordine di 10 km, e le condizioni al
30 contorno fornite dall'*ensemble* su scala globale;

- la seconda fase prevede l'utilizzo di modelli

empirico-statistici per il collegamento tra le caratteristiche meteo-climatiche locali e le condizioni su scala regionale.

Le due fasi sono state unificate e applicate
5 simultaneamente ai diversi membri dell'*ensemble*, in modo tale da creare un insieme dinamico-statistico (*statistical-dynamical ensemble down-scaling*) in modo tale da mantenere la continuità (*seamless prediction*) sulla scala temporale da uno a novanta giorni e sulla
10 scala spaziale dal singolo punto a una macroarea sub-regionale secondo quanto specificato di seguito.

Il clima di una regione è determinato dall'interazione tra i processi e gli elementi circolatori che avvengono, rispettivamente, su scala
15 globale, regionale e locale e su un ampio intervallo temporale che va dalle ore alle settimane (Zhang et al., 2006). Alla scala planetaria appartengono i processi che regolano la circolazione generale dell'atmosfera. Sono questi elementi che determinano la
20 sequenza e il tipo di eventi-regimi meteorologici che caratterizzano il clima di una regione.

All'interno della scala planetaria, gli effetti locali e regionali modulano la struttura spaziale e temporale dei segnali climatici regionali, provocando
25 effetti che, a loro volta, sono in grado di condizionare le caratteristiche della circolazione generale. Inoltre la variabilità climatica di una regione può essere fortemente influenzata, attraverso le cosiddette tele-conessioni, da anomalie presenti in
30 regioni distanti, le quali complicano la valutazione delle variazioni climatiche su scala regionale. Tali anomalie sono caratterizzate da diverse scale temporali

ed elevate non linearità.

Secondo l'invenzione, si prevede l'impiego di un approccio *multi-scale* per determinare i processi che regolano il cambiamento del clima su scala regionale.

5 All'inizio del processo vi è l'*ensemble* sui modelli atmosfera-oceano, capace di riprodurre il sistema meteo-climatico con gli elementi forzanti su scala planetaria e la variabilità associata alle anomalie indotte a grande scala. L'informazione ottenibile viene

10 arricchita, attraverso il metodo di *ensemble down-scaling* statistico-dinamico dei processi su scala regionale e locale.

Nel metodo di *ensemble down-scaling* viene applicato, per ogni intervallo temporale, un processo

15 di selezione di ciascun parametro meteorologico di un "*super-ensemble*" attraverso una misura basata sulla distanza tra valori di riferimento opportunamente scelti. Tale misura è utilizzata per escludere tutti quei valori al di fuori dell'intervallo. Quindi, sui

20 parametri meteorologici residui, viene ricalcolato il valore complessivo, mentre l'intervallo di confidenza è basato sui limiti del sottoinsieme ricavato. Con il termine "*super-ensemble*" si intende l'unione delle simulazioni ottenute da due (o più) modelli di

25 previsione meteorologica. Nel caso della presente invenzione, il *super-ensemble* è costituito da due modelli di simulazione a scala globale e la procedura di selezione dei risultati è applicata a essi, ma è estendibile a un insieme qualsiasi di modelli a

30 disposizione.

In questo modo sarà possibile:

- valutare la variabilità associata a eventi meteorologici transitori, in particolare gli eventi estremi;
- definire la predicibilità e i limiti della
5 previsione all'interno di una stagione;
- definire l'intervallo di confidenza per determinare il grado di incertezza;
- fornire un miglior supporto alla decisione grazie a un sistema di modellazione ad alta risoluzione che
10 permette di ottenere una previsione del tempo e del clima con continuità, contenente una procedura che lega i processi di superficie ai processi fisici e dinamici del sistema meteo-climatico.

15 Il ruolo delle forzanti ad alta risoluzione è stato chiaramente dimostrato in numerosi studi (tra gli altri, Noguer et al., 1998). Questi studi hanno dimostrato che la capacità di simulazione della componente a mesoscala del segnale climatico è solo modestamente sensibile alla qualità del dato portante.

20 L'importanza dei suoli e delle interazioni superficiali sulle simulazioni a lungo termine è anch'essa stata dimostrata in numerosi lavori di letteratura. L'impatto dell'utilizzo delle variabili fisiche caratteristiche del suolo e dei suoi
25 cambiamenti sul clima a scala regionale è stato anch'esso individuato in diversi studi condotti in passato (tra gli altri, Pan et al., 1999; Pielke et al., 1999; Chase et al., 2000; Zang X., 2006). Tali caratteristiche sono direttamente collegate alla
30 previsione del fenomeno, come dimostrato dagli studi condotti presso il Centro Epson Meteo sulla regione

indiana e himalaiana, a proposito dell'interazione tra il suolo e l'atmosfera.

La previsione della temperatura vicino al suolo, risultato centrale del metodo secondo l'invenzione, può
5 trarre un sostanziale beneficio dal miglioramento nella descrizione di parametri di superficie. Per questo motivo, secondo l'invenzione, è stata prevista la creazione di un database all'avanguardia di parametri climatici a cui possono essere riferiti i parametri
10 superficiali e le relative anomalie.

La peculiarità del metodo secondo l'invenzione risiede nell'utilizzo congiunto di un modello globale, per la simulazione degli effetti a grande scala e di un modello regionale, per tener conto delle
15 caratteristiche su scala inferiore, tenendo conto degli elementi forzanti nella scala regionale e incorporando la rappresentazione statistica con una modalità innovativa.

Tecniche concorrenti, note in letteratura, che
20 pure utilizzano metodi statistici di *down-scaling* dinamico, sono applicate usualmente per le previsioni climatiche e non per un periodo continuo da uno a novanta giorni. Il metodo secondo l'invenzione riempie questo divario, unendo i due elementi citati per la
25 previsione stagionale attraverso un modello applicativo appositamente ideato. Infatti, la procedura di *down-scaling* dinamico-statistico è usualmente basata sull'assunzione che ogni situazione a scala regionale sia associata con una distribuzione specifica di classi
30 di tempo atmosferico determinate a larga scala. Le distribuzioni delle frequenze di occorrenza di tali classi sono derivate dall'analisi su molti anni delle

condizioni meteorologiche derivate dalle simulazioni a grande scala (SG). Le simulazioni a scala regionale sono fatte per ciascuna delle classi di tempo atmosferico individuate e sono statisticamente
5 valutabili pesandole in funzione della frequenza di occorrenza, in modo tale che le situazioni più frequenti abbiano un peso relativo maggiore rispetto a quelle meno comuni. I modelli regionali richiederebbero, di per sé, informazioni, come le
10 condizioni al contorno, che dipenderebbero dalla stessa scala di appartenenza e pertanto le usuali procedure di *down-scaling* dinamico (o dinamico-statistico) non soddisfano questa condizione.

Per ridurre questa debolezza delle tecniche note,
15 il modello applicativo nel metodo secondo l'invenzione aggiunge uno *scaling* statistico dei dati per le temperature vicino al suolo che, quindi, sono riassimilate nel modello regionale come nuovi valori di temperatura vicino al contorno fisico (il suolo) del
20 modello. Così facendo, durante la fase di *down-scaling* dinamico, si introduce, di fatto, un campo di "pseudo osservazioni" che agisce su una scala compatibile con quella del modello regionale. Inoltre viene assicurata la continuità tra breve, medio e lungo termine
25 attraverso le procedure introdotte a livello dei modelli e a livello di correlazione e filtro dei risultati per le temperature, con l'obiettivo dell'applicazione alla gestione delle risorse energetiche. Un primo meccanismo di filtro agisce come
30 un dispositivo che permette il passaggio delle frequenze all'interno di un intervallo assegnato e relativo ai vari parametri meteorologici di tipo

dinamico e termico. L'ampiezza dell'intervallo è determinata automaticamente dalla scala regionale di applicazione. Il filtro è così direttamente collegato alla procedura di *down-scaling* dinamico-statistico, dipendendo proprio dalla dimensione dello *scaling* 5 statistico. Un secondo meccanismo di filtro agisce sulla base del fatto che il processo di *down-scaling* dovrebbe essere indipendente dalla dimensione del dominio. Il secondo meccanismo di filtro è quindi applicato alle onde a scala maggiore e alle medie 10 sull'area.

Il metodo secondo l'invenzione propone quindi l'innovazione della procedura di *ensemble down-scaling*, che coniuga la tecnica statistica a quella dinamica 15 attraverso un "*application layer*" in grado di fornire una previsione meteo-climatica della temperatura (previsione continua dal breve al lungo periodo) per l'utilizzo diretto nel processo decisionale, fornendo inoltre la confidenza della previsione. In questo modo 20 l'utilizzatore finale dispone delle informazioni utili a intraprendere azioni correlate agli scopi proposti, in particolare:

- 25 - esplorare eventuali opzioni per valutare decisioni alternative basate sulla probabilità di specifici avvenimenti climatici;
- valutare in modo comparato delle alternative in rapporto agli obiettivi del business.

In questo modo è possibile ottenere una valutazione economica della previsione meteo-climatica e individuare le situazioni potenzialmente anomale. 30

Nel dettaglio, il metodo e il sistema di

previsione meteo-climatica di breve-medio-lungo periodo secondo la presente invenzione si propone di:

- migliorare la descrizione degli elementi fisici nei modelli matematici utilizzati nelle simulazioni meteo climatiche, così da aumentare le performance dei modelli stessi;

- applicare le metodologie di *multi-model ensemble* per ottimizzare le simulazioni ottenute dai singoli modelli, di per sé incompleti;

10 - creare una classificazione statistica sui dati meteo climatici registrati negli ultimi 30 anni delle variabili fisiche calcolate dai modelli, così da affinare la previsione di temperatura su scala regionale.

15 In generale, la previsione meteo-climatica ha la necessità di migliorare la rappresentazione statistica dei moti su scala sinottica e sub-sinottica, senza limiti artificiali tra previsione a breve, medio e lungo termine, e di rappresentare l'interazione di questi con il sistema climatico globale. Dall'altro lato, se le condizioni iniziali vengono dimenticate col tempo dal sistema, esse condizionano enormemente i fenomeni a breve e medio termine (ondulazioni) che normalmente appartengono alla scala temporale dell'ordine dei giorni. Tali ondulazioni ad alta frequenza si propagano indirettamente anche su scale temporali più ampie e influenzano ciò che accade a grande scala, evidenziando il legame tra tempo atmosferico e clima.

30 I modelli regionali sono utilizzati, nel metodo secondo l'invenzione, per produrre in modo dinamico

un'analisi dell'atmosfera ad alta risoluzione e per risolvere quei particolari problemi non risolvibili su larga scala. Con l'uso del metodo *down-scaling* dinamico, tutti i dettagli su scala locale sono simulati senza la conoscenza di valori diretti all'interno del dominio regionale (figura 1). Il metodo di *down-scaling* dinamico mantiene gli elementi a grande scala, risolti dal modello globale, e aggiunge le informazioni su scala ridotta che il modello globale non è in grado di risolvere.

Il modello regionale non deve alterare la soluzione su grande scala: tuttavia, onde lunghe spurie si possono sviluppare all'interno per l'effetto di errori sistematici. Tali onde interferiscono con quelle più corte, distortendo la circolazione regionale e avendo un impatto sui processi fisici attraverso la distorsione dei campi delle variabili atmosferiche (ad esempio temperatura, pressione, ecc.). Molti modelli regionali predicono i campi all'interno del loro dominio senza conoscere le caratteristiche su grande scala risolte dal modello globale, eccetto nell'area vicino al contorno laterale. Pertanto, l'interno del dominio su grande scala non conosce nulla del dominio su piccola scala.

Le informazioni al contorno del dominio della piccola scala (forniti dal modello a grande scala) si propagano nel dominio stesso, trasferendo le informazioni a grande scala all'interno. Ciò avviene attraverso un processo per passi successivi (figura 1). Questo processo, tuttavia, sviluppa errori sistematici nel dominio regionale, per ovviare ai quali, secondo l'invenzione, si adotta un metodo di "perturbazione

dinamica". In sostanza, come mostrato in figura 1, il campo o area geografica su cui si effettua la previsione meteorologica viene decomposto in un'area o parte di base, che proviene dalla scala globale (SG), e in un'area o scala regionale (SR). Tale area o scala regionale (SR) è definita come la differenza tra la scala globale (SG) e la parte di base. Il modello calcola le tendenze delle variazioni climatiche su scala regionale (SR) per ciascuna variabile atmosferica come le differenze tra le tendenze del campo complessivo e quelle della parte di base. Grazie a un meccanismo di filtro, anch'esso nuovo, le onde di lunghezza maggiore di quelle su scala regionale (SR) vengono filtrate, in modo che tutto ciò che avviene su scala maggiore rimanga inalterato. Tale meccanismo di filtro è basato sul fatto che un processo di *down-scaling* dovrebbe essere indipendente dalla dimensione del dominio e, quindi, il meccanismo di filtro è applicato alle onde a scala maggiore e alle medie sull'area.

In ogni caso, però, la fisica su tutte le scale viene mantenuta in comune per ciascuna scala e, all'interno del dominio, le onde lunghe sono libere di svilupparsi nel modello regionale. Inoltre non vi è alcuna forzante esplicita verso il campo a scala globale nell'interno del dominio regionale. A questo punto il modello regionale è ancora suscettibile agli errori a grande scala. Un ulteriore filtro, anch'esso introdotto per la prima volta nel metodo secondo l'invenzione, basato su una procedura di autocorrezione selettiva, viene applicato per ridurre quest'ultimo tipo di errori (figura 2). L'autocorrezione selettiva

inserita nel filtro è basata sul *down-scaling* statistico che stabilisce l'intervallo di applicazione della procedura di selezione e agisce come procedura di controllo (benchmark) sui parametri meteorologici dell'area regionale (SR). Ci si assicura così di correggere gli errori a grande scala (SG), ottenendo un *down-scaling* che risulta indipendente dalla scelta della posizione del dominio e dei parametri meteorologici disponibili sull'area geografica a grande scala (SG).

Nella combinazione tra il *down-scaling* statistico e quello dinamico, il *down-scaling* statistico è applicato al campo di base, mentre il *down-scaling* dinamico è applicato alla variazione su scala regionale. In questo modo, la combinazione dinamico-statistica rispetta le condizioni appena descritte per la corretta valutazione delle onde alle diverse scale, riportando il *down-scaling* d'insieme come la composizione delle possibili ondulazioni su scala globale e regionale.

La procedura di *down-scaling* del metodo secondo l'invenzione è capace di tener conto dello sviluppo di quei processi che avvengono su scala più piccola e per durate inferiori al giorno, migliorando la previsione della temperatura vicino al suolo che può essere proprio influenzata dall'evoluzione di queste interazioni su scala spazio-temporale più piccola. Al campo globale, quindi, si aggiungono questi effetti, integrando alcuni aspetti evolutivi a quel processo di particolarizzazione proprio del *down-scaling* come unione del campo di base, la componente a grande scala del campo totale, riportato sulla scala regionale. Ciò

consente di aggiungere la componente statistica, che mette in relazione i dati del campo su scala globale, la dinamica regionale e il risultato finale, vale a dire la temperatura vicino al suolo.

5 La congiunzione tra dinamica e statistica elimina le potenziali debolezze del solo *down-scaling* statistico, dovute al fatto che le relazioni statistiche sviluppate oggi non necessariamente si applicano così come sono anche in futuro, e
10 l'incompletezza dei dati su determinate aree. Si produce, quindi, un campo di temperatura scalato sull'area di interesse, sulla base dell'*ensemble down-scaling* già illustrato in precedenza, rendendo omogenee tra loro le diverse scale spazio-temporali, dando
15 continuità ai processi fisici e utilizzando i medesimi strumenti a ogni passo, con una procedura innovativa rispetto alle tecniche note di *ensemble down-scaling* dinamico-statistiche.

Il processo, come mostrato in figura 3, è
20 organizzato a partire dai dati complessivi su scala globale (SG), ovvero lo stato del tempo (dati meteo rilevati). Questi dati servono alla costruzione del punto di partenza, vale a dire l'istante al tempo=0 (stato iniziale su scala globale). Il dato così
25 costruito costituisce l'ingresso del modulo che genera gli stati perturbati (processo di perturbazione) a partire da quello iniziale. Ciascuno di questi stati perturbati (stato 1, stato 2, ..., stato N) costituisce il punto di partenza per ognuna delle simulazioni del
30 modello.

Da ciascuna perturbazione, per ognuno degli stati utilizzati in partenza, viene prodotta una simulazione

che copre l'intero periodo di riferimento. I risultati sono archiviati e contemporaneamente utilizzati per le simulazioni su scala regionale (SR) (data storage ← sistema regionale) al livello base a partire dal dato di controllo. I dati delle simulazioni degli N stati 5 archiviati sono l'ingresso dei modelli applicativi che effettuano il *down-scaling* della previsione stagionale, attraverso la procedura descritta in seguito. I dati delle elaborazioni quotidianamente archiviate nei 10 giorni precedenti, assieme a quelli del giorno corrente, sono complessivamente impiegati per costruire un *ensemble* costituito da centinaia di elementi. Alla fine viene prodotta una previsione complessiva per le diverse scale temporali raggruppate, per l'utilizzo 15 corrente secondo le esigenze dell'utilizzatore, nella previsione a lungo termine e nella previsione usuale di breve e medio termine.

La procedura di *down-scaling* risponde all'esigenza di fornire quelle informazioni aggiuntive a partire 20 dalla previsione globale. I modelli a scala regionale sono stati utilizzati frequentemente per il *down-scaling* a livello climatico (ad esempio per lo studio dei cambiamenti climatici) ma raramente applicati alla previsione stagionale. Il metodo secondo l'invenzione è 25 in grado di superare qualsiasi metodologia precedentemente applicata, effettuando il *down-scaling* dalla previsione globale attraverso l'uso combinato dei modelli regionali e del *down-scaling* statistico. Quest'ultimo si basa su un modello matematico e 30 un'applicazione che utilizza correlazioni costruite su base storica, consentendo così di legare il modello al dominio regionale prescelto. Il modello regionale

effettua il *down-scaling* per ciascuno dei periodi stagionali di previsione. Ogni periodo è costituito dalle diverse previsioni effettuate nel periodo stesso, costruendo così *ensemble* costituiti da centinaia di
5 elementi che combinano le proprietà statistico-dinamiche del sistema.

I risultati mostrano che la combinazione tra il *super-ensemble* globale, il *down-scaling* dinamico-statistico e l'inclusione della tendenza dell'*ensemble*
10 complessivo su uno specifico intervallo temporale, combinati attraverso un *application layer* che costruisce i valori medi, l'intervallo di confidenza e la variabilità, costituisce un sistema unico e innovativo, capace di fornire una previsione continua
15 su tutto l'intervallo stagionale, da uno a novanta giorni (figura 3).

Verrà di seguito riportata una serie di esempi applicativi del metodo di previsione meteo-climatica di breve-medio-lungo periodo secondo l'invenzione. Nelle
20 economie occidentali, circa il 20% del PIL può essere direttamente interessato dalle condizioni meteo-climatiche e i guadagni di qualsiasi industria nei settori agricolo, energetico, delle costruzioni, dei trasporti e del turismo dipendono dall'andamento delle
25 variabili meteorologiche, in particolare la temperatura, su cui è focalizzato il metodo secondo l'invenzione. Le condizioni del tempo condizionano direttamente i volumi, gli utilizzi e il prezzo di un determinato bene. Un inverno eccezionalmente caldo, per
30 esempio, può lasciare le compagnie energetiche con un eccesso di scorte di combustibile o, al contrario, un inverno più freddo genera la necessità di acquisire

scorte a prezzi molto elevati. Sebbene il prezzo cambi a seconda della domanda, gli aggiustamenti del prezzo non compensano le possibili perdite derivanti da un andamento anomalo delle condizioni meteo-climatiche. Il
5 metodo secondo l'invenzione determina la previsione e la confidenza sulla temperatura nel breve, medio e lungo periodo, consentendo di gestire i rischi intrinseci dell'andamento meteo-climatico.

Un primo esempio di applicazione il seguente.
10 Nella figura 5 è rappresentata la previsione prodotta dal metodo secondo l'invenzione per il mese di agosto 2011 sull'Italia settentrionale. La previsione di figura 5 è stata generata nel mese precedente. Come si può osservare dal grafico, vi è una forte anomalia
15 termica positiva dopo la prima decade del mese, che il metodo di previsione è stato in grado di riprodurre accuratamente, con una differenza media dell'ordine di 1°C rispetto alla previsione climatica, che invece ha una differenza media di 3°C rispetto al consuntivo.

20 Un secondo esempio di applicazione del metodo è riportato in figura 6 per la previsione della temperatura massima sull'Italia meridionale, a esclusione delle isole, per i mesi di dicembre 2009 e gennaio 2010. La previsione è stata effettuata sulla
25 base dei processi descritti in precedenza e la base dei dati elaborati è riferita alla fine di novembre 2009. Il metodo di previsione riproduce correttamente il comportamento della temperatura rilevata sul sud Italia. La varianza media è di 1°C, mentre la
30 differenza rispetto al valore climatico usato come valore di comparazione è di 2,9°C. Il metodo ha quindi fornito una previsione migliore di 1,9°C rispetto alla

predizione basata sui valori climatici. In entrambi gli esempi applicativi le anomalie climatiche dell'ordine di 2°C sono state correttamente previste.

Disponendo dell'andamento meteo-climatico con anticipo è possibile ottenere un notevole vantaggio economico in termini sia di prezzo che di volumi del gas. Infatti, conoscendo l'andamento delle temperature di una determinata area geografica nel tempo e dedicando particolare attenzione agli andamenti anomali, è possibile pianificare in modo migliore le scorte di stoccaggio, la vendita e l'approvvigionamento del gas.

Un altro esempio di applicazione del metodo secondo l'invenzione è relativo alla previsione della domanda di gas, fatta sulla composizione della domanda residenziale, commerciale, industriale e della produzione di energia elettrica. La domanda di energia è strettamente correlata all'andamento meteo climatico della stagione e, in particolare, si parla di *heating degree day* (HDD) o di *cooling degree day* (CDD) a seconda che ci si riferisca al riscaldamento o al condizionamento. Dalla domanda dipendono inoltre le problematiche collegate allo stoccaggio e alle scorte di gas. Il bilanciamento tra scorte e domanda minimizza il rischio di bruschi aumenti del prezzo. Infatti, i prezzi elevati sono in corrispondenza di picchi, come in determinati inverni freddi, quando la domanda eccede la somma della produzione più quanto accumulato negli stoccaggi. Proprio le scorte giocano un ruolo critico nell'andare incontro a una domanda crescente. Tuttavia, un'equilibrata programmazione economica richiede un'ottimizzazione delle quantità di gas naturale da

stoccare. Gli eccessi sono costosi mentre, al contrario, una sottostima rappresenta un notevole rischio.

Per valutare l'esempio dell'applicazione a questa
5 problematica della conoscenza accurata della previsione
meteo-climatica e il suo impatto, occorre valutare la
dipendenza di ciascun elemento della domanda dai
gradi/giorno e dalla sua deviazione rispetto alla
climatologia. Negli studi effettuati, la dipendenza dai
10 gradi/giorno dei quattro termini della domanda
(residenziale, commerciale, industriale e della
produzione di elettricità) mostra una relativa
insensibilità alle condizioni del tempo per la domanda
industriale, una debole dipendenza per quella
15 commerciale e una sensibile dipendenza per quella
legata alle utilities e al residenziale. In
particolare, ipotizzando una relazione lineare diretta
tra la domanda di gas naturale e l'HDD (*heating degree
day*) nel periodo invernale (novembre - marzo), il peso
20 sulla dipendenza dalla domanda, nel caso di
un'ipotetica variazione di 2°C (vedi figura 3) rispetto
al valore climatologico, causerebbe:

- un incremento della domanda commerciale e residenziale di circa il 20%,
- 25 - un incremento della domanda industriale di circa l'8%, e
- nessun incremento della domanda delle utilities,
per una variazione complessiva dell'ordine del 10÷15%
sulla domanda globale.

30 Allo stesso modo, ipotizzando una relazione
diretta tra i CDD (*cooling degree day*) e la domanda di

gas naturale legata alla produzione di energia elettrica (utilities) nel periodo estivo, a una variazione di un grado rispetto al valore climatologico, si stima una variazione della domanda complessiva di circa il 7%.

Un altro esempio di applicazione del metodo secondo l'invenzione è relativo alla previsione della temperatura nel breve termine. La previsione della temperatura ambiente assume carattere di estrema rilevanza nella previsione della disponibilità di produzione delle centrali termoelettriche a ciclo combinato alimentate a gas naturale. Il miglioramento della previsione della temperatura ambiente dal giorno D+1 al giorno D+5 è stato stimato dal sistema essere attorno a 0,5°C medi orari. Infatti, per una centrale a ciclo combinato di 390 MW la temperatura ambiente ha un impatto sulla producibilità di energia elettrica di circa 2 MWh per ciascun grado centigrado. Migliorando la previsione di temperatura di 0,5°C è possibile aumentare la disponibilità di potenza per ciascun ciclo combinato di circa 1 MW (0,3%) per tutte le ore di funzionamento. Inoltre, una migliore programmazione della produzione delle unità produttive ha un rilevante impatto economico per quanto riguarda il contenimento dei costi relativi al pagamento degli oneri di sbilanciamento generati dalla differenza tra la vendita di energia elettrica nel mercato elettrico nazionale e la sua effettiva produzione.

Dal punto di vista dell'applicazione della previsione meteo-climatica nel breve termine e il suo impatto nell'ambito del mercato gas, una migliore previsione della temperatura dal giorno D+1 al D+5

permette di ridurre l'errore commesso in fase di programmazione dei prelievi di gas, sia ai fini della nomination oraria/giornaliera, sia ai fini della programmazione settimanale verso i trasportatori. In particolare, un miglioramento di 0,5°C riduce lo sbilancio giornaliero dei prelievi di gas (differenza tra volumi programmati e prelievi reali), relativamente alle utenze civili, e di conseguenza la riduzione del relativo onere associato, di circa il 3%.

Inoltre, un minor errore di previsione di temperatura consente di gestire anche gli eventuali sbilanciamenti, con conseguente riduzione delle penali di superamento della capacità, che possono generarsi sul mercato europeo in cui opera la società. Di conseguenza si migliorano le attività di *operation* e la flessibilità sul mercato del gas naturale per opportunità di arbitraggio (*infra-month activities - unused capacity*) e di *trading*. Ad esempio, una variazione della temperatura attesa può determinare un'aspettativa di incremento o decremento dei prezzi del gas naturale nei punti di consegna agli hub.

Si è così visto che il metodo e il sistema di previsione meteo-climatica di breve-medio-lungo periodo secondo la presente invenzione realizzano gli scopi in precedenza evidenziati.

Il metodo e il sistema di previsione meteo-climatica di breve-medio-lungo periodo così concepiti sono suscettibili in ogni caso di numerose modifiche e varianti, tutte rientranti nel medesimo concetto inventivo. L'ambito di tutela dell'invenzione è pertanto definito dalle rivendicazioni allegate.

RIVENDICAZIONI

1. Metodo per la previsione meteo-climatica della temperatura in modo continuo, dal breve al lungo termine, utilizzabile in particolare ma non
5 esclusivamente per:
- la gestione delle fasi di vendita, trasporto e stoccaggio di risorse energetiche (gas naturale, energia elettrica e prodotti petroliferi);
 - la stima della produzione di energia elettrica
10 ottenuta mediante l'utilizzo di gas naturale con il miglioramento dell'efficienza e riduzione dell'impatto ambientale;
 - la riduzione dello sbilanciamento sulle reti di trasporto e distribuzione di gas naturale ed energia
15 elettrica;
 - la previsione dei consumi (industriali e civili) e delle scorte di prodotti petroliferi per la gestione logistica sulla rete di servizio;
 - la gestione logistica di materiali e personale
20 nelle operazioni di costruzione in cantieri e impianti industriali anche in aree remote mediante il trasporto via terra e via mare;
 - la pianificazione dei processi industriali e degli approvvigionamenti dei prodotti petroliferi per la
25 produzione di prodotti finiti combinata alla previsione delle tendenze richieste dai mercati,
il metodo comprendendo le fasi di:
 - acquisire i parametri meteorologici di un'area geografica a grande scala (SG) di ampiezza predefinita;
 - 30 - decomporre l'area geografica a grande scala (SG) in un'area di base, che proviene dall'area geografica a

grande scala (SG), e in un'area regionale (SR), dove l'area regionale (SR) è definita come la differenza tra l'area geografica a grande scala (SG) e l'area di base;

- determinare la temperatura vicino al suolo
5 dell'area di base, a partire dai parametri disponibili sull'area geografica a grande scala (SG), utilizzando un modello empirico-statistico (*statistical down-scaling*);
- determinare la variazione dei parametri
10 meteorologici dell'area regionale (SR), a partire dai parametri meteorologici disponibili sull'area geografica a grande scala (SG), utilizzando un modello numerico dinamico (*dynamic down-scaling*);
- effettuare la combinazione (*ensemble down-*
15 *scaling*), attraverso un modello applicativo, del modello empirico-statistico (*statistical down-scaling*) e del modello numerico dinamico (*dynamic down-scaling*) per ottenere in modo continuo, dal breve termine fino alla stagione, la previsione della temperatura vicino
20 al suolo,

in cui detto modello applicativo aggiunge un ulteriore *scaling* statistico dei dati per ciascun valore di temperatura vicino al suolo, ciascuno di detti valori di temperatura vicino al suolo essendo quindi
25 riassimilato nel modello regionale (SR) come un nuovo valore di temperatura vicino al suolo.

2. Metodo secondo la rivendicazione 1, in cui le tendenze della variazione dei parametri meteorologici dell'area regionale (SR), per ciascun parametro
30 meteorologico, sono calcolate come le differenze tra le tendenze dei parametri meteorologici dell'area

geografica a grande scala (SG) e le tendenze dei parametri meteorologici dell'area di base.

3. Metodo secondo la rivendicazione 1 o 2, comprendente inoltre una fase di filtraggio, basata su
5 una procedura di autocorrezione selettiva che, attraverso il modello empirico-statistico (*statistical down-scaling*), stabilisce l'intervallo di applicazione di una procedura di selezione e agisce come procedura di controllo (benchmark) sui parametri meteorologici
10 dell'area regionale (SR), assicurandosi così di correggere gli errori a grande scala (SG) e ottenendo un *down-scaling* che risulta indipendente dalla scelta della posizione del dominio e dei parametri meteorologici disponibili sull'area geografica a grande
15 scala (SG).

4. Metodo secondo la rivendicazione 3, comprendente inoltre una fase o procedura di selezione, per ogni intervallo temporale, della temperatura disponibile sull'area geografica a grande scala (SG) attraverso una
20 misura basata sulla distanza tra valori di riferimento opportunamente scelti, tale misura essendo utilizzata per escludere tutti quei valori al di fuori dell'intervallo.

5. Metodo secondo la rivendicazione 4, comprendente
25 inoltre un'ulteriore fase di calcolo del valore complessivo sugli intervalli di temperatura.

6. Metodo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 3 a 5, comprendente la fase preliminare di determinazione di parametri meteorologici atti a
30 costruire l'istante temporale iniziale sull'area geografica a grande scala (SG), che costituisce l'ingresso del modulo che genera una pluralità di stati

- perturbati (stato 1, stato 2, ..., stato N) a partire dal'istante temporale iniziale, ciascuno di detti stati perturbati (stato 1, stato 2, ..., stato N) costituendo il punto di partenza per la combinazione (*ensemble down-scaling*) del modello empirico-statistico (*statistical down-scaling*) e del modello numerico dinamico (*dynamic down-scaling*) al fine della determinazione della temperatura vicino al suolo.
- 5
7. Metodo secondo la rivendicazione 6, in cui per ognuno degli stati perturbati (stato 1, stato 2, ..., stato N) viene prodotta una simulazione complessiva che viene aggregata e che copre l'intero periodo di riferimento e grazie alla procedura di autocorrezione selettiva.
- 10
8. Metodo secondo la rivendicazione 7, in cui i risultati della simulazione sono archiviati in un database e sono contemporaneamente utilizzati per le simulazioni su scala regionale (SR) al livello base a partire dal dato di controllo, detti risultati costituendo l'ingresso del modello empirico-statistico (*statistical down-scaling*) e/o del modello numerico dinamico (*dynamic down-scaling*) per ottenere la previsione della temperatura vicino al suolo.
- 15
9. Metodo secondo una o più delle rivendicazioni precedenti, in cui la parte di area geografica a grande scala (SG) che si determina come variazione dei parametrici meteorologici su scala regionale (SR) ha un passo spaziale compreso tra 1 km e 20 km, tipicamente dell'ordine di 10 km.
- 20
10. Metodo secondo una o più delle rivendicazioni precedenti, in cui il parametro meteorologico è un valore di temperatura vicino al suolo utilizzabile per
- 25
- 30

la gestione di risorse energetiche (gas naturale, energia elettrica e prodotti petroliferi), la produzione di energia elettrica in ciclo combinato, la pianificazione logistica e la costruzione di cantieri e
5 impianti industriali anche in aree remote.

Barzanò & Zanardo Milano S.p.A.

CLAIMS

1. Method for a continuous meteorological forecast, from the short to the long term, which can be used in particular but not exclusively for:
- 5 - managing the sale, transport and storing steps of energy resources (natural gas, electric energy and oil products);
- estimating the production of electric energy obtained through the use of natural gas, thus improving efficiency and reducing environmental impact;
- 10 - reducing the unbalance on the transport and distribution networks of natural gas and electric energy;
- forecasting consumptions (industrial and civil) and stocks of oil products for the logistics management on the service network;
- 15 - logistics management of materials and personnel during construction operations in construction sites and industrial plants in remote areas as well through transport by land and by sea;
- 20 - planning industrial processes and supply of oil products for the production of finished products in combination with the forecast of the trends required by the markets,
- 25 the method comprising the steps of:
- acquiring the meteorological parameters of a large-scale geographical area (SG) having a predefined extent;
- decomposing the large-scale geographical area (SG) into a base area, which derives from the large-scale geographical area (SG), and into a regional area (SR),
- 30 wherein the regional area (SR) is defined as the

difference between the large-scale geographical area (SG) and the base area;

- determining the temperature close to the surface of the base area, starting from the parameters available on the large-scale geographical area (SG), using an empirical-statistical model (*statistical down-scaling*);
- determining the variation of the meteorological parameters of the regional area (SR), starting from the meteorological parameters available on the large-scale geographical area (SG), using a dynamic numerical model (*dynamic down-scaling*);
- effecting the combination (*ensemble down-scaling*), through an applicative model, of the empirical-statistical model (*statistical down-scaling*) and of the dynamic numerical model (*dynamic down-scaling*) to obtain in continuous, from the short term up to the season, the temperature forecast close to the surface, wherein said applicative model adds a further statistical scaling of the data for each of the temperature values close to the surface, each of said temperature values close to the surface being thus included into the regional area (SR) as a new temperature value close to the surface.

2. Method according to claim 1, wherein the tendencies of the variation of the meteorological parameters of the regional area (SR), for each meteorological parameter, are calculated as the differences between the tendencies of meteorological parameters of the large-scale geographical area (SG) and the tendencies of the meteorological parameters of the base area.

3. Method according to claim 1 or 2, also comprising a filtering step, based on a selective self-correction procedure which, through the empirical-statistical model (*statistical down-scaling*), defines the application range of a selective procedure and acts as a control procedure (benchmark) on the meteorological parameters of the regional area (SR), thus assuring to amend the errors on the large-scale geographical area (SG) and obtaining a down-scaling which is independent from the choice of the position of the area and the meteorological parameters available on the large-scale geographical area (SG).

4. Method according to claim 3, also comprising a selection step or procedure, for each time spell, of the temperature available on the large-scale geographical area (SG) through a measurement based on the distance between suitably selected reference values, such a measurement being used to exclude all those values outside the range.

5. Method according to claim 4, also comprising a further calculation step of the overall value on the temperature ranges.

6. Method according to any of the claims 3 to 5, comprising the preliminary step of determining the meteorological parameters suitable for constructing the initial time instant on the large-scale geographical area (SG), which forms the input of the module which generates a plurality of disturbed weather states (state 1, state 2, ..., state N) starting from the initial time instant, each of said disturbed weather states (state 1, state 2, ..., state N) representing the starting point for the combination (*ensemble down-*

scaling) of the empirical-statistical model (*statistical down-scaling*) and of the dynamic numerical model (*dynamic down-scaling*) for determining the temperature close to the surface.

5 7. Method according to claim 6, wherein for each of the disturbed weather states (state 1, state 2, ..., state N) an overall simulation is produced, which is aggregated and covers the whole reference period tank to the selective auto-correction procedure.

10 8. Method according to claim 7, wherein the results of the simulation are filed in a database and are contemporaneously used for simulations on the regional area (SR) at the base level starting from the control datum, said results forming the input of the empirical-
15 statistical model (*statistical down-scaling*) and/or of the dynamic numerical model (*dynamic down-scaling*) to obtain the temperature forecast close to the surface.

9. Method according to one or more preceding claims, wherein the part of the large-scale geographical area
20 (SG) which is determined as a variation of the meteorological parameters on the regional area (SR) has a grid step size ranging from 1 km to 20 km, typically in the order of 10 km.

10. Method according to one or more preceding claims,
25 wherein the meteorological parameter is a temperature value close to the surface which can be used for managing energetic resources (natural gas, electric energy and oil products), producing electric energy in a combined cycle, logistics planning and construction
30 of building sites and industrial plants in remote areas as well.

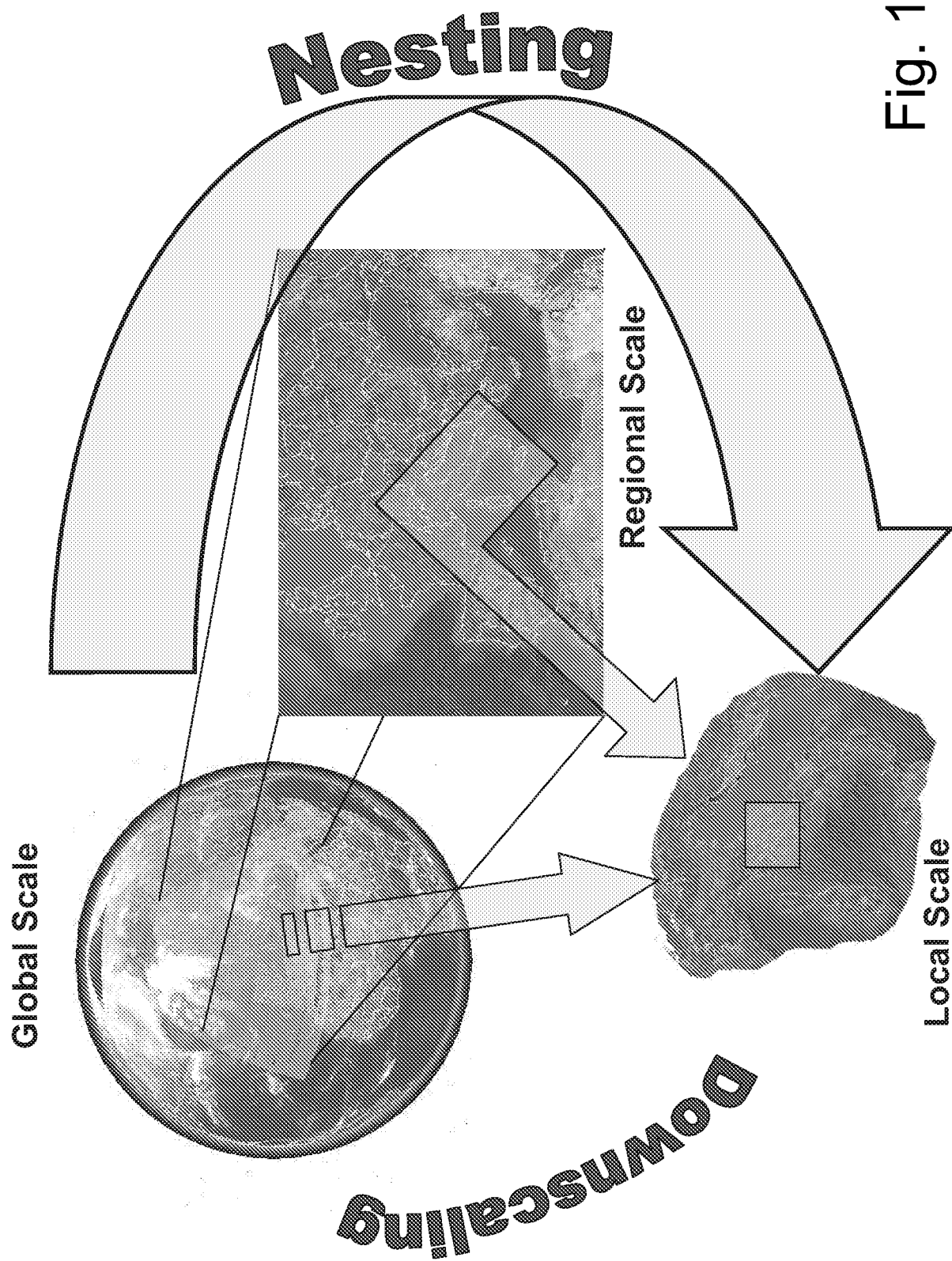


Fig. 1

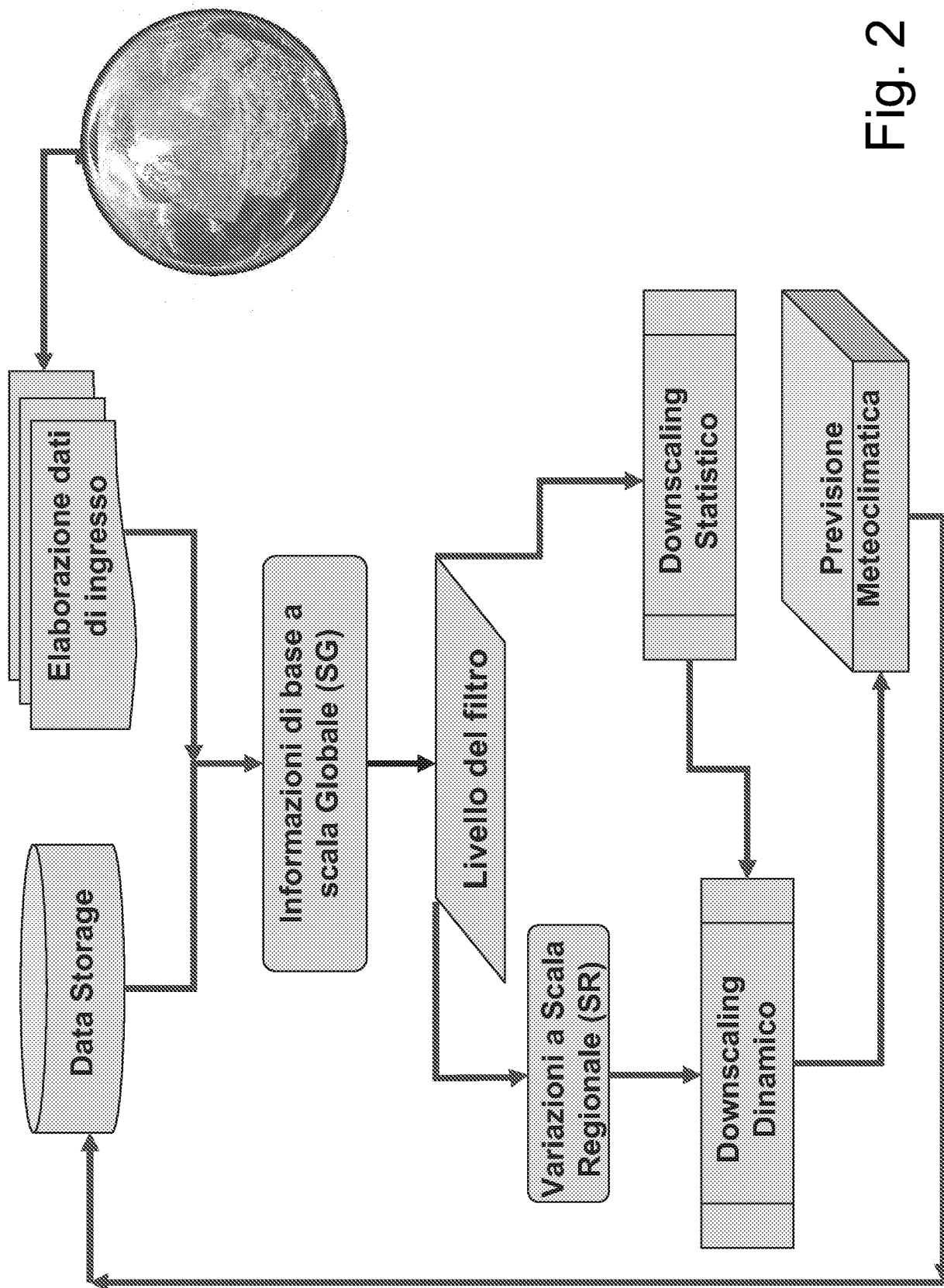


Fig. 2

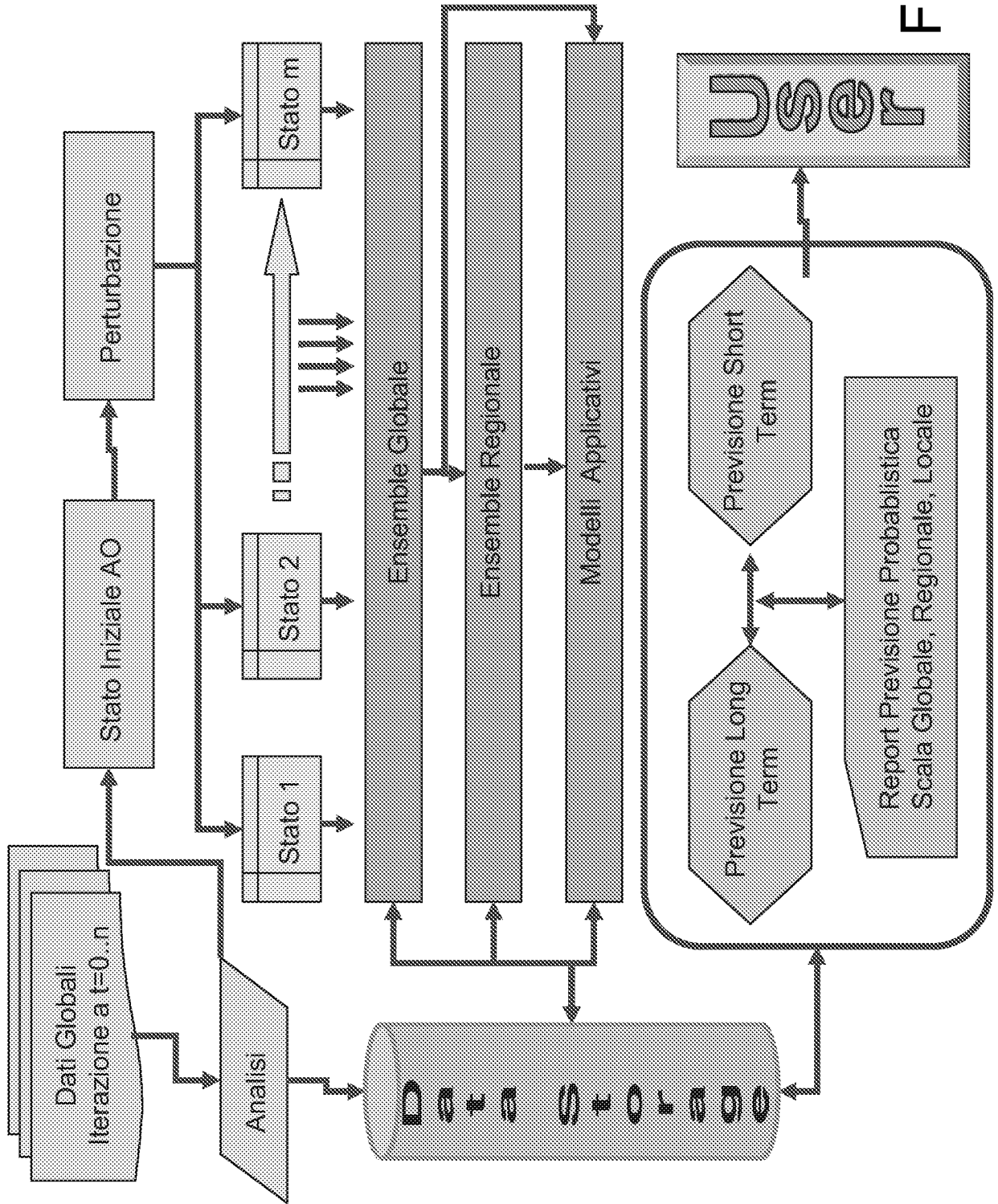


Fig. 3

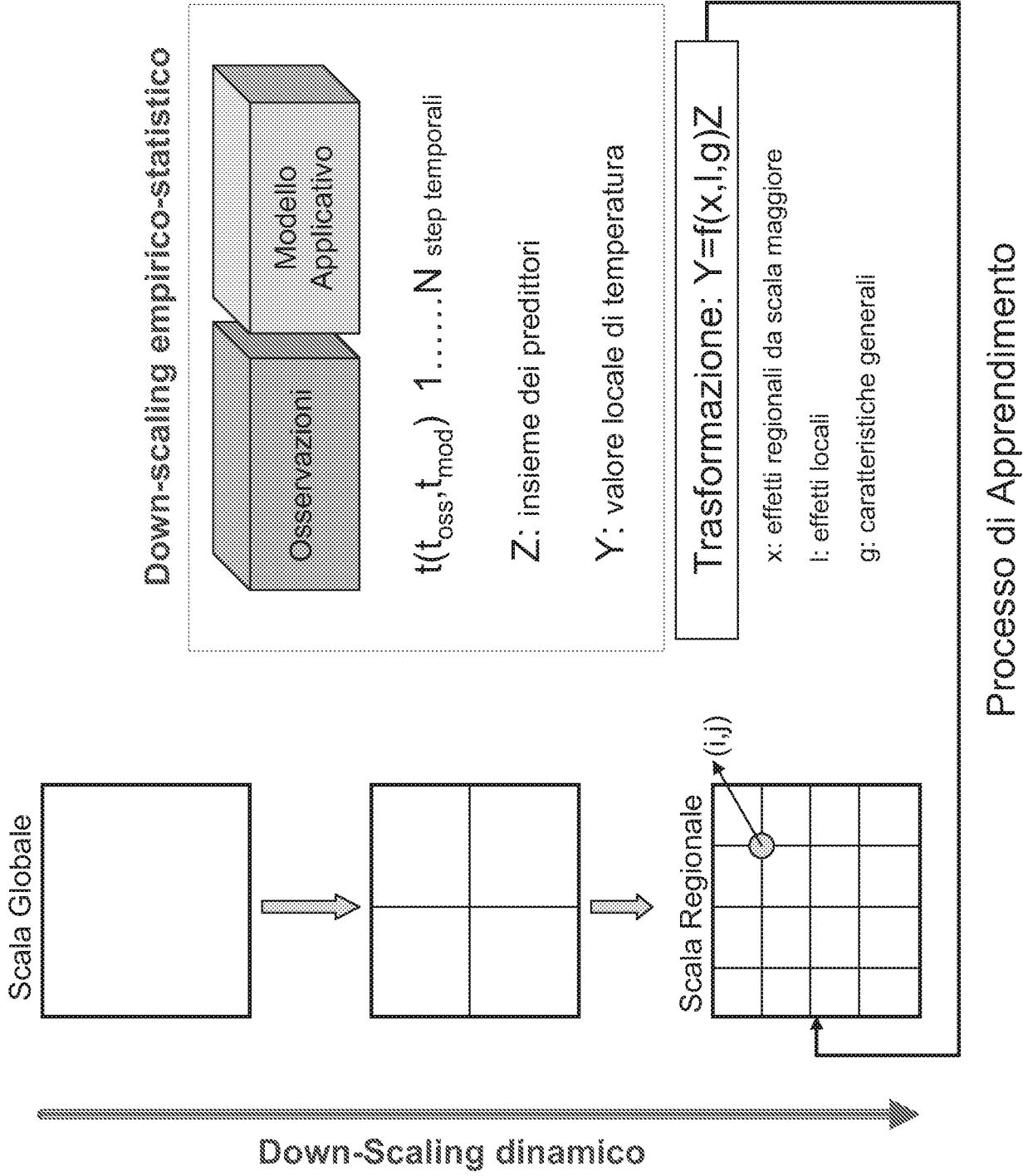


Fig. 4

Temperature - Nord Italia, Agosto 2011,

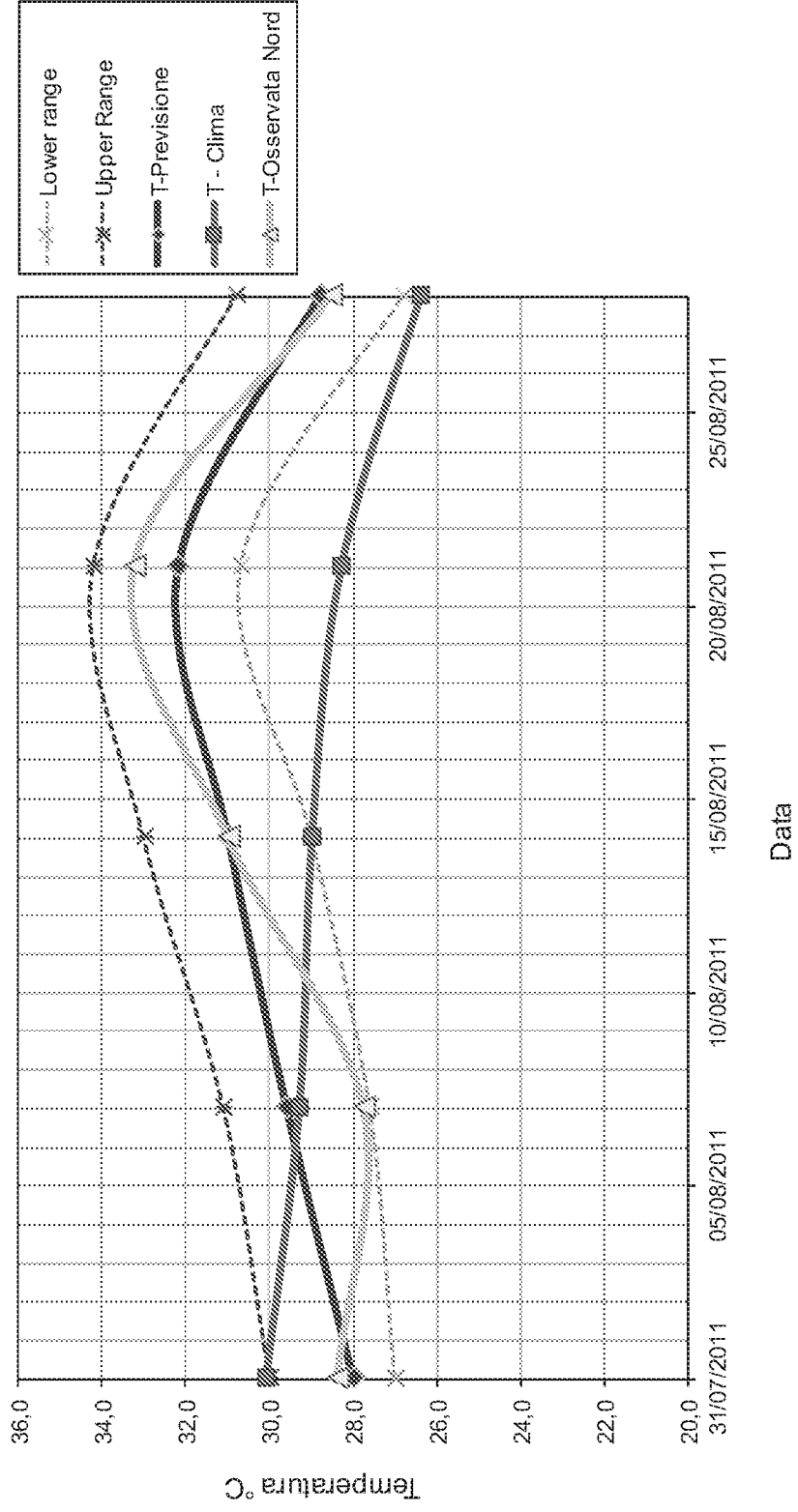


Fig. 5

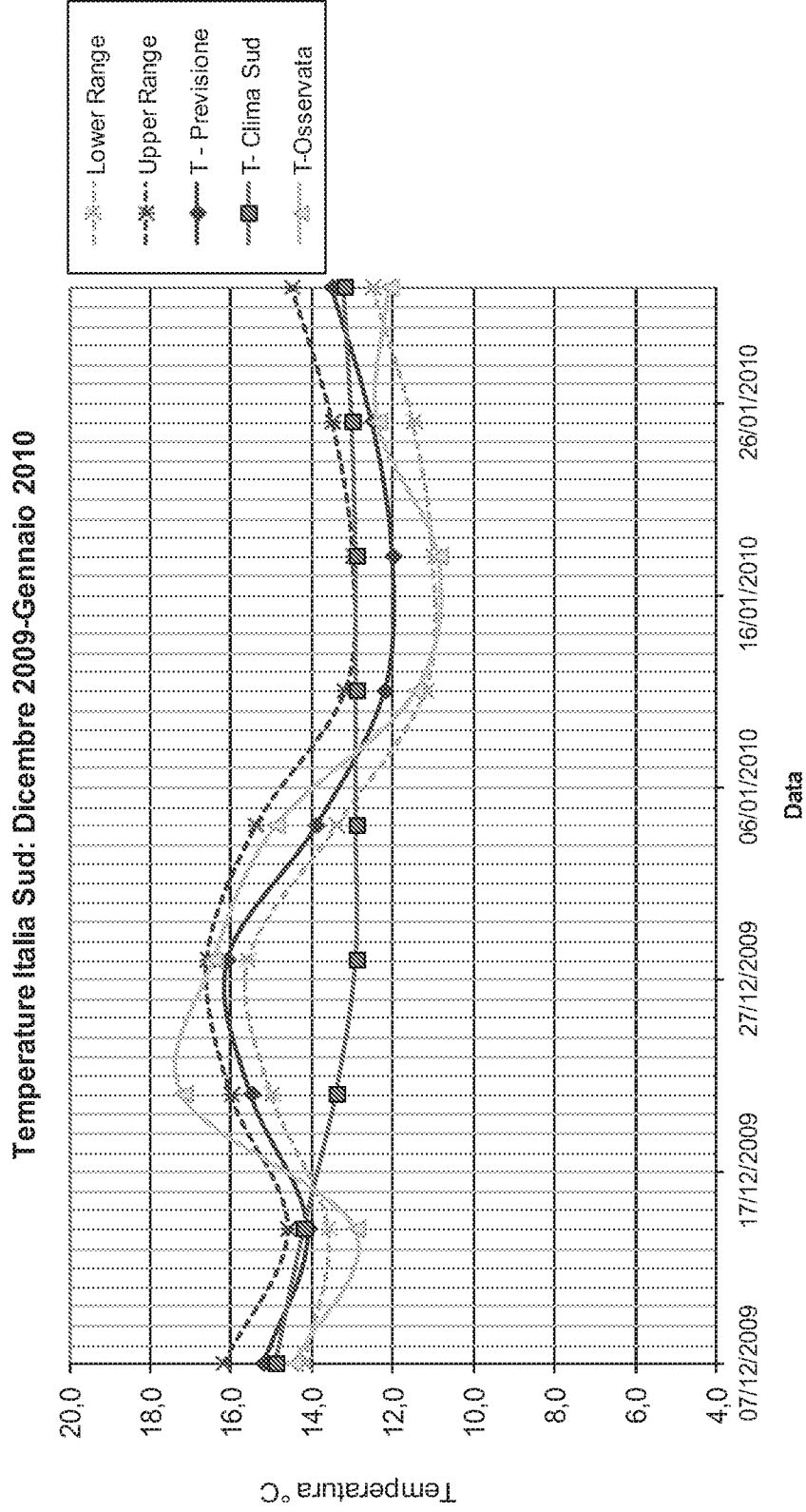


Fig. 6

Temperature - Centro Italia: Giugno-Agosto 2010

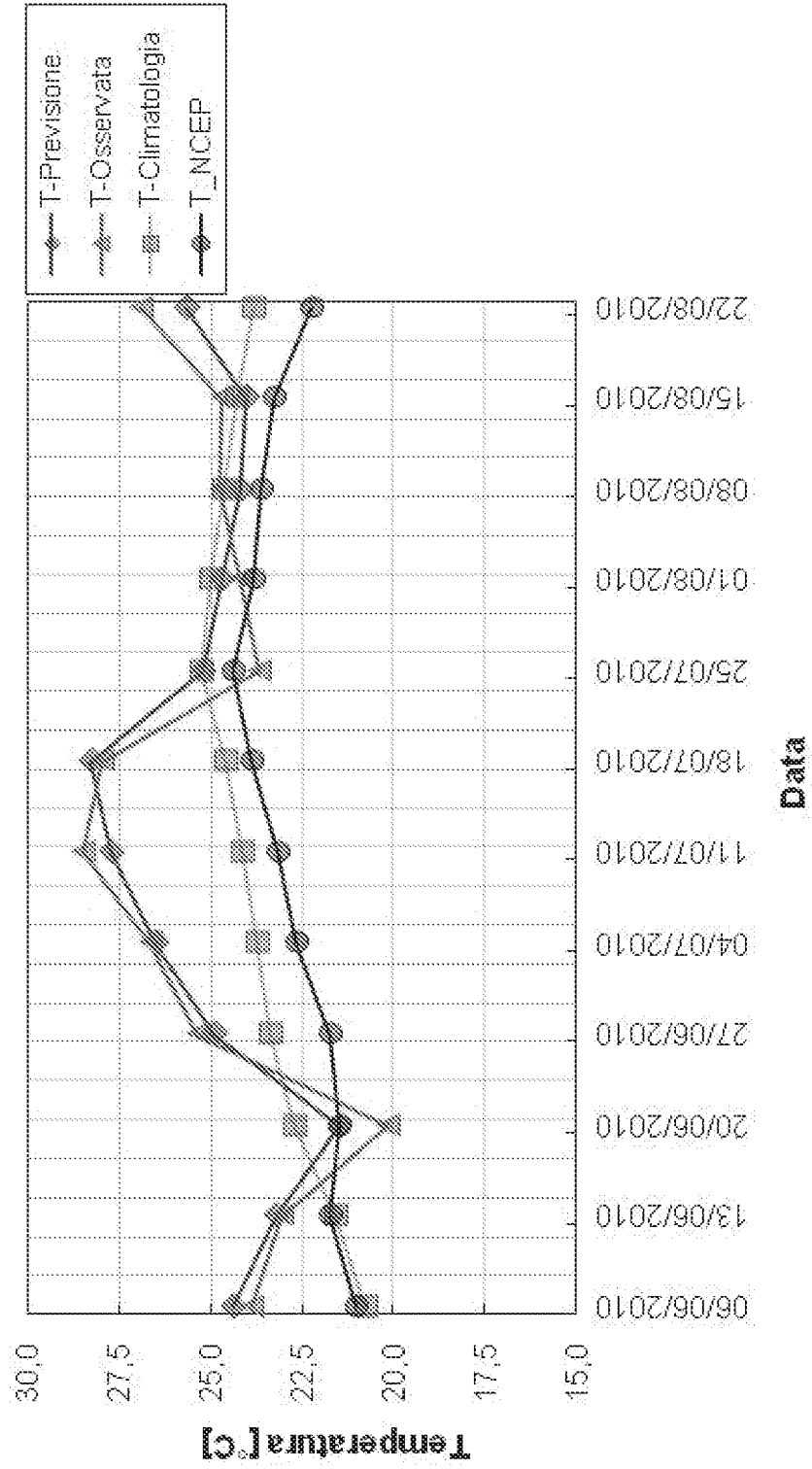


Fig. 7

Errore mensile della previsione della temperatura (°C)				
Area Geografica	Italia			Belgio
Mese di previsione	Nord	Centro	Sud	
1° mese	0,85	0,85	1,10	1,45
2° mese	1,90	1,65	1,50	2,17
3° mese	1,65	1,70	1,50	1,83
Media Stagione	1,47	1,4	1,37	1,82
Media Previsione Climatica	2,33	2,34	2,37	2,55

Fig. 8