

Ezio Sarti

LA PREVISIONE CON IL MODELLO RASP

Un pilota di volo a vela, appassionato di meteo, ha messo a punto un sistema di previsione estremamente accurato e dedicato ai piloti di alianti e ai velisti, e accanto ad applicazioni professionali offre oggi il servizio a tutti gratuitamente tramite il sito meteowind.com. In queste pagine Ezio Sarti ci spiega come è stato messo a punto il modello RASP e come lo ha verificato, con una serie di voli test effettuati con due alianti in coppia

Volo da 46 anni, dapprima brevetto di aliante a Guidonia, poi anche motore, ma mi sono dedicato con grande passione al solo volo a vela. Ho avuto la fortuna di avere degli ottimi maestri tra cui i più importanti sono stati, o meglio lo sono, perché mentre volo vivono ancora con me, Ferro Piludu ed Ettore Muzi. Sin dagli inizi ho capito l'importanza della meteorologia nel volo a vela, e mi affascinarono le lezioni e i briefing pre-gara del Colonnello Plinio Rovesti, a cui spesso rompevo letteralmente le scatole per assorbire quanto più possibile la sua scienza meteorologica. Da lì è iniziata la mia passione per la meteo e da allora, circa 40 anni orsono, ho continuato a studiarla seguendo tutte le evoluzioni. Sono stato testimone dei risultati degli studi e delle sperimentazioni sui moti ondulatori dell'atmosfera dell'Ing. Guidantonio Ferrari, di cui conservo ancora

tanta documentazione cartacea. Ben presto ho capito però che le previsioni meteo "normali" avevano una griglia di risoluzione troppo grande (in genere 36 o 18 km, nel migliore dei casi 12 km), per interpretare l'interazione tra l'atmosfera e l'irregolare orografia del territorio italiano.

LA GRIGLIA DI RISOLUZIONE

Tutte le previsioni meteo sono realizzate mediante potenti computer dedicati al calcolo delle equazioni differenziali della termodinamica che interpretano e prevedono mediante modelli matematici l'evoluzione, lo stato e i movimenti dell'atmosfera terrestre. All'interno del modello viene definita una griglia di risoluzione che normalmente è di diversi chilometri (36 o 18 km). Avere una previsione meteo con griglia di risoluzione di 18

km, significa che il modello meteo divide l'area da esaminare in tanti piccoli parallelepipedi rettangoli con base quadrata con lato di 18 km. Stando così le cose il computer che elabora, considera omogenei l'atmosfera e i suoi parametri come temperatura, umidità, vento etc. all'interno di ogni parallelepipedo. È facile capire che questo modello meteo non potrà mai determinare fenomeni e variazioni all'interno degli elementi della griglia di risoluzione. Se una valle è più stretta di 36 o 18 chilometri, in queste condizioni il modello matematico non potrà mai risolvere la situazione meteo nella valle, e di queste valli il territorio italiano è costellato: basti citare tante valli alpine o, per l'Italia Centrale, la Val Topina, La Val Roveto, la Val Nerina e tante altre ancora. È evidente che se vogliamo avere un maggior dettaglio e una previsione meteo che interpreti i fenomeni all'interno di queste





valli è necessario avere una griglia di risoluzione più piccola della larghezza della valle stessa. Lo stesso discorso vale per le zone montuose che in Italia si presentano spesso lunghe e strette. Le previsioni meteo ad alta griglia di risoluzione sono più dettagliate, e quelle di Meteowind possono avere griglie di risoluzione sino a 1,5 chilometri. Questo significa, in particolare per chi vola, che le nostre previsioni possono riuscire a prevedere eventuali salti e variazioni del vento, ascendenze e discendenze, fenomeni ondulatori, attività termo-convettive tra punti la cui distanza è inferiore al miglio nautico. Il rovescio della medaglia sta nel fatto che per risolvere le previsioni meteo ad alta griglia di risoluzione occorre tanta potenza di calcolo. Tanto per dare un'idea: fare una previsione meteo con griglia di risoluzione di 1,5 km su una stessa area richiede un tempo di 384

volte superiore alla stessa previsione fatta con griglia di 36 km, ed è per questo motivo che le nostre previsioni hanno generalmente un'area più piccola ad alta risoluzione (in genere risoluzione di 1,5 o 2 km), e un'area leggermente più estesa a griglia meno definita (in genere circa 6 km). Avere una meteo ad alta griglia di risoluzione permette anche di determinare, in prossimità dei costoni montuosi, le interazioni dei venti con l'orografia e le conseguenti deviazioni e variazioni di intensità delle componenti verticali e orizzontali del vento. Nei nostri modelli, infatti, viene in particolar modo tenuta in considerazione l'interazione termodinamica tra l'orografia e l'atmosfera proprio in queste aree montuose, dove le deviazioni e variazioni di intensità del vento possono essere sfruttate dai volovelisti, ma anche evitate nel caso di previsione di discendenze.

In fase di messa a punto del modello RASP sono stati effettuati numerosi voli di prova

COME FUNZIONA METEOWIND

Circa 7 anni orsono ho saputo che un fisico-meteorologo e volovelista americano, dallo pseudonimo Dr. Jack, apportando alcune modifiche al modello WRF della NOAA aveva realizzato e messo a disposizione un modello fisico-matematico di previsioni RASP (Regional Atmospheric Soaring Prediction) dedicato al volo a vela. Ho scoperto un mondo nuovo e affascinante in cui mi sono immerso con passione dedicandovi tempo e risorse: solo per installare tutto il software e ottenere i primi risultati ho impiegato più di un anno. Non sto qui a dilungarmi sui problemi incontrati, ma nonostante i miei studi di ingegneria elettronica e astrofisica non è stato affatto facile

installare e far funzionare su piattaforma linux software molto complessi che devono risolvere in linguaggio Fortran le equazioni differenziali della termodinamica dell'atmosfera con le relative interazioni termodinamiche tra le differenti tipologie di terreno, e interazioni dinamiche in funzione della sua orografia per il cui funzionamento si devono installare librerie diverse per ogni versione di linux e non facili da reperire. Inoltre, dopo l'installazione del modello, è necessario realizzare i "domini" territoriali su cui il modello dovrà elaborare le previsioni. In questa fase, individuare le linee di confine dell'area assume un carattere fondamentale per la buona riuscita dei calcoli. Ci sono poi una discreta serie di parametri da definire in funzione della tipologia del territorio; attualmente siamo una ventina di persone al mondo che lavorano su questo modello che sta ormai diventando il modello di riferimento del volo a vela mondiale. L'orografia del suolo è inserita nel modello con una risoluzione di circa 900 metri e con una decina di diverse tipologie di terreno, come ad esempio laghi, fiumi, terreno coltivato, boscoso, centri abitati, costoni rocciosi etc. Ogni notte, alle ore 03.30 UTC (Tempo Universale Coordinato), il nostro sistema si connette con i server della NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) in USA e preleva i files con i dati atmosferici grezzi. Una volta scaricati questi dati, i nostri server di calcolo iniziano il loro lavoro che, per ragioni logistiche non può durare più di 3 ore; infatti le 3.30 UTC corrispondono in estate alle nostre 5.30 legali, pertanto con tre ore di calcolo i risulta-

La rappresentazione del vento orizzontale al suolo nella zona fra Rieti (freccia) e il Gran Sasso sulla mappa satellitare, le zone blu indicano assenza di vento

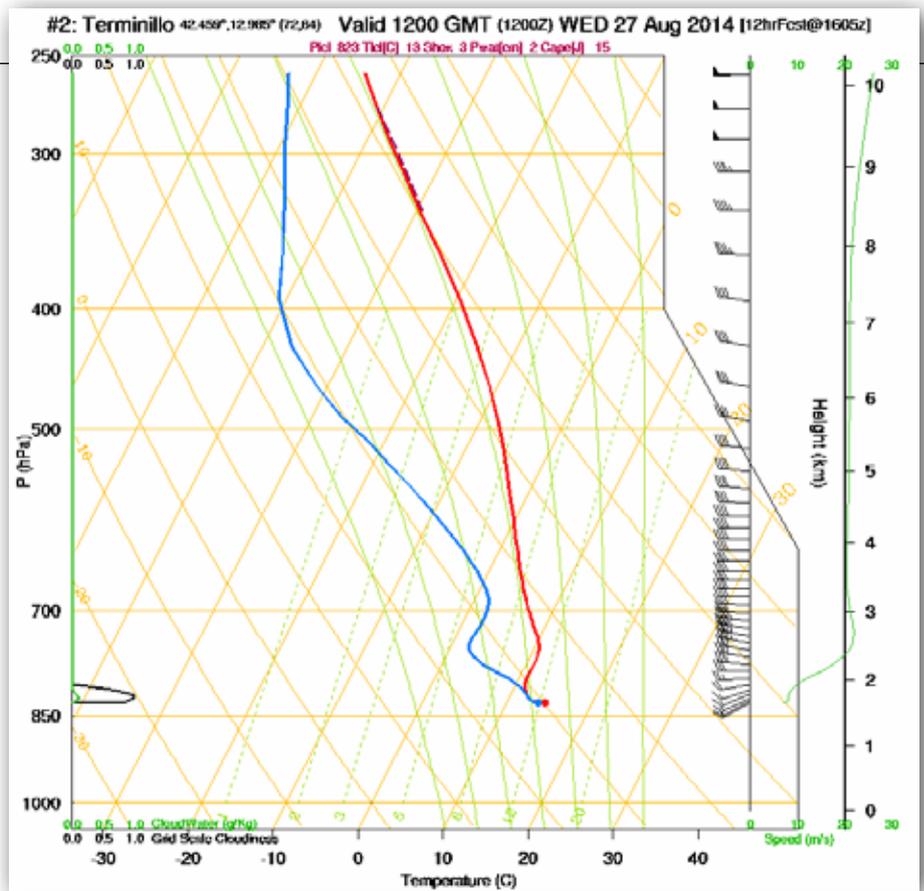


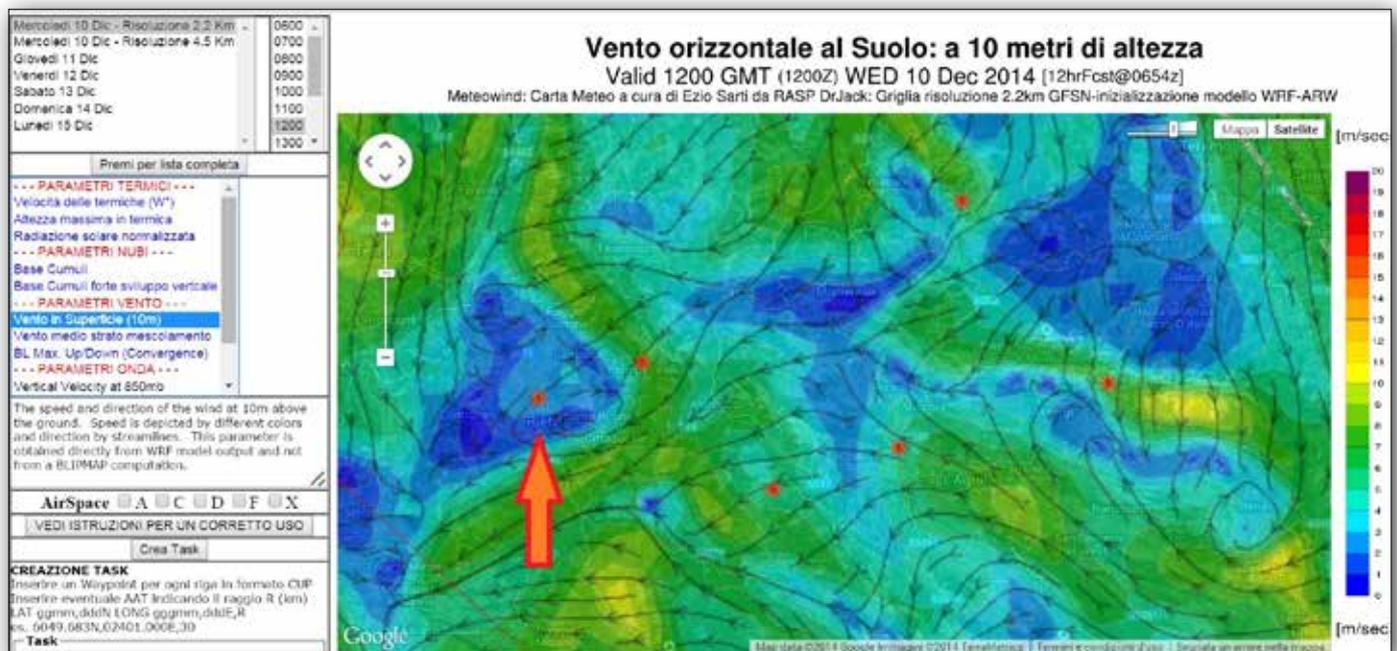
Figura 1

ti della previsione si avranno alle 8,30. Terminato il processo di calcolo le immagini e i dati vengono pubblicati sul web. Naturalmente le previsioni sono visibili anche prima delle ore 8,30, ma saranno quelle elaborate con i dati di 6 o 12 ore prima. Attualmente, potenziando i sistemi di calcolo, abbiamo ridotto questo tempo a 1.30 / 2.00 ore in modo da avere le previsioni più "fresche", cioè ottenute con gli ultimi dati grezzi già la mattina presto, circa alle ore 7.00 legali durante il periodo estivo.

Questo processo può essere ripetuto ogni 6 ore, perché questo è l'intervallo di tempo che la NOAA usa per rinnovare i suoi files.

PARAMETRI METEO

Premesso che il modello risolve anche tutte le grandezze meteo classiche, come temperatura, pressione atmosferica, umidità etc, uno dei punti di forza di questo modello sono le previsioni del vento nelle sue due compo-



nenti: quella orizzontale in direzione e intensità, e quella verticale. Inoltre, tutti i movimenti dell'atmosfera vengono divisi e separati tra quelli dovuti a cause dinamiche e quelli causati da fenomeni termici.

Movimenti atmosferici per cause dinamiche. Per i movimenti dovuti a cause dinamiche il modello risolve tutte le componenti orizzontali dei venti, le ascendenze e discendenze dovute all'orografia, le ascendenze e discendenze dovute alle convergenze, divergenze e fronti di brezza, e infine tutti i fenomeni ondulatori. Poiché i fenomeni ondulatori hanno in genere lunghezze d'onda di qualche chilometro, e anche le convergenze si presentano in genere con aree di pochi chilometri di larghezza, la loro interpretazione meteo necessita di una griglia di dimensioni molto piccole, almeno tre volte inferiore alle dimensioni della lunghezza d'onda; da qui le nostre carte meteo con risoluzione fino a 1.5 km. Tutti questi fenomeni non possono mai essere intercettati da previsioni con griglie di risoluzione superiori a qualche chilometro.

Movimenti e parametri atmosferici per cause termiche. Qui il modello prevede i seguenti parametri meteo: zone e valori delle ascendenze termiche, altezza massima raggiungibile in termica, luogo e base di condensazione dei cumuli, separazione tra cumuli di bel tempo e cumuli a forte sviluppo verticale, probabilità di degenerazioni temporalesche, oltre alle previsioni dei normali parametri termici come temperatura e temperatura di rugiada. Tra i parametri termici il modello risolve anche la radiazione solare che raggiunge il terreno e l'energia termica che il terreno cede all'atmosfera sotto forma di radiazione infrarossa, espressa in Watt al metro quadro.

SONDAGGI TERMODINAMICI

In fase di progettazione del dominio territoriale si possono definire diversi punti su cui il modello calcolerà i relativi sondaggi termodinamici, dai quali si possono avere tantissime informazioni come temperatura, temperatura di rugiada, componente orizzontale del vento, dal suolo al livello di 250 mbar. In **Figura 1** il sondaggio termodinamico su monte Terminillo relativo al volo in onda effettuato da Roberto Reginaldi il 27 Agosto 2014: la linea azzurra descrive l'andamento della temperatura di rugiada prevista con alle varie quote, la linea rossa è la curva di stato (temperatura atmosfera prevista alla varie quote), la linea verde a destra (sull'asse delle quote in migliaia di metri) descrive l'intensità del vento in m/s, la linea nera con le barb wind descrive direzione e intensità del vento, e si notano venti occidentali tra 40 e 50 kts tra i 3000 e i 6000 m

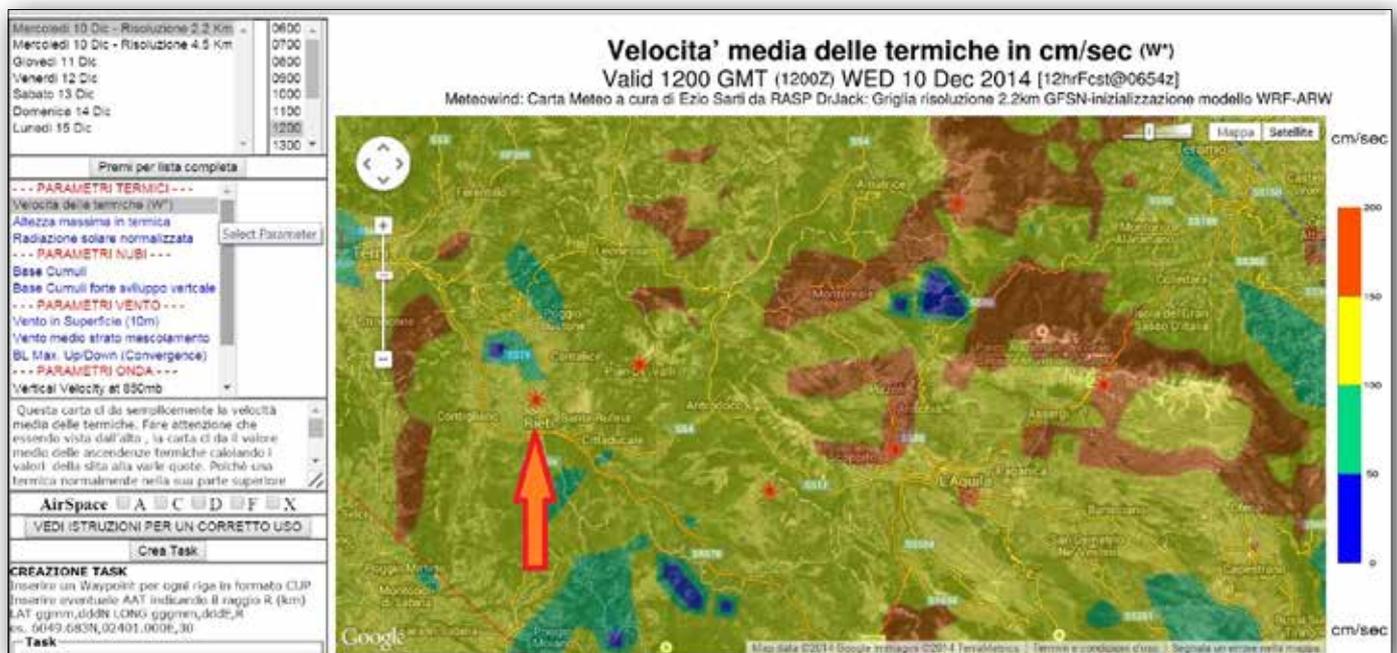
I TEST IN VOLO

Il primo server di calcolo è stato installato nel mio ufficio circa 6 anni fa, e le prime previsioni sono state dedicate al territorio dell'Italia centrale e in particolare alla Valle di Rieti, con una griglia di risoluzione di 1.5 Km. Da subito il primo problema è stato quello di riscontrare l'attendibilità delle previsioni. Allo scopo selezionai circa 20 amici piloti di volo a vela sufficientemente esperti e a loro inviai le previsioni per il fine settimana con l'intento di avere riscontri tra le previsioni e la realtà trovata in volo. Questo primo lavoro di test è durato circa due anni, e da subito i riscontri sono stati incoraggianti. Il lavoro di feedback continua ancora oggi e gli iscritti alla nostra lista meteo sono ora circa 200. Inoltre, spesso uso il database di OLC, sul quale moltissimi volovelisti

inseriranno i dati dei loro flight recorder da cui è possibile fare riscontri abbastanza oggettivi. In particolare, con Roberto Reginaldi, ho iniziato fin dai primi giorni un lavoro di test e verifica dei dati in forma diretta. Al riguardo ci sono due episodi di cinque anni fa che vale la pena ricordare.

1) *Inverno 2009*, il modello prevede una chiara situazione ondulatoria dell'atmosfera con venti forti da Nord Est. Sulla carta meteo del modello RASP sono ben evidenziate le aree di salita. Roberto e io decolliamo sul suo aliante biposto ASH 25 con Roberto ai comandi ed io come navigatore e osservatore meteo. Troviamo presto discrete salite in flusso laminare ondulatorio nelle zone previste dalle carte meteo, e voliamo tra i 3.000 e i 4.500 metri con valori di salita tra i 3 e i 5 metri al secondo. Non contenti, prima di atterrare decidiamo di provare la massima salita prevista dal modello. Bisogna ricordare qui che le nostre previsioni dei fenomeni ondulatori danno anche le coordinate del punto dove è prevista la massima salita, la quota e il relativo valore in metri al secondo. Per l'occasione il punto in oggetto era indicato sulla verticale dell'angolo nord della città industriale di Rieti e il valore di salita previsto era di + 12 m/s. Inseriamo il punto sul GPS e ci dirigiamo lì. A una distanza di circa un chilometro e mezzo, dopo una forte discendenza, normale perché risalivamo contro vento, il variometro inizia a dare valori positivi, poi a 600 metri dal punto inserito registriamo il valore massimo indicato dal variometro: da + 10 a + 11 m/s. Non male penso, abbiamo avuto a soli 600 metri di differenza un solo metro al secondo di scarto

La stessa immagine con la velocità media delle termiche, le zone marroni indicano una leggera ascendenza nell'ordine dei 2 m/s



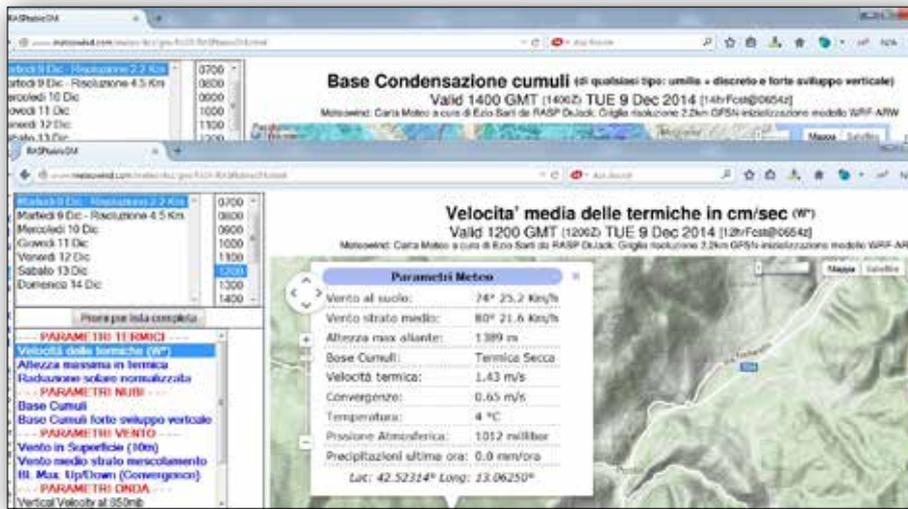


Figura 2

tra la previsione e il valore reale. Poi mi rendo conto che la previsione è sulla salita dell'aria e non dell'alante che scende alla nostra velocità a circa un metro al secondo. Quindi previsione quasi perfetta, con una precisione fino a quel tempo inimmaginabile; il modello matematico pare proprio funzionare bene.

2) *Fine primavera 2009*, le previsioni del modello danno un discreto vento da sud ovest, in particolare dalla Val Nerina, altezza Forca di Cerro, sino a tutta la valle di Foligno in forte incremento, fino a 60 km/h lungo tutta la Val Topina sino al Monte Nerone; inoltre, il modello meteo indica una discreta convergenza lungo la catena montuosa della Val Topina. Per confrontare la previsione con la realtà, io e Roberto decidiamo di volare con i nostri due aliati, lui con il suo ASH 25 ed io con il mio Nimbus 2. Decidiamo di svolgere il volo lungo la stessa rotta in Val Topina, ma a quote totalmente diverse: io più basso, cercando di sfruttare le correnti dinamiche che il modello meteo aveva ben evidenziato, Roberto più alto cercando di sfruttare i fenomeni di convergenza previsti. I nostri due voli avrebbero così verificato non solo l'attendibilità delle previsioni alle due quote, ma anche evidenziato quale dei due voli sarebbe stato più efficiente dal punto di vista energetico. Inoltre io in quell'occasione avevo deciso di effettuare dall'inizio della Val Topina in poi un'unica lunga planata senza fermarmi mai a fare quota con spirali in termica, cercando di sfruttare solo l'energia dinamica distribuita lungo i costoni. Dopo 242 Km di planata, e dopo aver raggiunto e superato il Monte Nerone, al rientro fui poi costretto ad atterrare fuori campo a Piediluco perché per soli 50 metri non riuscii a superare i Colli sul Velino, che separano il lago di Piediluco dall'aeroporto di Rieti da cui eravamo partiti. Anche quel giorno le previsioni erano state quasi perfette, Roberto aveva ben sfruttato le convergenze e il fronte di brezza dell'Adriatico, io ero riuscito a tenere una media elevata, ma

per troppa foga ho esagerato e alla fine sono sceso a una quota troppo bassa, fatto che ho poi pagato con un atterraggio fuoricampo. Il mio errore nell'occasione è stato quello di non considerare che le previsioni davano vento forte da poter sfruttare lungo i costoni, ma dicevano anche che a quote basse il vento diminuiva e con lui anche il contributo energetico che avrei dovuto sfruttare per sostenere l'aliante.

UN PROGETTO AMBIZIOSO

Appena capito che il sistema funzionava bene per Rieti, decisi di realizzare queste previsioni ad alta griglia di risoluzione per il volo a vela su tutta l'Italia, e oggi il sogno è realizzato! Dal primo server di calcolo, in cinque anni la struttura si è ampliata, e solo due anni fa abbiamo introdotto una importante implementazione: pur non rinunciando alle ormai collaudate carte meteo classiche su carta geografica disegnata, abbiamo realizzato anche carte meteo su proiezioni di Mercatore sovrapposte a Google Maps; i risultati sono stati stupefacenti, ora si può zo-

omare fino ad avere dettagli secondo le potenzialità di Google Maps; si può regolare la trasparenza dei colori della carta per poter vedere meglio i dettagli geografici; inoltre, da circa un anno abbiamo introdotto la possibilità di visualizzare i parametri meteo anche in formato numerico. Per poter aumentare la potenza di calcolo, abbiamo cercato di coinvolgere diversi Aero Club, singoli piloti e chiunque fosse disposto a credere nel progetto per aumentare la copertura territoriale ad alta risoluzione fino all'intero territorio italiano. Ho chiesto loro di mettere a disposizione un PC i7 con almeno 8G di Ram su cui io avrei installato il relativo software. In molti hanno risposto e oggi disponiamo per l'elaborazione: 5 server nelle mie strutture, un server dedicato su microprocessori Xeon offerto dalla società "Wing Electronic Srl", società di servizi per l'elettronica professionale e militare, che è anche coinvolta in studi ambientali e meteorologici, un server messo a disposizione dall'Aero Club di Pavullo per l'Italia centro settentrionale, un server a Torino messo a disposizione dal volovelista Luigi Giardino per le Alpi Occidentali, un server ad Alzate messo a disposizione dal volovelista Roberto Villa per le Alpi Centrali, un server a Trento messo a disposizione dal volovelista Walter Giordani per le Alpi Orientali. Non potendo più gestire da solo tutta l'organizzazione ho chiesto aiuto a un gruppo di volovelisti e così abbiamo creato l'associazione culturale scientifica "Appennino Soaring Research Association" a cui sarà affidata in futuro l'intera gestione del sistema previsionale per il volo a vela. In seno a questo progetto associativo devo un grande e sentito ringraziamento al socio Ing. Roberto d'Addario, bravo volovelista ed eccezionale esperto di software, a cui è stata affidata la realizzazione dell'interfaccia web del sistema. In particolare a lui si deve la realizzazione del software per la visualizzazione dei dati numerici mediante fumetto: cliccando in un qualsiasi punto della mappa su Google Maps per

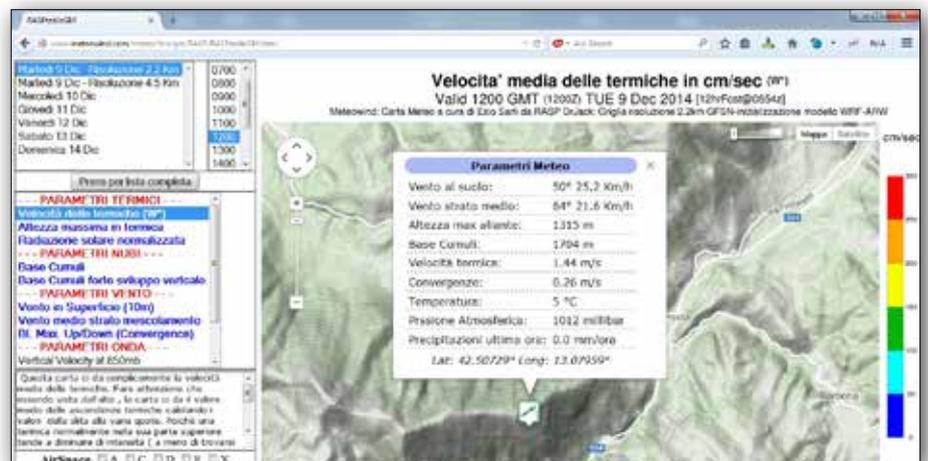


Figura 3

due secondi con il pulsante destro del mouse, oppure facendo un long press per due secondi su un tablet, si apre un fumetto con i dati meteo più importanti per il volo a vela, un esempio in **Figura 2**

- **Coordinate del punto cliccato** (in basso) a cui si riferisce la previsione con presentazione dei seguenti parametri meteo in formato numerico:
- **Vento al suolo** (vento a 10 metri dal terreno, le normali previsioni danno il vento a 10 metri dal livello del mare)
- **Vento strato medio:** è il vento a metà dello strato di mescolamento che corrisponde a grandi linee alla quota media a cui normalmente volano gli alianti
- **Base Cumuli:** è la quota a cui iniziano a condensare i cumuli formati dalle correnti ascensionali termiche. In caso di assenza di cumuli sul fumetto apparirà la scritta: termica secca
- **Altezza max aliante:** è la quota massima raggiungibile dall'aliante in ascendenza termica. Le ascendenze termiche in genere ad una certa quota diminuiscono la loro intensità. Questo parametro indica la quota a cui l'ascendenza scende a un valore di 1 metro al secondo, che è la discesa media naturale rispetto all'aria di un aliante mentre spirala in termica.
- **Velocità termica:** è la media del valore di salita dell'ascendenza termica.
- **Convergenze:** valore di salita dovuto a convergenze dinamiche o fronti di brezza. Questo dato in presenza di divergenze e di conseguenti discendenze assume valori negativi.
- **Temperatura al suolo:** la temperatura a 2 metri dal terreno
- **Pressione atmosferica:** pressione in millibar riferita al livello del mare (QNH).
- **Precipitazioni nell'ultima ora:** da in mm le precipitazioni piovose previste nell'ultima ora.

Per ogni cella della griglia di risoluzione si possono avere tutti questi parametri meteo previsionali in valore numerico. Anche se a una prima osservazione la mappa meteo appare una semplice immagine su Google Maps, in realtà contiene nel suo database più di 15 milioni di dati numerici per la cui

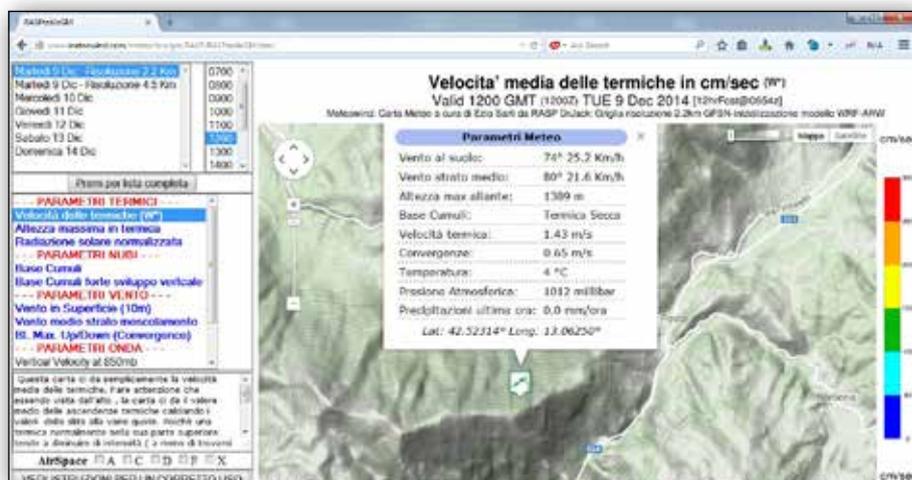


Figura 4

presentazione basta un click. Questo è un nuovo e rivoluzionario metodo di presentazione di dati meteo che, sommato alla dettagliata griglia di risoluzione, è utile non solo per la pianificazione di un volo in aliante, ma per chiunque voli. Voglio qui evidenziare una semplice ma efficace dimostrazione: nel modello è impostata anche l'orografia, vediamo quindi come si possono utilizzare le nostre previsioni del vento in prossimità dei costoni montuosi.

Nota: per ottenere queste immagini è stata resa trasparente la mappa colorata spostando a sinistra il cursore in alto a destra vicino alla scritta "Mappa", si è impostata la mappa di Google Maps su "Rilievo" e abbiamo zoomato quasi al massimo e scelto due punti: uno sottovento e uno sopravvento al costone, premendo per 2 secondi il pulsante destro del mouse. La **Figura 3** è relativa al punto di Monte Terminillo Costone sud Sottovento.

Andiamo ora a 3 km circa in direzione nord ed ecco cosa prevedono le nostre carte nella parte sopravvento del costone (**Figura 4**): se si osserva la direzione del vento al suolo appare evidente che la presenza del costone opera sul modello matematico una notevole influenza che si traduce in una notevole deviazione di questo parametro: da 74° di direzione nel versante sopravvento, ai 50° nella parte sottovento: la previsione elabora una variazione di 24° sulla direzione del vento al

suolo in soli 3 km. A quota più alta, a metà dello strato di mescolamento, l'influenza del costone montuoso diminuisce: da 80° a 64°, la variazione è di 16°. Questa potenzialità delle nostre previsioni si commenta da sola e, come detto, questi dati si possono ottenere per tutti i punti della mappa meteo distanti almeno 2 km tra loro.

PROGETTI IN CORSO E FUTURI

Sino a oggi tutti i servizi Meteowind sono stati offerti gratuitamente alla comunità dei piloti, e sarà così anche in futuro. Detto questo, in considerazione del fatto che una struttura come quella in essere è abbastanza onerosa, ho deciso di proporre sul mercato la realizzazione di servizi meteo custom su richieste specifiche. Ad esempio, in occasione dei campionati europei di vola a vela che si svolgeranno a Rieti ad Agosto 2015, realizzeremo uno specifico servizio meteo ad alta griglia su Google Maps per la squadra polacca, su richiesta del suo capitano e 13 volte campione del mondo Sebastian Kawa, ma una previsione meteo dedicata può, ad esempio, essere fornita a gruppi o singoli piloti che intraprendono raid su lunghe distanze. Vista l'affidabilità del sistema sulla previsione dei venti, siamo anche stati chiamati a realizzare la meteo per i campionati del mondo di vela classe Melges 32, svoltisi a Miami dal 3 al 7 dicembre, e anche qui abbiamo avuto riscontri entusiastici sia da parte del comitato di regata, sia dai tattici delle imbarcazioni più competitive. Segnalo inoltre che è stata realizzata per i tablet Apple e per iPhone un'applicazione RASP che carica automaticamente le carte meteo del modello RASP sul palmare di tutte le aree coperte nel mondo con questo modello.

L'app è scaricabile su itunes al link:

<https://itunes.apple.com/it/app/rasp/id426040634?mt=8>

www.meteowind.com

LA MAILING LIST

Meteowind offre gratuitamente ai piloti la possibilità di iscriversi a una lista mail per ricevere tutti gli avvisi meteo in presenza di previsioni di belle giornate per il volo a vela, ma anche note in presenza di situazioni meteo particolari e interessanti per tutti i piloti, o per segnalare voli di cui vale la pena fare una descrizione meteo comparata. Per registrarsi alla lista meteo basta scrivere una mail a register@meteowind.com