

Relazione scientifica programma Short Term Mobility

Fruitore e proponente:

Beniamino Gioli

Titolo del programma:

"Studio delle interazioni tra ecosistemi ed atmosfera a scala regionale, basato su re-analisi di dati sperimentali ed impiego di modellistica del PBL"

Durata del soggiorno STM:

26/06 – 24/07/2010, presso University of California, Berkeley

Il soggiorno è avvenuto presso la University of California, Berkeley, nel Biometeorology Lab, diretto dal Prof. D. Baldocchi. Il Laboratorio è una struttura di dimensioni medio-piccole, che alla data del mio soggiorno comprendeva 6 post-docs di varia nazionalità, 1 studente PhD, 1 tecnico ed il responsabile D. Baldocchi. Questo ha permesso di instaurare in tempi molto brevi rapporti professionali e personali e di inserirsi facilmente nel gruppo di lavoro. Ho tenuto un seminario di presentazione della mia attività passata e prevista per questo periodo, all'inizio del soggiorno presso il Biomet Lab.

L'obiettivo della ricerca è stato incentrato sullo studio delle interazioni tra biosfera (ecosistemi agrari e forestali) ed atmosfera a scala regionale, facendo uso di dataset del Biomet Lab (siti della rete *FluxNet* e altre fonti USA) e di CNR Ibimet (campagne di misura da aereo), ed impiegando modellistica di ultima generazione della dinamica del *Planetary Boundary Layer (PBL)*.

Il piano di lavoro, riportato nella domanda di partecipazione, era strutturato nelle seguenti fasi:

- raccolta e preparazione di alcuni casi studio di interesse con presenza di dati sperimentali atmosferici intensivi, su cui alcuni studi preliminari sono stati già avviati (1° settimana);
- messa a punto della modellistica da impiegare, che già è operativa presso Ibimet e deve essere parametrizzata sui casi studio individuati (2° settimana);
- esecuzione di simulazioni sui casi studio, per diverse configurazioni superficiali ed atmosferiche al contorno (3° settimana);
- interpretazione dei risultati e impostazione di un draft, che possibilmente sarà la base per una pubblicazione congiunta (4° settimana).

L'attività ha seguito in larga parte questa impostazione, incentrandosi su due linee di attività principali, una prima basata sulla messa a punto e validazione della modellistica, ed una seconda basata sulla sua applicazione ad un caso di studio di interesse ecologico a scala regionale in California. Queste due attività costituiscono la base per due pubblicazioni da completare nei prossimi mesi. I risultati raggiunti e descritti in dettaglio nel seguito, anche se ancora preliminari, sono molto positivi ed il Prof. Baldocchi terrà una *invited talk* sugli aspetti toccati anche con questo lavoro al prossimo AGU Fall Meeting a San Francisco:

D. Baldocchi, S. Ma, J. Hatala, B. Gioli : Extracting Information on Rain-Induced Pulses of Ecosystem Respiration across Scales Spanning the Plot, Canopy and Planetary Boundary Layer. Invited talk, session B42: Biophysical Pulses in Variable Environments (ref:

<http://www.agu.org/meetings/fm10/index.php/Program/SessionSearch/?show=detail&sessionId=105>

Nel seguito le due principali linee di attività seguite verranno descritte in maggiore dettaglio:

1. Messa a punto e validazione della modellistica

Scelta dei modelli:

Inizialmente una fase di confronto degli strumenti di modellistica 1D del sistema vegetazione-PBL-atmosfera già in uso presso i due Laboratori (Biomet Lab ed Ibimet) ha permesso di definire la modellistica migliore con cui effettuare le analisi successive. Gli strumenti già in parte sviluppati in Ibimet, in collaborazione con altri istituti stranieri (Wageningen University) sono stati la base di partenza per questo lavoro. Il codice numerico impiegato è in larga parte quello descritto in Van Heerwaarden et al, 2009.

Dataset di validazione:

Uno o più dataset sono necessari per una validazione rigorosa della modellistica atmosferica, e devono comprendere necessariamente variabili alla superficie (flussi e scalari) ed in atmosfera libera (free troposphere). Questi ultimi, di più difficile reperibilità, possono comprendere dati da aereo, da radiosondaggi o da tecniche di telerilevamento. Le fonti di dati impiegate a questo scopo sono state:

- dati aerei di campagne condotte da IBIMET nell'ambito del progetto CarboEurope IP; trattasi di dati di profili atmosferici intensivi presi in varie campagne sperimentali (Gioli et al 2004; Dolman et al 2006)
- dati di radio sondaggi effettuati negli USA, comprendenti un intero ciclo annuale di rilevazioni giornaliere con sistema radar, e settimanale con radiosonde lanciate in quota. Trattasi di un dataset di grande importanza e difficilmente 'reperibile'. Questo dataset è stato messo a disposizione dal Biomet Lab, ed acquisito originariamente dalla NOAA nel 1999, e non è ancora stato pubblicato.

Definizione degli input:

La ricerca ha avuto come oggetto la messa a punto del modello alla luce delle osservazioni sperimentali descritte. In particolare, è emerso tramite l'esecuzione di una analisi di sensitività come il modello sia altamente sensibile alle condizioni di inizializzazione sia alla superficie terrestre sia lungo tutto il profilo atmosferico. Essendo il nostro obiettivo quello di mettere a punto uno strumento capace poi di essere impiegato in assenza di dati di inizializzazione lungo il profilo atmosferico, si è investigata la possibilità di usare sia esclusivamente dati di terra facendo assunzioni sull'andamento delle variabili lungo il profilo, sia di usare dati atmosferici basati su re-analisi facilmente reperibili e ad elevata copertura spaziale e temporale. Mentre il primo approccio (impiego di sola informazione di terra) si è rilevato non soddisfacente a causa dell'elevata variabilità verticale delle variabili atmosferiche, il secondo approccio ha permesso di esplorare il dataset NCEP-NARR (North American Regional Reanalysis) della NOAA-NCDC (<http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/gridded/data.narr.html>). Mentre il dataset NCEP ha copertura globale ma risoluzione spaziale molto bassa (ca 250km) questo dataset che comprende solo gli USA ha una risoluzione spaziale di circa 30km, comparabile con quella dei modelli numerici a mesoscala. Le variabili NARR sia al suolo sia in quota sono quindi state confrontate con le osservazioni a terra e con i radiosondaggi, fornendo risultati quali riportati in Figura 1 e 2. Tali risultati sono molto confortanti, e dimostrano come il dataset

NARR possa essere uno strumento in grado di fornire con ragionevole precisione informazioni sull'andamento delle principali variabili lungo il profilo verticale, con copertura temporale completa (dal 1970 ad oggi) e spaziale limitata al N. America.

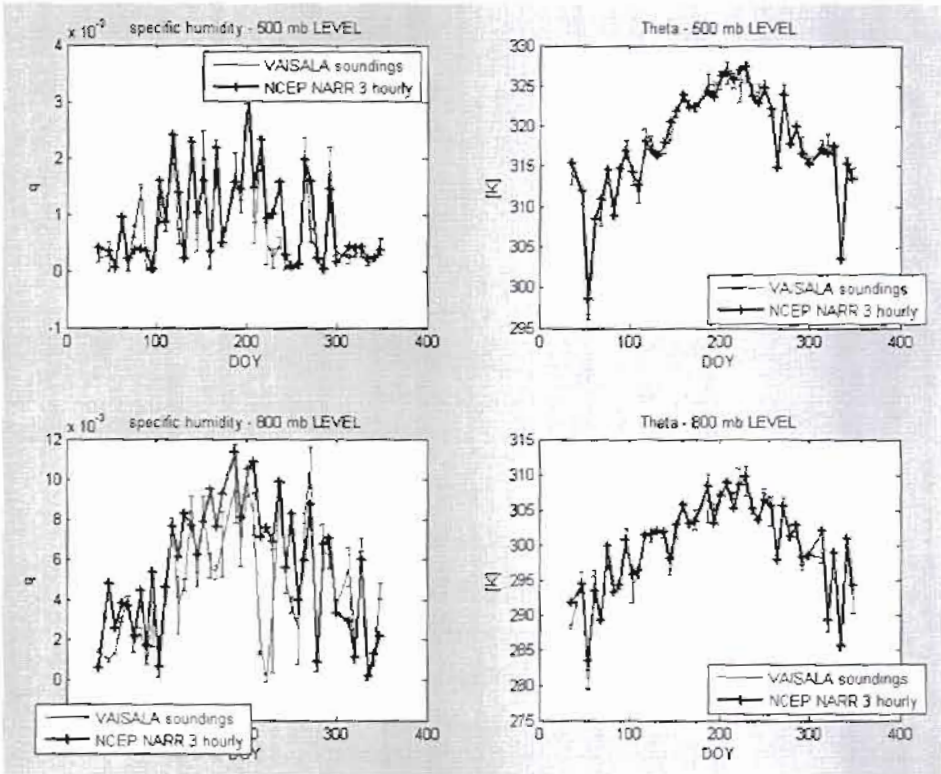


Figura 1: andamento nel corso dell'anno dell'umidità specifica (sx) e della temperatura (dx) alle quote 500 e 800mb, misurato tramite radiosonde Vaisala (blu) e stimato dai dati di re-analisi NARR (nero).

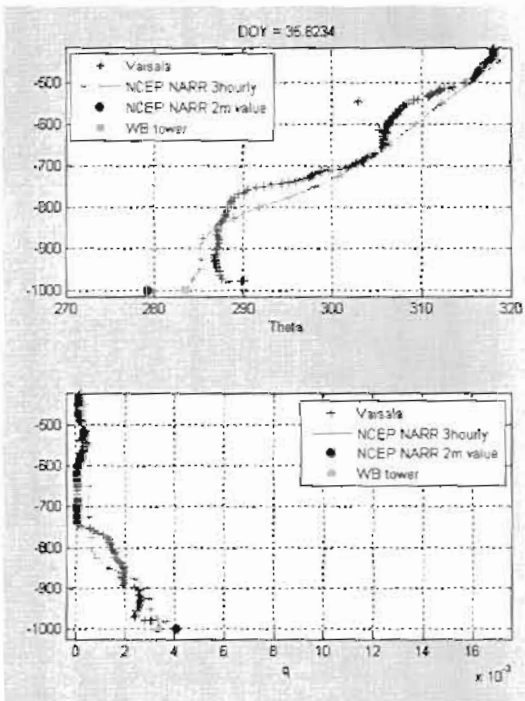


Figura 2: esempio di confronto tra valori di temperatura (top) ed umidità (basso), misurati con radiosondaggi (blu), misurati a terra dalla torre di riferimento (verde), stimati dal dataset NARR lungo il profilo (rosso) ed a terra (nero).

Validazione modellistica

Il modello, alimentato in ingresso dai soli dati NARR sopra descritti, è stato poi fatto girare sull'intero anno di riferimento, e le uscite validate con i dati provenienti dai radiosondaggi e dai rilievi radar. Si riporta a titolo di esempio il risultato relativo alla simulazione di uno dei giorni con l'andamento osservato e simulato di tutte le variabili principali (Figura 3) e della variabile z_i durante tutto il ciclo annuale. z_i è l'altezza del PBL, una variabile cruciale nella simulazione delle interazioni tra superficie e PBL stesso. Il risultato è soddisfacente, il trend annuale è simulato correttamente anche se singolarmente alcuni punti mostrano ancora notevoli differenze. Queste possono essere dovute a dinamiche atmosferiche non correttamente simulate dal modello, o non correttamente descritte dal dataset NARR di inizializzazione. Questa analisi è comunque tuttora in corso ed in via di ottimizzazione, per cui i risultati che verranno presentati e pubblicati ufficialmente in futuro saranno probabilmente migliori.

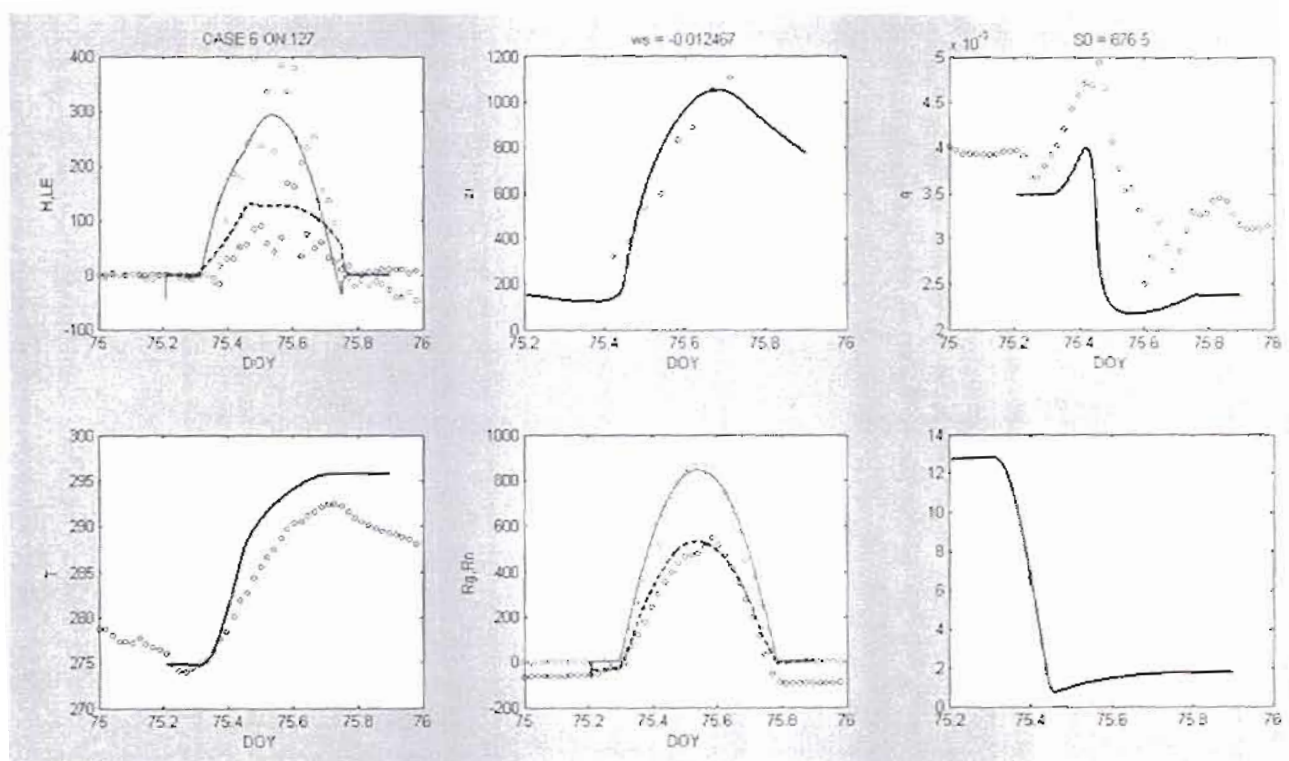


Figura 3. Andamento delle principali variabili superficiali e del PBL, osservato (punti) e modellato (linea). Le variabili in senso orario sono: H ed LE flusso di calore sensibile e calore latente; z_i altezza del PBL; q specific humidity; dt temperature jump tra PBL e troposfera; R_g R_n radiazione netta e globale; T temperatura potenziale

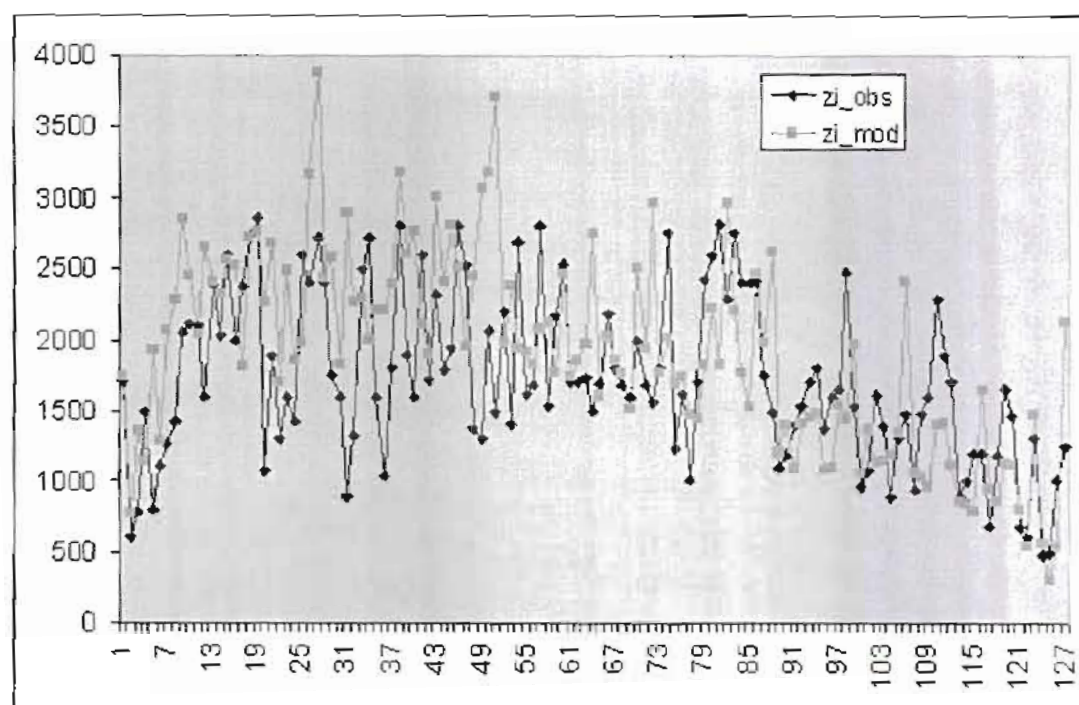


Figura 4: andamento della variabile z_i , altezza del PBL, lungo l'intero ciclo annuale come osservata da radiosonde e dati radar (blu) e modellata (rosso)

2. Caso di studio: "Rain pulses at regional scale"

Questa analisi ha avuto come obiettivo quello di applicare il modello e le procedure messe a punto nella fase precedente, ad un caso di interesse ecologico ed ambientale. A questo proposito, una delle ricerche di maggior interesse attualmente presso il Biomet Lab, che ha costituito la premessa per questo soggiorno, è lo studio della respirazione (rilascio di Carbonio) dell'ecosistema in seguito a precipitazioni che seguono un lungo periodo siccitoso. L'obiettivo di questa analisi è quello di stimare l'importanza di questi flussi di respirazione in un contesto regionale. I dati di flusso misurati da torri installate su ecosistemi di tipo savana (Tonzi-Vaira ranch, California) evidenziano ormai da alcuni anni importanti rilasci di carbonio in atmosfera da parte della biosfera, in seguito ad eventi piovosi nel periodo post-estivo, dopo periodi siccitosi di alcuni mesi (Figura 5, che costituisce il caso di studio qui analizzato relativo all'anno 2009). Si tratta di eventi importanti che possono facilmente modificare il *C-budget* annuale di un ecosistema, e scarsamente riportati in letteratura (Inglisma et al 2009). L'obiettivo della ricerca è stato quello di impiegare la modellistica sviluppata per interpretare le osservazioni in un'ottica regionale, rispondendo alla domanda se l'effetto osservato abbia valenza locale relativa all'ecosistema sotto osservazione, o piuttosto regionale a vasta scala, quindi con implicazioni molto più importanti. I dati mostrano un incremento di concentrazione notevole (10-20 ppm) per un periodo prolungato di 10-15 giorni (Figura 5), suggerendo che trattasi di un fenomeno a medio/larga scala e non un fenomeno locale, e questa è l'ipotesi di lavoro che si è andati a verificare.

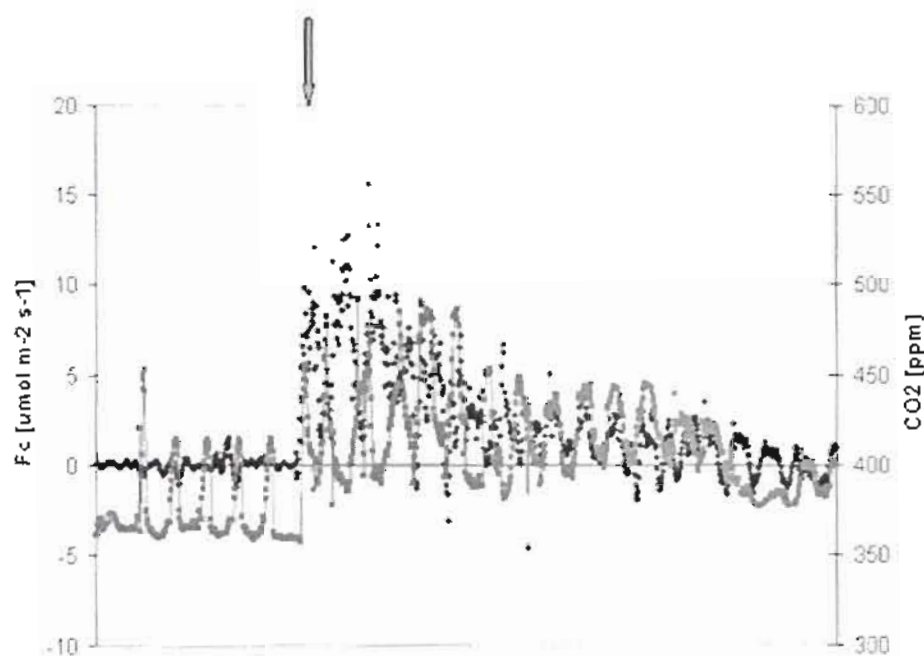


Figura 5: andamento del flusso di CO₂ (blu) e della concentrazione di CO₂ (rosso) per circa 20 giorni. La freccia verde indica l'evento di precipitazione, relativo al 2009 presso il sito Tonzi-Vaira.

La necessità di impiegare un approccio modellistico che includa esplicitamente i *feedback* tra superficie, PBL e troposfera libera è data dal fatto che un evento piovoso, oltre a stimolare il flusso di carbonio, altera notevolmente il bilancio di energia superficiale e quindi lo sviluppo del PBL: in presenza di precipitazione, l'umidità del suolo aumenta, quindi aumenta l'evapotraspirazione (maggior flusso di calore latente, quindi minore flusso di calore sensibile a parità di radiazione netta) e quindi un PBL più basso si andrà a sviluppare, che va a 'concentrare' maggiormente gli scalari in esso contenuti (come deducibile dalla Figura 6, relativa alle osservazioni della torre di riferimento). Solo un approccio che comprenda quindi la dinamica del PBL può essere in grado di simulare coerentemente questi processi.

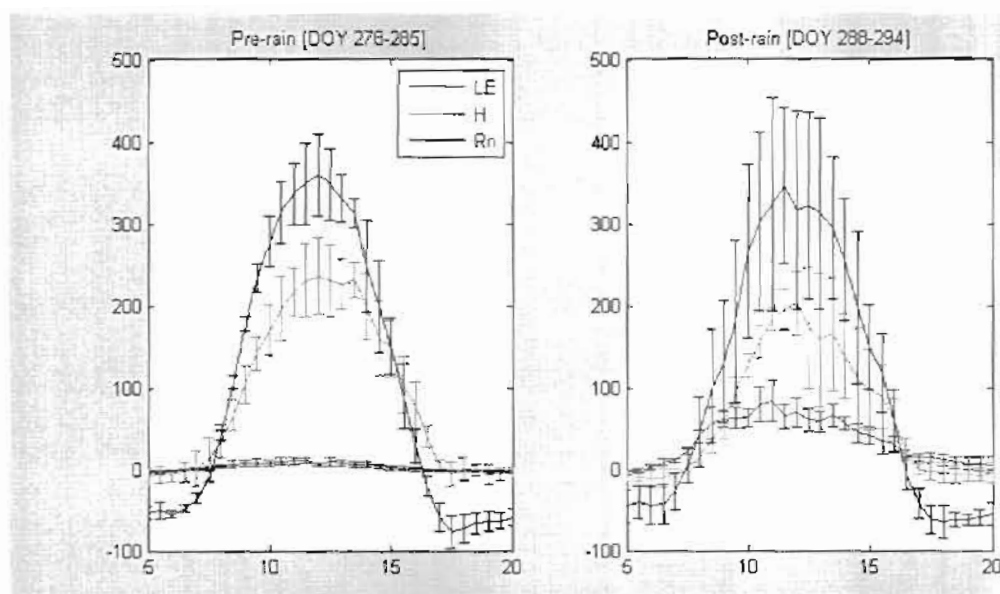


Figura 6: andamento dei flussi di calore sensibile H (nero), calore latente LE (blu) e radiazione netta (rosso) prima e dopo l'evento di precipitazione (Tonzi Valira, anno 2009).

La Figura 7 mostra come la precipitazione sia spazialmente distribuita sul territorio, e quindi ci porta ad escludere che l'evento misurato nel sito (punto verde) possa essere di tipo locale.

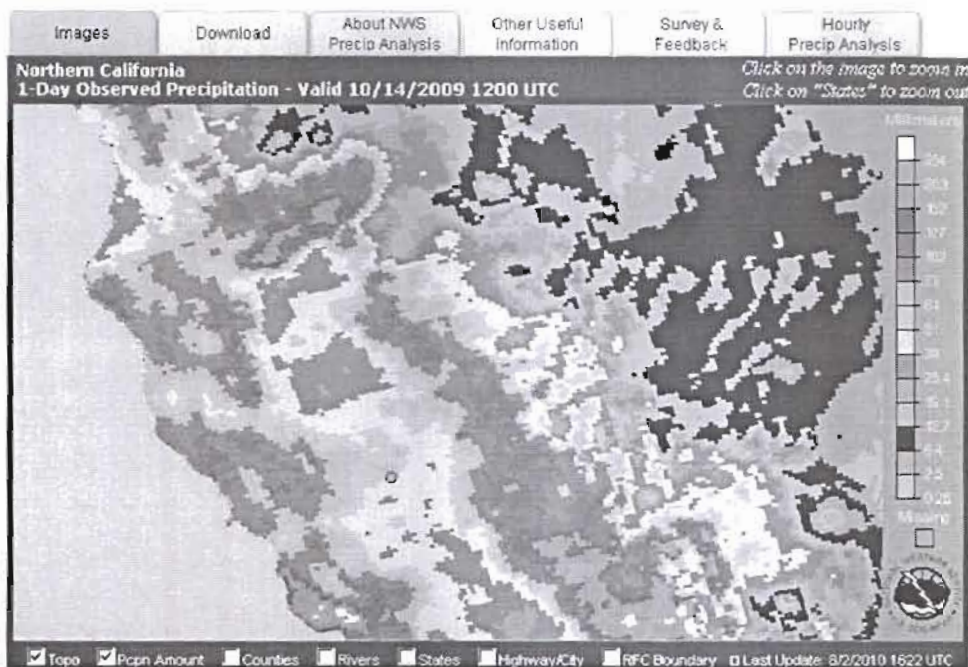


Figura 7. Mappa della precipitazione al suolo sull'area di studio in California centrale. Il punto verde è la torre di misura. Fonte (<http://water.weather.gov/>)

La Figura 8 mostra invece i risultati delle simulazioni su un periodo di circa 20 giorni comprendente l'evento di precipitazione descritto (DOY 287). Complessivamente, il modello è in grado di risolvere correttamente il bilancio energetico superficiale, e la sua diversa ripartizione in funzione dell'umidità disponibile, prima e dopo la precipitazione, nonché l'andamento di temperatura ed umidità. L'altezza del PBL mostra una netta diminuzione di circa il 25% dopo l'evento piovoso, che, unita al flusso positivo dovuto alla respirazione, incrementa notevolmente la concentrazione in atmosfera andandosi a ristabilire dopo circa 20 giorni. Questi processi sono complessivamente ben simulati, e permettono di concludere, anche se in modo ancora preliminare, come gli eventi di respirazione abbiano carattere regionale, ed alterano anche notevolmente il bilancio del carbonio di questo tipo di ecosistemi. Considerato che nessun modello globale attualmente implementa o prevede esplicitamente relazioni tra precipitazioni e respirazione, questo studio una volta pubblicato potrà contribuire al miglioramento dell'attuale modellistica stato dell'arte anche a scala globale.

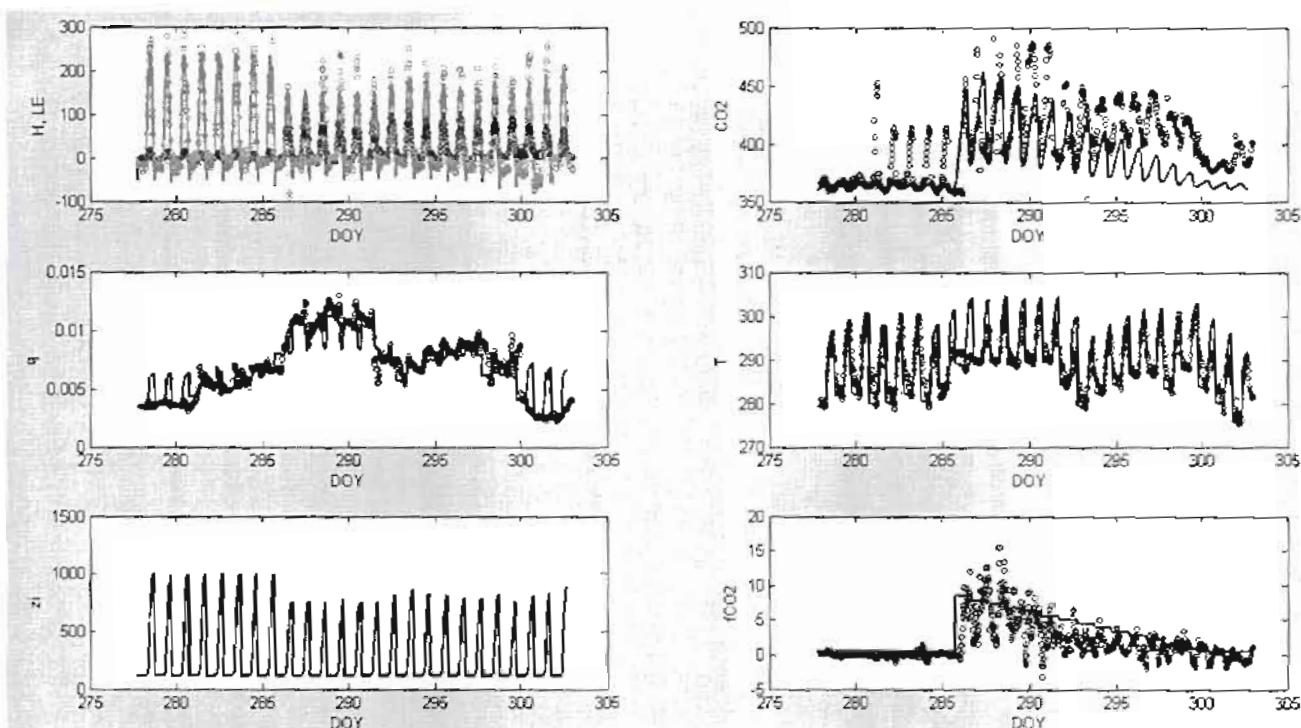


Figura 8: Andamento delle principali variabili osservate (punti) e modellate (linee) durante il caso di studio. Variabili in senso orario: H ed LE; CO₂ concentration; T temperatura; fCO₂ flusso di CO₂; z_i altezza del PBL (oss. non disponibili); q specific humidity;

3. Conclusioni

Complessivamente il periodo di ricerca ha portato risultati molto incoraggianti, che già verranno presentati in ambito internazionale al prossimo AGU Fall meeting, e che costituiscono la base per due pubblicazioni scientifiche da finalizzare nel prossimo futuro. La piattaforma modellistica è stata messa a punto e validata contro una serie storica di dati atmosferici in possesso del Biomet Lab, e contro dati da aereo in possesso di Ibimet, ed è stata poi applicata ad un caso di studio di interesse ecologico. Tramite questa analisi si è riusciti a comprendere come fenomeni di emissione di CO₂ in risposta a precipitazioni post-estive abbiano una consistenza regionale, e quindi un impatto importante sul bilancio del C di certi tipi di ecosistema (principalmente savana). Attualmente tale tipo di interazione non è contenuta in nessuno degli attuali modelli biogeochimici in uso nella comunità internazionale, per cui i risultati sono altamente innovativi.

Bibliografia

- Van Heerwaarden CC, de Arellano JVG, Moene AF, et al (2009). Interactions between dry-air entrainment, surface evaporation and convective boundary-layer development. *QUARTERLY JOURNAL OF THE ROYAL METEOROLOGICAL SOCIETY* Volume: 135 Issue: 642 Pages: 1277-1291
- Gioli B., Miglietta F., De Martino B., Hutjes R.W.A., et al (2004). Comparison between tower and aircraft-based eddy covariance fluxes in five European regions. *Agricultural and Forest Meteorology*, Vol 127/1-2 pp 1-16.
- Dolman, A. J., Noilhan, J., Durand, P., Sarrat, C., et al (2006). The CarboEurope Regional Experiment Strategy. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 87(10), 1367-1379.
- Inglima I., Alberti G., Bertolini T., Vaccari FP., Gioli B et al (2009). Precipitation pulses enhance respiration of Mediterranean ecosystems: the balance between organic and inorganic components of increased soil CO₂ efflux. *Global Change Biology*, 15, 1289-1301, doi: 10.1111/j.1365-2486.2008.01793.x.

Benard