

PROGETTO FINALIZZATO

CLIMAGRI

CAMBIAMENTI CLIMATICI E AGRICOLTURA

SOTTOPROGETTO 2: AGRICOLTURA ITALIANA E CAMBIAMENTI CLIMATICI

Scheda di ricerca 2.7: Definizione di sistemi di “downscaling” di modelli globali di previsione stagionale per l’utilizzo a valle di modelli agrometeorologici a scala nazionale

Alla ricerca partecipano i seguenti Enti:

ARPA-SIM – Servizio IdroMeteorologico ARPA Emilia-Romagna (titolare della scheda)

UCEA, Ufficio Centrale di Ecologia Agraria

Responsabile della ricerca:

Carlo Cacciamani, ARPA-SIM

Collaboratori:

Antonella Morgillo, ARPA-SIM

Valentina Pavan , ARPA-SIM

Stefano Marchesi, ARPA-SIM

RELAZIONE TECNICA – 3° ANNO D’ATTIVITÀ

INDICE

| | |
|------------------------|---|
| 1. Introduzione | 2 |
| 2. Data-set utilizzati | 2 |
| 3. Risultati | 3 |
| 4. Conclusioni | 9 |
| BIBLIOGRAFIA | 9 |

Bologna, 23 Dicembre 2005

Il responsabile
Dott. Carlo Cacciamani

1. Introduzione

Nel corso del terzo anno di progetto, ci si è proposti di raggiungere due obiettivi. Il primo consiste nel passaggio dal data-set previsionale PROVOST a quello, più recente, DEMETER. Il secondo, consiste nel produrre una indagine preliminare sulla sensibilità dei risultati ottenuti rispetto alla definizione dei predittori di larga scala utilizzati per costruire il modello di downscaling statistico.

Nessuna modifica è stata fatta nel metodo di downscaling statistico utilizzato per ottenere le previsioni ad alta risoluzione a partire dalle previsioni di larga scala. Per brevità, dunque rimandiamo alla corrispondente relazione del secondo anno per una descrizione dettagliata di tale metodo.

Nella presente relazione, prima di tutto viene descritto il nuovo data-set previsionale DEMETER, quindi vengono presentati i risultati ottenuti con questo nuovo data-set. Tali risultati comprendono una descrizione dei risultati ottenuti per i predittori di larga-scala con particolare attenzione al confronto con i risultati corrispondenti precedentemente ottenuti utilizzando il data-set PROVOST. Quindi vengono descritte le nuove previsioni ad alta risoluzione di precipitazione e temperatura. Nel caso della precipitazione viene presentato uno studio di sensibilità al data-set osservativo utilizzato nel metodo di downscaling. Infine sono riportati alcuni risultati preliminari relativi alla sensibilità della abilità previsionale del metodo statistico rispetto alla scelta dei predittori di larga scala per la sola stagione estiva. Le conclusioni del lavoro svolto nel corso del terzo anno chiudono la relazione.

2. Data-set utilizzati

Il data-set DEMETER è stato prodotto nel corso dell'omonimo progetto europeo, conclusosi nel 2003. Da questo data-set è possibile estrarre le previsioni stagionali globali per il periodo 1974-2002, ottenute facendo uso di tre diversi GCM: il modello del Centro Europeo di Previsione a Medio Termine (ECMWF), il modello del Met Office inglese (UKMO) e il modello di Meteo-France (CNRM).

Le previsioni sono prodotte ad una risoluzione orizzontale di circa 250 Km ($2.5^\circ \times 2.5^\circ$). Ogni simulazione (che corrisponde ad una stagione) consiste in una previsione per i sei mesi successivi (hindcast). Le stagioni sono così definite: inverno (dicembre-gennaio-febbraio), primavera (marzo-aprile-maggio), estate (giugno-luglio-agosto) e autunno (settembre-ottobre-novembre). Per ogni stagione e per ogni modello sono state prodotte nove simulazioni chiamate "ensemble members" che differiscono per le diverse condizioni iniziali (Hagedorn et al., 2005). Tutte le simulazioni cominciano il primo giorno del mese precedente il primo mese della stagione in esame (ad esempio il primo Novembre per l'inverno), così da evitare che le previsioni stagionali siano affette da dipendenza dai dati iniziali.

Il data-set osservativo usato per definire i predittori di larga-scala e per verificare le previsioni degli stessi è ora quello della ri-analisi ERA40. Questa ri-analisi sostituisce l'analoga ERA15 utilizzata all'interno di PROVOST e si differenzia da questa sia per la rettifica di alcuni errori fatti nella produzione della prima re-analisi, che per il periodo temporale per cui essa è disponibile (gli anni dal 1958 al 2002), che per la sua risoluzione spaziale (T159L60). Da questo data-set sono state estratte le medie mensili dei campi di geopotenziale a 500hPa (Z500) e di temperatura a 850hPa (T850) per tutti i mesi dell'anno, per tutto il periodo 1958-2002 coperto da ERA40. Mentre i predittori di larga scala sono definiti utilizzando tutti i dati di re-analisi disponibili (1958-2002), per la verifica delle previsioni sono utilizzati solo i dati per il periodo 1974-2002.

I data-set utilizzati per i campi superficiali sono gli stessi utilizzati nel corso del secondo anno vale a dire il data-set MiPAF-UCEA, che include sia temperature minime e massime a 2m che

precipitazioni su un reticolato di punti $0.37^\circ \times 0.27^\circ$ (circa 30 Km) per l'intero territorio nazionale per il periodo 1971 – 2000 (UCEA, 2004), e il data-set MAP (Mesoscale Alpine Precipitation) che contiene le precipitazioni giornaliere su una griglia regolare di $0.3^\circ \times 0.22^\circ$ (circa 25 Km) per il periodo 1966-1997 (Frei and Schär, 1998).

I dati osservativi sono stati sottoposti, in ogni punto di griglia, ad un controllo che permette di verificare la presenza di almeno l'80% di dati validi sull'intero periodo per ogni stagione. In caso contrario i dati relativi a tale punto sono considerati non utilizzabili.

Ai fini della costruzione del metodo statistico sia dei campi al suolo (temperatura e precipitazione) che dei campi ad alta quota (T850 e Z500) è stata fatta un'Analisi Statistica standard in Componenti Principali (Principal Component Analysis) sulla matrice di covarianza della serie temporale delle anomalie mensili. Salvo nei casi specificati espressamente nel testo, le finestre spaziali su cui tale analisi è stata calcolata sono diverse a seconda del campo considerato, e le medesime rispetto a quelle utilizzate per gli studi realizzati utilizzando il data-set PROVOST. Esse sono riportate in Tabella 1.

| Campo | Zona |
|--------------|---|
| Z500 | 90 °W – 60 °E 20 °N – 90 °N |
| T850 | 10 °W – 60 °E 30 °N – 70 °N |
| Temp e Prec | 6.6 °E - 14.1 °E 43.72 °N – 47.02 °N |

Tabella 1: Le finestre spaziali utilizzate per calcolare l'analisi delle componenti principali

3. Risultati

3.1. Le previsioni DEMETER di larga scala

I predittori di larga scala utilizzati per produrre le nuove previsioni DEMETER, come detto precedentemente, sono stati definiti a partire dal data-set ERA40. I nuovi predittori sono stati confrontati con i rispettivi predittori calcolati a partire dalla ri-analisi NCEP-NCAR, e risultano essere del tutto simili ad essi. In particolare, tutti i valori di correlazione fra le Principal Component (PC) corrispondenti sono intorno a 0.95, a parte che per la PC3 della Z500 invernale che ha correlazione 0.88.

In Tabella 2 sono presentate le correlazioni fra le previsioni DEMETER per tutti i predittori di larga scala per la sola stagione invernale. Le correlazioni sono riportate sia per i singoli modelli che per la previsione BLUE, ottenuta usando la stessa tecnica utilizzata per PROVOST (Pavan e Doblas-Reyes, 2000). Gli asterischi indicano il livello di significatività statistica della correlazione, pari a 95% per un asterisco e a 99% per due asterischi.

a)

| | PC1 Z500 | PC2 Z500 | PC3 Z500 | PC4 Z500 |
|-------------|---------------|----------------|-------------|-------------|
| CNRM | 0.418* | 0.467* | -0.164 | 0.229 |
| ECMWF | -0.025 | -0.051 | -0.074 | 0.036 |
| UKMO | 0.057 | 0.146 | -0.135 | -0.246 |
| BLUE | 0.437* | 0.493** | 0.200 | 0.372 |

b)

| | PC1 T850 | PC2 T850 | PC3 T850 | PC4 T850 |
|-------------|-------------|-------------|-------------|----------------|
| CNRM | 0.002 | -0.062 | 0.306 | 0.426* |
| ECMWF | -0.139 | 0.073 | 0.021 | 0.167 |
| UKMO | -0.045 | 0.105 | 0.002 | -0.288 |
| BLUE | 0.153 | 0.119 | 0.348 | 0.504** |

Tabella 2: a) correlazione tra valori previsti e osservati delle prime 4 PC della Z500 e b) della T850 sia per ogni singolo modello che per BLUE per il periodo invernale 1974-2002. Una stella indica un coefficiente di significatività al 95%, due stelline al 99%.

Dalla Tabella 2 si nota che, come per PROVOST le previsioni per le PC di Z500 sono migliori che per T850, e che la componente principale associata al blocking europeo (PC3 Z500 e PC2 T850) presenta valori di correlazione inferiori rispetto alle altre sia per Z500 che per T850. Confrontando i risultati in Tabella 2 con quelli relativi al data-set PROVOST, si nota poi che i valori delle correlazioni per ogni predittore sia per i singoli modelli che per BLUE sono sostanzialmente più bassi per DEMETER che per PROVOST. In particolare, ora gran parte della abilità predittiva del multi-model ensemble per questa stagione è dovuta al modello CNRM, mentre prima erano gli altri due modelli in pari misura a contribuire al risultato finale. Le differenze fra i due data-set sono molte: il periodo temporale è diverso nei due casi, e così pure la definizione delle stagioni (l'inverno PROVOST era stato definito come JFM, per problemi di grossa dipendenza dei dati di dicembre con le condizioni iniziali), e i modelli utilizzati per produrre le previsioni di larga scala sono ora modelli accoppiati oceano-atmosfera, non più modelli solo atmosferici come in PROVOST. Dallo studio fatto per valutare l'impatto di ciascuna di queste componenti (Pavan et al., 2005) è possibile dimostrare che il cambiamento fra i risultati PROVOST e quelli DEMETER è principalmente imputabile al cambio dei modelli utilizzati, e in parte al cambiamento del periodo su cui vengono prodotte le previsioni. Il cambio della definizione di stagione dovrebbe invece produrre un miglioramento dei valori di correlazione.

3.2. Le previsioni stagionali ad alta risoluzione per il Nord Italia

Una volta disponibile la previsione per tutti i "predittandi" e per tutte le stagioni, è possibile ricostruire il campo di anomalia stagionale dell'osservabile al suolo utilizzando le Empirical Orthogonal Function (EOF) associate ad ogni componente principale. In Figura 1 e 2 sono mostrate rispettivamente le mappe di "Anomaly Correlation Coefficient" (ACC) tra le anomalie previste con lo schema di downscaling sviluppato per le temperatura minima e massima e quelle osservate nel periodo 1974-00 per le quattro stagioni. In Figura 3 è riportata invece la stessa mappa di ACC per la precipitazione per il periodo 1974-93.

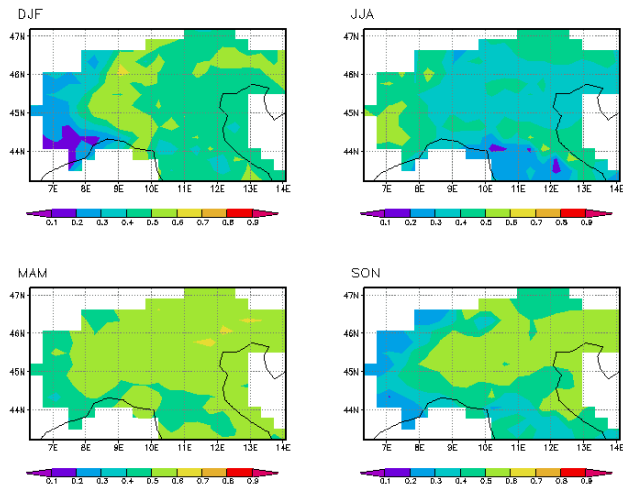


Figura 1: Mappe di ACC della anomalia di temperatura minima. Dall'alto a sinistra sono riportati rispettivamente l'inverno (DJF), la primavera (MAM), l'estate (JJA) e l'autunno (SON) .

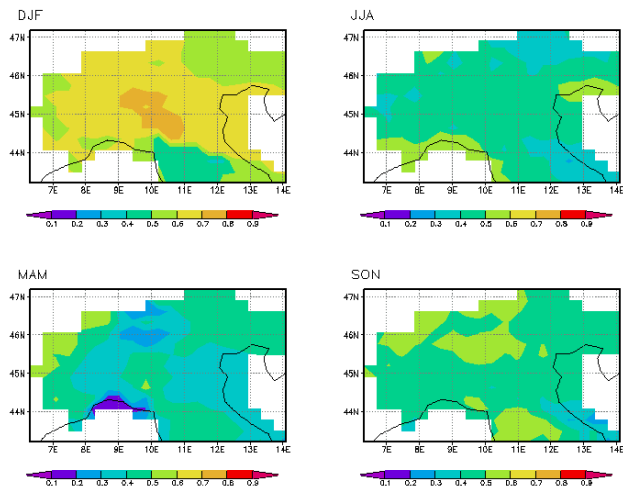


Figura 2: Come Figura 1 ma per le mappe di ACC della anomalia di temperatura massima.

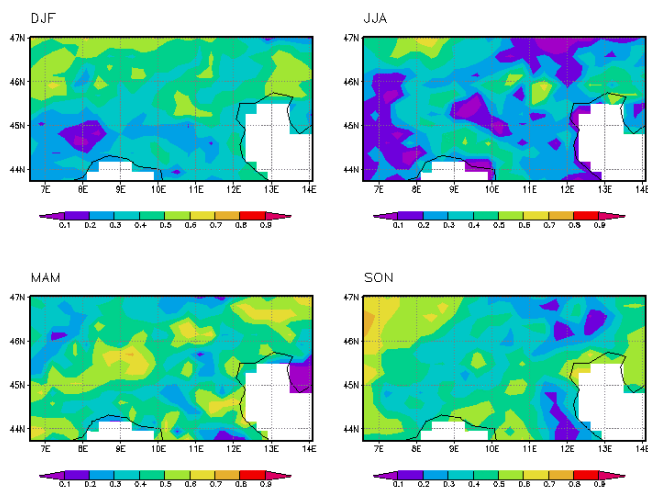


Figura 3: Come Figura 1 ma per le mappe di ACC della anomalia di precipitazione.

| | DJF | MAM | JJA | SON |
|----------------|---------|---------|--------|---------|
| PC1 T_{\min} | 0.569** | 0.558** | 0.414 | 0.486** |
| PC1 T_{\max} | 0.656** | 0.597** | 0.460* | 0.481* |
| PC1 PREC MAP | 0.397 | 0.456* | 0.468* | 0.493* |
| PC1 PREC UCEA | 0.358 | 0.314 | 0.355 | 0.422* |

Tabella 3: Correlazioni tra valori previsti e osservati delle prima PC di ciascuno dei campi superficiali (T_{\min} , T_{\max} , precipitazione MAP e precipitazione UCEA).

Da queste figure si può notare che il deterioramento nella qualità delle previsioni di larga-scala previsti e quelli osservati in DEMETER rispetto a PROVOST si propaga anche alle previsioni locali. La migliore previsione rimane quella per la temperatura massima invernale, mentre, in generale, la precipitazione continua ad essere il campo peggio previsto. In particolare, si può notare che il campo di ACC della precipitazione in tutte le stagioni è caratterizzato da una forte variabilità spaziale. Visto che le ACC di questo campo sono risultate essere particolarmente basse, si è deciso di indagare per identificare il più possibile le ragioni di questo risultato. Come primo passo è stato calcolato il valore della correlazione fra valori previsti ed osservati, sostituendo ai campi pieni osservati, quelli che si ottengono ricostruendo il campo osservato utilizzando solo le prime quattro PC di ciascun campo. Le mappe di ACC così ottenute sono presentate in Figura 4. Come si può notare da questa figura i campi di ACC sono ora molto più uniformi e presentano variabilità spaziale comparabile con i campi di temperatura. Questo è dovuto al fatto che utilizzando solo le prime quattro PC per ricostruire il campo di precipitazione osservato è stata ridotta la componente legata sia alla presenza di disomogeneità temporali nei dati osservativi che alla forte variabilità spazio-temporale tipica di questo campo. La forte disomogeneità spaziale potrebbe essere legata al particolare data-set di analisi considerato. La Figura 5 riporta la copertura spaziale delle stazioni utilizzate per generare il data-set MAP. Come si può notare la copertura spaziale su Piemonte e Lombardia è notevolmente più bassa che nelle altre regioni. Inoltre, gli autori riportano che per gran parte delle stazioni italiane non sono disponibili dati dopo 1990 (<http://www.map.meteoswiss.ch>T).

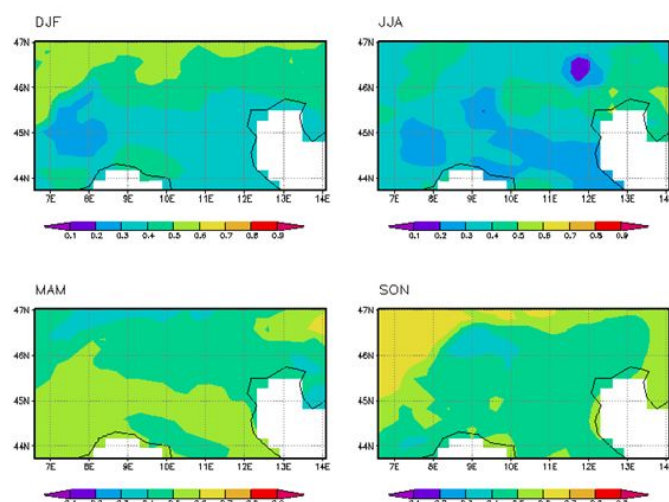


Figura 4: Come Figura 1 ma per le mappe di ACC della anomalia di precipitazione calcolate utilizzando le osservazioni ricostruite a partire dalle prime 4 PC.

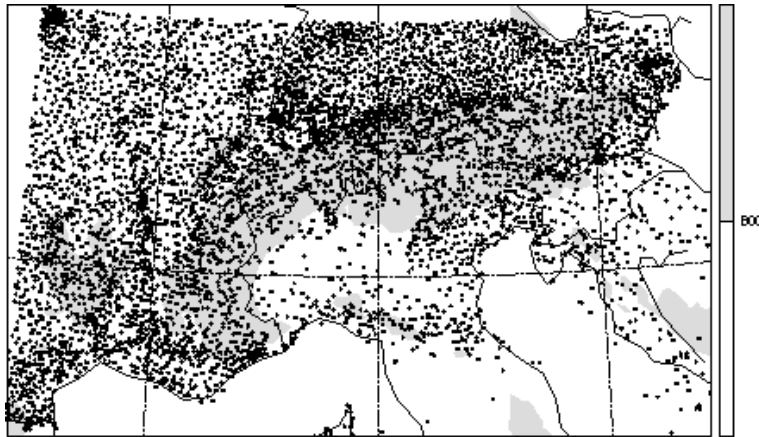


Figura 5: Copertura spaziale delle stazioni utilizzate per l'analisi MAP. (<http://www.map.meteoswiss.ch>)

Dal momento che per la precipitazione è disponibile anche l'analisi UCEA, e che è possibile che per produrre questa analisi siano state utilizzate un numero maggiore di stazioni con una copertura temporale più continua fino alla fine del periodo di analisi (anche se dati precisi a questo riguardo non sono disponibili), si è provato a ripetere l'esercizio di downscaling statistico utilizzando questo data-set. Prima di tutto si è potuto notare che mentre la prima PC della precipitazione MAP invernale spiega 53% della varianza, la prima PC UCEA per la stessa stagione ne spiega il 73%. Questo primo risultato sembra confermare un aumento della percentuale della variabilità della precipitazione con bassa variabilità spazio temporale, possibilmente legata a fenomeni di larga scala. La Figura 6 mostra il campo di ACC ottenuto correlando le previsioni con i campi pieni osservati dell'analisi UCEA. Dalla Tabella 3, che riporta i valori di ACC per le previsioni della prima PC della precipitazione ottenute utilizzando sia il data-set MAP che quello UCEA, si può notare che i valori di correlazione per tutte le stagioni sono inferiori per il data-set UCEA che per quella MAP. E' possibile che questa riduzione sia dovuta al fatto che le due analisi coprono due periodi completamente diversi. In particolare l'analisi MAP è stata utilizzata per produrre previsioni sul periodo 1974-93, più simile al periodo PROVOST, mentre l'analisi UCEA sul periodo 1974-2000 più simile al periodo DEMETER. Come già precedentemente menzionato, le previsioni di larga scala passando dal periodo PROVOST al periodo DEMETER subiscono un peggioramento nei valori di ACC. Questo potrebbe in parte giustificare la riduzione nelle ACC delle PC1 UCEA rispetto a quelle MAP. Ulteriori studi sono necessari per analizzare questi risultati, così da permettere un confronto diretto fra gli stessi.

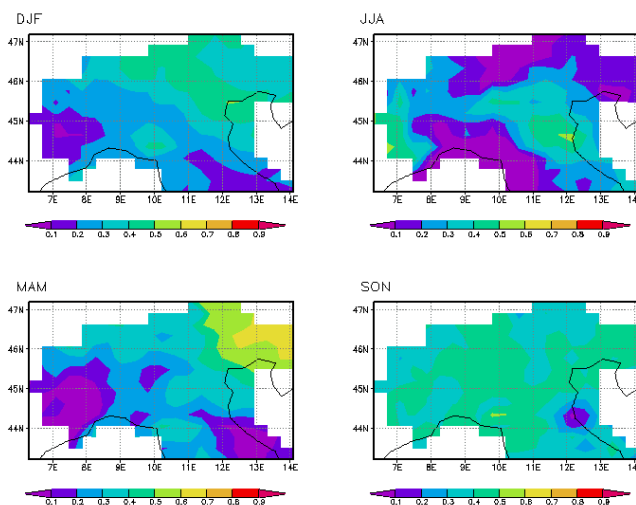


Figura 6: Come Figura 1 ma per le mappe di ACC della anomalia di precipitazione calcolate utilizzando l'analisi UCEA.

3.3. Studio di sensibilità alla scelta dei predittori

Le mappe di ACC qui presentate per ogni stagione presentano in generale valori piuttosto bassi. Anche se, in generale, questo risultato non giunge inaspettato, ci si è chiesti se una scelta di predittori di larga scala specifica per ogni stagione e per ogni campo superficiale, così da riuscire in ciascun caso ad estrarre dal campo di larga scala i segnali rilevanti alla variabilità climatica per il Nord Italia, potesse avere un impatto sostanziale sulla qualità delle previsioni.

Questo studio è stato fatto partendo dalle mappe di correlazione fra la PC1 di ciascuno dei campi superficiali e i due campi di larga scala Z500 e T850. Quindi è stata ripetuta la analisi delle componenti principali su ERA40 utilizzando diverse finestre spaziali e cercando di fare in modo che i pattern associati alle PC individuate, di volta in volta riuscissero a riprodurre le caratteristiche principali del campo di correlazione suddetto. In Tabella 4, sono riportate le finestre spaziali usate per definire i nuovi predittori. Si può notare che per riuscire a rappresentare in modo adeguato la variabilità di larga scala rilevante per il clima estivo del Nord Italia è stato necessario cambiare radicalmente la finestra spaziale utilizzata. Nel caso della Z500 per la precipitazione e la temperatura minima è stato necessario estendere la finestra fino all'equatore e ridurla a nord e nello stesso tempo traslarla tutta verso est. Questo corrisponde a spostare l'attenzione nella scelta dei predittori più verso il Mediterraneo, il Nord Africa e il medio oriente, in altre parole dando maggiore rilevanza nel modello alla componente tropicale della circolazione. Per quanto riguarda la temperatura massima è stato necessario ridurre la finestra così da focalizzarsi sulla variabilità Euro-Atlantica, evitando però di includere la parte relativa all'Atlantico Settentrionale. Per quanto riguarda il campo di temperatura a 850 hPa è stato necessario traslare ad est la finestra spaziale nel caso della precipitazione, e, per le due temperature, estendere l'analisi a tutto l'emisfero. Al termine di questo studio è stato applicato il metodo di downscaling statistico utilizzando i nuovi predittori e sono state prodotte nuove serie temporali di previsioni per i tre campi superficiali sul Nord Italia. Figura 7 mostra i risultati ottenuti. I risultati di precipitazione in questo caso sono stati ottenuti utilizzando l'analisi MAP.

| | PREC | T _{min} | T _{max} |
|------|-----------------|------------------|------------------|
| Z500 | 10W-100E 0N-60N | 10W-100E 0N-60N | 40W-40E 30N-60N |
| T850 | 30W-90E 20N-90N | 0-360 20N-90N | 0-360 20N-90N |

Tabella 4: Domini di definizione dei migliori predittori utilizzati per la stagione estiva.

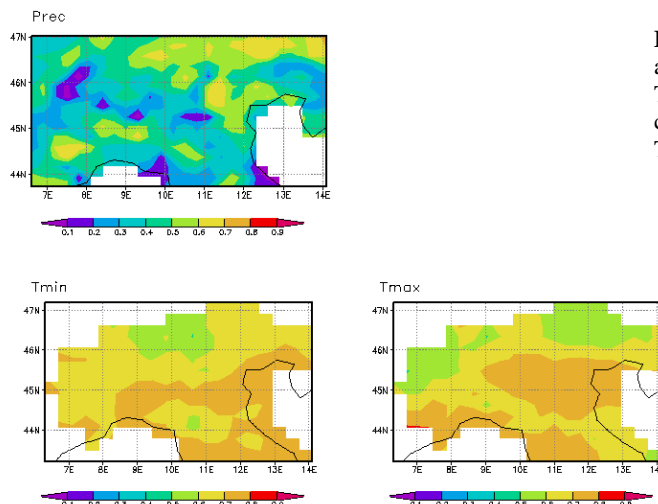


Figura 7: Mappe di ACC della anomalia di precipitazione, Tmin e Tmax per la stagione estiva (JJA) calcolate utilizzando i predittori in Tabella 4.

I risultati per tutti e tre i campi sono di gran lunga superiori rispetto a quelli presentati in Figura 1, 2 e 3 e presentano campi di correlazione altamente significativi per le due temperature, per le quali le correlazioni fra la previsione della prima PC e i suoi valori osservati sono entrambe uguali a 0.70 e significative al 99% . Per la precipitazione il campo medio di ACC è migliorato (la correlazione fra valori previsti e osservati per la prima PC è ora 0.40), ma continua ad essere affetta da forte variabilità spaziale. Ulteriori indagini dovrebbero venire fatte sull'impatto dell'uso dell'analisi di precipitazione UCEA, utilizzando questi nuovi predittori.

4. Conclusioni

Nel corso del terzo anno si è applicato il metodo di downscaling sviluppato nel corso del progetto al data-set DEMETER, reso disponibile nel 2003. Questo data-set, di qualità superiore rispetto al data-set PROVOST, ha permesso di estendere il periodo temporale per cui sono state prodotte le previsioni stagionali locali dal 1974 al 2002. I valori di correlazione fra anomalie previste e osservate nei campi superficiali di precipitazione e temperatura ottenuti utilizzando questo data-set sono più bassi rispetto a quelli ottenuti utilizzando il data-set previsionale PROVOST. L'analisi dei risultati ha permesso di concludere che tale riduzione è principalmente dovuta al cambiamento nei modelli usati per produrre le previsioni e in parte alla diversa estensione del periodo temporale su cui le previsioni sono disponibili.

In generale, è stato notato che le previsioni di precipitazione sono di qualità inferiore rispetto a quelle di temperatura anche nel caso DEMETER, sia per quanto riguarda i valori medi di correlazione sul Nord Italia che per quanto riguarda la variabilità spaziale. Il confronto dei risultati ottenuti utilizzando per le precipitazioni i campi ricostruiti a partire dalle prime quattro componenti principali ha evidenziato che la forte variabilità del campo di ACC è legata alla frazione di variabilità non utilizzata per il modello statistico. L'utilizzazione dell'analisi UCEA per produrre la stessa previsione ha permesso di ridurre considerevolmente la frazione di varianza della precipitazione non prevista dal modello di regionalizzazione statistica, probabilmente grazie alla qualità superiore dei dati osservativi utilizzati per produrre l'analisi UCEA rispetto quelli utilizzati per l'analisi MAP, in termini di densità spaziale delle stazioni e di continuità temporale dei dati.

Nel corso di quest'ultimo anno sono infine stati prodotti alcuni risultati preliminari per quanto riguarda l'ottimizzazione dei predittori di larga scala ed è stato notato che scegliendo adeguatamente i predittori in dipendenza sia della stagione che del parametro superficiale, è possibile migliorare sostanzialmente la qualità delle previsioni locali.

BIBLIOGRAFIA

Frei C. and C. Schär, 1998: A precipitation climatology of the Alps from high-resolution rain-gauge observations. *Int. J. Climatol.* **18**, 873-900

Hagedorn R., F.J. Doblas-Reyes and T. Palmer, 2005: The rationale behind the success of multimodel ensembles in seasonal forecasting. Part I: basic concept. *Tellus A*, **57A**, 219-233.

Pavan, V. and F.J. Doblas-Reyes, 2000: Multimodel seasonal hindcast over the Euro-Atlantic: skill scores and dynamic features. *Clim.Dyn.*, **16**, 611-625

Pavan, V., S. Marchesi, A. Morgillo and C. Cacciamani, 2005: Downscaling of DEMETER winter seasonal hindcasts over Northern Italy. *Tellus A*, **57A**, 424-434.

UCEA, 2004: Atlante agroclimatico. Agroclimatologia, pedologia, fenologia del territorio italiano. Ministero delle Politiche Agricole e Forestali. D. M. 337 e 338/7303/2002 – Pubblicazione n. 20. pp. 64.