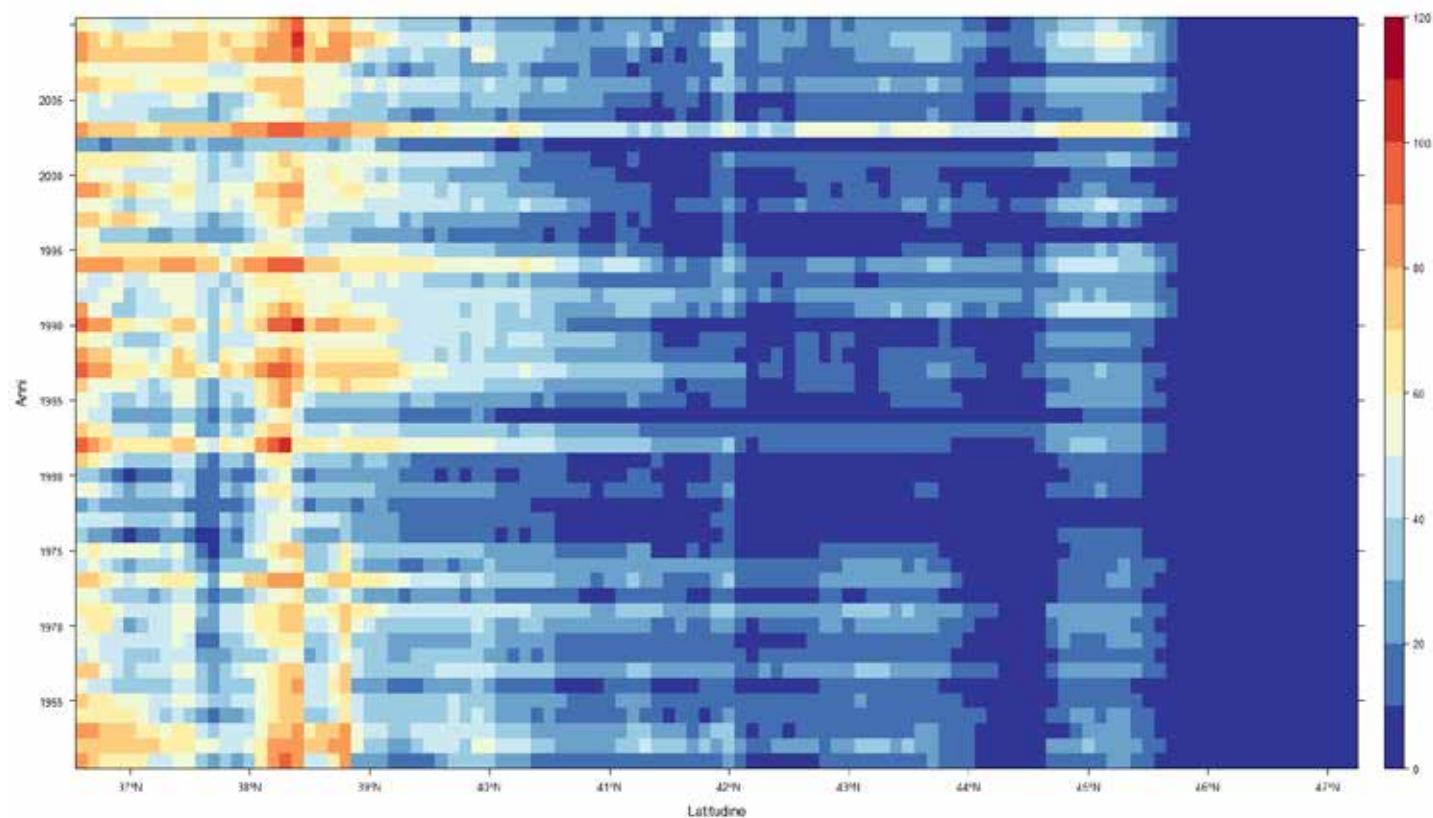
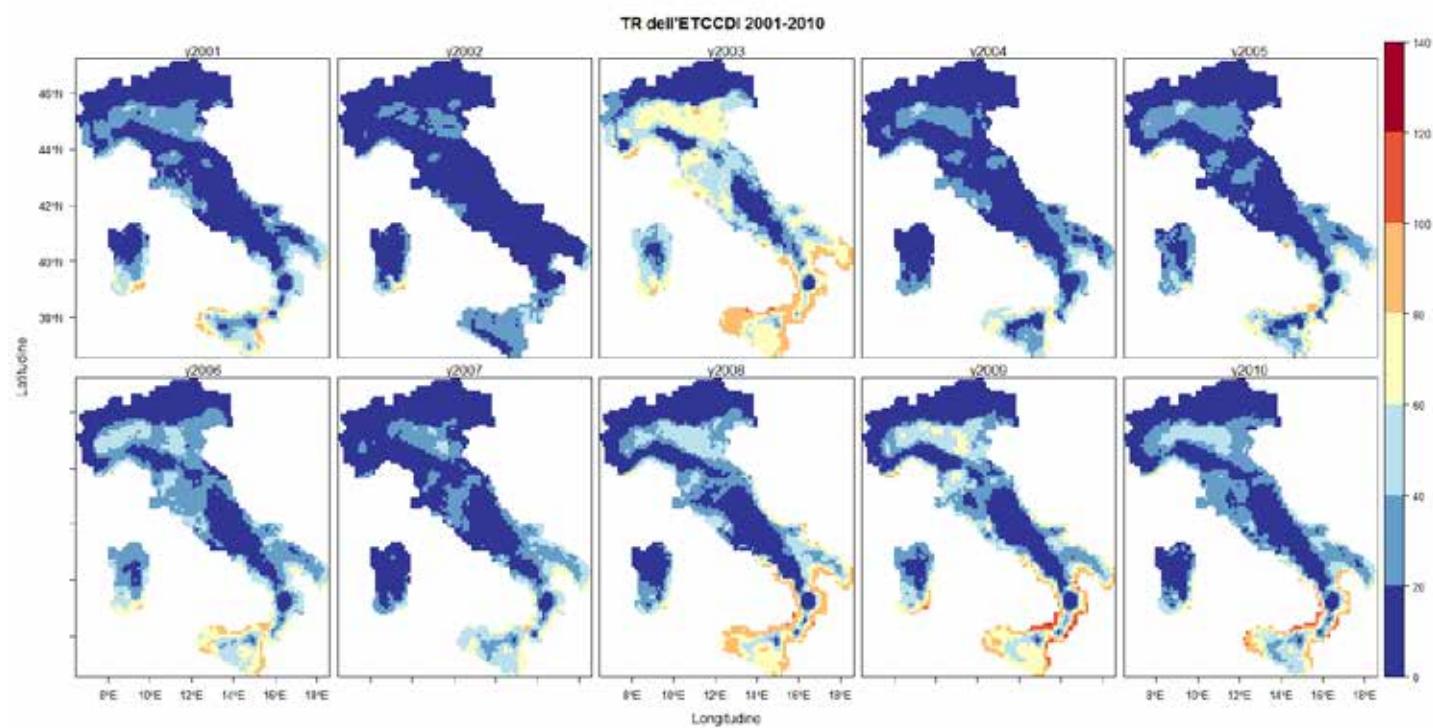
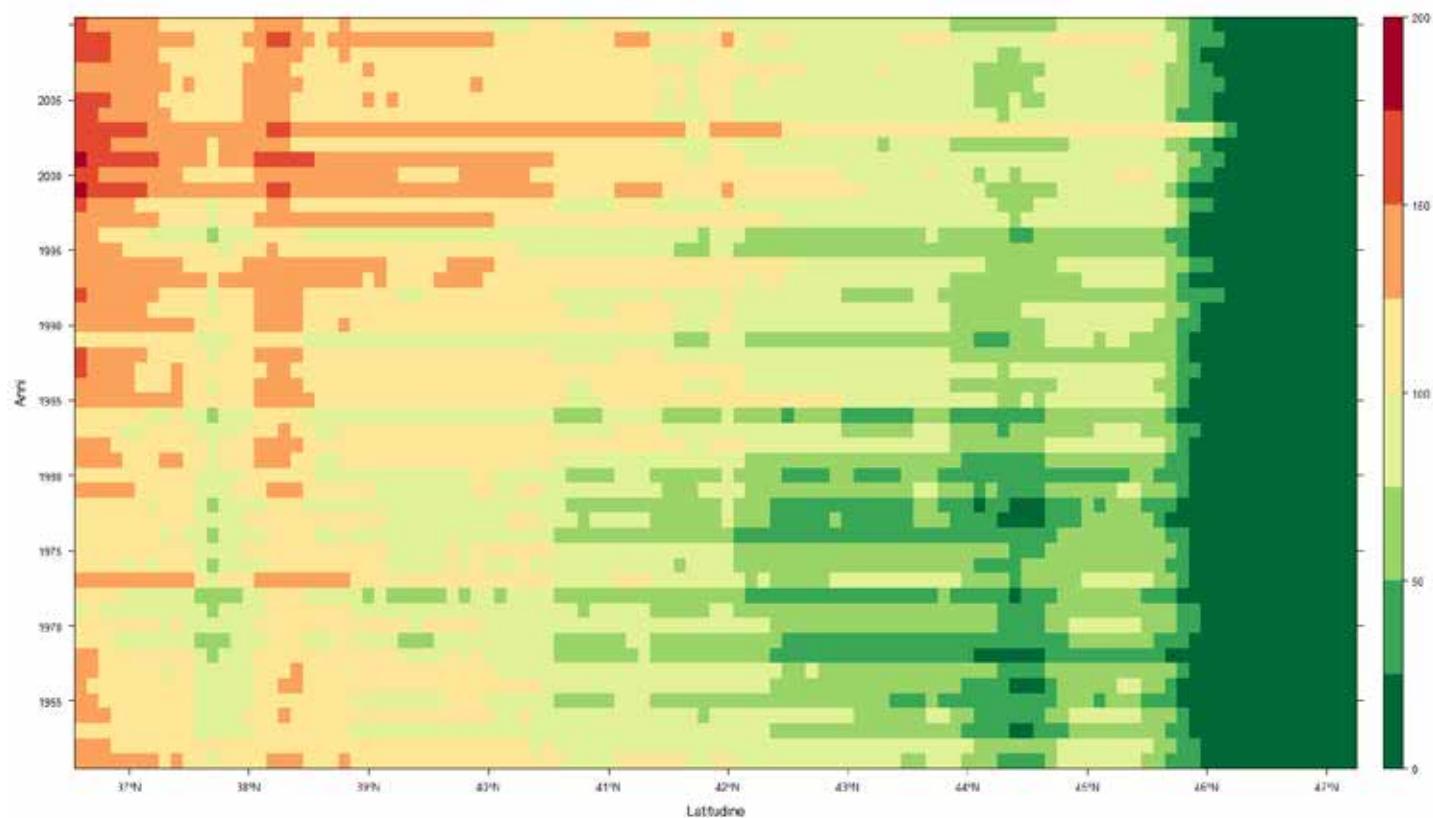
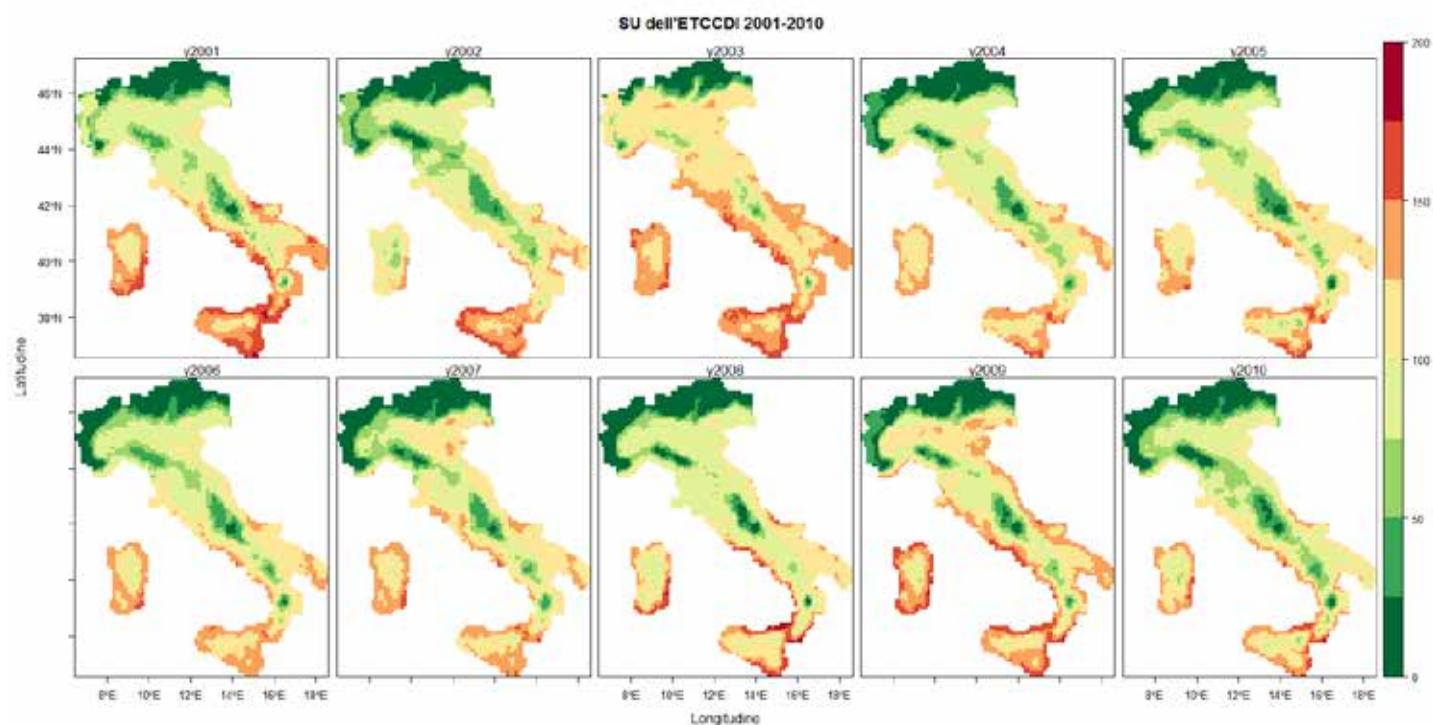


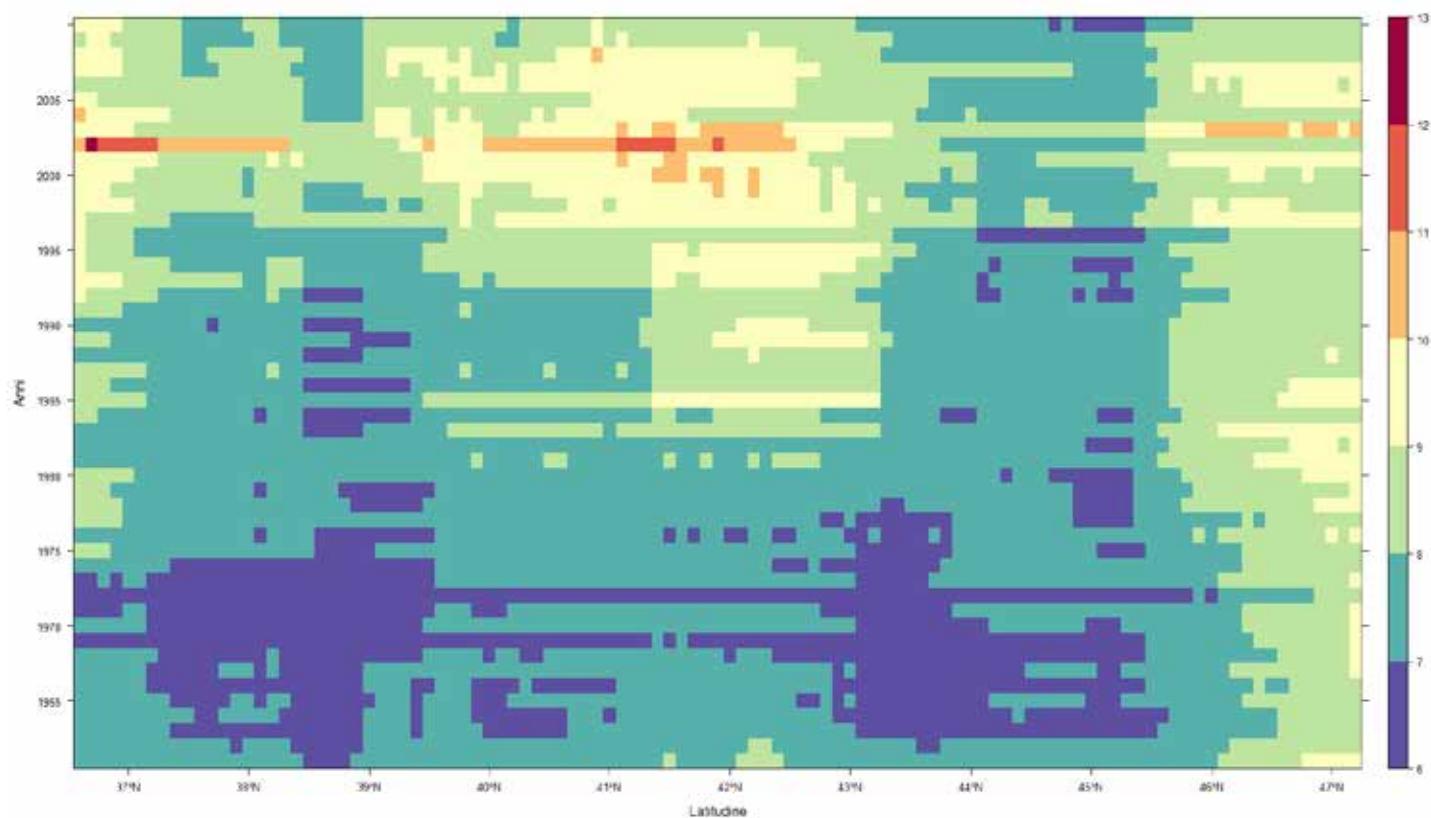
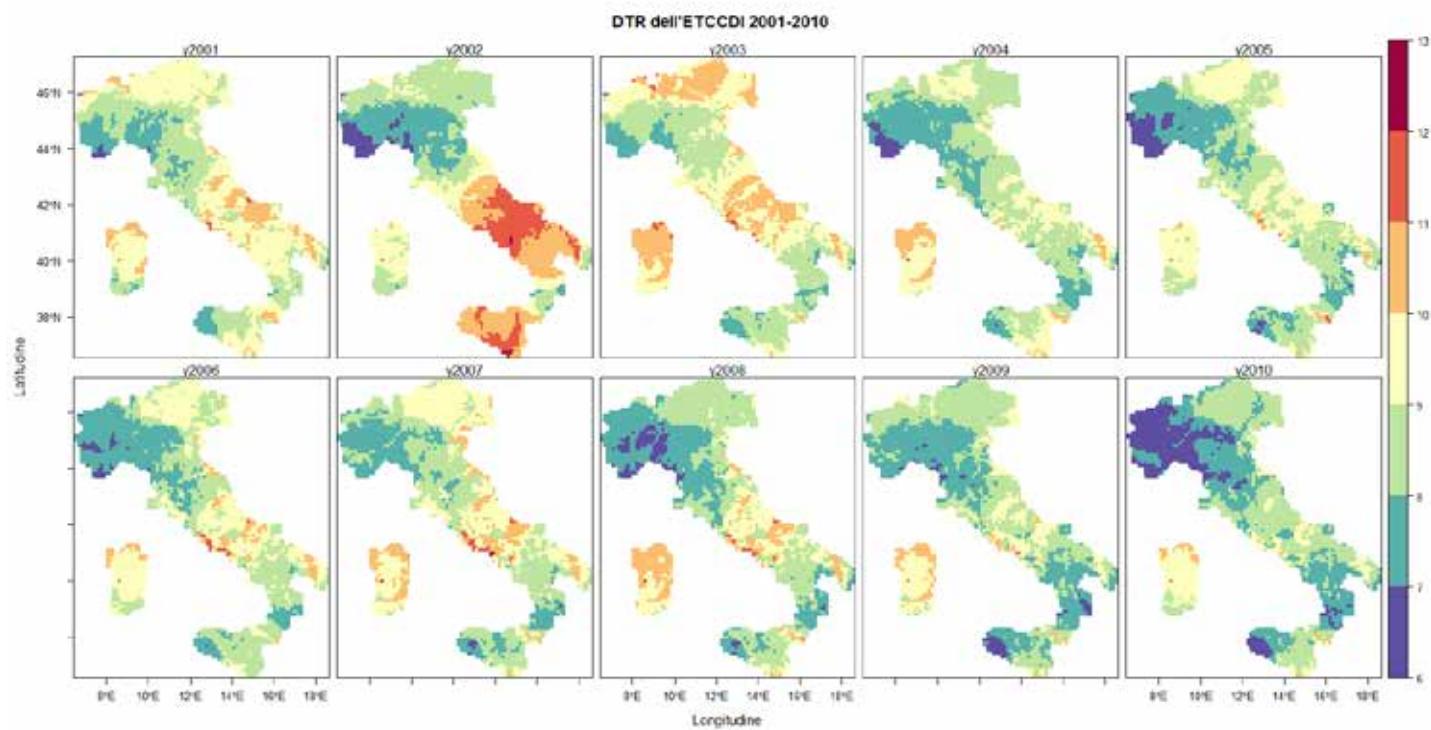
Indicatori di cambiamento climatico



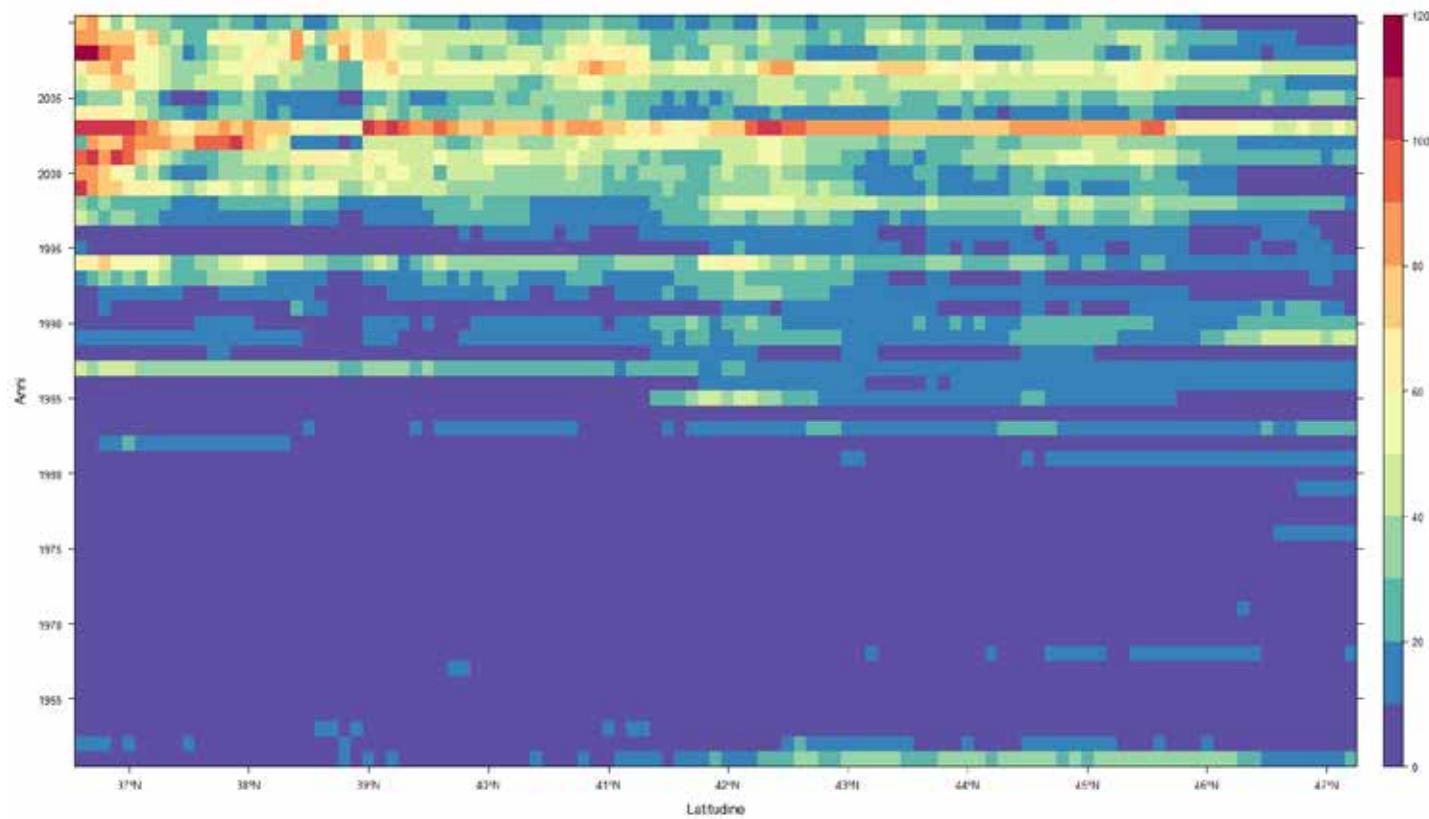
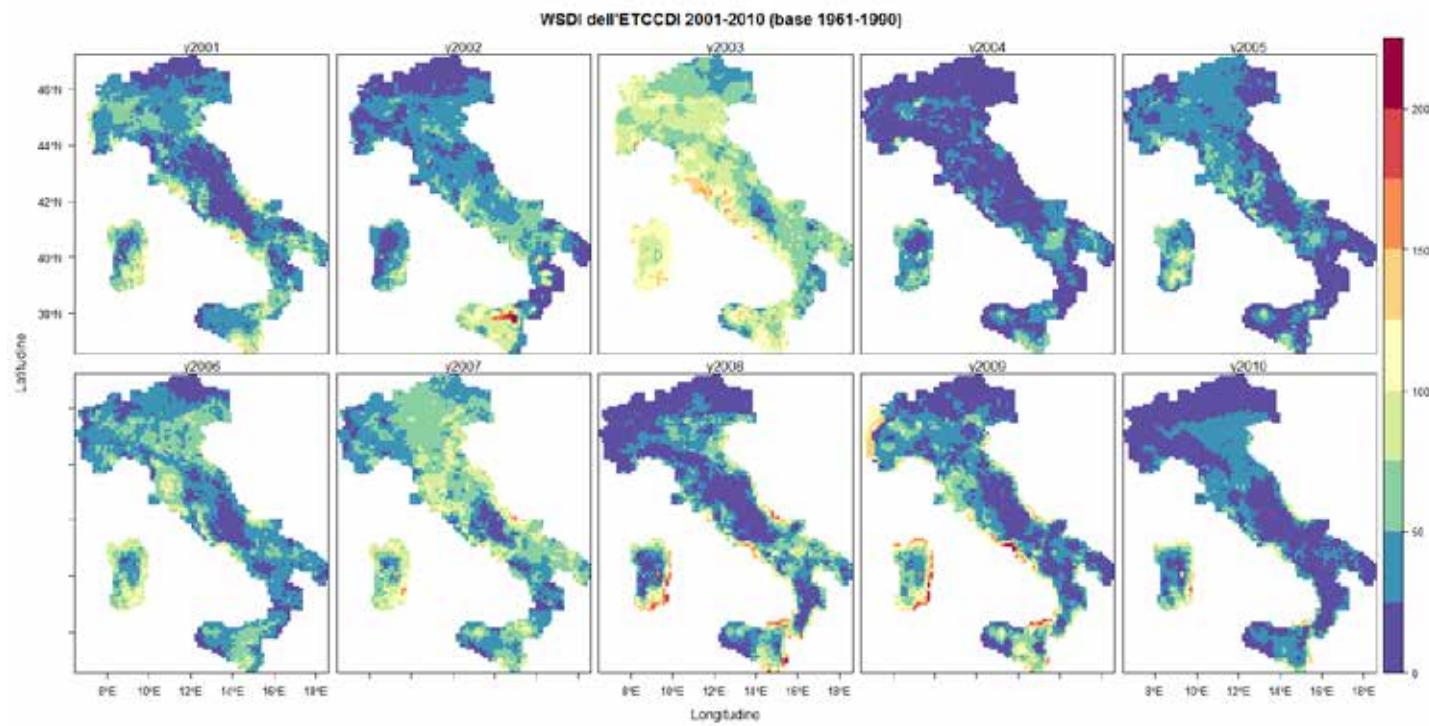
Notti tropicali (TR): mappe annuali dal 2001 al 2010 (sopra) e diagramma spazio-tempo di Hovmöller dal 1961 al 2010 (sotto). I valori dell'indice rappresentati in legenda sono espressi in numero di giorni



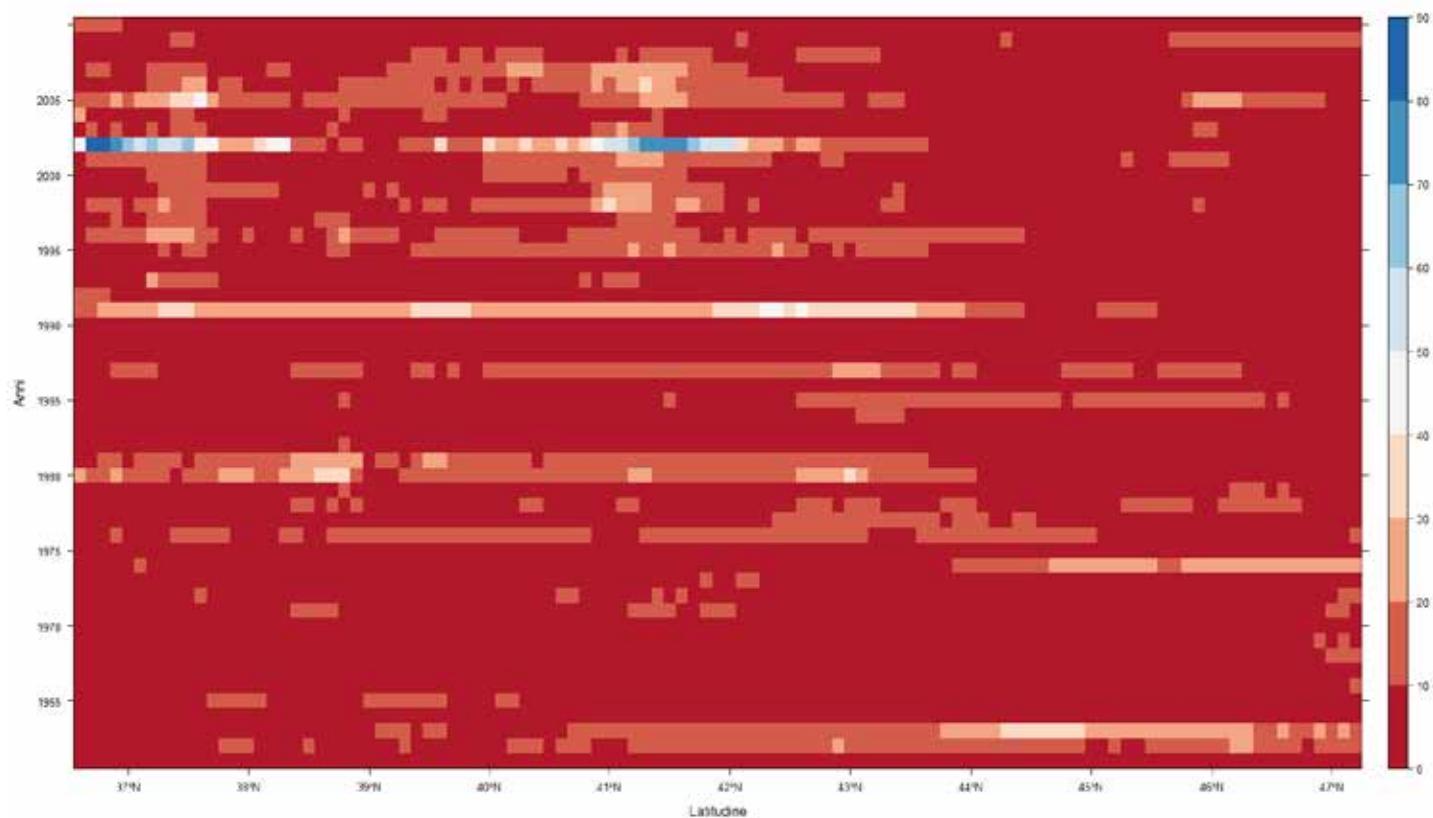
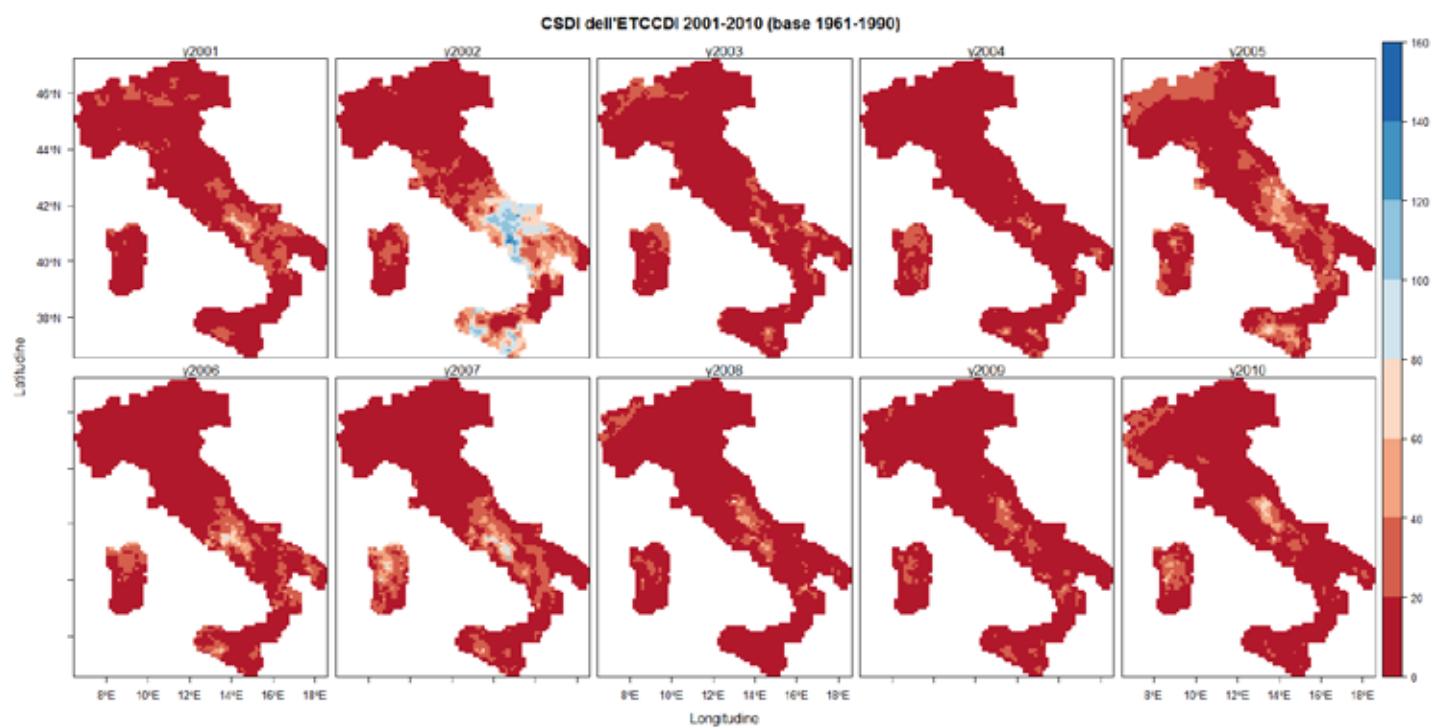
Giorni estivi (SU): mappe annuali dal 2001 al 2010 (sopra) e diagramma spazio-tempo di Hovmöller dal 1961 al 2010 (sotto). I valori dell'indice rappresentati in legenda sono espressi in numero di giorni



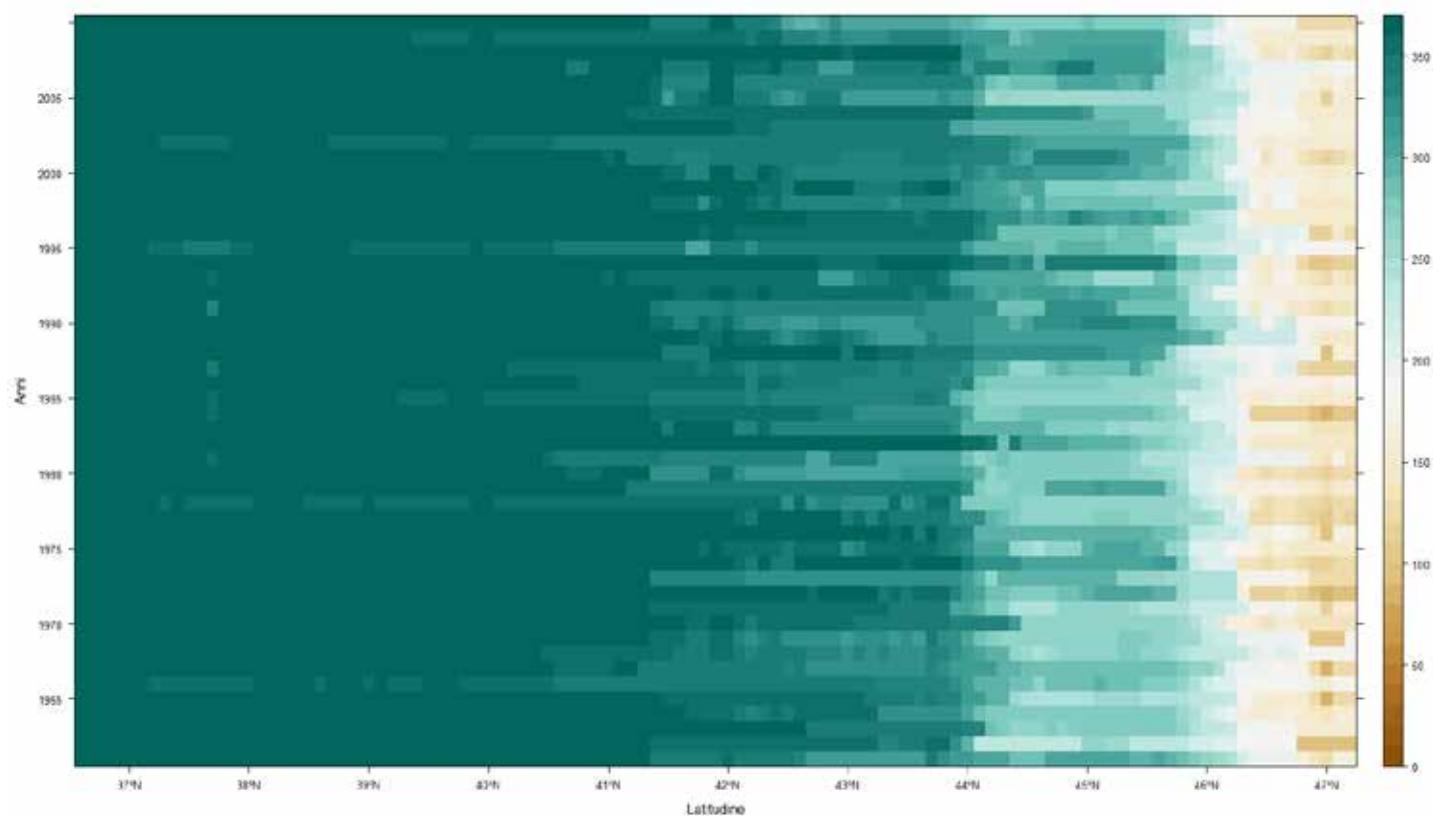
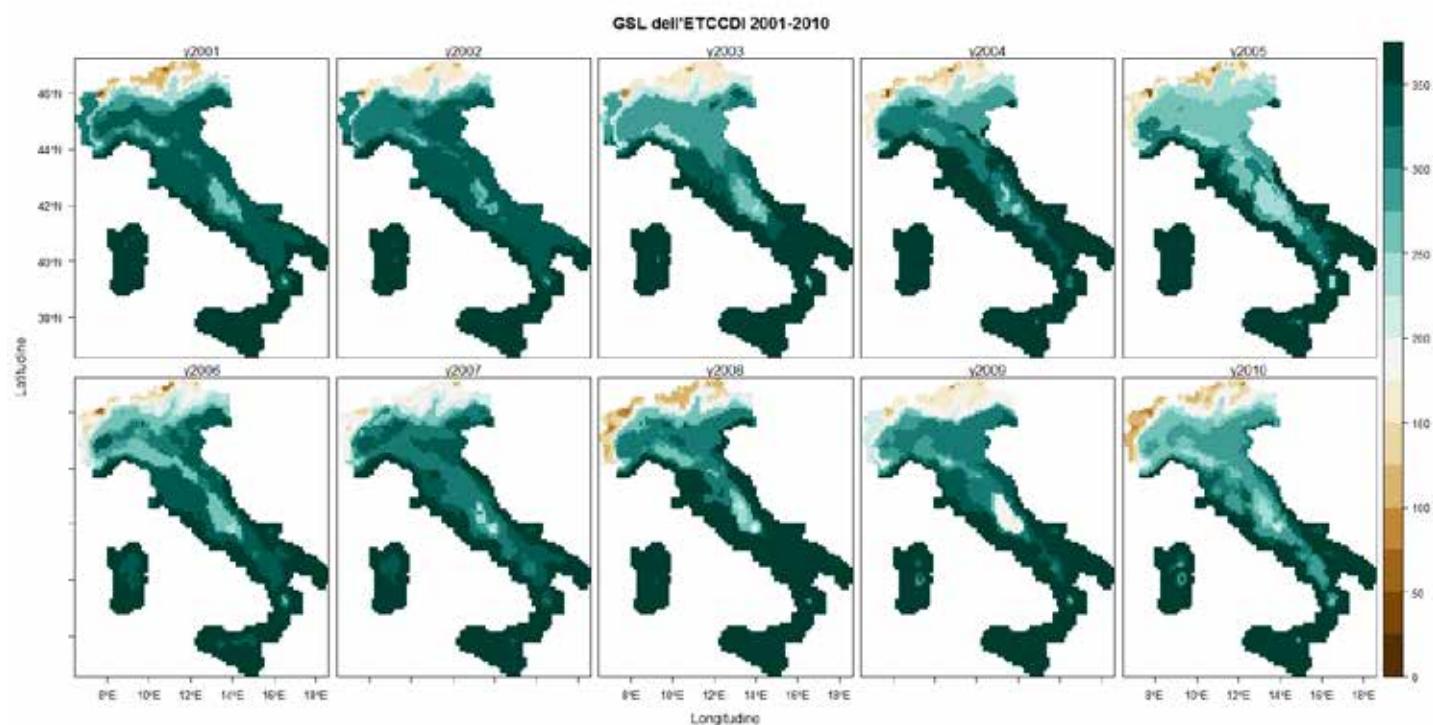
Escursione termica giornaliera (DTR): mappe annuali dal 2001 al 2010 (sopra) e diagramma spazio-tempo di Hovmöller dal 1961 al 2010 (sotto). I valori dell'indice rappresentati in legenda sono espressi in gradi Celsius



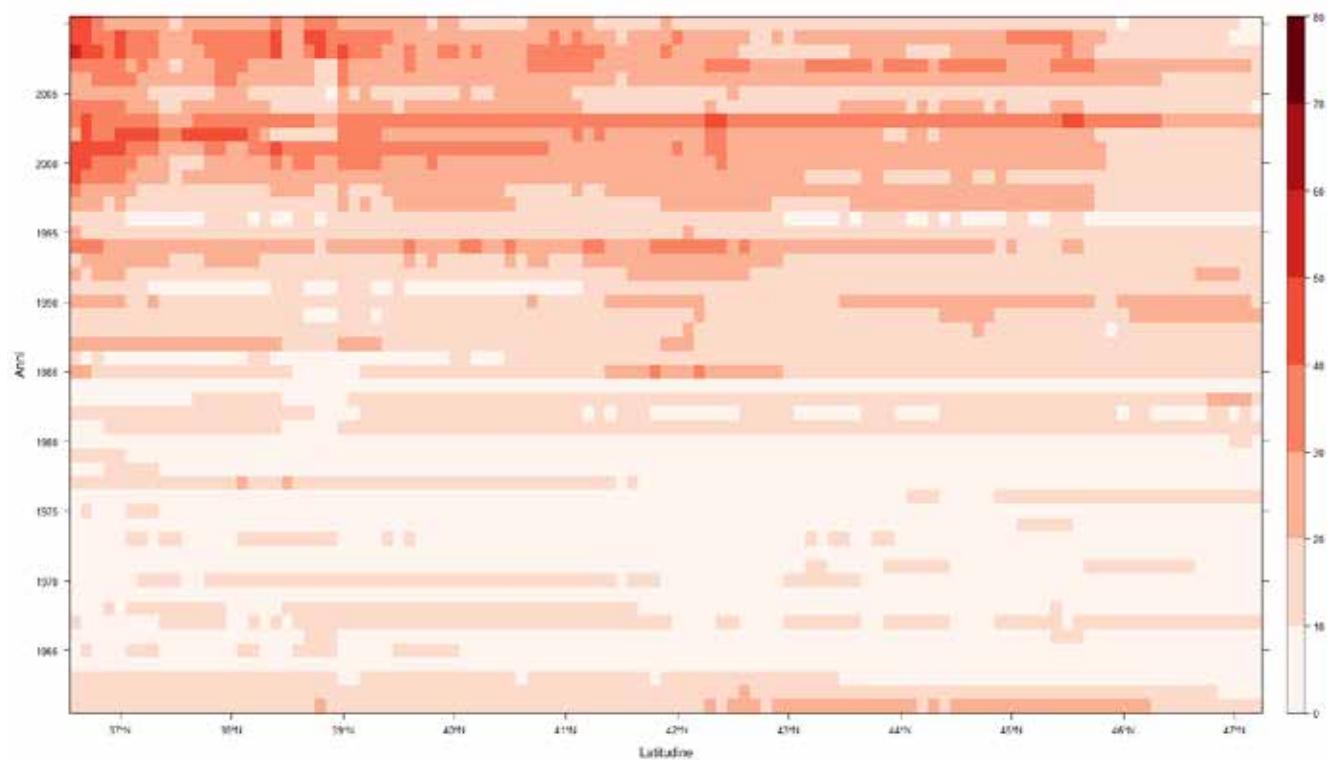
Periodi di caldo (WSDI): mappe annuali dal 2001 al 2010 (sopra) e diagramma spazio-tempo di Hovmöller dal 1961 al 2010 (sotto). I valori dell'indice rappresentati in legenda sono espressi in numero di giorni



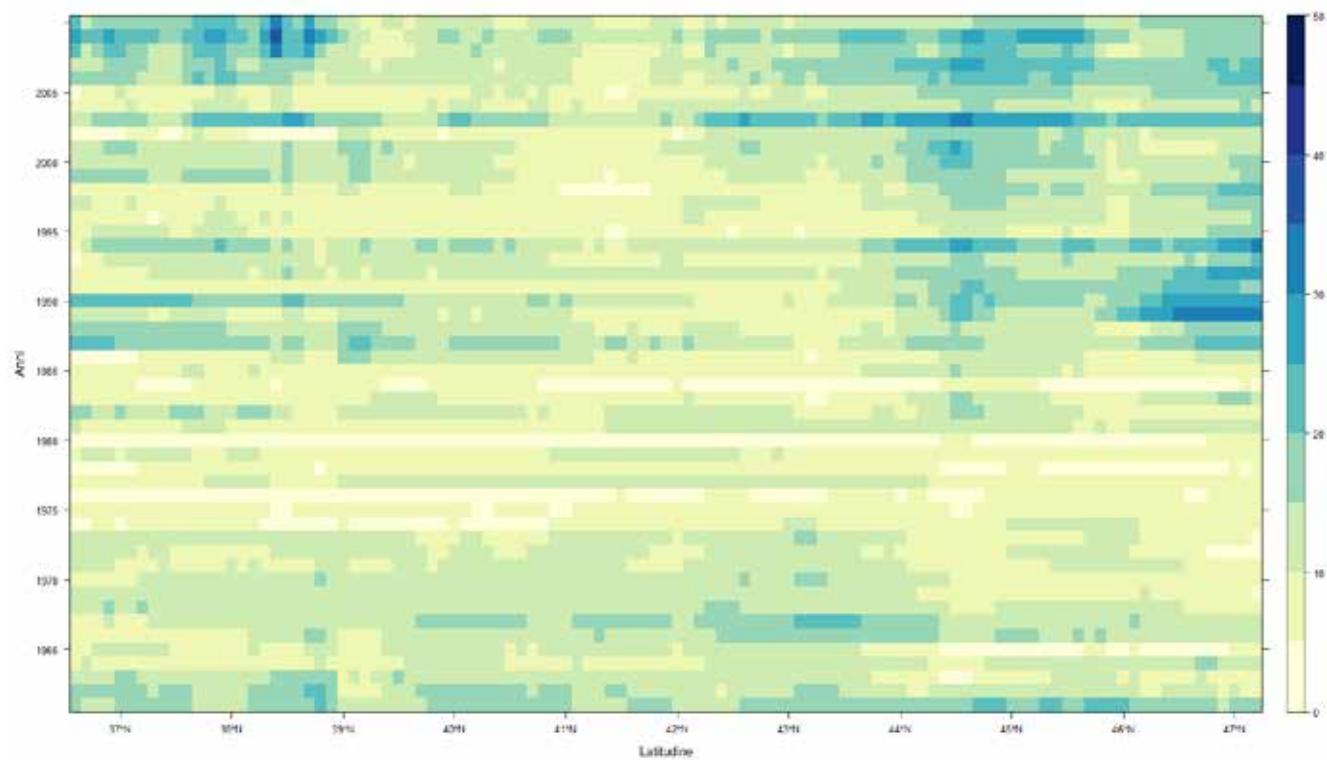
Periodi di freddo (CSDI): mappe annuali dal 2001 al 2010 (sopra) e diagramma spazio-tempo di Hovmöller dal 1961 al 2010 (sotto). I valori dell'indice rappresentati in legenda sono espressi in numero di giorni



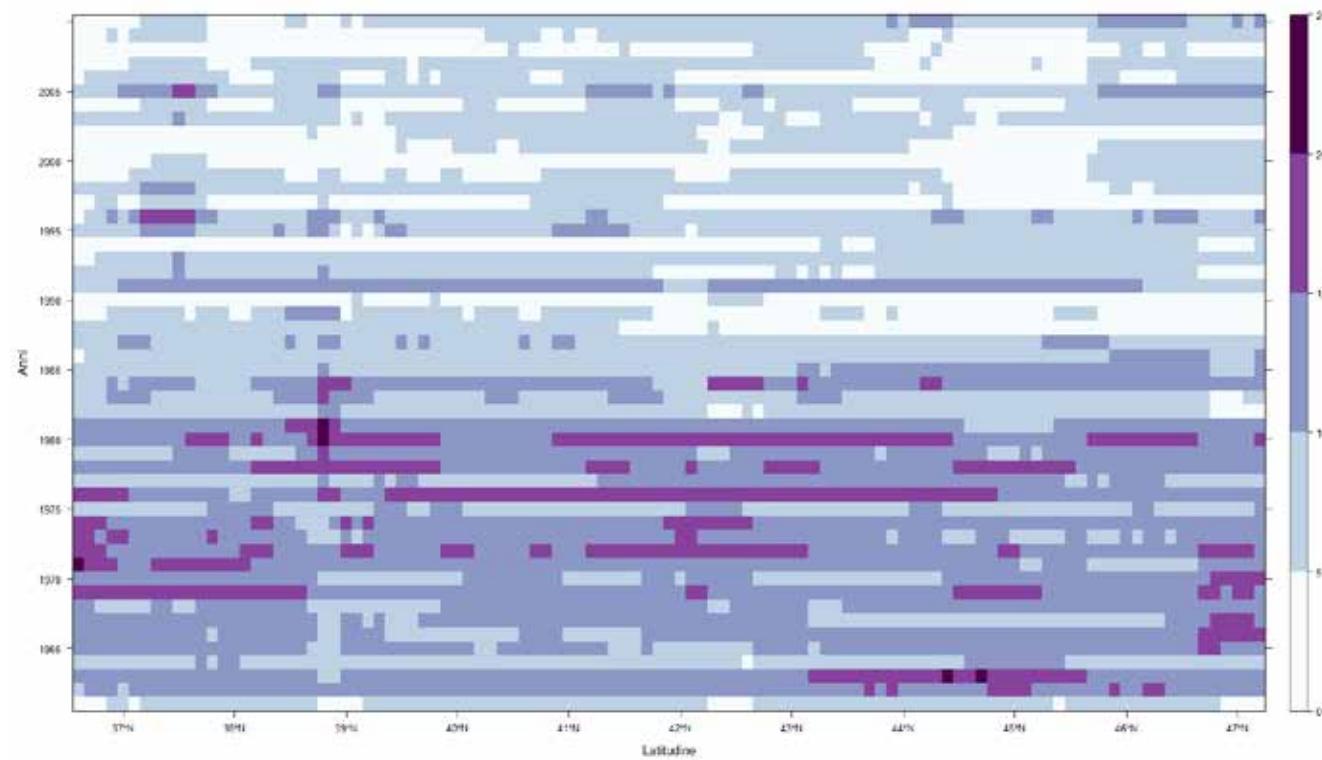
Durata della stagione vegetativa (GSL): mappe annuali dal 2001 al 2010 (sopra) e diagramma spazio-tempo di Hovmöller dal 1961 al 2010 (sotto). I valori dell'indice rappresentati in legenda sono espressi in numero di giorni



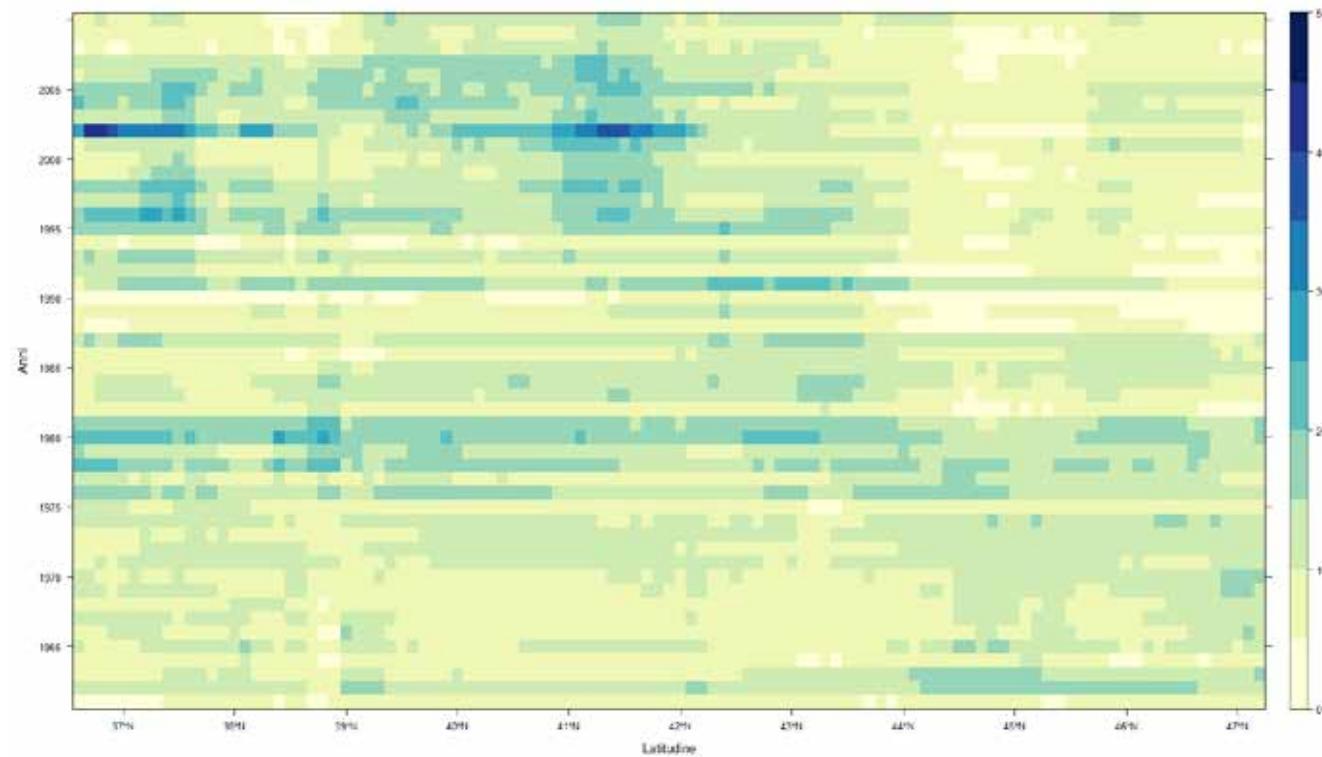
Giorni caldi (TX90p): diagramma spazio-tempo di Hovmöller dal 1961 al 2010. I valori dell'indice rappresentati in legenda sono espressi in percentuale di giorni dell'anno



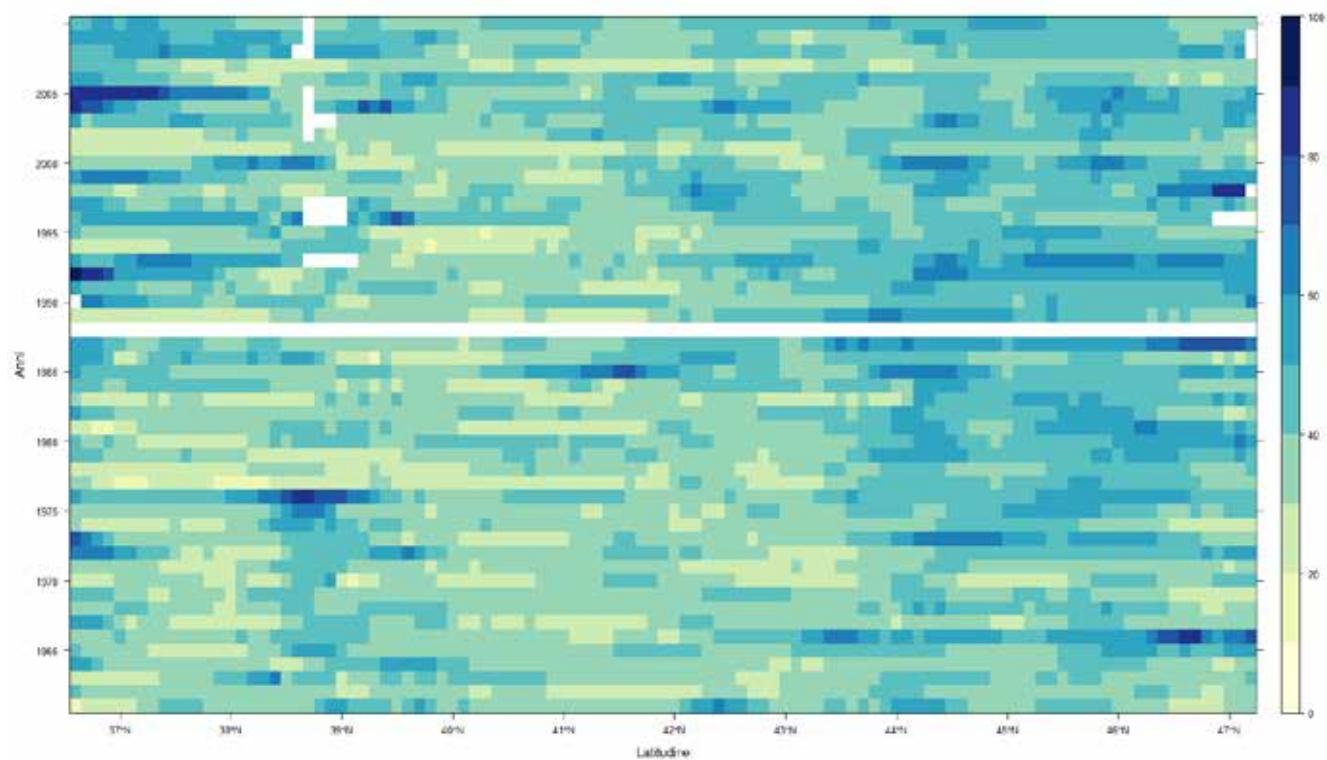
Notti calde (TN90p): diagramma spazio-tempo di Hovmöller dal 1961 al 2010. I valori dell'indice rappresentati in legenda sono espressi in percentuale di giorni dell'anno



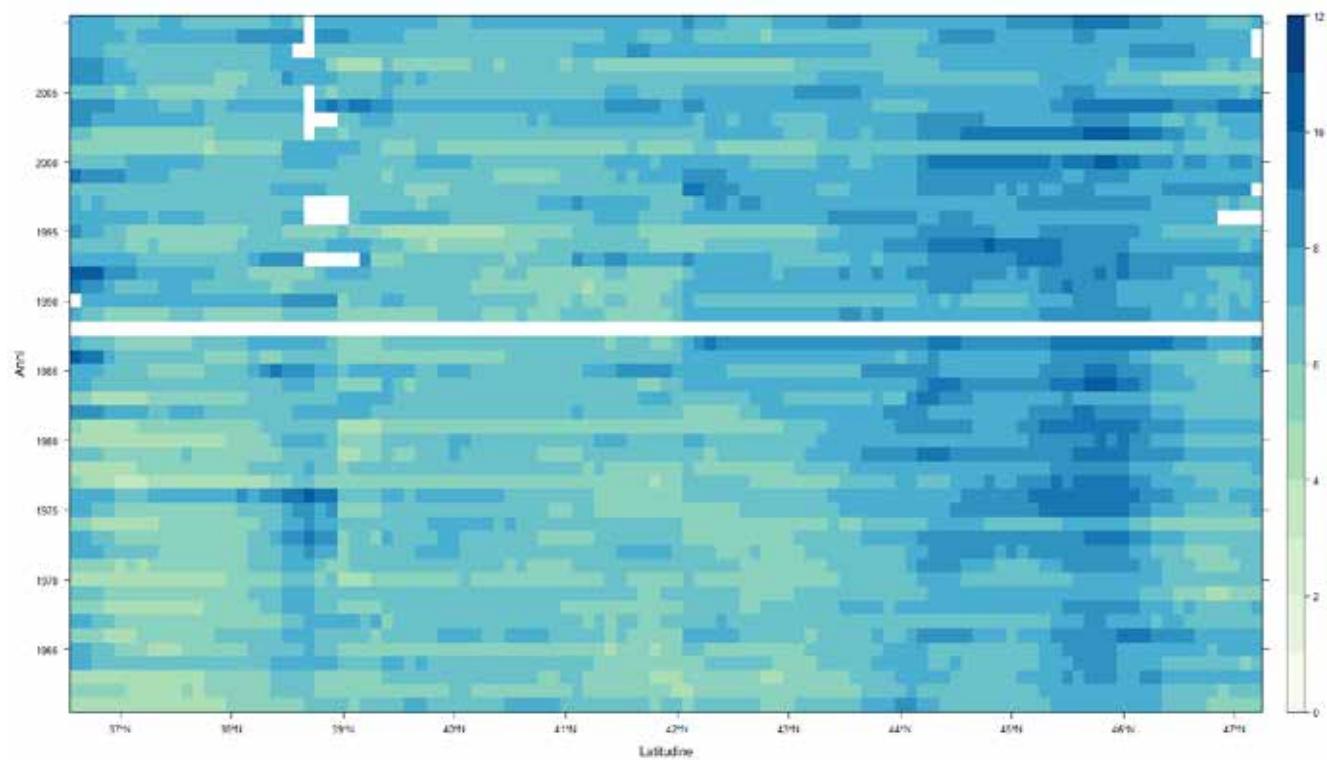
Giorni freddi (TX10p): diagramma spazio-tempo di Hovmöller dal 1961 al 2010. I valori dell'indice rappresentati in legenda sono espressi in percentuale di giorni dell'anno



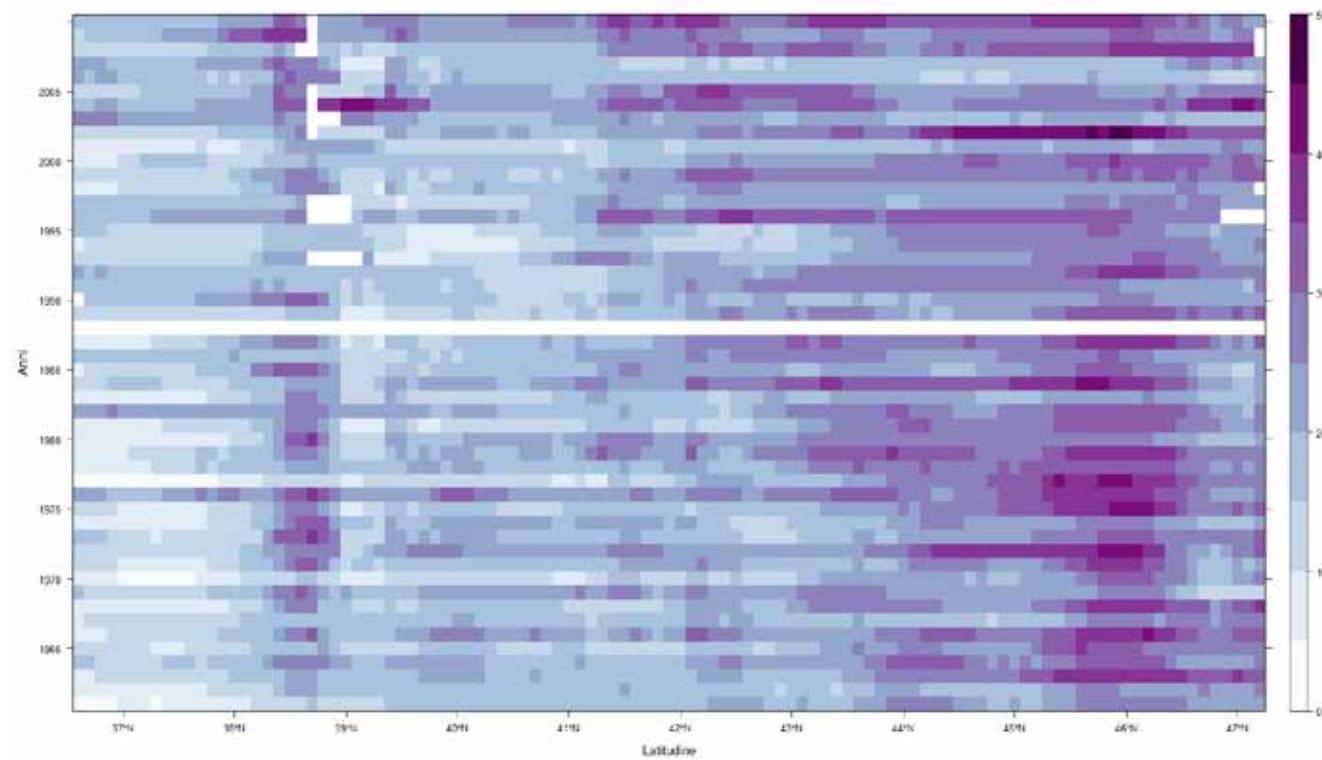
Notti fredde (TN10p): diagramma spazio-tempo di Hovmöller dal 1961 al 2010. I valori dell'indice rappresentati in legenda sono espressi in percentuale di giorni dell'anno



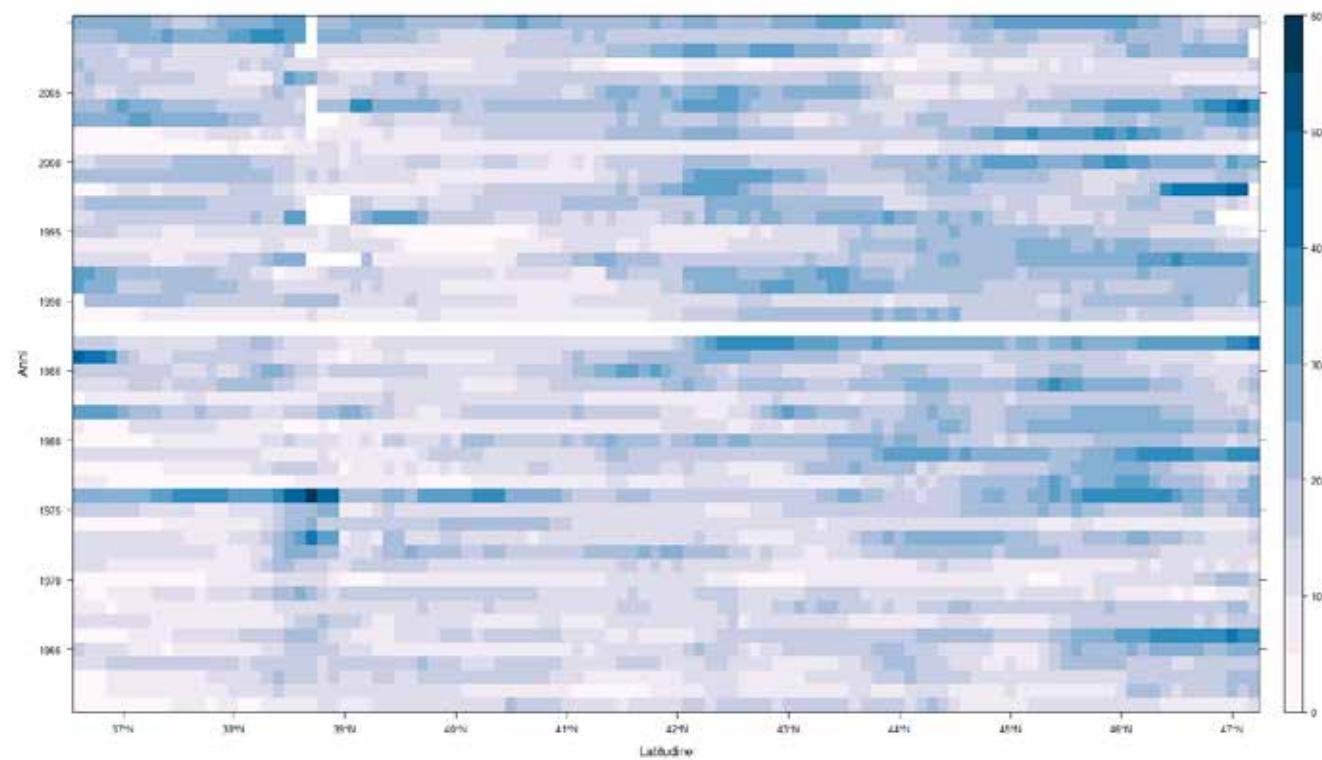
Precipitazione massima giornaliera (Rx1day): diagramma spazio-tempo di Hovmöller dal 1961 al 2010. I valori dell'indice rappresentati in legenda sono espressi in mm; le celle bianche si riferiscono a dati mancanti



Intensità di pioggia giornaliera (SDII): diagramma spazio-tempo di Hovmöller dal 1961 al 2010. I valori dell'indice rappresentati in legenda sono espressi in mm/giorno; le celle bianche si riferiscono a dati mancanti



Numero di giorni con precipitazione intensa (R10mm): diagramma spazio-tempo di Hovmöller dal 1961 al 2010. I valori dell'indice rappresentati in legenda sono espressi in numero di giorni; le celle bianche si riferiscono a dati mancanti



Precipitazione totale nei giorni molto piovosi (R95p): diagramma spazio-tempo di Hovmöller dal 1961 al 2010. I valori dell'indice rappresentati in legenda sono espressi in mm; le celle bianche si riferiscono a dati mancanti

Analisi della discontinuità nelle serie di temperatura e precipitazione 1961-2010

Tabella VIII - Risultati dell'analisi di *Change Points* relativi alla serie storica della media annuale della temperatura minima e della temperatura massima calcolata sull'Italia dal 1961 al 2010: anni in cui si presenta la discontinuità, livelli medi delle variabili per l'intero periodo e per i sub-periodi individuati sulla base degli anni di discontinuità.

Variabile	Inizio serie	Fine serie	Valore medio del periodo (°C)	Primo anno di discontinuità	Secondo anno di discontinuità	Media primo sub-periodo (°C)	Media secondo sub-periodo (°C)	Media terzo sub-periodo (°C)
Temperatura minima	1961	2010	8.6	1975	1985	8.6	8.2	8.8
Temperatura massima	1961	2010	16.5	1984	-	15.8	17.1	-

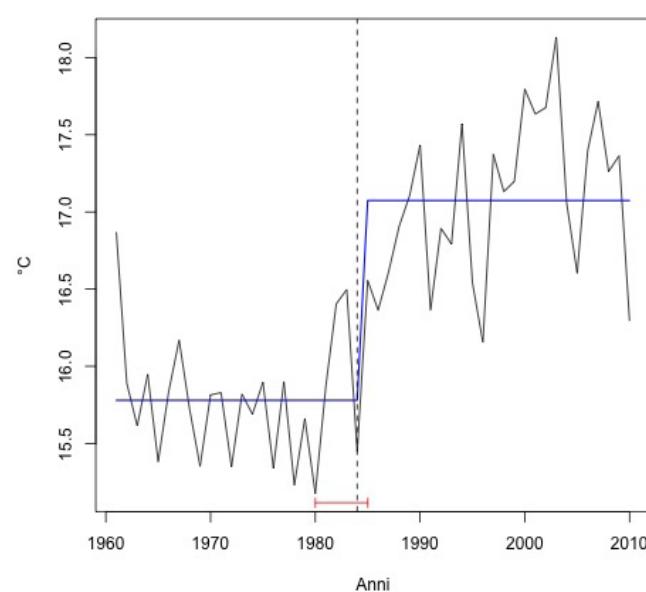
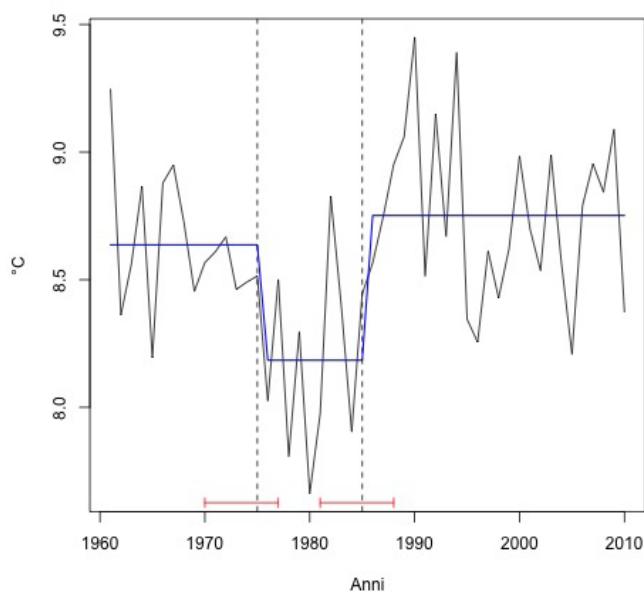


Figura 26- Punti di discontinuità relativi alla serie storica della media annuale della temperatura minima (grafico di sinistra) e della temperatura massima (grafico di destra) calcolata sull'Italia dal 1961 al 2010: le date corrispondenti ai punti di discontinuità sono individuate dalle linee tratteggiate; gli intervalli di confidenza per queste date sono indicati in rosso; i livelli della variabile per i tre sub-periodi sono indicati con le linee blu

Commento ai risultati dell'analisi

L'analisi dei *change points*, riferita alla serie storica 1961-2010, non ha evidenziato punti di discontinuità nei totali annui di precipitazione, mentre ha rilevato due punti di discontinuità nel 1975 e nel 1985 per la temperatura minima e un punto nel 1984 per la temperatura massima (tabella VIII). Queste date derivano dal processo di ottimizzazione descritto nel capitolo "Procedure di elaborazione". Gli intervalli di confidenza intorno ad esse sono molto brevi, a testimonianza di una stima consistente delle date di discontinuità: 1970-1977 e 1981-1988 per la temperatura minima; 1980-1985 per la temperatura massima (Figura 26).

Risultati dei test di significatività

Per quanto riguarda la temperatura minima, il P-value del OLS-CUSUM test è pari a 0.043, mentre quello del F-Test è 0.045. Entrambi conducono a rifiutare l'ipotesi nulla ad un livello di confidenza $\alpha=0.05$, vale a dire segnalano la presenza di discontinuità nella serie storica di dati (Figura 27).

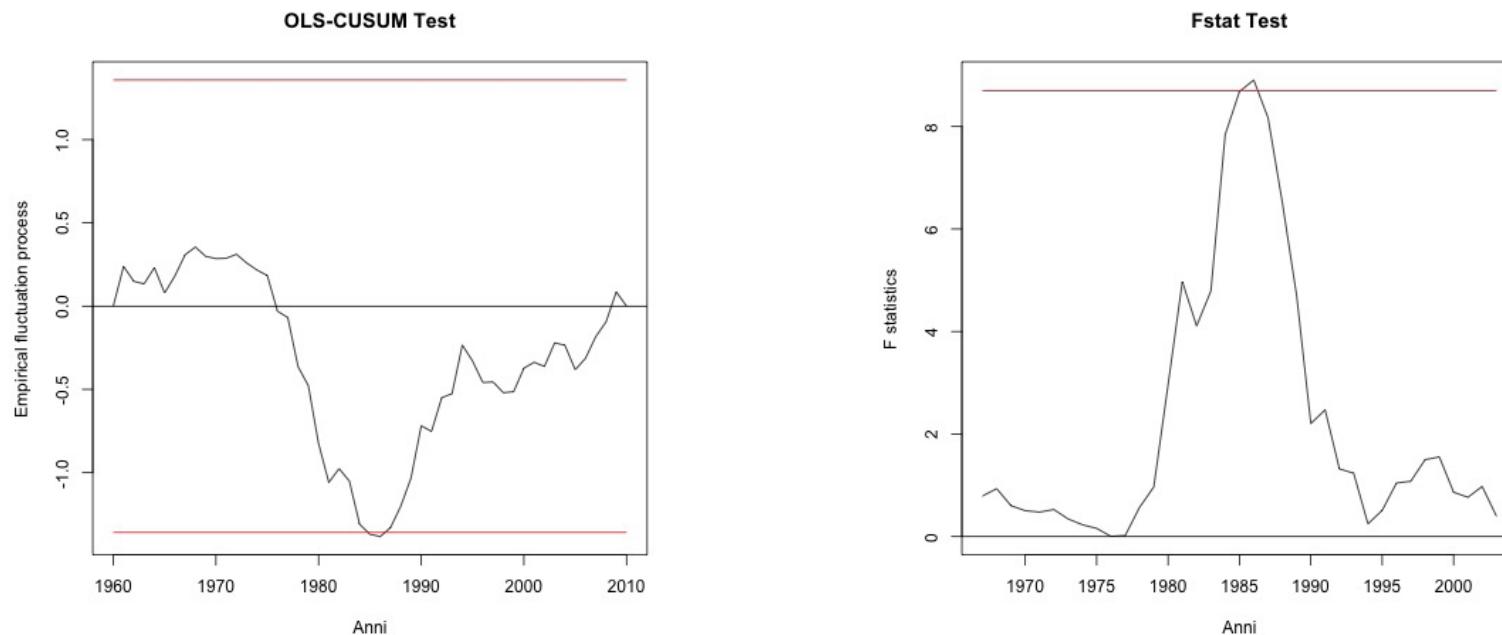


Figura 27 - Risultati del OLS-CUSUM test (grafico di sinistra) e del F-Test (grafico di destra) per la serie storica della temperatura minima. Le linee rosse indicano i limiti per un processo Browniano nel caso del CUSUM test ed il valore critico nel caso del F-Test

Per quanto riguarda la temperatura massima, una prima analisi ha mostrato la presenza di due punti di discontinuità: il primo nel 1984 ed il secondo nel 1996. Questi punti sono segnalati sia dal OLS-CUSUM test (P-value=2E-07) che dall' F-Test (P-value=0). Tuttavia essendo stato riscontrato un problema di autocorrelazione seriale sui residui del modello di regressione con due punti di discontinuità, sono stati condotti ulteriori controlli per verificarne l'effettiva presenza. Il test OLS-CUSUM è stato ripetuto dopo aver eliminato l'autocorrelazione, ottenendo un P-value pari a 0.057: tale valore è di poco superiore alla soglia di 0.05 al di sotto della quale l'ipotesi nulla viene rifiutata. Sebbene il test porterebbe ad escludere la presenza di punti di discontinuità, dal grafico di sinistra della Figura 28, si nota che la prossimità con il limite del processo segnalato dalla linea rossa si ha proprio nell'anno 1984. Inoltre, sulla base di quanto sostenuto nel lavoro di Andrews et al. (1993), sappiamo che l'utilizzo della statistica SupF nel F-Test ha il vantaggio di fornire una stima consistente delle date di discontinuità anche in presenza di autocorrelazione seriale.

Dunque, dato che l'F-Test applicato con la statistica $\sup F$ conferma il punto di discontinuità nell'anno 1984 (grafico di destra della Figura) ed il valore del P-value per l'OLS-CUSUM test è molto vicino a quello di conferma della presenza di punti di discontinuità, il risultato finale per la temperatura massima è la presenza del punto di discontinuità nel 1984.

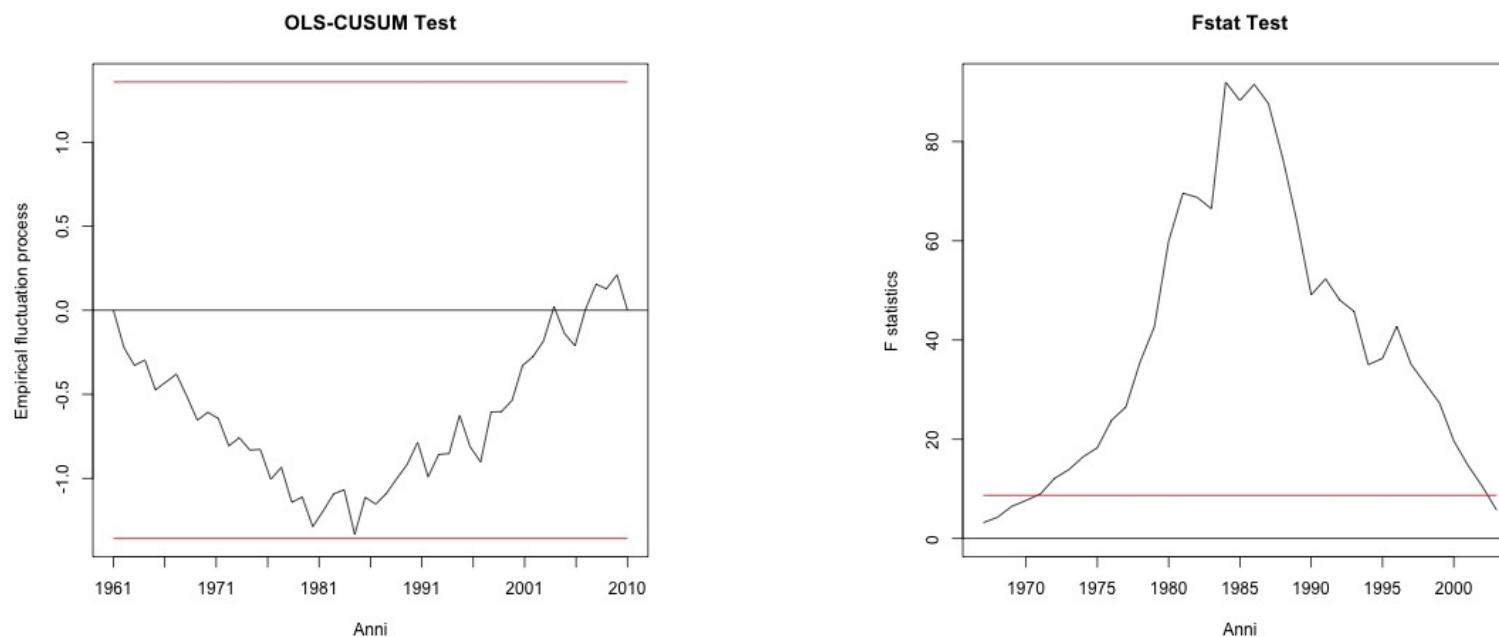


Figura 28 - Risultati del OLS-CUSUM test (grafico di sinistra) e del F-Test (grafico di destra) per la serie storica della temperatura massima. Le linee rosse indicano i limiti per un processo Browniano nel caso del CUSUM test ed il valore critico nel caso del F-Test