

# PAER

## PIANO AMBIENTALE ED ENERGETICO REGIONALE

LIBRO BIANCO SUI CAMBIAMENTI CLIMATICI  
IN TOSCANA

REGIONE TOSCANA  
2013



---

PROGETTO INTEGRATO DI SVILUPPO "SOSTENIBILITÀ E SICUREZZA DEL  
TERRITORIO": LIBRO BIANCO SUI CAMBIAMENTI CLIMATICI IN TOSCANA

Direzione Generale Politiche Ambientali, Energia e  
Cambiamenti Climatici

Direzione Generale Competitività del sistema regionale e  
sviluppo delle competenze

Area di coordinamento Sviluppo Rurale

Consorzio LaMMA

# INDICE

PREFAZIONE: PERCHÉ UN LIBRO BIANCO

PARTE PRIMA – INQUADRAMENTO

- ñ RIFERIMENTI NORMATIVI E PROGRAMMATICI
- ñ LE INTEGRAZIONI CON LE POLITICHE AGRICOLE
- ñ I CAMBIAMENTI CLIMATICI

PARTE SECONDA – QUADRO CONOSCITIVO

- ñ IL CLIMA TOSCANO, VARIAZIONI DEGLI ULTIMI DECENNI, IMPATTI E POSSIBILI SCENARI FUTURI
- ñ I MUTAMENTI NELLE SERIE STORICHE DEI DATI MEDI DI PIOGGIA

PARTE TERZA – LE STRATEGIE DI ADATTAMENTO

- ñ GLI INTERVENTI A TUTELA DELLA RISORSA IDRICA
- ñ GLI INTERVENTI DI DIFESA DAL RISCHIO IDRAULICO ED IDROGEOLOGICO
- ñ AGRICOLTURA E FORESTE

PARTE QUARTA – LE STRATEGIE DI CONTRASTO

- ñ POLITICHE ENERGETICHE E RIDUZIONE DELLE EMISSIONI
- ñ LO SVILUPPO DELLE BIOMASSE AGRICOLE E FORESTALI  
L'ASSORBIMENTO

# PARTE PRIMA - INQUADRAMENTO

## PREFAZIONE: PERCHÉ UN LIBRO BIANCO

Nel linguaggio comunitario per Libro Bianco si intende quel documento che :

contiene proposte di azione in un settore specifico. Talvolta fa seguito a un libro verde pubblicato per promuovere una consultazione. Mentre i libri verdi espongono una gamma di idee ai fini di un dibattito pubblico, i libri bianchi contengono una raccolta ufficiale di proposte in settori politici specifici e costituiscono lo strumento per la loro realizzazione.

In altre parole, mentre il libro verde ha la funzione di aprire una "riflessione su un tema specifico" il libro bianco ne concretizza gli aspetti nella definizione di strategie, interventi ed azioni.

A livello comunitario si segnala la pubblicazione nel 2007 del Libro verde della Commissione sull'adattamento ai cambiamenti climatici in Europa e nel 2009 dell'uscita del Libro Bianco che definisce azioni e strumenti.

Per quanto attiene la Regione Toscana, il dibattito sul tema dei cambiamenti climatici ha avuto inizio già a metà degli anni 2000 in particolare attraverso la produzione scientifica del Consorzio LAMMA (si segnala, come esempio: I cambiamenti climatici in Toscana. Un excursus sulle vulnerabilità del territorio della regione. Pubblicazione realizzata nel 2006) e di IRPET (Toscana CO2 - Prime valutazioni sulla sfida dei cambiamenti climatici nel 2009).

Il Libro Bianco della Toscana sui cambiamenti climatici pertanto definisce le strategie di intervento in tre macro-settori:

- ñ tutela delle risorse idriche
- ñ difesa del suolo
- ñ agricoltura

Non si tratta di tutte le materie su cui impattano i cambiamenti climatici ma di segmenti di primaria importanza per i quali viene definito il costo complessivo degli interventi necessari ipotizzato nel medio e lungo periodo, fino al 2030.

Sulla scorta del "modello" comunitario, pertanto, dopo questo libro bianco saranno i piani e programmi di settore ad entrare nel merito delle azioni necessarie a raggiungere i livelli di sicurezza indicati.

## 1) RIFERIMENTI NORMATIVI E PROGRAMMATICI

Il presente Libro Bianco costituisce lo strumento di indirizzo a supporto dell'attuazione del PIS "Sicurezza e Sostenibilità del Territorio" previsto nel Programma regionale di sviluppo, PRS 2011-2015, approvato con risoluzione del Consiglio regionale n. 49 del 29 Giugno 2011, che assume come principio ispiratore la promozione di uno sviluppo sostenibile e rinnovabile.

Il PIS è costituito da due sotto-progetti "Investimenti ed interventi per la difesa del suolo" e

“Investimenti ed interventi forestali per la difesa del territorio”.

Il sotto-progetto “Investimenti ed interventi forestali per tutela del territorio” prevede come obiettivi specifici la conservazione, il miglioramento e il ripristino delle funzioni di difesa idrogeologica dei soprassuoli forestali, lo sviluppo di modelli di selvicoltura sostenibile e la diversificazione dell'utilizzo delle soluzioni boscate, il rafforzamento delle filiere bosco-legno e bosco-legno-energia, da declinarsi anche nell'ottica del sostegno all'economia locale delle zone rurali e montane.

Il sotto-progetto “Investimenti ed interventi per la difesa del suolo” prevede la realizzazione di interventi per la mitigazione del rischio idraulico e idrogeologico finalizzati alla messa in sicurezza del territorio che, in un'ottica di green economy, permetta alle imprese di sviluppare le attività all'interno di un contesto idraulico e idrogeologico sicuro.

Il PIS interagisce anche con la tematica trasversale del PRS “Politiche integrate per i territori montani”, che evidenzia come l'obiettivo per la tutela dell'ecosistema montano abbia a riferimento la salvaguardia del patrimonio ambientale, la manutenzione e la difesa del suolo partendo, innanzitutto, da un uso sostenibile del territorio e dalla messa in sicurezza del suo assetto idrogeologico.

La Giunta programmatica del 6 Febbraio 2012 ha fatto emergere la necessità di definire un progetto di livello regionale che tenesse in particolare considerazione gli elementi di raccordo tra gli interventi di promozione in ambito agricolo-forestale, di difesa del suolo e di sviluppo delle energie rinnovabili, in un'ottica generale di green economy e di lotta ai cambiamenti climatici.

Si è quindi partiti dalla considerazione che le caratteristiche morfologiche e l'elevato livello di antropizzazione del territorio toscano, uniti agli effetti dei cambiamenti climatici, lo rendono particolarmente vulnerabile a fenomeni di tipo alluvionale e franoso che, oltre ad arrecare gravi danni a cose e persone, ne impediscono il pieno e armonioso sviluppo.

Ciò in un periodo storico caratterizzato dal fenomeno dei cambiamenti climatici, di cui la recente “emergenza idrica” verificatasi nella nostra regione è una delle conseguenze più evidenti. Cambiamenti che impongono una strategia di contrasto di tipo trasversale, da declinare sia sul versante della riduzione delle emissioni di gas serra, sia sul lato delle azioni di adattamento, come indicato anche nella Strategia Europa 2020.

## 2) LE INTEGRAZIONI CON LE POLITICHE AGRICOLE

L'individuazione di strategie idonee per la mitigazione e l'adattamento ai cambiamenti climatici presuppone una stretta sinergia tra gli aspetti connessi all'agricoltura, all'ambiente, all'energia ed anche all'urbanistica e alla pianificazione territoriale. La necessità di integrare le politiche ambientali e di governo del territorio con le politiche di sviluppo per il settore agricolo richiede un'armonizzazione tra i diversi strumenti di programmazione, in particolare tra il PSR - Piano di Sviluppo Rurale, il PRAF – Piano Regionale Agricolo Forestale, il PAER - Piano Ambientale ed Energetico Regionale e anche con il prossimo piano paesaggistico. Oltre agli obiettivi di politica di sviluppo rurale, relativi alla valorizzazione degli ecosistemi dipendenti dall'agricoltura e all'incentivo dell'uso efficiente delle risorse (vedi Parte III, Paragrafo Agricoltura e Foreste - Individuazione degli interventi) contenuti nella Proposta di Regolamento sul sostegno allo sviluppo rurale, nell'ambito del PRAF l'obiettivo generale n. 2 “Valorizzare gli usi sostenibili” comprende fra gli obiettivi specifici il 2.4 “Contribuire all'attenuazione dei cambiamenti

climatici e dei loro effetti", che prevede una serie di misure specifiche per la razionalizzazione della gestione delle risorse idriche (misura A.2.11 "Iniziativa per la razionalizzazione della gestione delle risorse idriche nell'agricoltura toscana volte alla valorizzazione delle risorse idriche ed al loro uso razionale) e per la produzione di energia da fonti rinnovabili (misura A.2.12 "Produzione di energia da fonti rinnovabili").

Per quanto riguarda gli aspetti relativi alla pianificazione e gestione delle risorse idriche, va evidenziato il ruolo di rilievo dell'applicazione delle disposizioni previste dalla Direttiva Quadro per le acque 2000/60. Come sottolineato anche nel "Libro Bianco: Sfide ed opportunità dello sviluppo rurale per la mitigazione e l'adattamento ai cambiamenti climatici", redatto nel 2011 dalla Rete Rurale Nazionale del Mipaaf, la norma rappresenta uno strumento coerente per la gestione integrata delle risorse idriche, ma non affronta direttamente la problematica dei cambiamenti climatici. Pertanto, bisognerà integrare nei piani di distretto idrografico, ove non presenti, misure per far fronte ai mutamenti del clima nell'ambito della sua attuazione per tutti i settori coinvolti (industriale, civile, trasporti, energia, agricoltura e turismo), prevedendo criteri di valutazione degli interventi idonei a consentire di integrare gli approvvigionamenti idrici con la realizzazione di piccoli invasi.

Analogamente, la normativa in materia di difesa del suolo dovrà focalizzare l'attenzione sugli aspetti della prevenzione e della protezione, valorizzando anche gli interventi di carattere non strutturale, che utilizzano al massimo processi naturali per ridurre il rischio di alluvioni, ad esempio incentivando le sistemazioni idraulico-agrarie, per il contenimento dei processi erosivi e l'aumento dei tempi di corrivazione, in modo da ridurre le portate di picco e concorrere alla mitigazione dei rischi di esondazione nelle aree di pianura.

In conclusione, le sinergie con le politiche agricole potrebbero svilupparsi sui seguenti temi:

- Uso e gestione delle risorse idriche;
- Sviluppo di energie rinnovabili;
- Realizzazione e manutenzione di sistemazioni idraulico-agrarie;
- Gestione e manutenzione di sistemi agricoli e forestali per migliorare la loro resilienza e il loro adattamento ai cambiamenti climatici;
- Sviluppo di progetti di ricerca mirati e di esperienze pilota;
- Individuazione di set di indicatori comuni per monitoraggi e valutazioni specifiche;
- Sviluppo comune di modelli, metodi e strumenti di previsione;
- Predisposizione di campagne informative su specifiche iniziative (es. carbon footprint e relativa etichettatura dei prodotti agroalimentari, produzioni a km0).

### 3) I CAMBIAMENTI CLIMATICI (ALCUNE DEFINIZIONI)

#### IL CONTESTO COMUNITARIO

In tema di cambiamenti climatici gli obiettivi definiti dall'Unione Europea per limitare l'incremento della temperatura a +2°C prevedono la riduzione, entro il 2020, delle emissioni di gas climalteranti in misura del 20% rispetto al 1990, anno di riferimento del Protocollo di Kyoto. È quindi necessaria l'attivazione di azioni di contrasto ai cambiamenti ma intanto il clima è già cambiato, tanto che i principali climatologi registrano, come evidenziato nello studio del LAMMA, soprattutto con riferimento agli ultimi due decenni:

ñ aumento della temperatura e delle ondate di calore;

- ñ diminuzione delle precipitazioni, soprattutto nel periodo invernale;
- ñ aumento dell'intensità delle precipitazioni;
- ñ sfasamenti stagionali della vegetazione.

Il rapporto di Nicholas Stern "Review on the Economics of Climate Change", pubblicato nel 2006, tenta di quantificare il danno economico che gli effetti del global warming possono produrre. Per citare solo un paio di dati, il report quantifica in 85 dollari il danno prodotto da ogni tonnellata di CO2 emessa e stima che l'effetto serra, se non contrastato, potrà incidere negativamente sul PIL mondiale per una percentuale che va da 5 al 20 per cento.

## LA REGIONE TOSCANA

Nel 1990, anno di riferimento per gli obiettivi comunitari, le emissioni in Toscana di CO2 equivalente erano pari a 32.899.962 tonnellate, divenute 38.143.990 nel 2000. Nel 2007 sono state 35.314.632 tonnellate, in netto calo rispetto agli anni precedenti, anche se ben al di sotto dell'obiettivo generale di riduzione delle emissioni.

Obiettivo Europa 2020: Ridurre le emissioni di gas serra di almeno il 20% rispetto al livello del 1990.

### Posizionamento della Toscana

Emissioni gas serra nel 1990 in Toscana	POSIZIONE Emissioni gas serra nel 2007	Obiettivo comunitario Europa 2020	Obiettivo Toscana al 2020	Distanza dall'obiettivo
32.899.962 t	35.314.632 t	Riduzione del 20% rispetto al 1990	26.319.971 t	8.994.661 t

Gli strumenti conoscitivi disponibili ed in particolar modo l'IRSE<sup>1</sup> hanno permesso un costante monitoraggio fornendo un quadro delle emissioni di gas climalteranti utile a verificare il raggiungimento degli obiettivi unitamente alle conoscenze in materia di assorbimenti di anidride carbonica da parte degli ecosistemi forestali.

Il quadro sopra delineato si riferisce ad una fase di crescita economica che negli ultimi anni ha conosciuto una notevole flessione.

Lo scenario che si apre davanti a noi e che ha una base di partenza sicuramente inferiore ai 35 milioni di tonnellate di emissione di CO2 del 2007 ma che è, probabilmente, ancora distante dall'obiettivo dei 26 milioni al 2020, richiede una accelerazione degli interventi da realizzare in poco meno di otto anni di tempo, nei settori delle energie rinnovabili, dell'efficienza energetica, della mobilità sostenibile.

## CONTRASTO E ADATTAMENTO

Prima di ogni cosa, quando si parla di cambiamenti climatici, occorre distinguere due concetti che, diversamente, rischiano di essere confusi: contrasto (o mitigazione) e adattamento.

### Contrasto

Le azioni di contrasto fanno riferimento all'obiettivo di ridurre per tempo e drasticamente le emissioni dei gas serra (l'obiettivo UE è una riduzione del 20%,

<sup>1</sup> Inventario Regionale delle Sorgenti di Emissioni.

rispetto al 1990, entro il 2020). Le azioni di contrasto sono quelle riassumibili nel concetto di uso efficiente delle risorse, con le declinazioni strategiche di sviluppo di una green economy regionale composta da filiere nei campi dell'efficienza energetica, delle agrienergie e del riciclo della materia; di aumento della competitività dei territori; di crescita dell'occupazione e miglioramento della qualità della stessa. In una fase di forte crisi economica e finanziaria come quella che stiamo attraversando, il tema dell'occupazione e della riduzione della dipendenza dalle importazioni e, quindi, della riduzione dei costi è più che mai strategico. La green economy sembra possedere gli elementi per creare nuove opportunità di crescita e di lavoro, soprattutto giovanile e qualificato.

### Adattamento

Le azioni di adattamento fanno invece riferimento alla necessità di far fronte ai cambiamenti climatici che già avvengono. Le società di tutto il mondo devono infatti affrontare il problema di doversi adattare agli impatti di questo fenomeno visto che, entro certi limiti, il cambiamento del clima è un evento inevitabile, anche qualora l'impegno per mitigarne gli effetti nei decenni a venire dovesse avere dei risultati positivi.

Il clima è, nei fatti, già cambiato: aumento della temperatura e delle ondate di calore; diminuzione delle precipitazioni, soprattutto nel periodo invernale; aumento dell'intensità delle precipitazioni; sfasamenti stagionali della vegetazione. I cambiamenti climatici stanno producendo effetti che, combinati con l'abbandono di porzioni importanti di territorio, sono potenzialmente in grado di produrre danni a cose e persone con una certa regolarità temporale. Fenomeni come le bombe d'acqua o l'emergenza idrica in periodi dell'anno normalmente piovosi non hanno più un carattere eccezionale ma si propongono con regolare drammaticità richiedendo interventi emergenziali molto costosi e non sempre adeguati. È quindi necessario articolare una risposta complessiva, integrata ed efficace per programmare, nel tempo, gli interventi in grado di assicurare un equilibrio stabile di adeguamento ai cambiamenti climatici in atto.

# PARTE SECONDA - QUADRO CONOSCITIVO

## 1) IL CLIMA TOSCANO. VARIAZIONI DEGLI ULTIMI DECENNI, IMPATTI E POSSIBILI SCENARI FUTURI

La costruzione di un patrimonio di conoscenze sulle vulnerabilità e criticità del territorio è fondamentale per pianificare uno sviluppo territoriale rispettoso delle peculiarità ambientali e morfologiche delle aree interessate.

La pianificazione territoriale può oggi avvalersi di sofisticati strumenti di informazione ambientale, soprattutto cartografica, capaci di fornire una lettura integrata del territorio che evidenzia le diverse criticità e vulnerabilità locali e che possa quindi costituire l'ottica preferenziale attraverso la quale valutare gli impatti di scelte di sviluppo territoriale ed economico.

La conoscenza del clima e delle sue variazioni a diversa scala è un elemento fondamentale nella predisposizione di strategie di mitigazione e adattamento ai cambiamenti climatici.

La Toscana, dal punto di vista climatico, può essere suddivisa in due macro aree: l'alta Toscana, caratterizzata dalla presenza della catena appenninica, che funge da barriera nei confronti delle masse di aria fredda provenienti dai Balcani proteggendo così i settori meridionali della regione e la Toscana centro-meridionale.

Se il fattore territoriale caratterizzante i climi dell'Alta Toscana va cercato nell'altitudine, per il resto della regione, ad eccezione della zona dell'Amiata, il fattore più importante è la distanza dal mare che determina un maggiore o minore grado di continentalità mitigando soprattutto le temperature minime.

Le caratteristiche del Mar Tirreno, profondo ed aperto, hanno una forte influenza sulla temperatura delle acque, determinando un'azione mitigatrice più pronunciata sugli eccessi climatici. Le coste sono, infatti, caratterizzate da clima tipicamente mediterraneo, con estati fresche e inverni miti.

La parte orientale della regione è caratterizzata dal cosiddetto effetto "valle interna", dove possono verificarsi fenomeni quali gelate da inversione termica e nebbie, meno presenti sulle zone costiere. La particolare posizione della Val di Chiana, circondata dai rilievi montuosi, conferisce alla località un clima più caldo e meno piovoso rispetto alle altre zone interne. Le aree più meridionali sono contraddistinte da fenomeni di aridità strutturale, dove il ricorso all'irrigazione nelle pratiche agricole è normale.

Aree quali le Apuane, la zona antiappenninica, il Valdarno e il Mugello sono caratterizzate da precipitazioni concentrate nel periodo autunnale e invernale, a causa della loro esposizione alle correnti da Sud-Ovest.

La Toscana non è esente dal cambiamento climatico, la cui evoluzione ha importanti ripercussioni sui sistemi fisici, chimici, biologici e su alcuni aspetti socio-economici legati alla salute, all'agricoltura, alle foreste, al turismo e alla distribuzione delle risorse, a cui si sommano altri fattori di degrado e sfruttamento del territorio (urbanizzazione, inquinamento dei suoli, sovrasfruttamento agricolo, pastorale e delle attività produttive, ecc.).

Dall'analisi dei dati degli ultimi 5-6 decenni sui principali parametri climatici, e in particolare di temperatura e precipitazione relativi al territorio regionale toscano e di alcuni indici derivati, si evince un trend analogo a quello delineato a livello nazionale e di bacino del Mediterraneo.

## Temperatura

La temperatura è il parametro che evidenzia in maniera più evidente segnali significativi di cambiamento climatico. Anche in Toscana i risultati ottenuti dall'elaborazione dei dati termopluviometrici di 22 stazioni, relativi al periodo che va dal 1955 al 2007, hanno fatto emergere un aumento delle temperature, sia minime che massime, con incrementi rispettivamente di  $+0,89^{\circ}\text{C}$  e  $+0,81^{\circ}\text{C}$  in 50 anni.

Per ottenere una distribuzione spaziale del cambiamento climatico sono state costruite delle mappe di temperatura media annuale e stagionale confrontando i dati degli ultimi 18 anni, dal 1991 al 2008, con il trentennio di riferimento 1961-1990. Le anomalie sembrano ancora più consistenti.

A livello annuale, infatti, l'anomalia media è pari a  $+0,5^{\circ}\text{C}$ , con picchi superiori al grado centigrado in Garfagnana e Lunigiana (Figura 1) e delle diminuzioni sui rilievi maggiori centro-meridionali e quelli del Pratomagno.

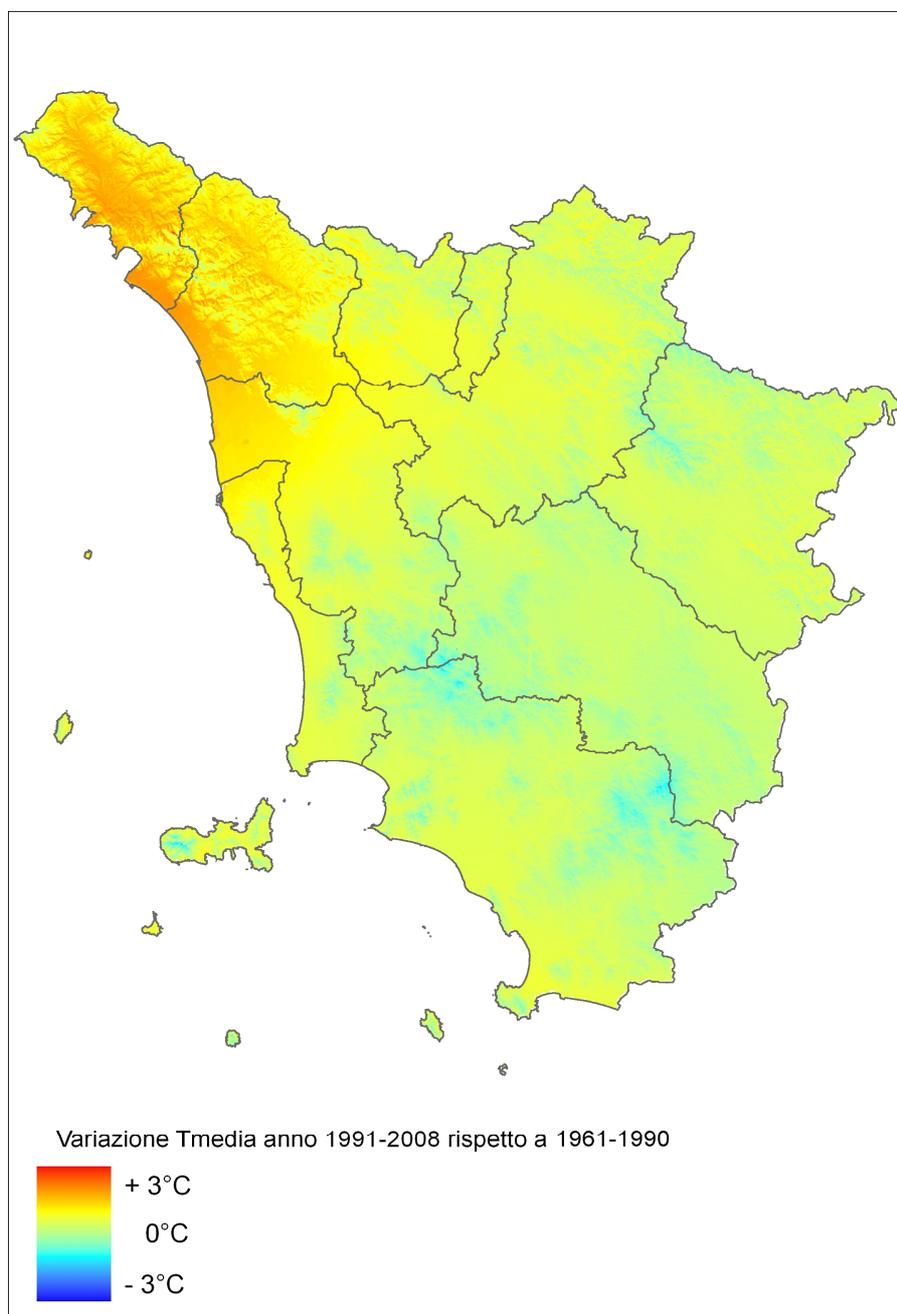


Figura 1 – Mappa delle variazioni di temperatura media annua ( $^{\circ}\text{C}$ ) del periodo 1991-2008, rispetto al trentennio di riferimento 1961-1990. (Fonte: LaMMA, 2010. Dati: Aeronautica Militare, Centro Funzionale, ARSIA).

Per le singole stagioni la tendenza positiva è confermata nei periodi primaverile ed estivo, con valori medi rispettivamente di  $+0.6^{\circ}\text{C}$  e  $+0.9^{\circ}\text{C}$  (Figure 2-3).

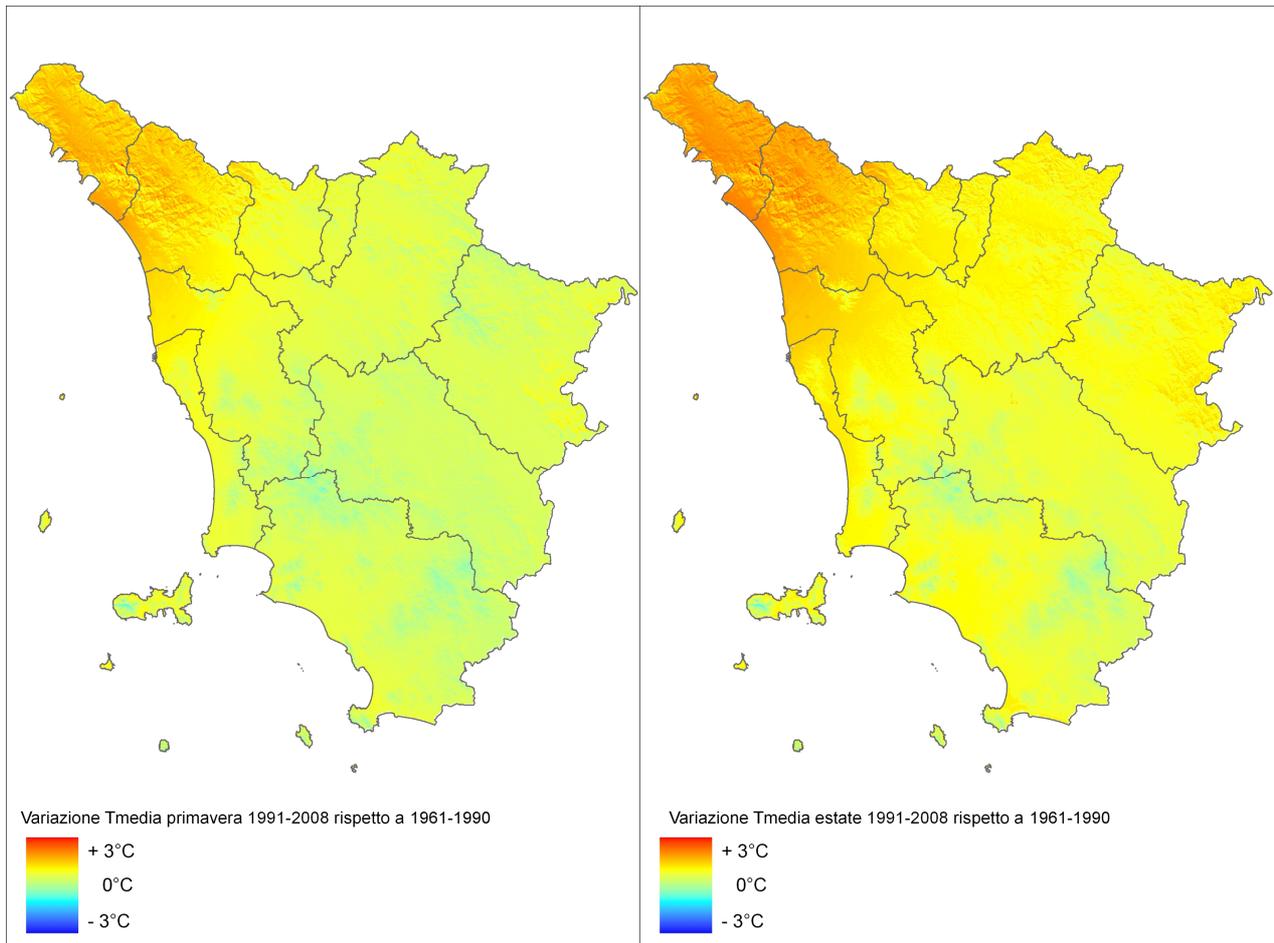


Figure 2-3 – Mappe delle variazioni di temperatura media ( $^{\circ}\text{C}$ ) primaverile (a sinistra) ed estiva (a destra) del periodo 1991-2008 rispetto al trentennio di riferimento 1961-1990. (Fonte: LaMMA, 2010. Dati: Aeronautica Militare, Centro Funzionale, ARSIA).

In Inverno non si notano variazioni di rilievo, a parte la zona della Garfagnana e Lunigiana, mentre in Autunno il trend si presenta generalmente negativo, con valori medi di  $-0.34^{\circ}\text{C}$ , eccetto che lungo il litorale di Massa-Carrara e nelle valli della Lunigiana, dove le temperature mantengono variazioni positive come nelle altre due stagioni più calde (Figure 4-5).

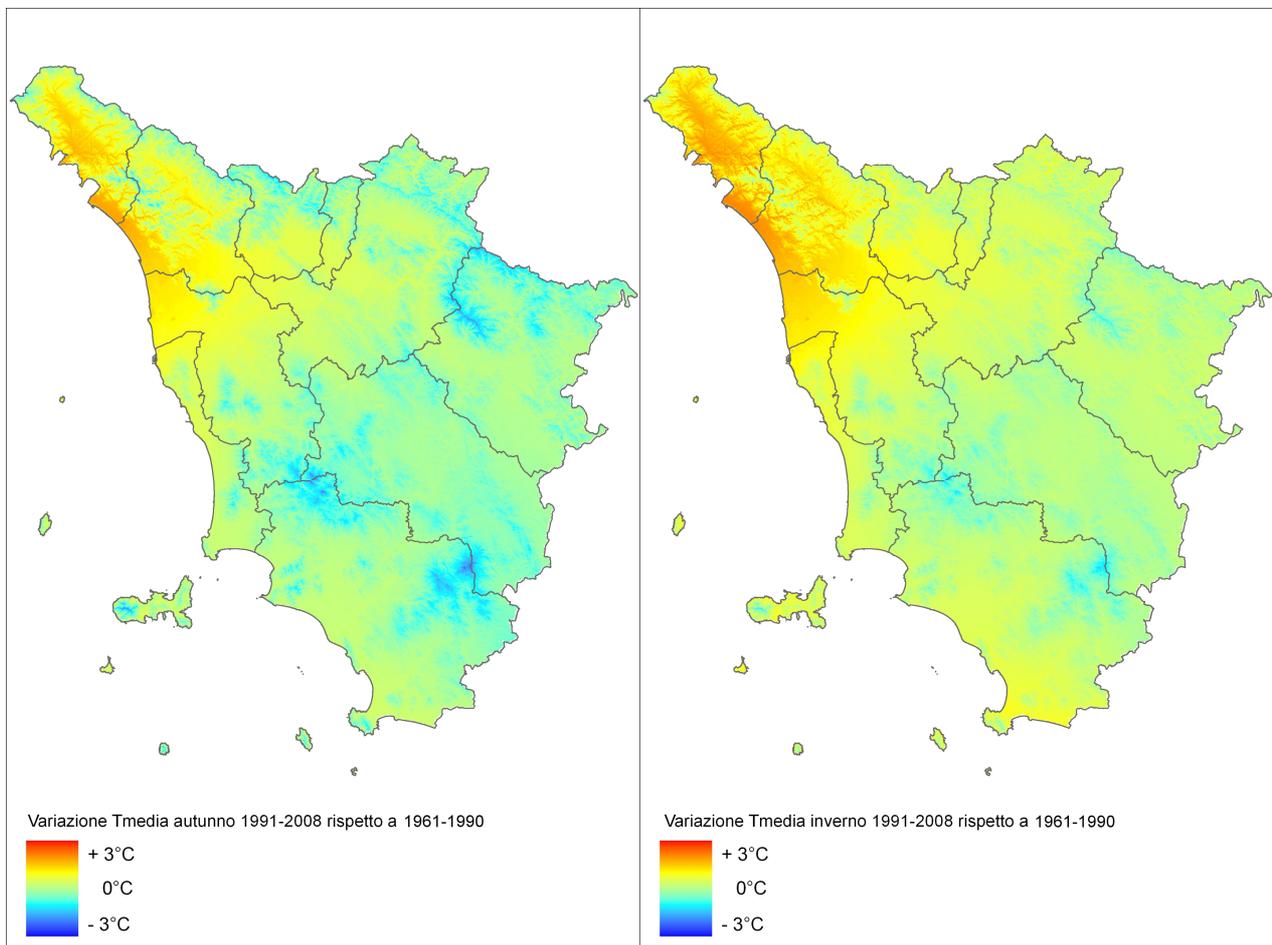


Figure. 4-5 – Mappe delle variazioni di temperatura media (°C) autunnale (a sinistra) ed invernale (a destra) del periodo 1991-2008 rispetto al trentennio di riferimento 1961-1990. (Fonte: LaMMA, 2010. Dati: Aeronautica Militare, Centro Funzionale, ARSIA).

### Estremi termici

Per quanto concerne gli eventi estremi legati alle temperature, i dati delle 22 stazioni mostrano come la variabilità degli ultimi anni abbia fatto registrare un netto incremento delle massime e minime sopra il 90° percentile<sup>2</sup> (Figg. 6 e 7) ed una diminuzione, anche se statisticamente non significativa, del numero di giorni di gelo (Fig. 8).

Dai grafici si evidenzia un aumento statisticamente significativo di 13 giorni ogni 50 anni per le temperature minime sopra il 90° percentile e di 9 giorni per quelle massime.

Questi dati da una parte comportano dei benefici per la vegetazione e le colture che hanno a disposizione stagioni di crescita più lunghe, dall'altro possono avere degli impatti negativi in quanto periodi vegetativi più lunghi spesso comportano un fabbisogno idrico maggiore. Inoltre provocano ripercussioni sulla salute, sia per il protrarsi dei periodi allergici che per l'aumento di malori nelle fasce più sensibili dovute a temperature elevate, anche e soprattutto di notte.

<sup>2</sup> In climatologia, un evento è classificabile come estremo quando risulta inferiore al 10° percentile (cioè osservato nel 10% dei casi) o superiore al 90° percentile (cioè osservato nel 100%-90%=10% dei casi), a seconda che si trovi nella coda inferiore (10° percentile) o superiore (90° percentile) della distribuzione di frequenza.

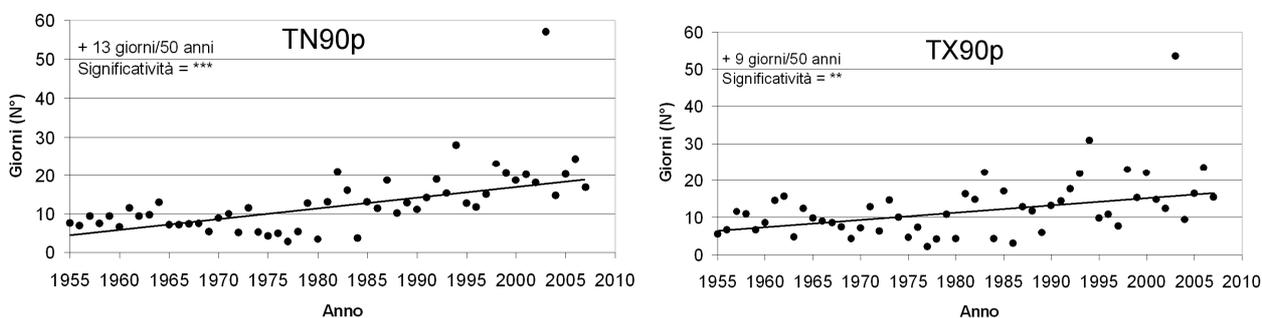


Figure. 6-7 - Trend degli indici di temperatura estrema. TN90p = numero di giorni con temperatura minima superiore al 90 percentile (Estate); TX90p = numero di giorni con temperatura massima superiore al 90 percentile (Estate). (Fonte: IBIMET-CNR)

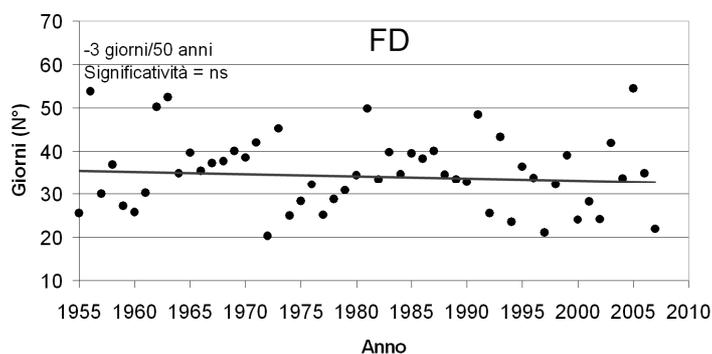


Figura 8 - Trend degli indici di temperatura estrema. FD = numero di giorni annui con temperatura minima inferiore a 0 °C. È indicata la pendenza del trend e la significatività statistica del trend; ns = non significativo; \* = significativo al 95%; \*\* = significativo al 99%; \*\*\* = significativo al 99.9%. (Fonte: IBIMET-CNR)

Nella figura 9 viene esplicitato un altro importante indice termico relativo alle ondate di calore: il WSDI- Warm Spell Duration Index, definito come un periodo di almeno 6 giorni consecutivi in cui la temperatura massima è superiore al 90 percentile rispetto al periodo di riferimento. Anche in questo caso risulta evidente l'incremento delle ondate di calore già dalla seconda metà degli anni '80.

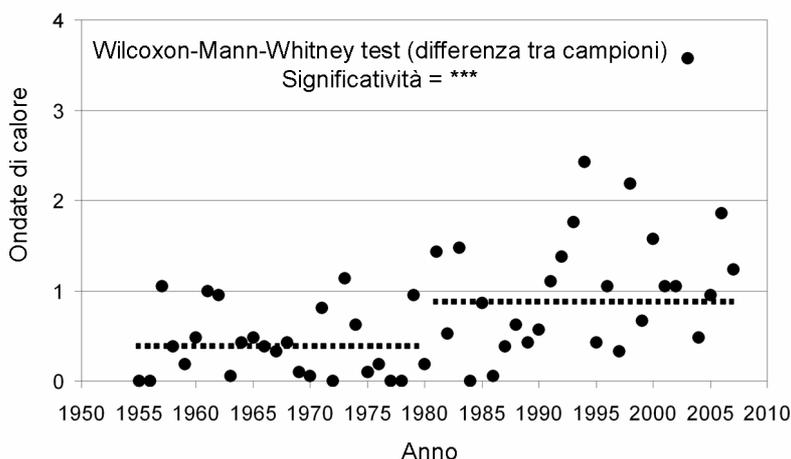


Figura 9 - Numero di ondate di calore di lunga durata. Le linee nere tratteggiate indicano la media relativa ai due periodi climatici messi a confronto 1955-1980 e 1981-2007. (Fonte: IBIMET-CNR)

### Precipitazione

La stessa elaborazione spaziale sviluppata per la temperatura è stata realizzata anche per le precipitazioni dove, a parte qualche annata particolarmente piovosa come quella del 2010, in generale nel corso degli ultimi decenni hanno mostrato un trend negativo diffuso, con valori

medi regionali di -12% come indicato nella mappa relativa alle anomalie del periodo '91-'08 rispetto al periodo di riferimento '61-'90 (Figura 10). Le contrazioni maggiori si riscontrano in Garfagnana, nella zona dell'Amiata ed in prossimità delle colline metallifere.

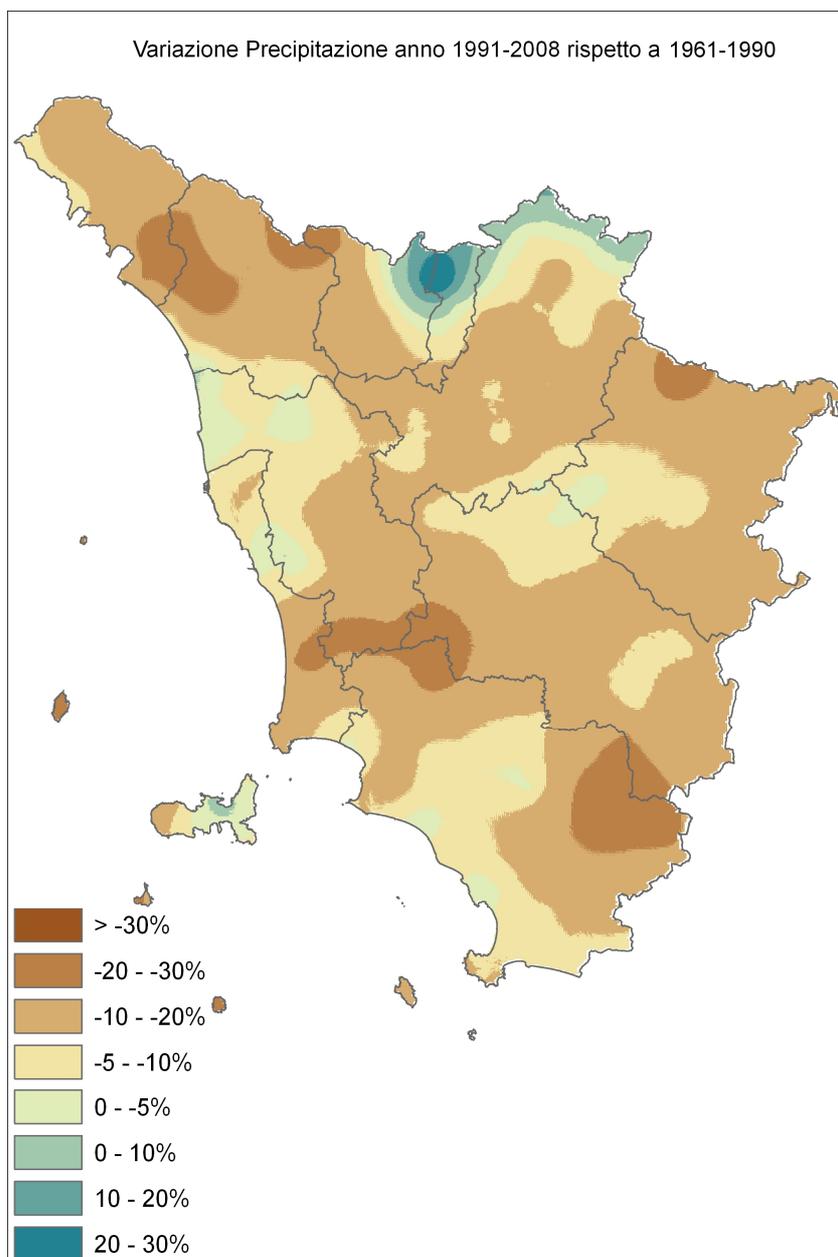


Figura 10 – Mappa delle anomalie di pioggia annua (mm) del periodo 1991-2008 rispetto al trentennio di riferimento 1961-1990. (Fonte: LaMMA, 2010. Dati: Aeronautica Militare, Centro Funzionale, ARSIA)

A livello stagionale le mappe di variazione dei cumulati di pioggia del periodo '91-'08 rispetto al '61-'90 (Figure 11-12-13-14) evidenziano una ancor più marcata contrazione dai primi mesi dell'anno fino a fine estate, con valori che vanno da -16.8% in primavera, a -20.5% in estate e addirittura -25.5% in Inverno.

L'autunno è l'unica stagione in controtendenza che, pur mantenendo delle zone in cui le precipitazioni sono ridotte, registra un incremento medio regionale di +7%, valore che però è insufficiente a compensare le riduzioni del resto dell'anno.

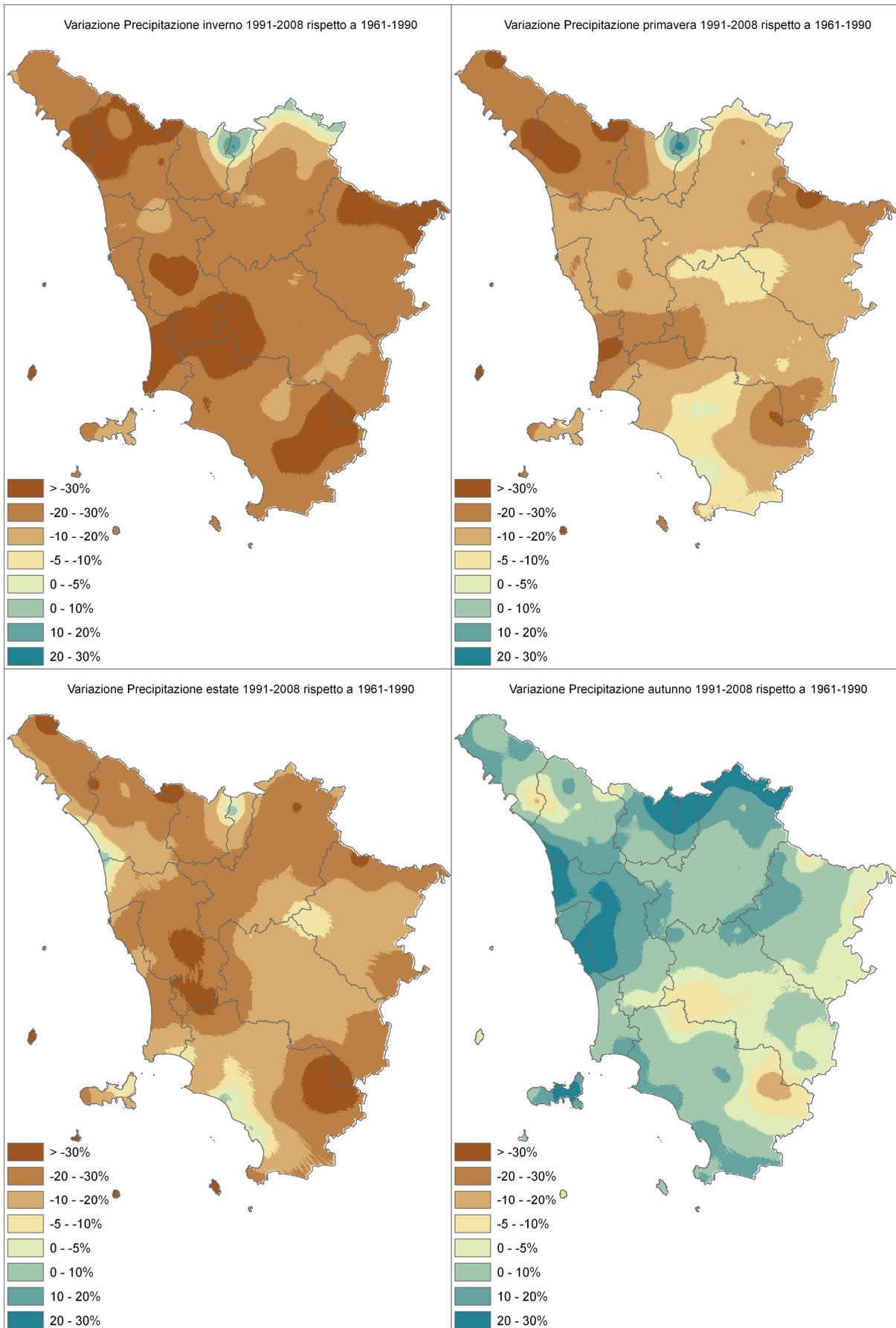


Figure 11-12-13-14 – Mappe delle anomalie di precipitazione stagionale (mm) del periodo 1991-2008 rispetto al trentennio di riferimento 1961-1990. (Fonte: LaMMA, 2010. Dati: Aeronautica Militare, Centro Funzionale, ARSIA)

## Estremi pluviometrici

Se la tendenza delle ultime decadi in Toscana va verso una diminuzione delle piogge e del numero dei giorni piovosi, al contempo ci sono segnali che indicano un aumento dei fenomeni precipitativi molto intensi che possono avere ripercussioni importanti sul territorio dal punto di vista idrogeologico (gli eventi estremi sono genericamente definiti come quegli eventi che differiscono sostanzialmente dalla media climatologica, ma fra di essi vanno distinti quelli che presentano la massima intensità su durate molto brevi, entro le 6 ore, definiti da Sanders e Gyakum (1980) "bombe meteorologiche" e quelli che invece sono rilevanti per durate di 24-36 ore).

L'intensità delle precipitazioni toscane, quindi, risulta aumentata e nelle Figure 15 e 16 è evidente il calo del numero complessivo di giorni con piogge intense e l'aumento del loro contributo, espresso in %, sul totale cumulato annuo.

Dall'analisi di alcune serie storiche di precipitazioni osservate con cadenza oraria è emersa, inoltre, una tendenza all'aumento dell'intensità media oraria della pioggia.

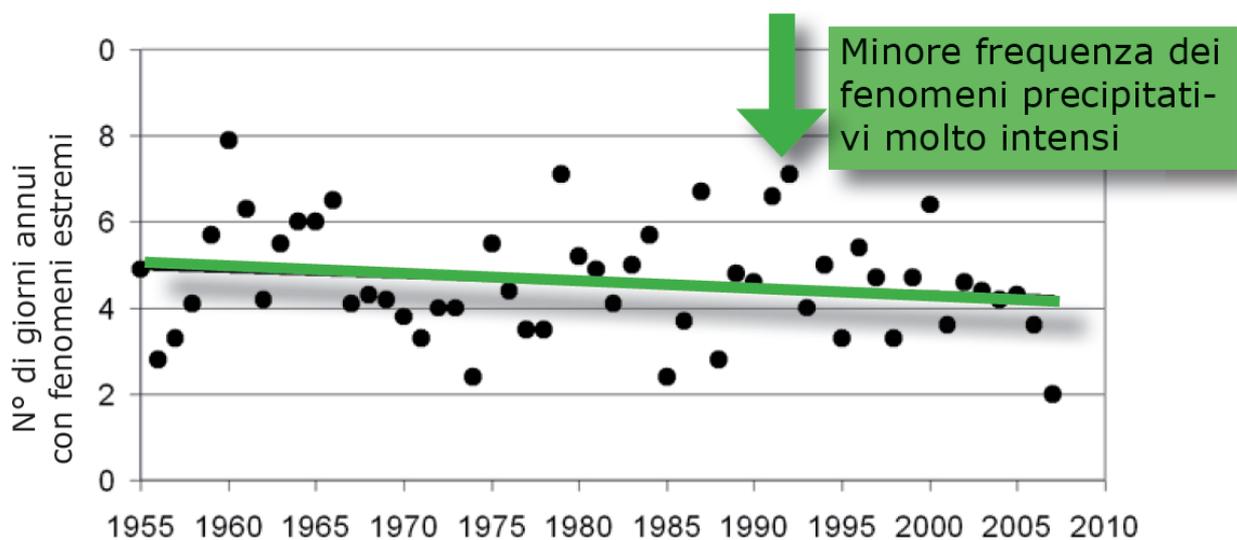


Figura 15 - Numero di giorni con fenomeni estremi (Fonte: IBIMET-CNR).

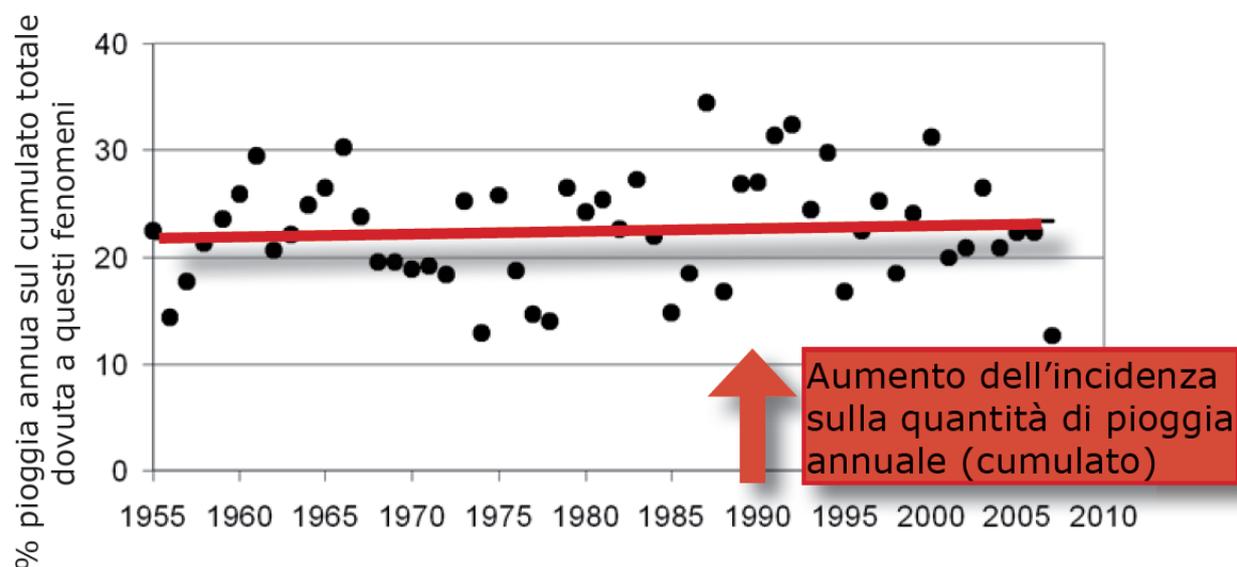


Figura 16 - Percentuale di pioggia estrema annua rispetto al cumulato totale (Fonte: IBIMET-CNR).

A riprova di quanto detto è sufficiente elencare gli episodi alluvionali che si sono susseguiti

negli ultimi anni:

19 Giugno 1996: alluvione dell'Alta Versilia; oltre 500 mm di pioggia in sole 6 ore, circa un terzo di quanta ne cade in media in un intero anno.

20 Settembre 1999: Grosseto, 55 mm di pioggia in 1 ora.

23 Settembre 2003: Massa Carrara, intensità fino a 80mm/h, con cumulati oltre i 300 mm.

24-25 Dicembre 2009: interessate le province di Massa Carrara, Lucca, Pistoia, Prato. Il valore massimo giornaliero di 241,2 mm è stato registrato a Campagrina (LU) il giorno 24.

Nel bacino del fiume Serchio, nel periodo 21-25 Dicembre, per le due stazioni di riferimento in quota Orto di Donna e Campagrina, sono stati registrati rispettivamente cumulati di pioggia pari a 665 mm e 623 mm, valori che rappresentano circa il 20-25% della pioggia media annuale registrata dalle due stazioni di monitoraggio. Il 25 Dicembre 2009 il Serchio fa registrare una piena eccezionale che causa la sua esondazione.

31 Ottobre 2010: piogge molto intense sul nord-ovest, in particolare tra le province di Massa-Carrara e Lucca e sull'Appennino pistoiese. Nella notte tra il 30 Ottobre e 1 Novembre i cumulati di pioggia più elevati hanno interessato le Alpi Apuane, con valori anche superiori ai 300-350 mm. I tempi di ritorno delle piogge sulle 24 ore, pari a eventi riproponibili ogni 10-30 anni (ed in alcune aree anche di 30-50 anni), sottolineano il carattere persistente delle precipitazioni occorse. Grazie anche al grado di saturazione già esistente nel terreno, la persistenza ed intensità delle piogge ha determinato gradi elevati di instabilità dei versanti e in alcuni casi smottamenti e frane.

24-25 Ottobre 2011: nell'arco di 24 ore nella sola Lunigiana sono caduti 366 mm di pioggia. La media annuale in Lunigiana di precipitazioni, è di 1500 mm, quella dell'intero mese di Ottobre di 248 mm. Dal 1955 la precipitazione maggiore registrata nell'arco di 24 ore nella zona, tra le più piovose della Toscana, risale al 1997: allora furono 285 i millimetri di acqua caduti.

## Siccità

La siccità "è una caratteristica normale e ricorrente del clima che può verificarsi in aree con differenti regimi climatici ed i cui impatti possono variare da regione a regione" (National Center of Drought of Australia). E' legata al concetto di deficit idrico temporaneo, che cambia nel tempo e a seconda della sua durata può avere degli impatti differenti (danni alle colture, contrazione della produttività forestale, riduzione dell'acqua disponibile negli invasi e scarsa o assente ricarica delle falde). Altri fattori quali la temperatura, i venti e l'umidità dei terreni sono spesso associati alla siccità e possono contribuire ad aggravarne la severità.

Esistono, ad oggi, innumerevoli sistemi per determinare lo stato di avanzamento spaziale e temporale della siccità, basati su uno o più parametri, o su dati provenienti da vari tipi di fonti.

Attraverso l'utilizzo di alcuni indicatori riconosciuti a livello internazionale è possibile verificare l'evoluzione degli episodi siccitosi delle aree toscane ed individuare i periodi inter-annuali e ed intra-annuali più critici.

Dall'analisi dei dati relativi all'indice giornaliero EDI - Effective Drought Index <sup>3</sup> (Byun & Wilhite, 1999), elaborati per il periodo 1956-2012 sulle principali città toscane, emerge come ci sia un aumento della frequenza di periodi siccitosi a partire dagli anni '90 (Figura 17), associato spesso anche all'aumento della loro intensità.

Dall'analisi del grafico è evidente l'aumento dei fenomeni di siccità estrema a partire dal 1988, con un'intensificazione negli ultimi 10 anni.

---

<sup>3</sup> L'EDI considera l'accumulo o il deficit di acqua giornaliero ed è funzione della pioggia necessaria al rientro dei parametri alla normalità, ovvero il recupero dopo il deficit accumulato a partire dall'insorgere di un evento siccitoso. Si basa sul concetto di "precipitazione effettiva", ovvero la somma della pioggia giornaliera con una funzione di riduzione legata al tempo (Byun & Wilhite, 1999).

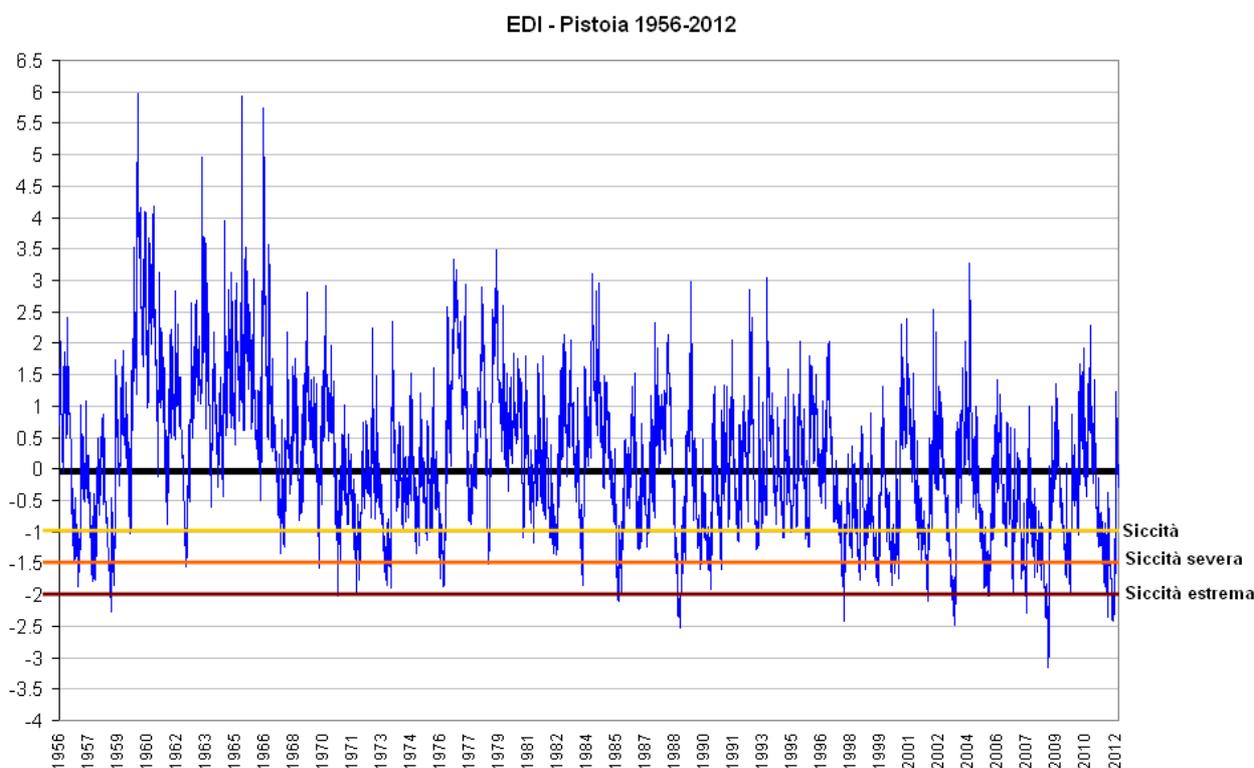


Figura 17 – EDI-Effective Drought Index per la stazione di Pistoia (Fonte: LaMMA).

La siccità e i suoi impatti variano a seconda di quanto persiste la scarsità o assenza di piogge. Una riduzione delle precipitazioni al di sotto della media climatologica che dura pochi mesi (fino a 3 circa) può avere ripercussioni dirette sulle colture agrarie, soprattutto se occorre in periodi vegetativi critici; se il fenomeno si protrae ancora oltre cominciano a risentirne anche le foreste, i corsi d'acqua e i bacini e le falde sotterranee (dai 12 mesi in su).

Grazie a particolari indici, quali lo SPI-Standardized Precipitation Index<sup>4</sup> (McKee et al., 1993), è possibile individuare queste tipologie di siccità. Lo SPI, infatti, può essere calcolato a diverse scale temporali (1, 3, 6, 12, 24 mesi), riuscendo a discriminare anche a livello stagionale il periodo con le maggiori variazioni.

Quando si sente parlare di lunghi periodi di siccità, infatti, è istintivo pensare alle estati torride e asciutte, ma se è vero che gli effetti negativi sono più evidenti in estate, lo studio delle precipitazioni a livello stagionale dei capoluoghi toscani svela che la tendenza alla diminuzione delle piogge e all'aumento dei periodi consecutivi senza precipitazioni si presenta anche nelle altre stagioni, eccetto che in autunno, quando gli episodi siccitosi non sembrano statisticamente significativi.

In Toscana, negli ultimi 20 anni circa, si riscontra un incremento degli episodi di siccità invernale e primaverile, così come dimostrano le analisi dell'indice SPI stagionali dal 1961 al 2008 fatte per alcune stazioni meteorologiche regionali (Figure 18-19).

<sup>4</sup> Lo SPI è basato sulla sola precipitazione cumulata mensile (McKee et al., 1993), quantifica un deficit o surplus di pioggia rispetto ai valori medi, a diverse scale temporali (1, 3, 6, 12, 24 e 48 mesi), consentendo la determinazione delle diverse tipologie di siccità, dalla meteorologica, all'agricola all'idrologica.

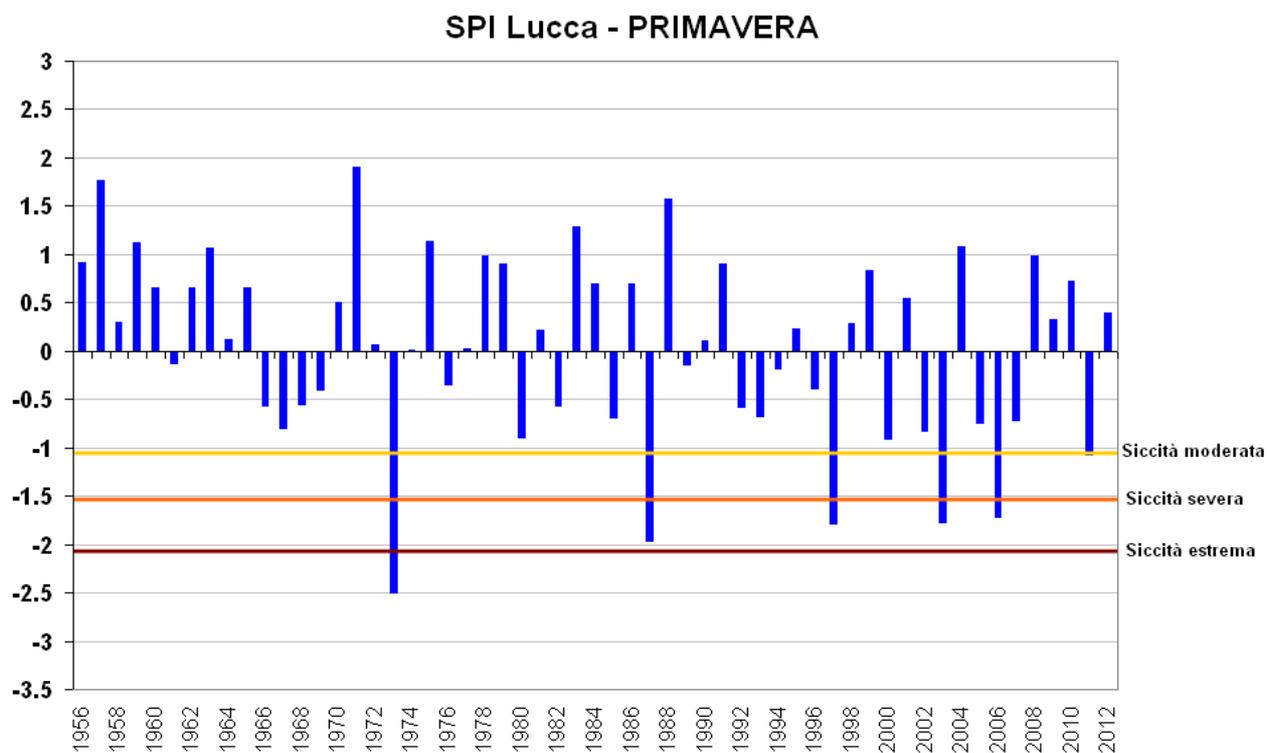
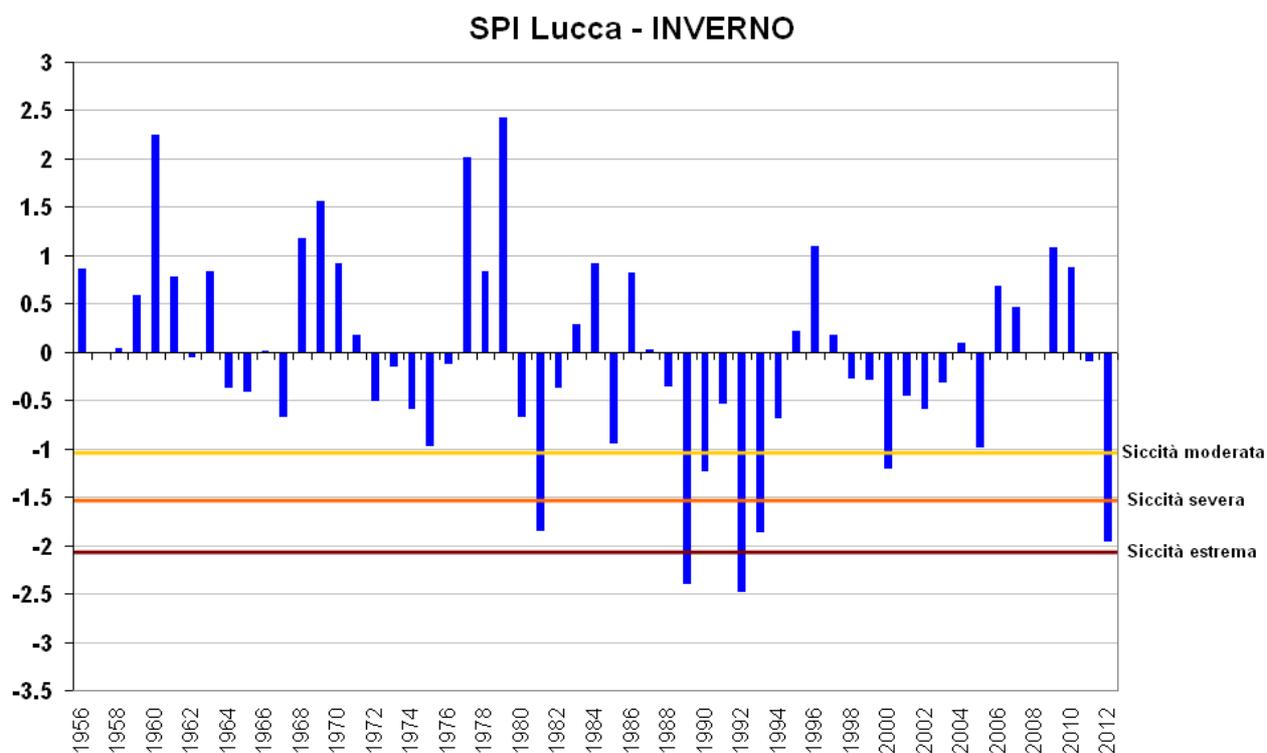


Figure 18-19 – SPI Invernale e Primaveraile calcolato per Lucca, dal 1955 al 2012 (Giugno) (Fonte: LaMMA, 2012)

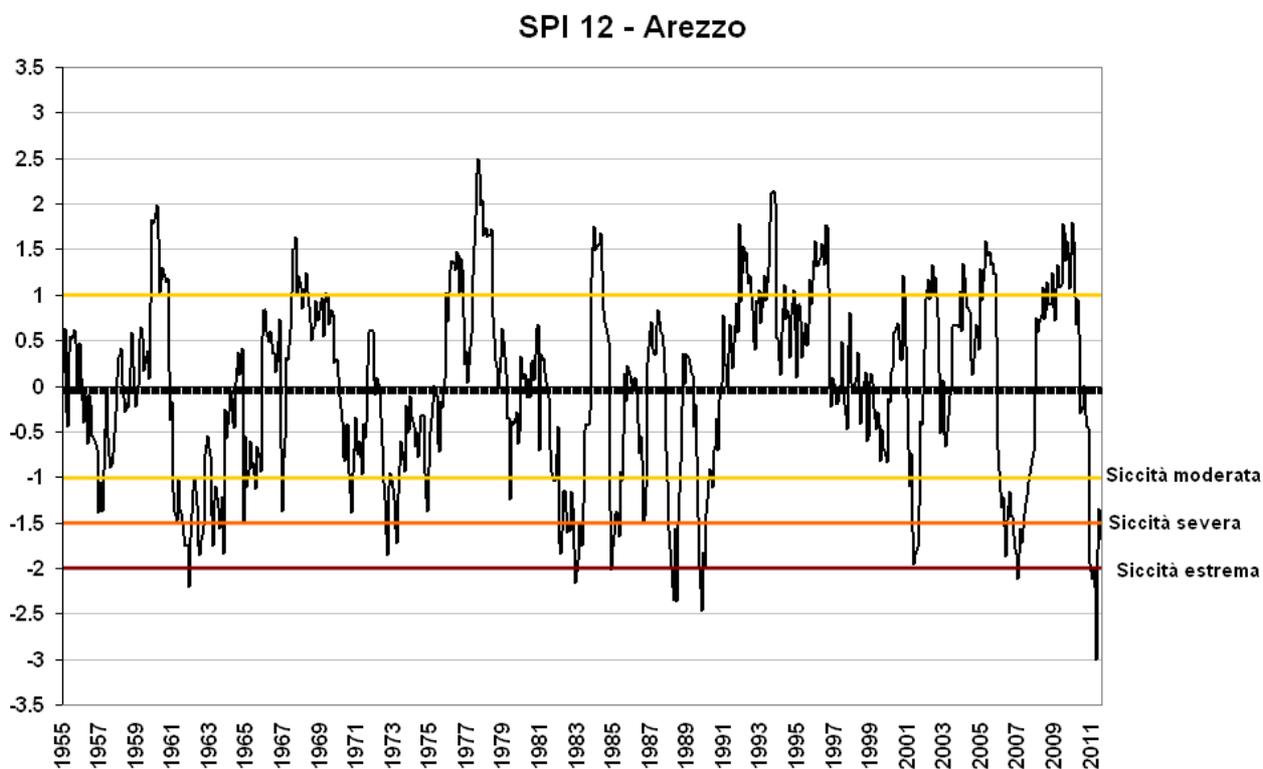
Gli episodi di siccità invernali o primaverili sono più problematici in quanto, insieme all'autunno, sono i periodi in cui le precipitazioni, anche a carattere nevoso, dovrebbero andare a ricaricare le falde, i corsi d'acqua e gli invasi.

Rispetto a quella estiva, la siccità invernale o primaverile ha ripercussioni più gravi anche sulla vegetazione, in quanto la ripresa vegetativa è strettamente legata non solo alle piogge primaverili, ma anche a quelle del periodo freddo.

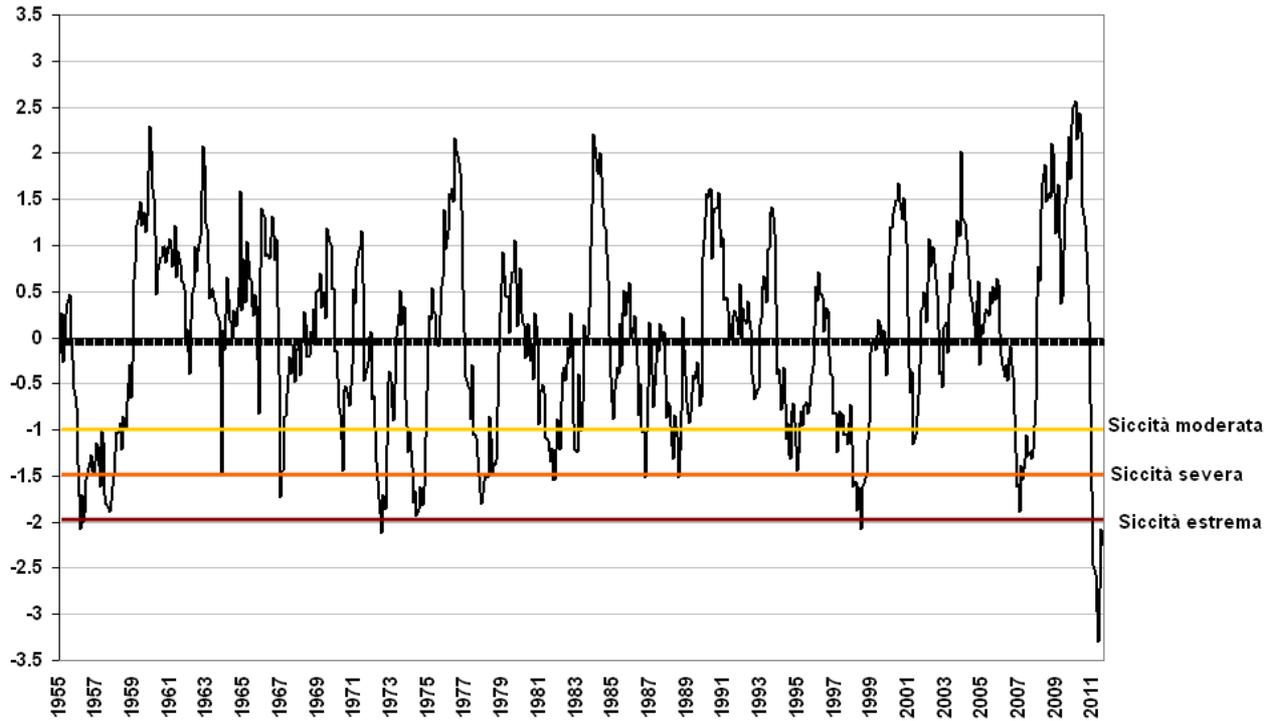
## La siccità 2011-2012

Un esempio a noi vicino, anzi non ancora terminato, è la lunga siccità che sta colpendo la regione dal 2011 e quasi ininterrotta, eccetto le piogge di Aprile che hanno dato una mano soprattutto al comparto agricolo e solo in parte ai bacini e corsi d'acqua.

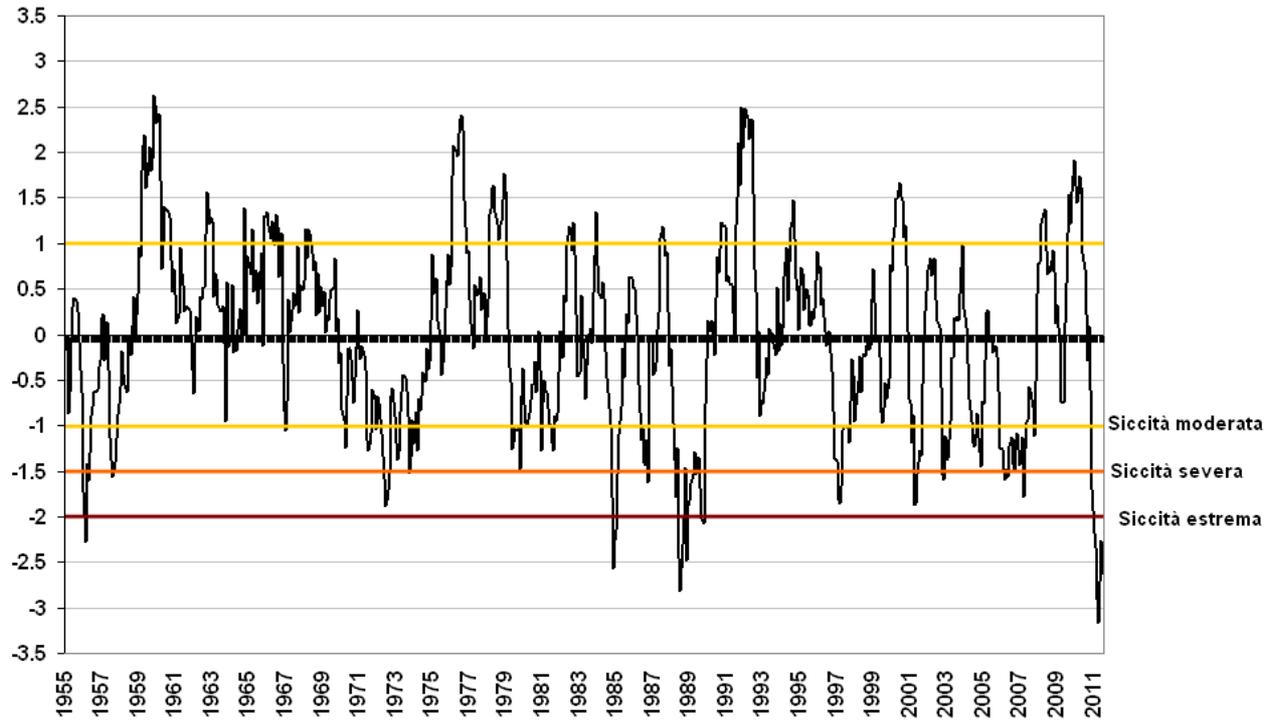
La gravità di tale evento è chiaramente evidente dai grafici di SPI a 12 mesi delle stazioni delle principali città toscane. In più di metà delle località questo risulta essere l'episodio siccitoso più intenso degli ultimi 57 anni, raggiungendo e superando abbondantemente il valore che identifica la siccità estrema (Figure 20-21-22-23-24).



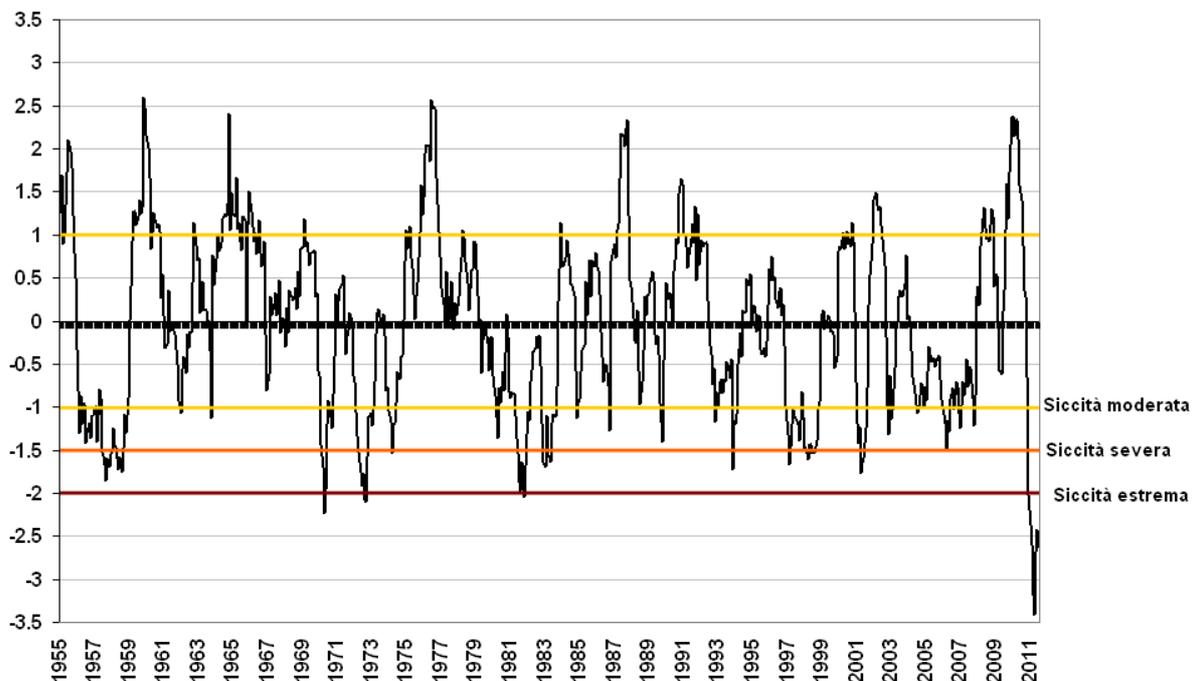
### SPI 12 - Livorno



### SPI 12 - Lucca



### SPI 12 - Pisa



### SPI 12 - Pistoia

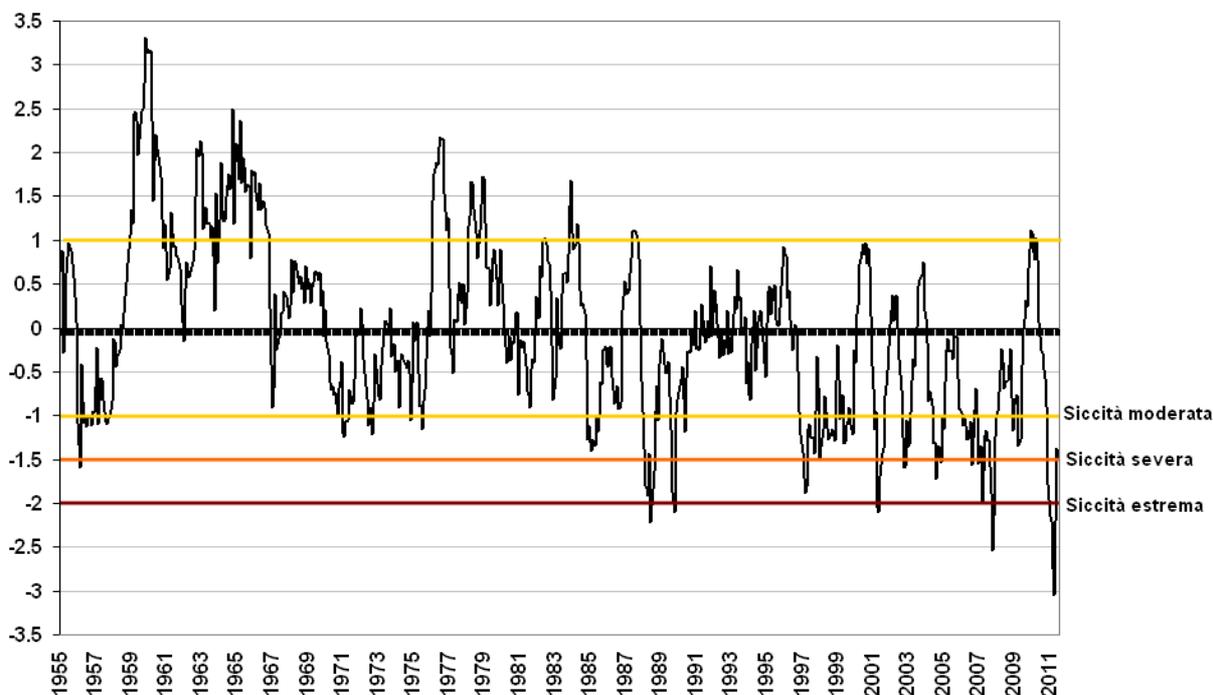


Figure 20-21-22-23-24 – Record storico di SPI a 12 mesi per 5 città toscane (Fonte: LaMMA, 2012; Dati: Aeronautica Militare, Centro Funzionale, ARSIA )

Anche altri indici derivati da immagini satellitari confermano la criticità in termini di risposta della vegetazione alla mancanza di acqua persistente da mesi.

Il VCI-Vegetation Condition Index, ad esempio, è un indice proxy (che descrive il comportamento di un determinato fenomeno non osservabile direttamente) delle condizioni di stress della vegetazione legato all'umidità (Kogan, 1995) che rappresenta una normalizzazione dell'NDVI-Normalized Difference Vegetation Index<sup>5</sup>, basata sui minimi e massimi valori di NDVI

<sup>5</sup> L'NDVI, calcolato da immagini satellitari multi spettrali, viene calcolato come differenza normalizzata fra la banda del rosso (R),

lungo una serie storica.

Il confronto dell'indice fra 2011 e 2012 per lo stesso periodo (25 Giugno-10 Luglio) mostra come la vegetazione, soprattutto quella forestale, risulti molto più stressata (valori inferiori a 50) nei 14 giorni del 2012 rispetto a quelli dell'anno precedente (Figure 25-26), ad ulteriore riprova che la scarsità delle piogge autunnali e invernali non è stata bilanciata dalle effimere precipitazioni di Aprile e Maggio.

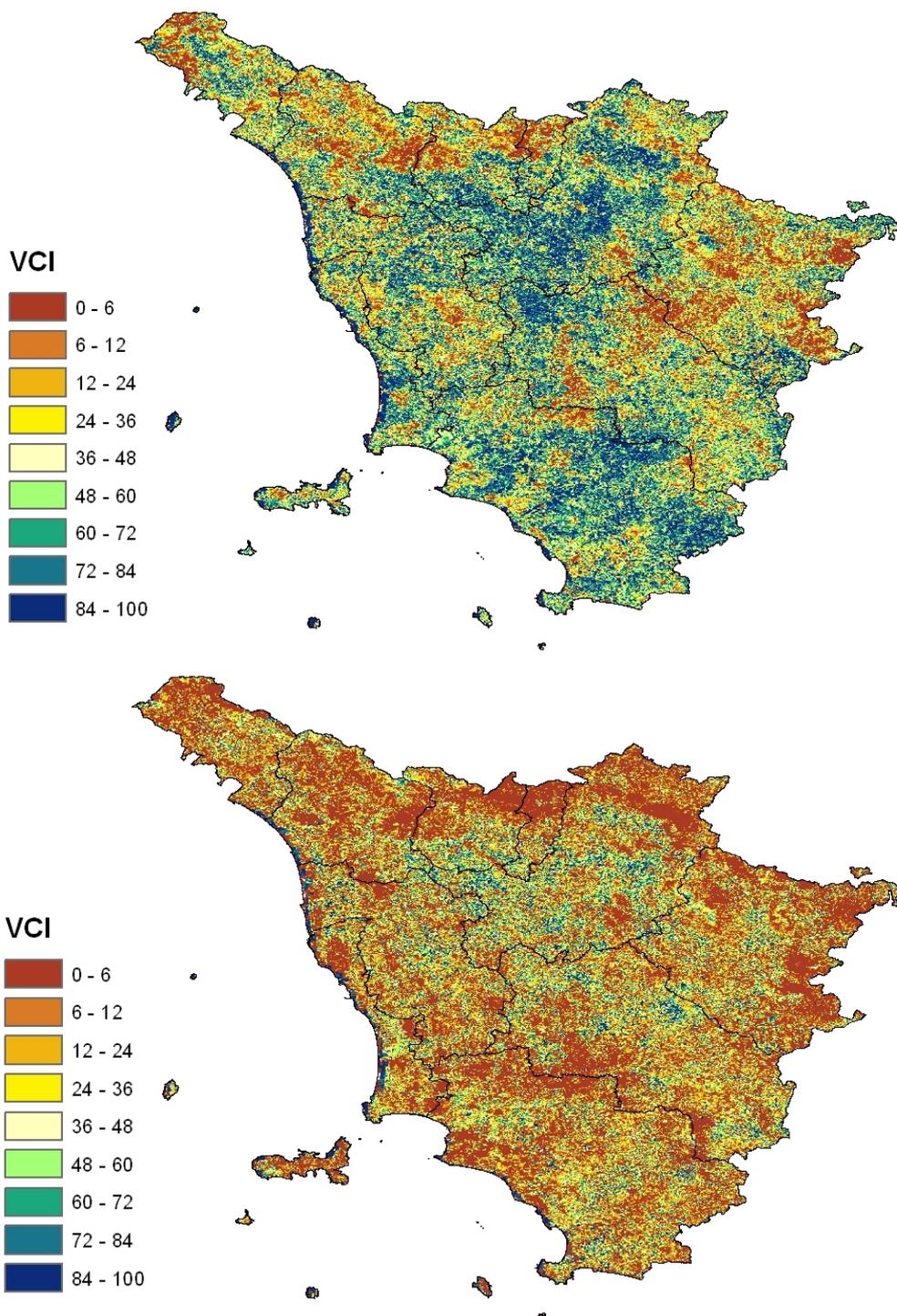


Figure 25-26 – Mappe di VCI-Vegetation Condition Index delle 2 settimane 25 Giugno-10 Luglio del 2011 (in alto) e 2012 (in basso).

## Aridità

Le conseguenze dell'intensificarsi degli episodi siccitosi sul territorio variano da zona a zona, a seconda delle loro caratteristiche climatiche intrinseche.

Aree che di per sé presentano un bilancio idrico negativo permanente, a livello annuale o stagionale, risultano più vulnerabili di altre normalmente non "aride".

Con il termine "aridità" si intende le aree caratterizzate da scarse precipitazioni ed elevata evapotraspirazione. Confrontando le mappe di aridità primaverile-estiva della Toscana del trentennio '61-'90 e del periodo successivo '91-'08 (Figg. 27-28) si nota un'espansione verso l'interno delle aree a carattere semiarido dovute al sinergico effetto dell'innalzamento delle temperature e della contrazione delle precipitazioni.

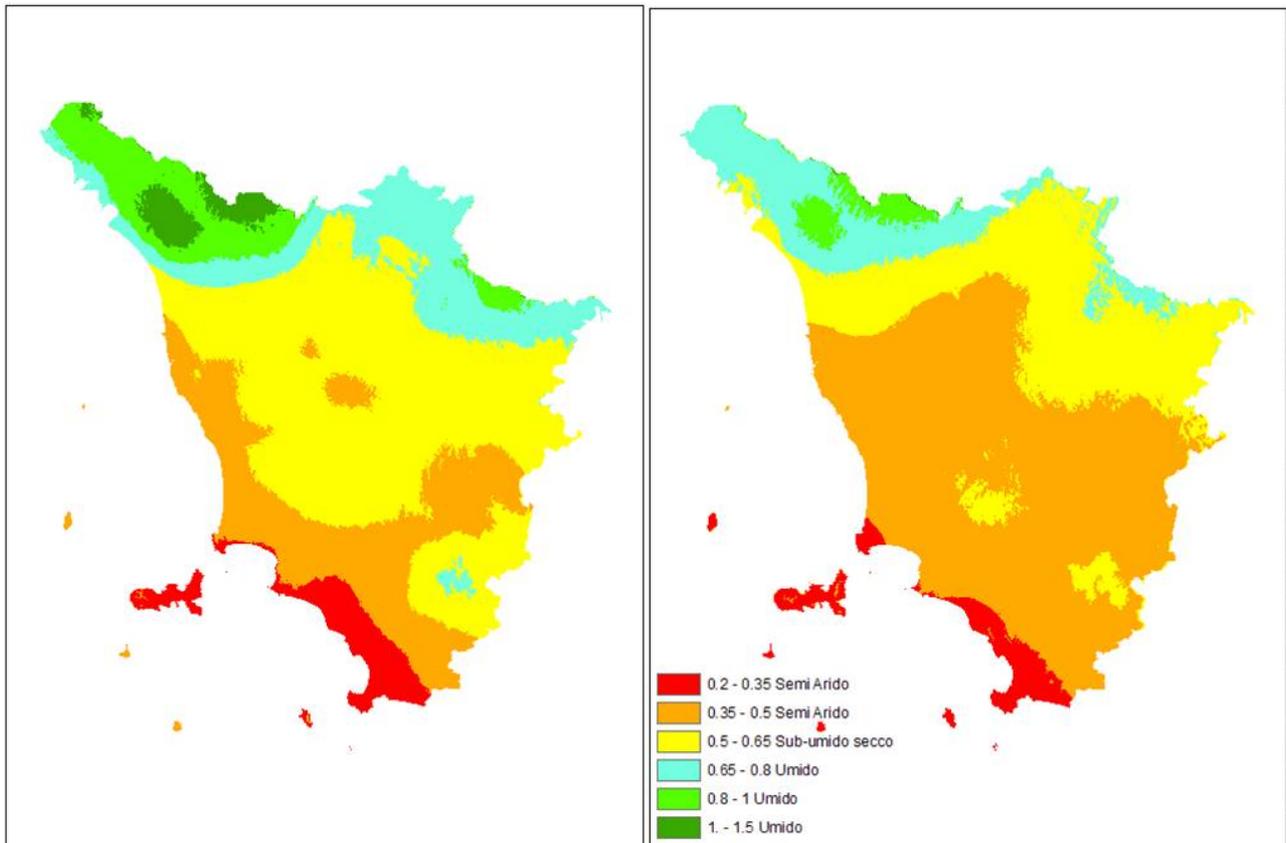


Figure. 27-28 – Indice di aridità primaverile-estivo del trentennio '61-'90 (a sinistra) e del periodo '91-'08 (a destra).

## Indice di Qualità del Clima

Volendo riassumere i due concetti climatici chiave di aridità e siccità, ottenendo non solo informazioni di tipo strutturale, ma anche congiunturale (di evoluzione temporale dei fenomeni), si può fare riferimento alla mappa del CQI-Indice di Qualità del Clima (LaMMA, 2010) che individua le aree più vulnerabili sotto l'aspetto climatico (Fig. 29).

I valori della mappa, riferita al 2008, vanno generalmente da 1 a 2, dove il primo indica situazioni di assenza di criticità, mentre il secondo situazioni di estrema criticità.

In Toscana non si raggiungono valori estremi, ma zone con una vulnerabilità medio-alta si possono individuare lungo la costa meridionale, la Val di Chiana, la porzione fra il medio e il basso bacino dell'Arno e le aree della Garfagnana e della Lucchesia.

In ognuna di queste zone gli impatti che un ulteriore inasprimento del clima può provocare sono diversi, perché diverse sono le attività antropiche prevalenti.

Dal punto di vista della criticità climatica tutte le zone con una colorazione dal giallo-arancio al rosso presentano un rischio più alto; in particolare si distinguono nettamente la costa pisana, l'area di Piombino, l'Elba, la costa settentrionale della provincia di Grosseto, l'estremo sud-est senese e soprattutto la parte del Valdarno superiore dove i valori dell'indice sono più alti.

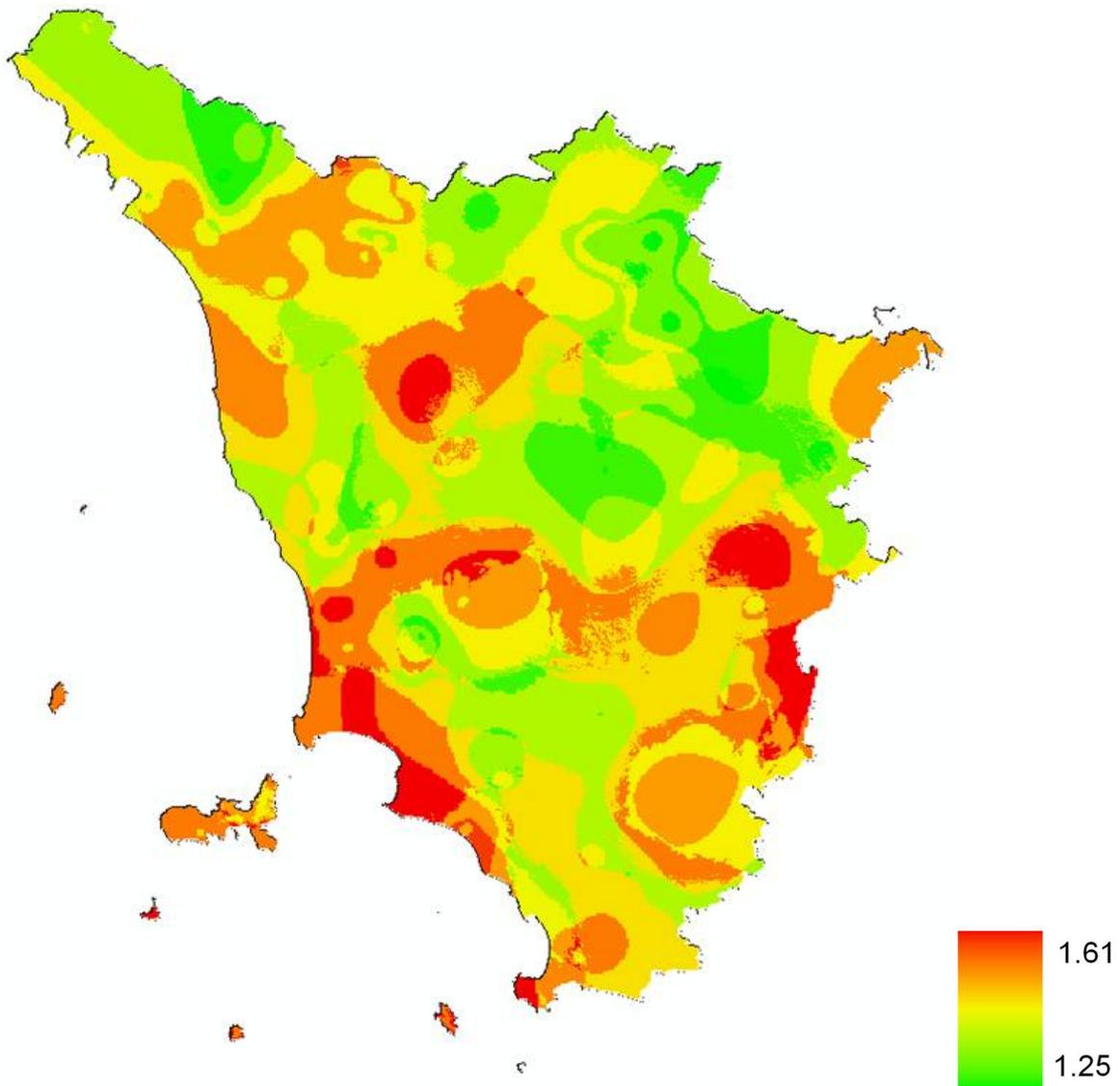


Figura 29- Mappa di qualità del clima: include analisi strutturale e congiunturale di aridità e siccità. (Fonte: LaMMA, 2010)

### Clima e vegetazione

La Toscana, con quasi 1 milione di ettari di superficie forestale pari a circa l'11% del territorio nazionale, è la seconda regione italiana per superficie boscata.

Gli ecosistemi forestali, avendo una distribuzione sul territorio relativamente stabile, sono degli indicatori ottimali degli effetti che i cambiamenti climatici possono avere sulla vegetazione, il cui ciclo di crescita, produttività, capacità di immagazzinare CO<sub>2</sub> dall'atmosfera dipendono dall'andamento meteorologico interannuale e intra-annuale. Le variazioni delle temperature e la distribuzione delle piogge, così come la maggiore occorrenza di eventi estremi incidono sullo sviluppo e lo stato di salute delle foreste e sulla capacità delle diverse specie di adattarsi ai cambiamenti delle condizioni meteorologiche. In conseguenza di tali cambiamenti del clima, vengono a modificarsi non solo le condizioni ambientali, ma anche gli obiettivi della gestione forestale, che, al contrario di quanto accadeva in passato, non si trova di fronte ad un quadro di condizioni ambientali "costanti", ma deve confrontarsi con eventi imprevedibili in uno scenario di incertezza e di rapido mutamento, non solo climatico, ma anche di habitat, di uso del suolo, di inquinamento, ecc. I segnali di cambiamento climatico evidenziano la necessità di una valutazione approfondita nella scelta delle specie e nelle tecniche di gestione, che permetta di mantenere la vitalità della copertura forestale e la continuità di tutte le funzioni.

Osservando l'andamento degli assorbimenti di CO<sub>2</sub> delle foreste toscane stimate attraverso l'elaborazione del modello BIOME-BGC (elaborazioni IBIMET-LaMMA), per il periodo 1996-2011 (Figura 30), si è in grado di desumere le annate in cui la vegetazione ha avuto una spiccata attività vegetativa, favorita da sufficiente disponibilità idrica e temperature non eccessivamente alte, e quelle in cui le piante hanno subito dei rallentamenti per condizioni meteorologiche sfavorevoli.

Questi comportamenti opposti, marcati negli anni 2003-2004 e 2010, sono il riflesso delle diverse condizioni meteorologiche sviluppatasi in tali periodi, condizioni che incidono pesantemente sull'attività vegetativa delle piante. Il 2003 è stato caratterizzato da scarse precipitazioni e temperature massime elevate che hanno avuto ripercussioni anche sull'anno successivo, mentre nel 2010 le abbondanti piogge e le temperature più basse hanno favorito un maggior assorbimento di carbonio.

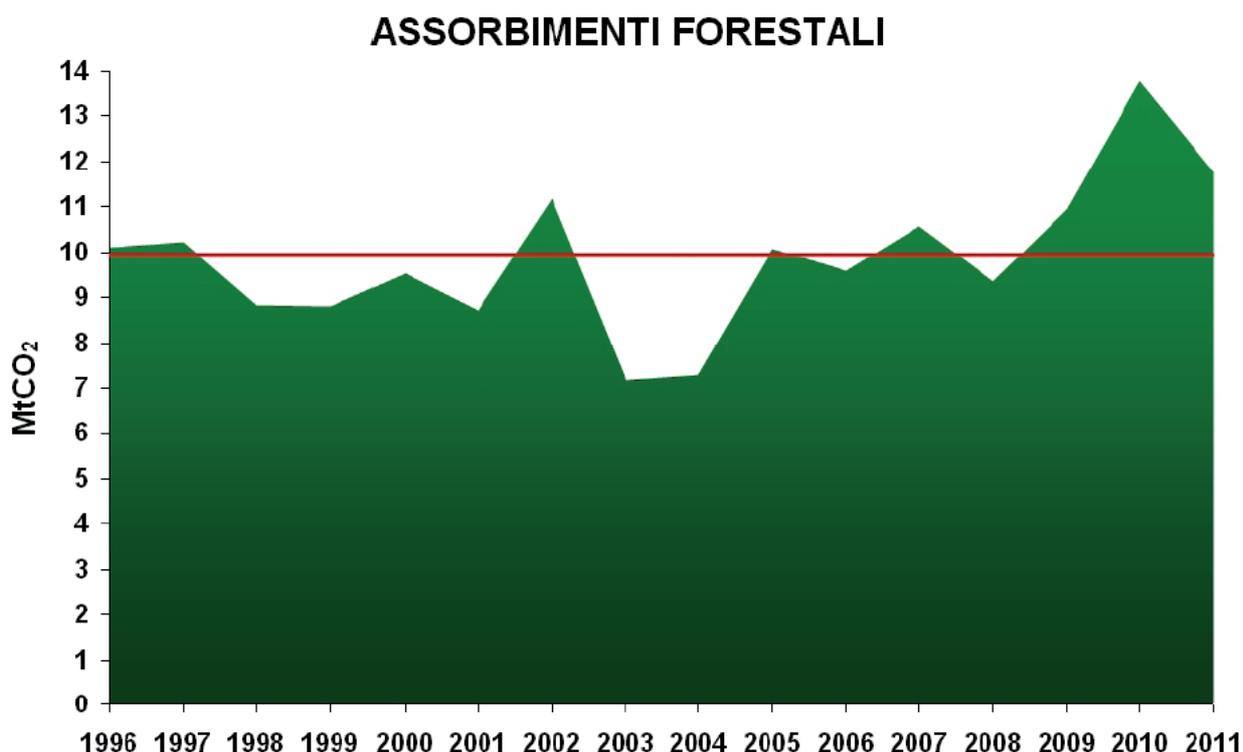


Figura 30 - NEE (scambio netto di CO<sub>2</sub> dell'ecosistema) delle foreste toscane stimato con il modello Biome-BGC per il periodo 1996-2011. (Fonte: IBIMET-LaMMA).

Analizzando i dati di assorbimento per le diverse tipologie forestali è possibile notare che la vegetazione reagisce in modo diverso agli stress climatici (Fig. 31).

Nel complesso le specie tipicamente mediterranee (tra cui leccio, pino, sughera le più diffuse, in verde e blu nel grafico) presentano una variabilità più bassa, in quanto adattate per loro natura a vivere in climi che possono diventare ostili.

Le altre classi, più di quota o caratteristiche di aree con temperature più miti, hanno oscillazioni interannuali molto più marcate, risentendo maggiormente di eventi estremi a cui non sono abituate.

### Andamento annuale NEE per tipologia forestale

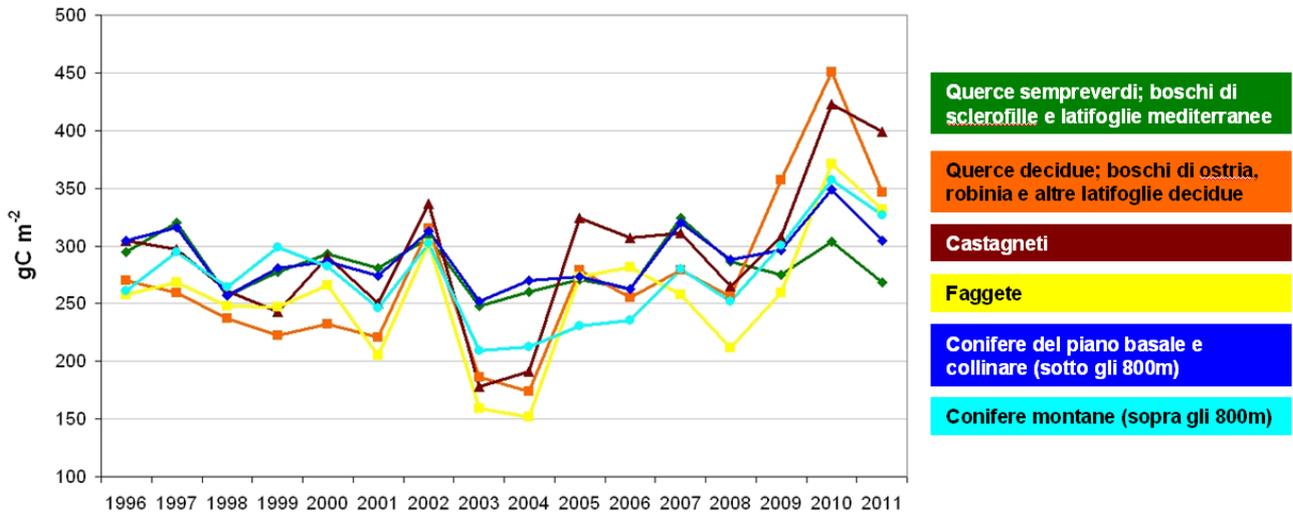


Figura 31 - NEE (scambio netto di CO<sub>2</sub> dell'ecosistema) annuale delle foreste toscane per classe forestale - periodo 1996-2011 (Fonte: IBIMET-LaMMA).

Inoltre eventi estremi particolarmente forti possono addirittura far sì che le foreste diventino da assorbitori naturali ad emettitori di CO<sub>2</sub>. Durante l'ondata di calore del Luglio 2006, per esempio, il bosco di Lecceto, presso Siena, ha emesso 18 gCm<sup>-2</sup>, mentre, dal confronto con i mesi precedenti e successivi, sarebbe dovuto essere un assorbitore di circa 47 gCm<sup>-2</sup>. Al netto, quindi, il solo mese di luglio è costato, in termini di carbonio non assorbito/emesso, circa 65 gCm<sup>-2</sup>.

Considerando che boschi a prevalenza di leccio e/o sughera coprono in toscana 121,782 ha. (dati IFT-Inventario Forestale Toscano) ne consegue che l'emissione netta di questa tipologia forestale nel mese di Luglio 2006 è stata di 294,107 tCO<sub>2</sub>, ovvero circa 5 volte l'emissione dovuta all'aumento dei consumi elettrici per gli impianti di condizionamento nello stesso periodo, in tutta la Toscana (Genesis et al., 2007).

### Desertificazione

Nell'ottica di una migliore comprensione delle problematiche locali e di programmazione delle priorità d'intervento delle misure di mitigazione e adattamento ai cambiamenti climatici e lotta alla desertificazione, l'analisi climatica diventa una porzione importante di una più ampia visione territoriale in cui l'uomo e le sue attività sono attori determinanti.

La carta di sensibilità alla desertificazione della Toscana (Figura 32) prodotta per la realizzazione del PAL - Programma di Azione Locale di lotta alla siccità e alla desertificazione (IBIMET-CNR, 2004; LaMMA, 2010) racchiude, nella sua metodologia e definizione, il senso di questo approccio integrato che permette l'incrocio di tematismi diversi in grado di dare sia una visione più completa del territorio che andare a sondare nei dettagli le singole vulnerabilità e criticità, di origine naturale e antropica. La Val di Chiana e il medio-basso bacino dell'Arno, ad esempio, presentano entrambi alti valori di sensibilità, ma per la prima sono da imputare soprattutto ad una vulnerabilità climatica più alta ed una gestione territoriale spinta, mentre per la seconda un fattore importante è dato dalla pressione antropica; la pianificazione e le scelte politiche, quindi, dovranno necessariamente tenerne conto e potranno essere più mirate.

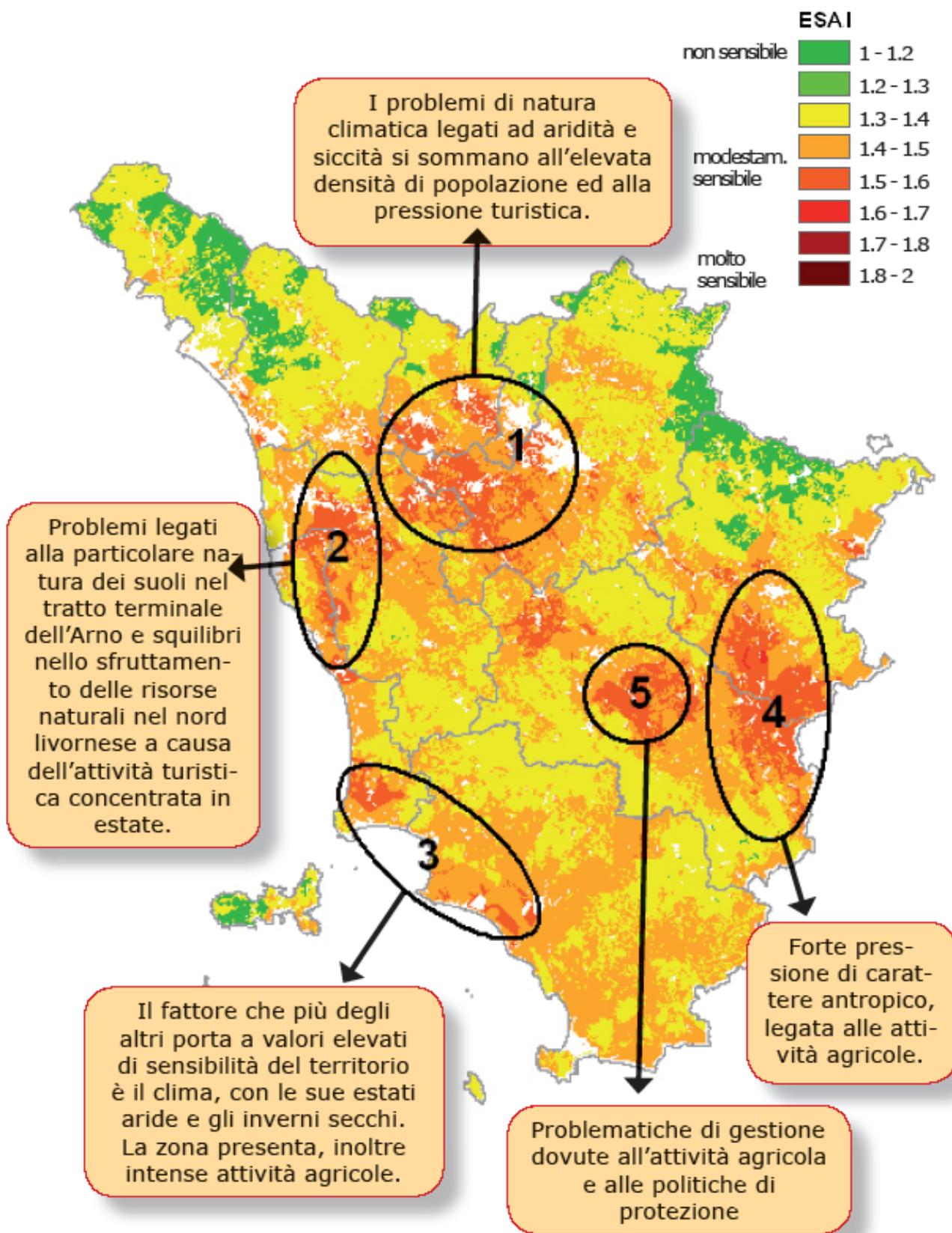


Figura 32 – Carta di sensibilità alla desertificazione ESAI-Environmental Sensitive Area Index. (Fonte: LaMMA, 2010).

## SCENARI FUTURI

Se l'analisi delle serie storiche permette di evidenziare la presenza di trend climatici e quindi di cambiamenti del passato e del presente, l'utilizzo di modelli climatici che simulano i trend di serie future possono permettere di effettuare delle ipotesi sui possibili impatti sul territorio delle variazioni climatiche ipotizzate.

Questi modelli, validati confrontando simulazioni del clima passato con le serie di dati osservati, sono utilizzati in funzione di una serie di possibili scenari futuri, di cui il più noto è lo SRES (Special Report on Emission Scenarios) elaborato dall'IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), che ipotizzano le concentrazioni dei gas serra in base a diverse ipotesi di sviluppo socio-economico (priorità economica o ambientale, intensificazione delle politiche globali o locali).

Gli scenari finora adottati per valutare gli eventuali impatti dei cambiamenti climatici si sono spinti fino a fine secolo. Attualmente, tuttavia, si sta lavorando a nuovi scenari, non ancora pubblicati, che puntano maggiormente a definire ipotesi di variazioni climatiche relative ai prossimi decenni a noi più vicini, in quanto anche per i policymakers e gli altri stakeholders è più stringente sapere cosa succederà a breve e medio termine per poter predisporre dei piani o delle azioni di adattamento e mitigazione efficaci.

Il progetto CLARINO (Cambiamenti climatici e impatto sul sistema Agricolo-forestale toscano), promosso da ARSIA e coordinato dalla Fondazione per il Clima e la Sostenibilità ha prodotto diversi risultati di cui se ne riportano i più rilevanti sia riguardo all'evoluzione del clima prospettata per la regione toscana che i principali impatti sul territorio e sull'ecosistema agrario.

Come modelli di simulazione climatica sono stati considerati quello canadese del Canadian Centre for Climate Modelling and Analysis (CCCma) e quello europeo l'HADCM3 dell'Hadley Centre del British MetOffice; per ognuno di essi sono stati scelti due scenari intermedi di emissione dei gas serra basati sul documento SRES – Special Report Emission Scenario – dell'International Panel of Climate Change (IPCC), A2 e B2 che prevedono rispettivamente emissioni medio-alte ed emissioni medio-basse.

La banca dati climatica e topografica è stata utilizzata come base per la simulazione dei principali parametri meteorologici (temperatura minima e massima, pioggia e radiazione), a scala giornaliera, nel periodo compreso tra il 1975 e il 2100.

Si riportano di seguito i risultati di 5 indici climatici ottenuti sulla stazione di Albegna per lo scenario A2, per il periodo 2006-2036, ritenuti riepilogativi dei potenziali impatti in agricoltura.

- **WET DAYS:** Giorni con precipitazione giornaliera > 1 mm  
Modello CCCma: la tendenza è di un aumento in primavera più consistente, mentre nelle altre stagioni le variazioni sono minime.  
Modello HADCM3: la tendenza è di un aumento, anche se meno consistente dell'altro modello, in primavera ed una riduzione in estate.
- **HEAVY PRECIPITATION:** Giorni con precipitazione giornaliera > 10 mm  
In entrambe i modelli non vengono evidenziate variazioni di rilievo.
- **VERY HEAVY PRECIPITATION:** Giorni con precipitazione giornaliera > 20 mm  
Modello CCCma: c'è un segnale di riduzione in autunno.  
Modello HADCM3: c'è una tendenza all'aumento in primavera e autunno.  
Nonostante i risultati siano opposti, va sottolineato che la discrepanza fra i due modelli è minima, trattandosi di variazioni comprese in 1 giorno.
- **FROST:** Giorni con temperatura minima giornaliera < 0°C

Il riscaldamento invernale è evidente in entrambi i modelli, in cui si registra un forte scarto fra il numero di giorni di gelo (fino a 6/7 giorni nella stagione fredda), pari a circa il 25% di scarto fra il periodo attuale e il periodo 2006-2036.

- **SUMMER:** Giorni con temperatura massima giornaliera > 30°C  
Entrambi i modelli confermano un aumento dei giorni con temperature superiori a 30°C per la stagione estiva, più marcato per il Modello HADCM3, dove l'incremento è superiore al 20%.  
Per questa stazione i risultati, che possono essere considerati rappresentativi per il territorio costiero toscano, forniscono i primi indizi di segnale di cambiamento climatico.

A livello regionale, invece, i modelli hanno evidenziato, per il periodo 2006-2036, un generale aumento delle temperature pari a 1,5°C, con valori di 1°C per i mesi invernali Dicembre-Gennaio-Febbraio e 1,5°C per l'estate (Giugno-Luglio-Agosto).

A temperature più alte corrisponderebbe un maggiore potenziale di acqua precipitabile, che però non si traduce necessariamente in piogge più abbondanti, bensì è più probabilmente legato alla modifica dei regimi stagionali e della distribuzione degli estremi che tenderebbero a subire un incremento. A livello di differenti scenari, ovviamente, l'A2 fornisce aumenti maggiori di temperatura rispetto al B2, più conservativo.

Per quanto riguarda le precipitazioni gli scenari danno indicazioni divergenti, soprattutto in inverno quando lo scenario A2 mostra un maggior rischio di aridità in pianura e bassa collina, mentre per quote maggiori un aumento delle piogge. Più a lungo termine lo scenario B2 segnala una riduzione in primavera, cosa che potrebbe avere un impatto maggiore sull'agricoltura.

#### IMPATTI:

##### Risorsa suolo e acqua

Per la valutazione degli impatti delle variazioni previste sulle risorse idriche sono state fatte due simulazioni sull'area test del bacino dell'Ombrone relative all'erosione del suolo ed alla disponibilità della risorsa idrica del periodo 2040-2069 rispetto al trentennio di riferimento 1961-1990. I risultati danno delle indicazioni diverse a seconda della stagione.

Per quanto riguarda l'erosione i dati di pioggia usati si basano sullo scenario A2. Una riduzione complessiva della precipitazione non corrisponde necessariamente ad una riduzione di suolo, dipende da come questa pioggia si distribuisce. Infatti i mesi di Dicembre e Marzo, rappresentativi delle stagioni più piovose, risultano essere quelli in cui è previsto un aumento della superficie territoriale soggetta a rischio erosione elevato, mentre in estate tale superficie diminuisce a favore di quelle con classi ad erosione bassa o assente (Tabella 1).

Tabella 1 - Percentuali di rischio di perdita di suolo per classi di erosione (rispetto alla superficie totale)

Classe	Periodo di riferimento 1960-1990					Scenario 2050				
	Marzo	Luglio	Ottobre	Dicembre	TOT	Marzo	Luglio	Ottobre	Dicembre	TOT
0 - 0.1	62.1%	67.4%	66.6%	63.1%	64.8%	61.1%	69.0%	66.9%	61.3%	64.6%
0.1 - 0.25	7.5%	3.9%	3.8%	6.5%	5.4%	6.5%	5.0%	4.0%	5.2%	5.2%
0.25 - 1	17.7%	11.9%	9.3%	16.6%	13.9%	17.3%	14.7%	9.6%	14.9%	14.1%
1 - 5	11.4%	15.2%	15.0%	12.7%	13.6%	13.3%	11.0%	14.9%	16.2%	13.8%
5 - 10	1.0%	1.6%	3.8%	0.9%	1.8%	1.5%	0.4%	3.4%	2.0%	1.8%
> 10	0.2%	0.1%	1.5%	0.1%	0.5%	0.4%	0.0%	1.2%	0.5%	0.5%

Anche le simulazioni relative alla risorsa idrica evidenziano una forte diminuzione in estate, ma soprattutto inverno (Dicembre e Gennaio), stagione critica per la ricarica delle falde insieme all'autunno. A Marzo e Aprile, invece, la disponibilità sembra aumentare a causa dell'incremento delle piogge previsto dallo scenario climatico. Di seguito sono riportate le mappe di scostamento percentuale delle portate previste per alcuni mesi per il periodo 2040-2069 rispetto al 1961-1990 (Figura 33).

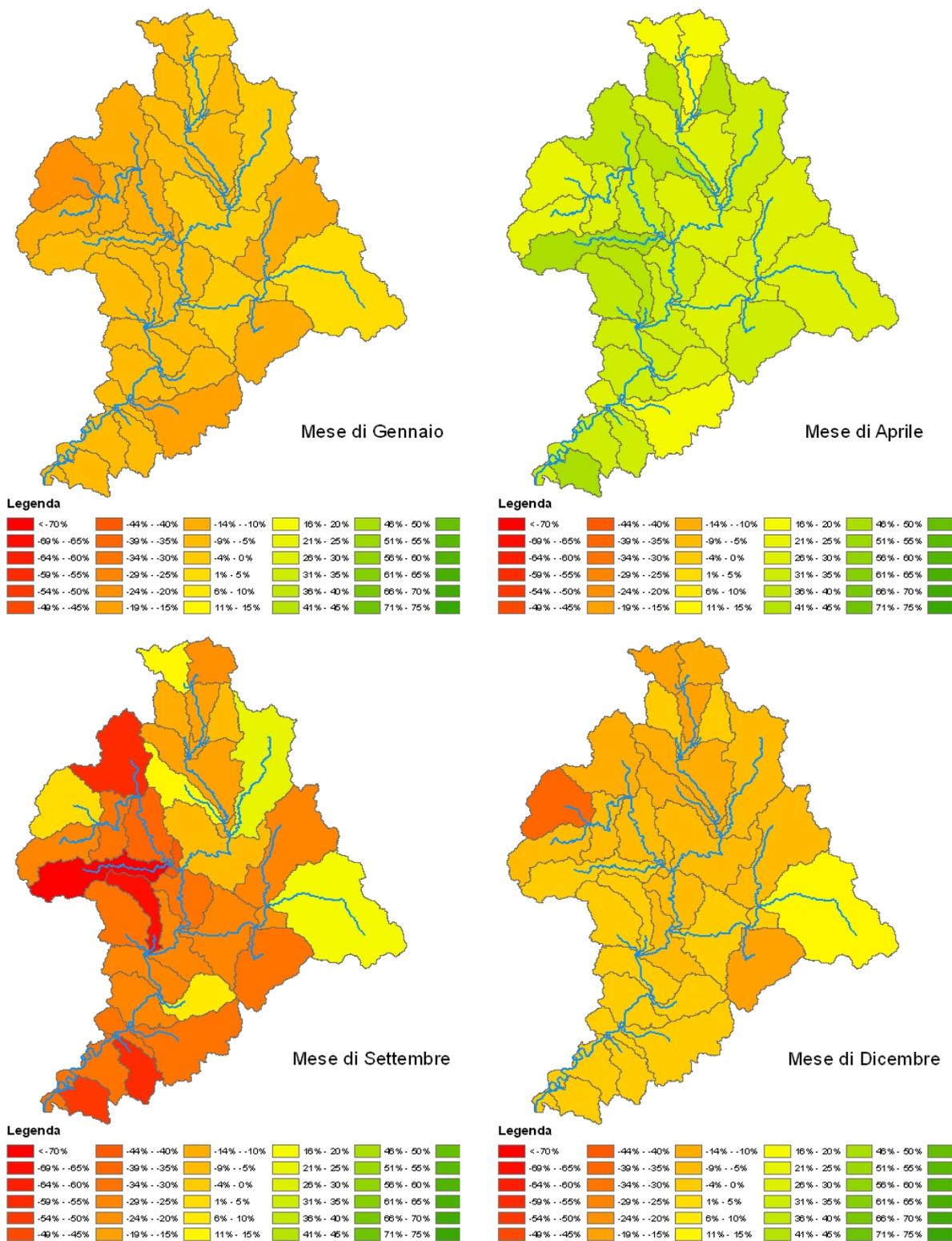


Figura 33 – Scostamento percentuale delle portate previste per alcuni mesi per il periodo 2040-2069 rispetto al periodo di riferimento 1961-1990.

Le simulazioni effettuate sul parametro umidità del suolo mostrano una netta diminuzione nei mesi tardo-primaverili (fino al 40% a Maggio) e nei mesi di Agosto e Settembre (fino al 30%), a causa dell'aumento delle temperature previste dallo scenario climatico.

### Colture agrarie

Per quanto riguarda il settore agricolo gli scenari sono stati applicati a livello regionale a tre modelli di simulazione di 3 colture che maggiormente caratterizzano l'agro-ecosistema toscano: vite, olivo e frumento duro. Le simulazioni sono state fatte lungo tutto il periodo degli scenari, ovvero fino al 2099.

I parametri delle colture che possono risentire dell'aumento delle temperature e della frequenza degli eventi estremi sono la lunghezza del ciclo vegetativo e delle sue fasi le rese e la qualità della produzione.

### Vite

L'aumento delle temperature risulta avere come diretta conseguenza un anticipo delle fasi fenologiche, soprattutto alle quote di produzione maggiori. Man mano che si va avanti con gli anni nella simulazione, inoltre, la lunghezza del ciclo di sviluppo si riduce. Gli stress termici durante la fase di maturazione subiscono un incremento col tempo. Le zone di coltivazione si espandono verso aree attualmente non idonee; le rese in generale hanno una flessione e nelle pianure sono favoriti vitigni a più alta gradazione alcolica. La viticoltura di qualità si sposta verso quote maggiori.

### Olivo

Grazie ai dati di temperature più elevate e scarse precipitazioni, il modello di simulazione dell'olivo ha messo in evidenza una probabile graduale riduzione delle rese, limitata nel prossimo futuro, ma via via crescente verso fine secolo.

Infatti, vista la dipendenza del ciclo vegetativo dell'olivo con le temperature, un incremento di tale parametro causa un anticipo delle fasi di schiusura delle gemme, fioritura e viraggio della drupa e quindi una sostanziale riduzione del periodo fra fioritura e raccolta. Inoltre, mentre le temperature e le piogge invernali sono legate positivamente alla resa, le variabili registrate in primavera hanno un impatto opposto; in particolare, il progressivo incremento della temperatura primaverile sembra essere il parametro che maggiormente influenza la diminuzione di resa osservata nei periodi futuri.

### Frumento duro

Anche nel caso del frumento l'influenza maggiore sull'anticipo delle fasi fenologiche e sulla riduzione del ciclo vegetativo è dovuta all'aumento delle temperature.

Gli impatti dei cambiamenti climatici previsti sul frumento duro, tuttavia, sono meno evidenti rispetto alle due colture precedenti, per via del caratteristico ciclo autunno-primaverile di questa coltura, che le permette di evitare lo stress termico ed idrico estivo, limitando le contrazioni delle rese, almeno nei decenni futuri a noi più vicini.

La contrazione delle rese, infatti, è limitata fino al 2067, per poi aumentare fino al 20% in media entro fine secolo.

### Fitopatogeni

Il cambiamento climatico può avere dei risvolti positivi e negativi anche per quanto riguarda la diffusione di patogeni vegetali.

Il progressivo riscaldamento previsto, infatti, potrebbe portare ad una maggior localizzazione di alcuni agenti fungini vettori di malattie, così come l'accorciamento del periodo di sporulazione dei patogeni. Al contrario, insetti termofili potrebbero essere avvantaggiati dall'aumento delle

temperature stagionali in quanto potrebbero aumentare il numero di generazioni annuali, intensificando la pressione sull'ecosistema.

## Bibliografia

- Byun HR., Wilhite D. A. (1999). Objective Quantification of Drought Severity and Duration. *Journal of Climate*. 12, 2747-2756.
- Genesio L., Vaccari F.P., Miglietta F., Magno R., Toscano P. (2007). Ondata di calore 2006 in Toscana: il circolo vizioso dell'effetto serra. In: *Clima e Cambiamenti Climatici - le attività di ricerca del CNR*. pp. 789-792. ISBN 978-88-8080-075-0.
- IBIMET-CNR, (2004), - Progetto DESERTNET – Programma INTERREG III B – MEDOCC, Asse 4 Misura 4. Relazione finale: "Integrazione dei dati climatici, telerilevati e socio-economici per la definizione di indicatori di vulnerabilità alla desertificazione".
- Kogan, F. N. (1995). Application of vegetation index and brightness temperature for drought detection. *Advances in Space Research*. 15, 91-100.
- LaMMA (2010). PAL - Programma di Azione Locale di lotta alla siccità e alla desertificazione.
- McKee T.B., Doesken N. J., Kliest J. (1993). The relationship of drought frequency and duration to time scales. In *Proceedings of the 8th Conference of Applied Climatology*, 17-22 January, Anaheim, CA. American Meteorological Society, Boston, MA. 179-184.
- Sanders F., Gyakum J. (1980). Synoptic-Dynamic Climatology of the "Bomb". *Mon. Wea. Rev.* 108, 1589-1606.

# LO STATO DELLE RISORSE IDRICHE IN TOSCANA; ANALISI DELLE SERIE STORICHE

## LA FONTE DEI DATI

Il Servizio Idrologico Regionale gestisce la rete di monitoraggio meteo-idrologico, freaticometrico e meteo-marino regionale che risulta essere una delle reti più consistenti a livello nazionale, essendo costituita da circa 500 stazioni (con più di 800 sensori), in prevalenza automatiche con registrazione dei dati in continuo (450 pluviometri, 120 idrometri, 80 termometri, 100 freaticometri, 2 boe ondometriche e 2 correntometri). Attraverso l'elaborazione dei dati provenienti da tale rete è possibile quantificare e monitorare l'andamento nel tempo della risorsa idrica (afflussi meteorici, livello dei fiumi, livello degli corpi idrici sotterranei, temperatura dell'aria, umidità, etc.) con elevato grado di affidabilità, sia in termini di previsioni che di monitoraggio in caso di eventi estremi, oltre a costituire il necessario supporto al quadro conoscitivo per gli atti di programmazione e pianificazione a scala regionale e di bacino idrografico.

Il recente sforzo profuso dal SIR, consistente in un lungo lavoro di calibrazione, controllo e validazione dei dati acquisiti (in tempo reale e pregressi previa digitalizzazione), ha permesso di disporre in formato digitale delle serie storiche complete di dati idro-meteorologici (fino a ricostruire serie anche centennali); grazie ad una serie di complesse attività informatiche di archiviazione e gestione dei database ed alla realizzazione di un apposito portale internet ([www.sir.toscana.it](http://www.sir.toscana.it)) tali dati sono pubblicati e resi disponibili ovvero consultabili e scaricabili da tutti i soggetti interessati sia in forma disagreggata che sotto forma di grafici e elaborazioni statistiche.

Le valutazioni ed elaborazioni dei dati atte all'individuazione di eventuali trend evolutivi, statistiche e analisi reportistiche assumono maggiore importanza alla luce degli ultimi eventi estremi di piene straordinarie e periodi di siccità, come supporto tecnico al decisore.

In relazione all'attuale situazione di siccità il SIR oltre al report mensile pluviometrico, ha predisposto una serie di ulteriori prodotti utili a fornire indicazioni sullo stato della risorsa idrica in termini di deflussi superficiali e di livelli di soggiacenza dei corpi idrici sotterranei.

Attualmente sono disponibili sulla HomePage della Regione Toscana e sul sito del SIR [www.sir.toscana.it](http://www.sir.toscana.it) report sull'andamento mensile e settimanale delle precipitazioni, delle portate nei principali corsi d'acqua e dei livelli freaticometrici dei corpi idrici sotterranei rispetto al quindicennio precedente al fine di valutare la criticità dell'evento in corso. I trend evolutivi sono rappresentati e sintetizzati mediante mappe, tabelle e grafici (variazioni rispetto alle medie, massimi e minimi storici) e elaborazione di Indici specifici relativi alla siccità.

Di seguito sono rappresentate elaborazioni dei dati storici pluviometrici a scala regionale e dei dati di portata e dei livelli piezometrici di punti di monitoraggio particolarmente significativi.

## ANALISI DELLE SERIE STORICHE DI DATI

### ELABORAZIONE DEI DATI STORICI PLUVIOMETRICI

L'analisi delle precipitazioni è stata condotta su 14 stazioni distribuite in maniera omogenea sul territorio regionale; tali stazioni (fig. 1) sono state individuate in base alla maggiore disponibilità di dati in termini di lunghezza e di consistenza della serie storica previa valutazione della possibilità di correlare i dati registrati dalla stazione meccanica con quelli della stazione automatica limitrofa (cfr. DGRT N. 857/2010) per garantire la continuità delle osservazioni pluviometriche fino ai giorni nostri.

### Analisi statistica dei dati



Classe	Pioggia (mm)
C1	< 1 mm
C2	da 1 a 10 mm
C3	da 10,1 a 20 mm
C4	da 20,1 a 30 mm
C5	da 30,1 a 40 mm
C6	da 40,1 a 50 mm
C7	> 50 mm

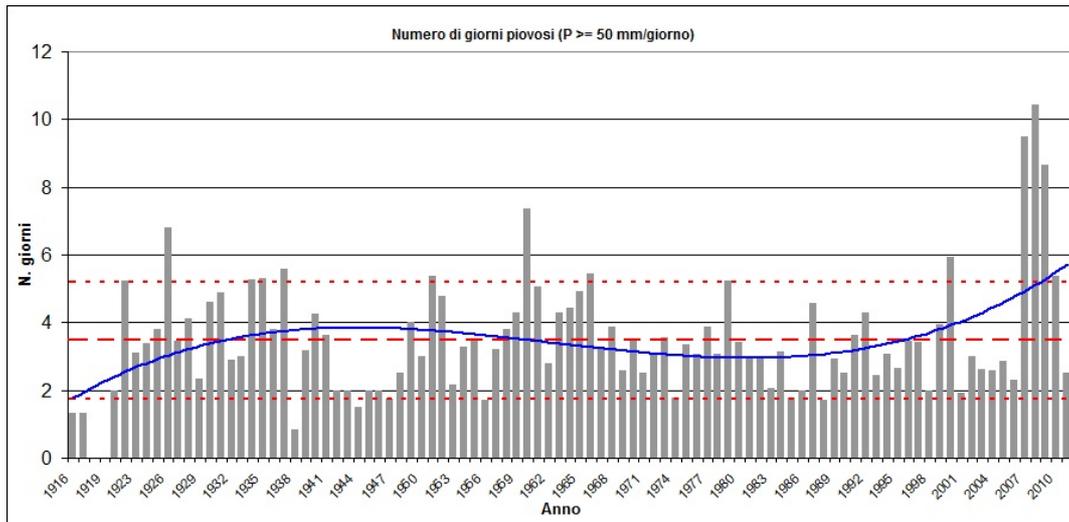


Figura 3 – Numero medio di giorni di pioggia (con P >= 50 mm/giorno)

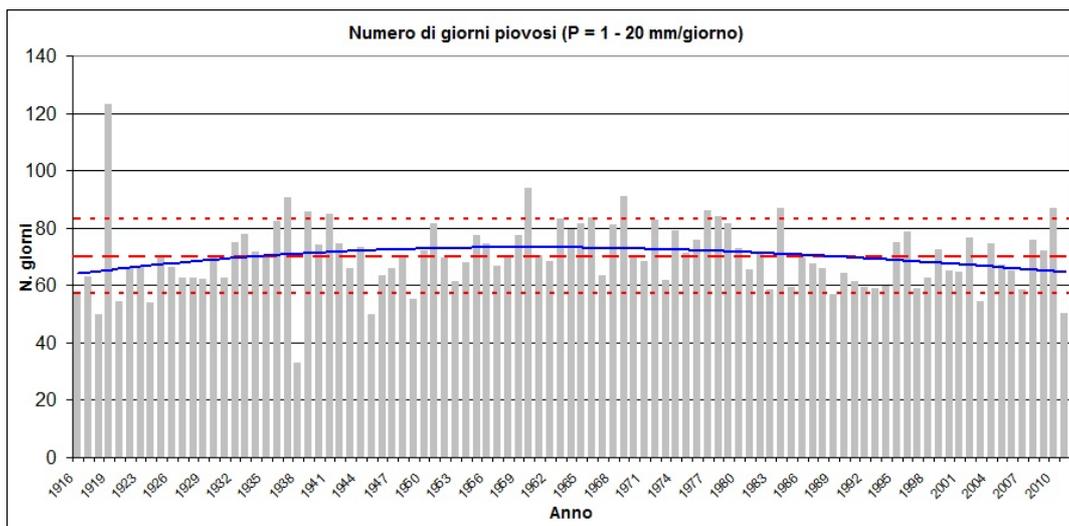


Figura 4 – Numero medio di giorni di pioggia (con 1 < P <= 20 mm/giorno).

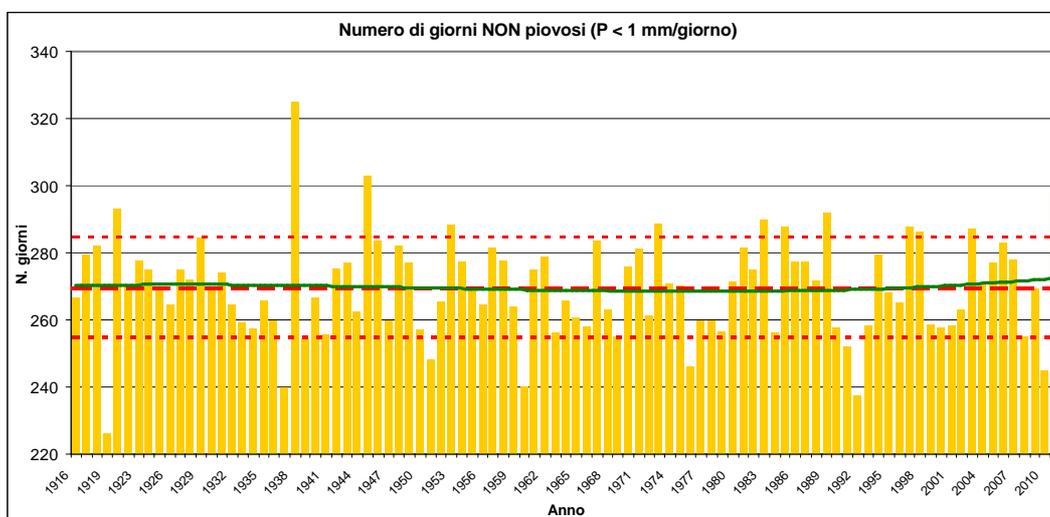


Figura 5 – Numero medio di giorni di pioggia (con  $P \leq 1$  mm/giorno)

## Analisi dei risultati

Le elaborazioni condotte su una lunga serie di dati osservati e rappresentate in forma grafica hanno evidenziato una generale tendenza negativa degli apporti meteorici (si veda fig. 2), su base regionale, nel periodo storico analizzato (1916-2011). Se da un lato assistiamo, dunque, ad una riduzione degli afflussi meteorici, appare interessante notare come sia notevolmente mutato il carattere delle piogge. In particolare, si rileva un sostanziale aumento dei giorni caratterizzati da forti intensità di pioggia ( $P \geq 50$  mm/giorno) (si veda fig. 3), mentre il numero di giorni contraddistinti dalle piogge medie cosiddette "efficaci" ( $1 < P \leq 20$  mm/giorno) stanno diminuendo nel corso degli ultimi anni (si veda fig. 4) con contestuale aumento del numero dei giorni non piovosi (linea verde di fig. 5). Le variazioni della tipologia di pioggia caduta è messa ancor più in evidenza nel grafico di figura 6 che segue, dove l'intero periodo di analisi è stato sezionato in tre sotto-intervalli (1916-1960, 1961-1990 e 1991-2011); infatti, nella parte centrale del su menzionato grafico (anni 1961-1990) si nota una tendenza negativa del numero di giorni con piogge intense ( $P \geq 50$  mm/giorno), mentre si indica un ancora più marcato trend positivo nel periodo successivo (anni 1991-2011). Ciò sta a significare che il numero di giorni caratterizzati da piogge oltre i 50mm/giorno sta aumentando, così come è in aumento il contributo della pioggia caduta durante questi giorni rispetto al cumulato annuo totale.

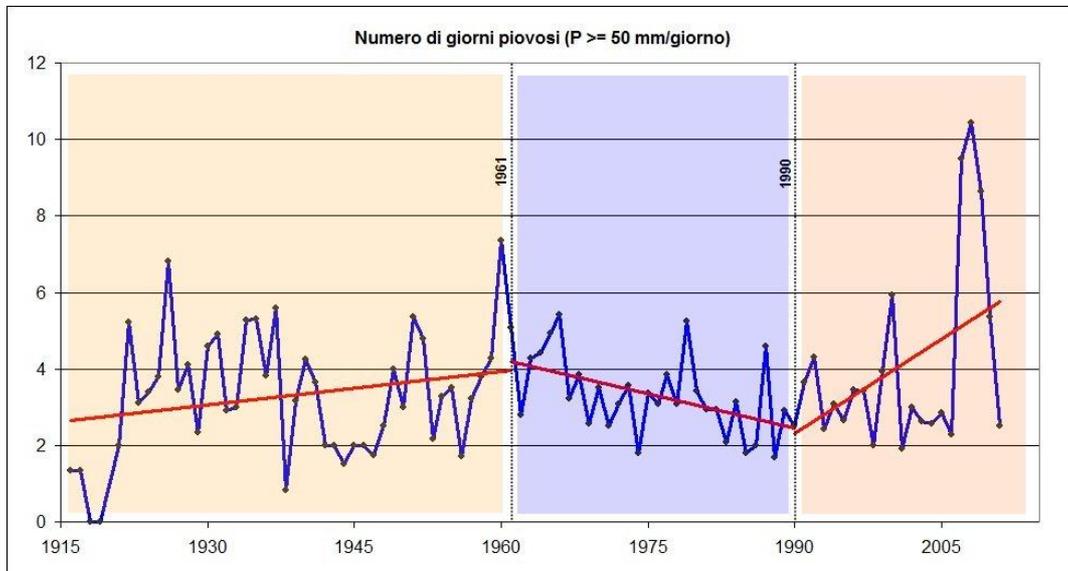


Figura 6 – Numero medio di giorni di pioggia (con  $P \geq 50$  mm/giorno) suddiviso per periodi: 1916-1960, 1961-1990 e 1991-2011.

## ELABORAZIONE DEI DATI STORICI DI PORTATA

Per la valutazione dell'andamento nel tempo delle portate liquide è necessario individuare stazioni in cui siano disponibili serie storiche lunghe e che siano caratterizzate da deflussi naturali. La sezione con tali caratteristiche, e quindi, rappresentativa per il bacino del fiume Arno è quella di Subbiano (posizionata nel comune di Capolona, Prov. di Arezzo) nel Casentino, sezioni storicamente monitorata (dapprima dall'Idrografico e Mareografico di Pisa e attualmente dal Servizio Idrologico Regionale) e caratterizzata da bassi interventi antropici e deflussi naturali (le portate delle stazioni posizionate a valle degli invasi non possono essere confrontabili in quanto condizionate dagli scarichi regolati dai gestori).

La serie storica per la quale è possibile rappresentare con continuità l'andamento dei dati è quella che parte dal 1970 ed arriva ad oggi e mostra una generale diminuzione delle portate medie mensili, accentuata a partire dagli anni 2000 e progressivamente confermata anche negli ultimi anni (si veda fig.7). Si passa, infatti, da portate medie di circa 16 mc/s nel decennio dal 1970 al 1979, a circa 10,5 mc/s nel decennio dal 2000 al 2009. Quanto sopra risulta perfettamente in linea con quanto già descritto in relazione agli afflussi che evidenziano un trend decrescente.

Anche i dati disponibili solo in forma aggregata di media dei periodi dal 1930 al 1942 e dal 1949 al 1969 (fonte: Annale Idrologico 1970), non riportati nei grafici seguenti, confermano la netta diminuzione delle portate medie del periodo recente che, nel periodo su citato, si attestavano su circa 19 mc/s, circa l'80% in più delle portate medie negli ultimi 10 anni (10.4 mc/s dal 2002 al 2011).

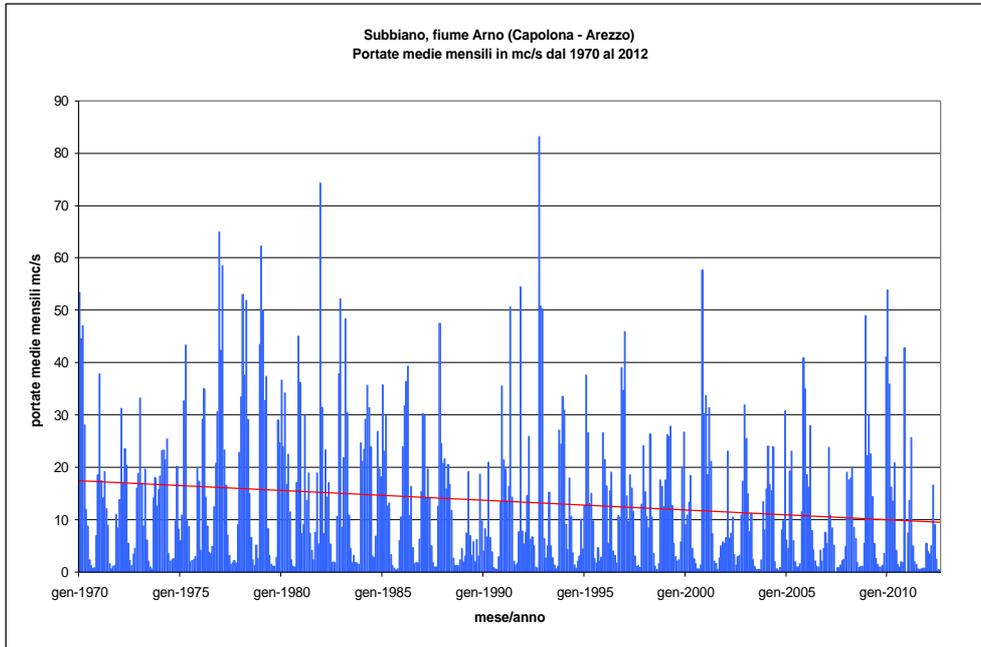


Figura 7 – Andamento della portata media mensile dal 1970 ad agosto 2012 per la stazione idrometrica di Subbiano (fiume Arno).

Focalizzando l'attenzione sui dati medi del mese di agosto, generalmente caratterizzato da portate basse, è possibile notare (Figura 8) come negli ultimi 15 anni, solo negli anni 1999 e 2002 è stato registrato un valore superiore alla media delle portate di agosto negli anni dal 1970 al 2012 (1.36 mc/s). Inoltre è da evidenziare come il valore di agosto 2012 (0.40 mc/s) rappresenti uno dei valori più bassi di tutta la serie storica analizzata.

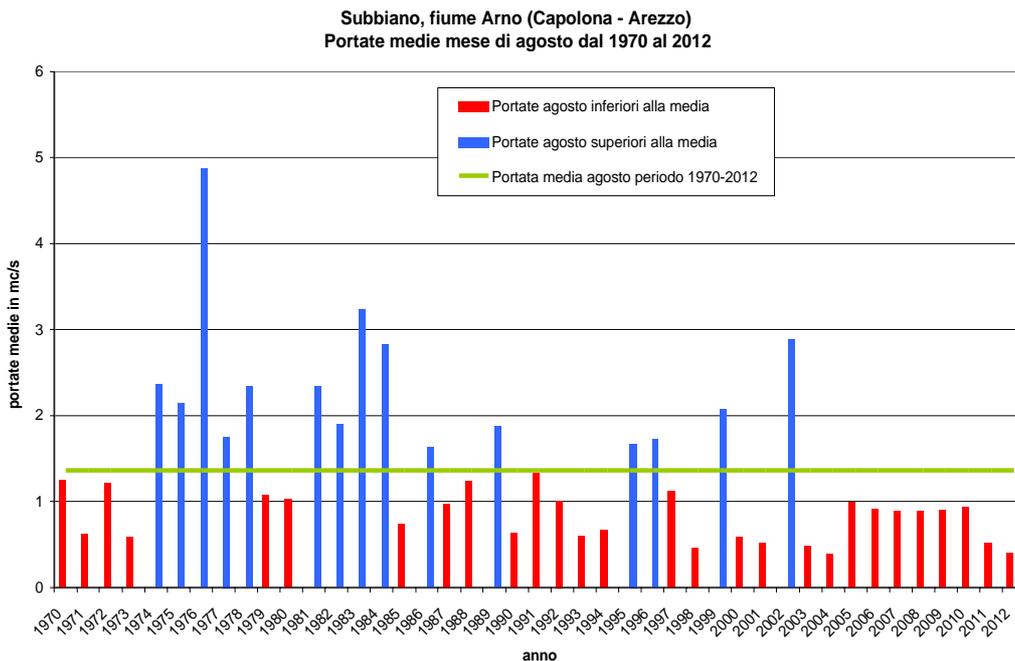


Figura 8 – Andamento della portata media mensile di Agosto dal 1970 al 2012 (in verde la media del periodo)

La particolare severità dell'evento siccitoso in corso è facilmente desumibile dal confronto con i recenti eventi siccitosi del 2003 e 2007; nel grafico di figura 9 seguente sono state rappresentate le portate medie annuali nel periodo da settembre-agosto per gli anni

2002-2003, 2006-2007 e 2011-2012 con valori di quest'ultimo periodo di gran lunga inferiori ai precedenti.

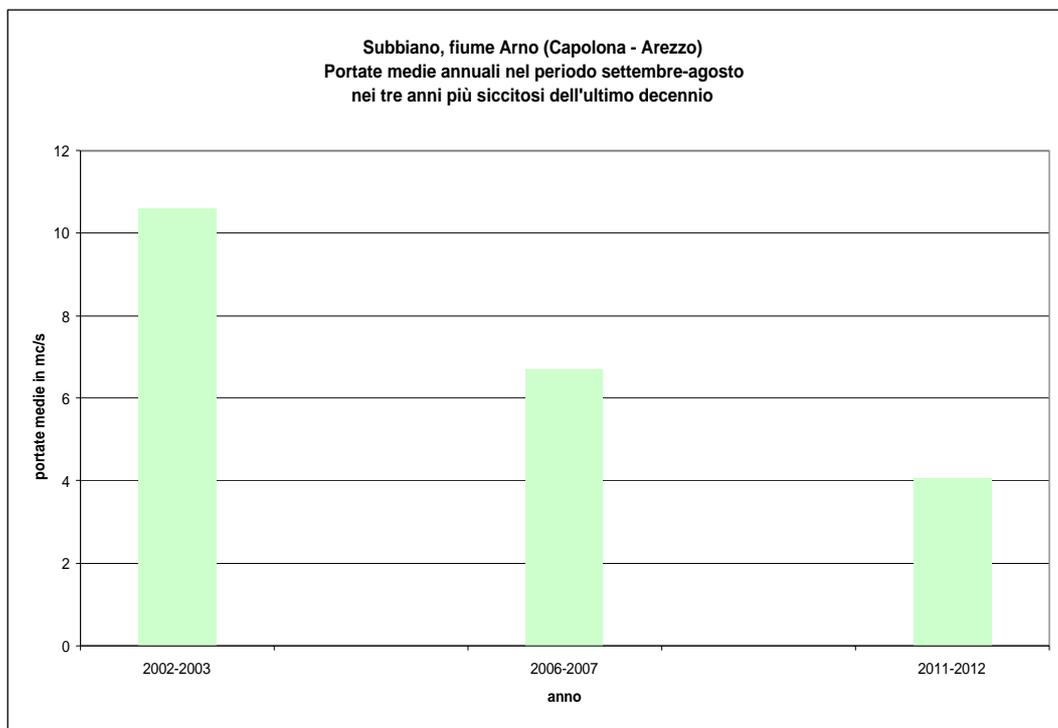


Figura 9 – Andamento della portata media del periodo settembre- agosto per gli anni 2002-2003, 2006-2007 e 2011-2012.

#### ELABORAZIONE DEI DATI STORICI DEI LIVELLI DI FALDA

Per quanto riguarda la situazione della risorsa idrica sotterranea non avendo a disposizione serie di dati lunghe è stata condotta l'analisi dell'andamento del livello piezometrico in corrispondenza della stazione freaticometrica automatica denominata "Campo Sportivo" (loc. Piazza Dante – Pisa), afferente il Corpo Idrico del Valdarno Inferiore e Piana Costiera Pisana - zona Pisa (profondo). Dal grafico di figura 10 che segue è possibile visualizzare, nel periodo compreso tra il maggio 2006 e l'agosto 2012, oltre all'andamento della soggiacenza, il valore della media mensile storica (linea tratteggiata nera) e la fascia di deviazione standard (misura indicativa di quanto i valori individuali differiscono dalla media).

Tale grafico evidenzia come a partire dal mese di maggio 2012 il livello ha subito una continua decrescita che ha portato il livello piezometrico medio mensile nell'agosto al di sotto della fascia sopra citata, raggiungendo la profondità di -9,08mt dal piano campagna, fissando il nuovo minimo storico della stazione, che precedentemente si attestava sul valore di -8,69mt da p.c. raggiunto nel Maggio 2006.

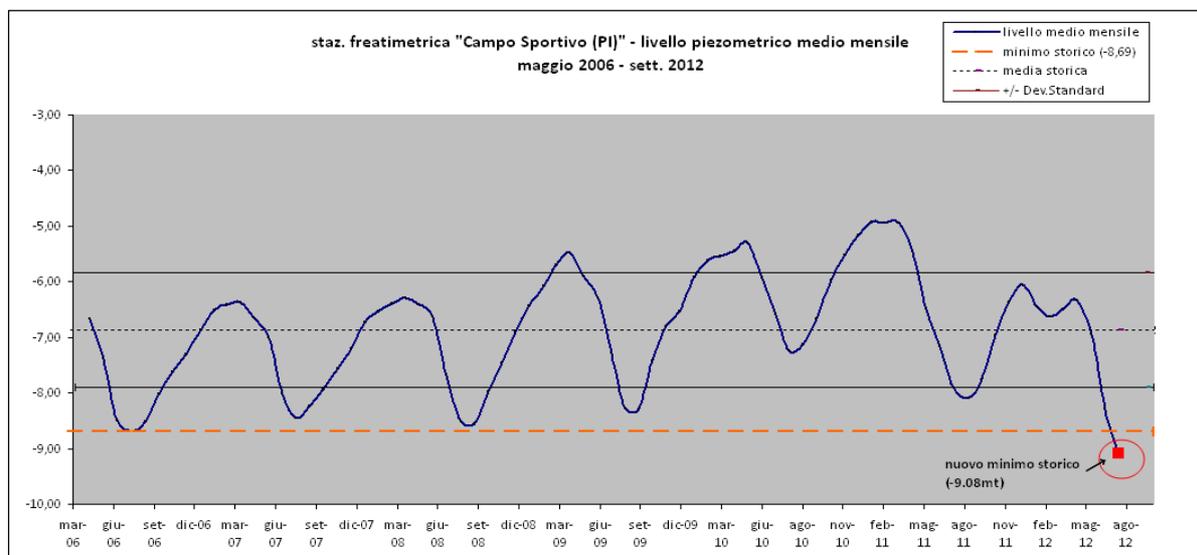


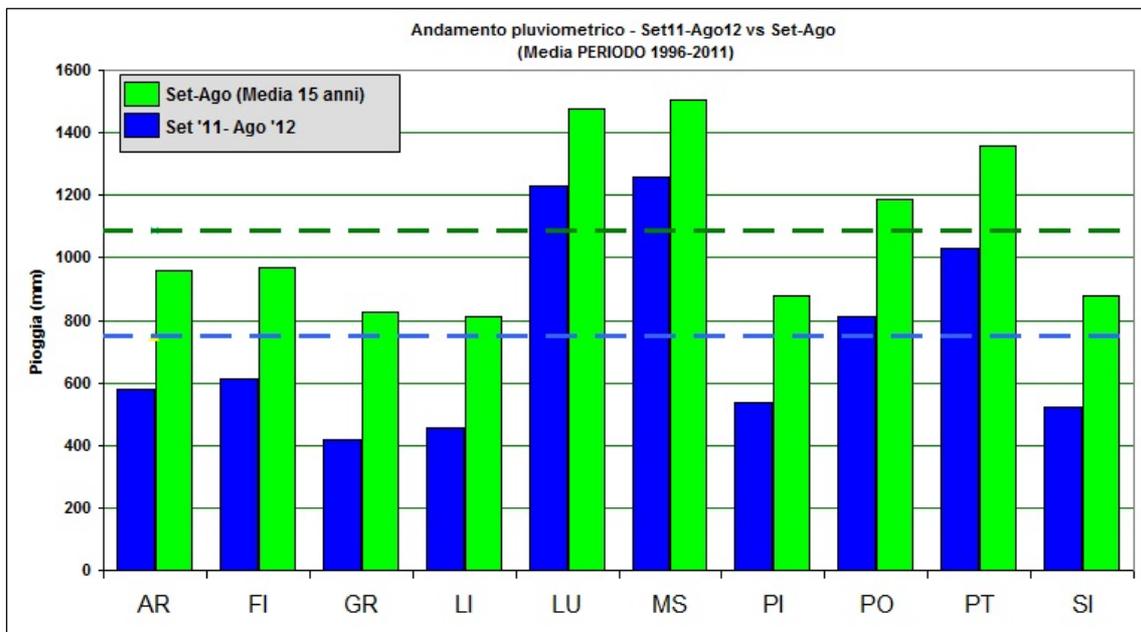
Figura 10 – Andamento del livello piezometrico dal 2006 al 2012 per il freatimetro di “Campo Sportivo”.

### FOCUS SULL'EVENTO SICCIOSO IN CORSO (2011 E 2012)

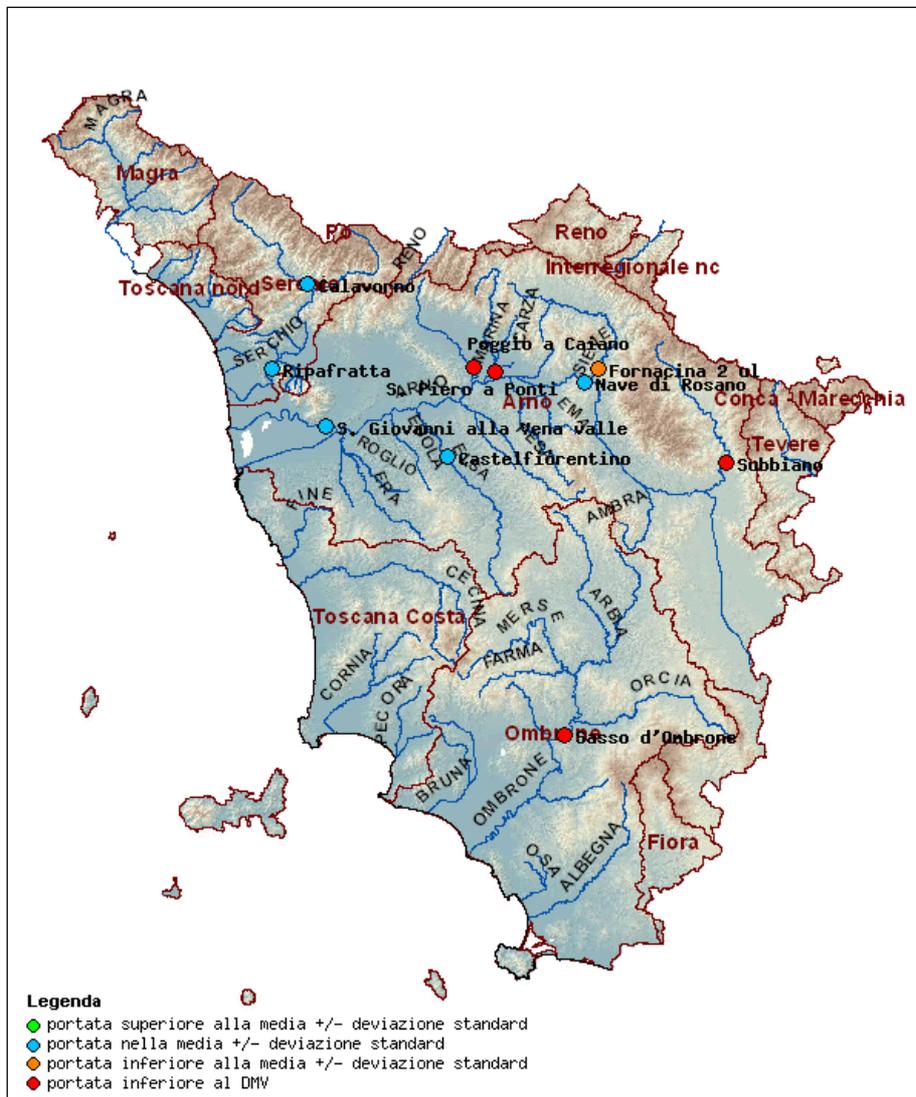
Già nel corso dell'anno 2011 si è registrato un trend negativo di piogge che su base annuale si attesta su percentuali del 25% rispetto alla media calcolata sul quindicennio precedente. Tale trend ha subito, come noto, un ulteriore peggioramento nel corso dell'anno 2012 assumendo carattere di particolare criticità. Più precisamente la finestra temporale che caratterizza l'evento siccitoso in corso va da settembre 2011 ad oggi.

Come si può desumere dalla tabella e grafico che seguono, nel periodo settembre 2011-agosto 2012 si registra un deficit di precipitazioni su base regionale, rispetto all'analogo periodo per gli anni 1996-2011, di circa il 30% (-320 mm) con punte massime sulle province di Grosseto di -49% (-406 mm) e di Livorno di -44% (-356 mm). Non solo, dall'analisi dei giorni piovosi emerge l'assenza di precipitazioni per un periodo continuativo di oltre 75 giorni (metà giugno al 26 agosto 2012), condizione eccezionale anche per i mesi estivi.

DATI MEDI DI PIOGGIA IN MM SULLE PROVINCE RELATIVI AL PERIODO SETT-AGO DEGLI ANNI 1996-2011 E DEL 2011-2012												
Dati pioggia	di	AR	FI	GR	LI	LU	MS	PI	PO	PT	SI	REGIONE
Periodo sett-ago (1996-2011)	1	961,3	967,3	826,2	812,9	1475,6	1507,3	880,4	1187	1356,8	879,5	1085,4
Periodo sett-ago (2011-2012)	8	580,7	612,4	420,1	456,4	1230	1447,8	537	814,2	1028	522,5	764,9
Differenze in mm		380,7	354,9	405,9	356,5	245,6	59,5	343,4	372,8	328,8	357	320,5
Differenze in %		40	37	49	44	17	4	39	31	24	41	30



Tale deficit di pioggia ha avuto conseguenze dirette e immediate sull'andamento delle acque superficiali dove si sono registrati valori di portata al di sotto della media rispetto al quindicennio precedente sui principali corsi d'acqua regionali già a partire dal mese di Ottobre 2011. Tale condizione parzialmente migliorata nei mesi di aprile e maggio 2012, a seguito delle precipitazioni occorse, ha subito un peggioramento dal mese di Luglio con valori che si attestano tuttora al disotto del Minimo Deflusso Vitale. Condizioni migliori, con valori prossimi alla media, si sono registrati per l'intero periodo settembre 2011 – agosto 2012 nei corsi d'acqua regolati dagli scarichi dei maggiori invasi (asta del fiume Serchio e tratto medio-inferiore dell'Arno). La situazione a livello regionale sulle stazioni disponibile è stata riassunta nella mappa seguente.



Gli effetti dello stesso deficit di pioggia registrato nel corso dell'ultimo anno, nel caso delle acque sotterranee, si sono incominciati a registrare dal mese di luglio nei corpi idrici del Cecina e del Fine e nel mese di agosto anche nel corpo idrico della piana di Pisa dove si è raggiunto il livello minimo storico degli ultimi 8 anni. Nel caso dei corpi idrici principali della Chiana, del Grossetano e del Valdarno Superiore, dove allo stato attuale sono disponibili punti di monitoraggio con dati registrati solo a partire dal 2011, si registrano abbassamenti considerevoli del livello di falda a partire da maggio 2012 per i primi due e luglio 2012 per il restante.

Per quanto riguarda le possibili evoluzioni nei prossimi mesi le previsioni meteo stagionali del LaMMA indicano per il mese di Settembre precipitazioni superiori alla normale media climatica con fenomeni più rilevanti nella seconda parte di Settembre e per mesi di Ottobre e Novembre valori rispettivamente al di sopra della normale media climatica e in media o superiori (tendenza da confermare).

Anche se le previsioni meteo per i prossimi mesi non prefigurano scenari oltremodo critici, tuttavia, stante l'entità del deficit pluviometrico valutato ad oggi su scala regionale in oltre 320 mm medi, al fine di poter registrare un miglioramento, soprattutto per le acque sotterranee, ma anche per quelle superficiali, è necessario che le piogge siano "efficaci" ovvero diffuse, persistenti e di bassa intensità e che quindi possano facilitare l'infiltrazione. Al contrario piogge impulsive (eventi brevi ma molto intensi) non alimentano la falda ma favoriscono lo

scorrimento superficiale con formazione sul reticolo di piene anche straordinarie e fenomeni franosi sul territorio.

# PARTE TERZA – LE STRATEGIE DI ADATTAMENTO

# PARTE TERZA – LE STRATEGIE DI ADATTAMENTO

## PREMESSA

Nei due paragrafi seguenti, quello relativo alla risorsa idrica e al rischio di intervento idrogeologico, vengono ipotizzati, salvo ulteriori approfondimenti, gli interventi che si renderebbero necessari, al di là di considerazioni legate alle effettive disponibilità finanziarie, per mettere in sicurezza il territorio da un punto di vista idraulico e impedire il ripetersi di crisi idriche.

Il complesso delle opere ha un costo superiore ai 2 miliardi di euro:

- ñ circa 880 milioni di euro per quanto attiene la risorsa idrica
- ñ circa 1 miliardo di euro per il rischio idraulico
- ñ circa 500 milioni in campo geomorfologico

## GLI INTERVENTI A TUTELA DELLA RISORSA IDRICA INDIVIDUAZIONE DEGLI INTERVENTI STRATEGICI E DI QUELLI NECESSARI ALLA SOSTENIBILITÀ DEL SISTEMA – ART. 25 L.R. N. 69/2011

### 1. Premessa

Fenomeni di emergenza idrica, dovuti soprattutto ai cambiamenti climatici in atto, tendono a ripresentarsi negli ultimi anni con una frequenza sempre più preoccupante per un territorio come quello della Toscana, caratterizzato da alti livelli di sviluppo economico e di qualità della vita, oltre che da una presenza turistica come poche altre regioni in Italia e nel mondo.

Nell'ultimo decennio la Regione Toscana è stata interessata da ben sei periodi di crisi idrica, tre dei quali (2003, 2007 e 2012) hanno ricevuto la veste dell'ufficialità con la dichiarazione dello stato di Emergenza Idrica e la nomina di un Commissario.

Nonostante il ripetersi sempre più ravvicinato di periodi di siccità e la tendenza alla diminuzione delle precipitazioni medie, le risorse idriche della Regione, presenti o potenziali, sono ancora sufficienti ed adeguate per coprire i fabbisogni. È tuttavia necessario un esame critico delle modalità con le quali vengono utilizzate le fonti di approvvigionamento esistenti e deve essere definita una strategia che indichi come dovranno essere selezionate e utilizzate le fonti che in futuro assicureranno l'approvvigionamento idrico regionale.

Al fine di garantire la gestione sostenibile delle risorse idriche, in coerenza con le previsioni del Piano di Tutela delle Acque di cui all'articolo 121 del d.lgs. 152/2006 e con il Piano di Gestione delle Acque di cui alla direttiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio, 23 ottobre 2000, contenente il quadro per l'azione comunitaria in materia di acque, la Regione è chiamata a individuare, nell'ambito del prossimo Piano Ambientale ed Energetico Regionale (PAER), secondo quanto previsto dall'articolo 25 della L.R. 69/11:

- a. gli interventi strategici di interesse regionale, tra quelli già previsti nel piano di ambito e nel piano operativo di emergenza per la crisi idropotabile;
- b. gli ulteriori interventi necessari alla sostenibilità del sistema, sentita l'autorità idrica;
- c. le risorse, i criteri, le modalità e le priorità per la concessione dei contributi per la

realizzazione degli interventi di cui alla lettere a) e b), al fine di ottenere effetti calmieranti sulla tariffa del servizio.

Gli interventi strategici di interesse regionale descritti nel presente "Piano degli Interventi Strategici Regionali per la gestione della risorsa idrica", rappresentano un primo elenco di opere che costituisce il riferimento per sviluppare poi, successivamente a un'attenta valutazione di fattibilità e priorità, interventi più dettagliati atti a prevenire le criticità croniche e le criticità potenzialmente gravi che potrebbero manifestarsi in diverse zone del territorio a causa della carenza di risorsa idrica.

## 2. L'EMERGENZA IDRICA 2012

Alla luce dello stato di siccità che interessava ormai da mesi l'intero territorio regionale, il 4 Aprile 2012, con Decreto del Presidente della Giunta Regionale, è stato dichiarato lo stato di emergenza idrica e idropotabile regionale, la cui data presunta di durata è stata successivamente fissata al 30 aprile 2013.

È stata poi emanata la Legge Regionale 24 del 5 giugno 2012 recante "Norme per la gestione delle crisi idriche e idropotabili" e redatto, previsto dalla stessa, il Piano Straordinario per l'emergenza idrica in Toscana.

Il Piano Straordinario contiene un programma di interventi distinti, in ordine alla loro realizzabilità nel tempo, tra quelli da realizzare entro la fine del 2012 (181 interventi, aventi un costo complessivo di circa 27,8 mln di euro) e quelli che saranno realizzati entro il 2014 (115 interventi per un costo complessivo di circa 44 Mln di EURO, più ulteriori 31 interventi per un costo di 42 Mln di euro aventi parziale copertura finanziaria). Gli interventi previsti consistono in:

- ñ individuazione e reperimento di nuove risorse idriche attraverso la perforazione di nuovi pozzi ma anche la messa in opera di dissalatori sulle zone costiere;
- ñ interconnessioni ed ottimizzazioni degli schemi idrici esistenti;
- ñ riduzione delle perdite, distrettualizzazione e telecontrollo degli schemi idrici.

Lo stato di emergenza è stato infine riconosciuto a livello nazionale con Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri dell'11 maggio 2012 e con Ordinanza n. 17 del 31 agosto 2012 il Capo del Dipartimento della Protezione Civile ha adottato misure urgenti di protezione civile per fronteggiare l'emergenza idrica e idropotabile nel territorio della Regione Toscana.

## 3. I PRINCIPI ISPIRATORI DELLA NUOVA STRATEGIA

Quando si affrontano problematiche che attengono all'interesse comune e richiedono interventi su vasta scala (in questo caso il livello è quello regionale), finisce per presentarsi la dicotomia che vede da un lato l'idea convenzionale dell'acqua come 'bene comune' virtualmente inesauribile e disponibile anche per un suo sovra utilizzo, dall'altro il convincimento, relativamente recente, conseguente ai mutamenti climatici in corso, che l'acqua sia una risorsa scarsa, da gestire con molta attenzione e con la massima efficienza, in base ad appropriate strategie collettive.

Risulta, pertanto, necessario fissare alcuni principi di base, relativi alle buone pratiche e all'uso sostenibile del bene collettivo-acqua:

- § L'acqua è un bene comune, cioè legato all'utilizzo da parte di una collettività complessa: per questo motivo è indispensabile una regolamentazione chiara e condivisa.
- § La buona pratica di uso sostenibile di un bene comune deve ispirarsi ad un principio di responsabilità, che tenga conto non solo degli attuali utilizzatori, ma anche delle generazioni future e degli effetti del nostro agire sull'ambiente.
- § Il principio di responsabilità non ispira solo la fase progettuale, ma si estende anche a

concrete azioni di verifica dell'efficacia delle nostre politiche di gestione ambientale.

Questi principi di buona gestione del bene collettivo-acqua assumono un ruolo etico fondativo per l'analisi delle criticità in essere e la definizione di obiettivi da perseguire nel medio-lungo termine, sulla base di un piano d'azione programmato in riferimento a una nuova strategia regionale.

#### 4. UNA "GOVERNANCE" CHIARA E CONDIVISA DEGLI USI DELLA RISORSA

Una regolamentazione semplice, chiara e condivisa deve sancire, senza possibilità di equivoco, in quali modalità i differenti usi dell'acqua (potabile, agricolo, industriale, etc.) devono essere approvvigionati, dettando linee di indirizzo vincolanti sulla tipologia delle fonti, sulla gestione della captazione, sui controlli ambientali, sulle competenze e sulle responsabilità dei singoli soggetti che intervengono nella materia.

In generale, in tema di governance dell'acqua, si osserva una situazione certamente complessa nella quale operano numerose competenze, che a differenza di quanto è stato fatto con il "Piano di Tutela delle Acque" per la tutela dei corpi idrici (un importante strumento che è in grado di assicurare il perseguimento degli obiettivi di qualità delle acque di superficie), si è stratificata nel tempo in assenza di un unico strumento di regolazione.

Le fonti di approvvigionamento idrico, con particolare riferimento alle falde acquifere, vengono quindi ora captate e gestite in assenza di una pianificazione generale regionale e non è presente alcuno strumento di verifica dell'efficacia delle politiche di gestione.

Si tratta in sostanza della rilevazione sistematica dello stato dei parametri aventi influenza sulle condizioni dell'ambiente idrico (variazioni dei livelli di falda, della subsidenza, della concentrazione degli inquinanti, etc.) e dell'adozione di misure atte al recupero degli obiettivi di qualità predefiniti, nel caso in cui vengano rilevati peggioramenti; attività che potrebbero essere svolte senza aggravii economici, mettendo assieme i dati disponibili nella rete di monitoraggio regionale e riorganizzando le numerose competenze esistenti in materia.

#### 5. L'USO CONTRAPPOSTO DELLE RISORSE IDRICHE

Occorre evitare che le fonti di approvvigionamento idrico utilizzate, presenti e future, creino condizioni di contrasto – anche temporaneo – fra le differenti componenti economiche che usano l'acqua nella nostra regione.

Numerosi sono, ad esempio, i casi nei quali gestori del servizio idrico integrato e agricoltori attingono da uno stesso acquifero (campo pozzi o altro), in condizioni che diventano problematiche proprio d'estate quando, da un lato, l'agricoltura è nel momento di produzione massima dell'anno e, dall'altro, i gestori del servizio idrico integrato devono approvvigionare importanti aree turistiche. Appare evidente che tali situazioni rischiano di produrre tensioni, problemi e danni, specie di tipo ambientale, là dove le falde idriche sono sovra-sfruttate.

A questo riguardo, ferma restando l'esigenza imprescindibile di evitare usi concorrenti dell'acqua, appare necessario richiamare in questa sede quanto previsto dalla legge 24/12: "gli usi diversi dal consumo umano sono consentiti nei limiti nei quali le risorse idriche siano sufficienti e a condizione che non ne pregiudichino la qualità".

#### 6. L'USO SOSTENIBILE DELLE RISORSE

Quando si parla di sostenibilità si fa normalmente riferimento a tre distinte componenti: la sostenibilità economica, la sostenibilità sociale e la sostenibilità ambientale. In questa sede non entreremo nel merito della sostenibilità sociale, non certo per la minore importanza che essa riveste nel quadro complessivo, ma perché si tratta di materia complessa che richiede uno specifico lavoro di approfondimento.

##### 6.1 La sostenibilità ambientale

Da un'indagine svolta a seguito dell'emergenza idrica 2007, relativa al solo servizio idrico integrato (cfr. Libro Bianco dell'Acqua In Toscana - Confservizi Cispel Toscana), quindi all'uso potabile dell'acqua, è emerso che nella regione Toscana viene attinta acqua da oltre quattromila diverse fonti di approvvigionamento idrico, delle quali ben il 95% possono essere definite "non sostenibili", e quindi non idonee ad assicurare un corretto approvvigionamento idrico potabile. Si tratta di fonti di approvvigionamento, prevalentemente captazioni d'acqua da pozzi, che evidenziano una sicura vulnerabilità resa evidente in conseguenza al progressivo decadimento qualitativo della risorsa e dell'ambiente idrico: "abbassamento dei livelli idrici della falda, subsidenza dei terreni, presenza di inquinanti di vario tipo, etc. ", per le quali occorre promuovere – prima possibile – una progressiva riduzione dei prelievi in modo da arrestarne il degrado.

È immaginabile che le fonti di approvvigionamento idrico destinate ad usi diversi da quello potabile (agricolo, industriale, etc.) siano afflitte da problematiche analoghe, anche perché spesso attingono dai medesimi acquiferi.

## 6.2 La sostenibilità economica

Per quanto riguarda la sostenibilità economica dell'approvvigionamento idrico, occorre considerare che l'utilizzo dell'acqua, unitamente al trasporto, al trattamento e alla distribuzione, comportano costi notevoli, sia in termini di investimento che di gestione, che – per il settore del servizio idrico integrato – hanno un forte impatto sulle tariffe pagate dai cittadini.

Appare in tal senso evidente che, considerate le diverse componenti di finanziamento del servizio idrico integrato (tariffa, contributi pubblici, etc.), le fonti di approvvigionamento utilizzate dovrebbero essere tali da assicurare un'adeguata sostenibilità economica, circostanza che allo stato attuale necessita di un maggiore approfondimento e della necessaria attenzione.

Ad esempio, per quanto riguarda gli aspetti squisitamente tecnici, nella scelta delle fonti di approvvigionamento idrico che dovranno essere utilizzate in futuro, una volta soddisfatti i vincoli e i requisiti ambientali (fra i quali il criterio legato alla qualità dell'acqua alla sorgente che non deve in nessun modo decadere nel tempo), occorre che un ruolo chiave venga svolto dal valore del consumo energetico specifico della fonte di approvvigionamento, in modo da fare scelte che, a parità di volume d'acqua prelevato dall'ambiente e distribuito ai cittadini, minimizzino i consumi di energia elettrica e le emissioni di CO<sub>2</sub>.

## 6.3 I DIRITTI DELLE GENERAZIONI FUTURE

Se vogliamo garantire il soddisfacimento dei bisogni delle generazioni future evitando di comprometterne la qualità della vita, le fonti di approvvigionamento idrico non sostenibili devono essere progressivamente dimesse e le nuove fonti di approvvigionamento devono essere tali da assicurare inalterate nel tempo la quantità e la qualità dell'acqua prelevata dall'ambiente idrico.

La situazione descritta in precedenza depone sicuramente a sfavore di tale possibilità, poiché sappiamo bene che già oggi le attuali generazioni non possono usufruire di un patrimonio ambientale integro quale era quello a disposizione delle generazioni passate; ciò significa che in passato, e anche oggi, le strategie di approvvigionamento idrico non hanno avuto la dovuta attenzione nei confronti delle generazioni future.

## 6.4 LA VULNERABILITÀ DELLE FONTI

Oggi in Toscana, gran parte dell'acqua naturale prelevata dall'ambiente non soddisfa i requisiti di potabilità prescritti dalla Legge e costringe i gestori del servizio idrico integrato ad attivare e mantenere costosi processi di potabilizzazione, sempre più complessi, per assicurare la fornitura di acqua potabile alla popolazione: "col passare del tempo l'acqua potabile alla fonte sta diventando una vera rarità".

Sintetizzando, al momento del prelievo dall'ambiente idrico (e prima della loro

potabilizzazione), la quasi totalità delle fonti di approvvigionamento utilizzate non risultano idonee per il consumo umano, quasi sempre per la presenza di sostanze indesiderate, ma in alcuni casi anche per la presenza di inquinanti di diversa origine. Quasi sicuramente, al momento della loro attivazione, queste fonti di approvvigionamento idrico non sono state oggetto di specifiche valutazioni sulla "vulnerabilità" dell'acquifero interessato.

Sono al momento molto limitate e per nulla divulgate le verifiche fatte sullo stato e sulle modifiche quantitative e qualitative delle acque in corrispondenza dei punti di prelievo (prima di qualsivoglia trattamento), significative della qualità dell'ambiente idrico (acque di superficie o sotterranee) che attualmente, proprio per la mancanza di consapevolezza del loro stato, possono degradare progressivamente senza particolari conseguenze.

Ciò accade, ad esempio, per effetto del sovra-sfruttamento di molte falde idriche tramite campi pozzi (regolarmente autorizzati e in concessione), quando l'acquifero si degrada e si producono importanti abbassamenti dei livelli idrici della falda, subsidenza dei terreni e richiamo di acque profonde con presenza di sostanze anche pericolose.

## 7. LE CRISI VERIFICATE NEGLI ULTIMI ANNI IN TOSCANA

### 7.1 GLI EFFETTI DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI

Come è stato meglio analizzato nel capitolo 2.1 del presente documento, nel solo anno 2011 il deficit di piovosità registrato in vaste aree della Toscana, confrontato con la piovosità media degli ultimi 15 anni, ha raggiunto valori del 50% (corrispondenti a 400/500 mm di pioggia in meno).

L'estate 2012 si è chiusa con una siccità diffusa su tutta la regione, motivata non solo dall'assenza di piogge – quasi totale – nei tre mesi estivi del 2012, ma anche dal prolungato accumulo del deficit continuo dall'inizio della primavera del 2011 e, andando più indietro, dalle crisi (o emergenze) idriche degli anni precedenti (nella sola emergenza idrica del 2007 il deficit fu del 25%).

Gli invasi più importanti del territorio regionale, la diga di Montedoglio e di Bilancino, hanno visto le riserve idriche notevolmente ridotte, al punto che il recupero di livelli idrici normali è stato possibile solo dopo l'autunno 2012, grazie a piogge consistenti per un periodo di tempo prolungato. Diversamente, se la piovosità fosse stata quella del 2011, si sarebbe avuta un'emergenza idrica 2013 non limitata alle sole aree periferiche o isolate, ma estesa anche ai centri urbani di medie-grosse dimensioni, con tutte le immaginabili conseguenze.

### 7.2 LE AREE DI CRISI

Le ricorsive crisi e le emergenze idriche sono quindi, da un lato, una conseguenza diretta dei mutamenti climatici, ma sono dall'altro anche conseguenza di un sistema di approvvigionamento idrico regionale che deve essere razionalizzato, con interventi che possano assicurare la disponibilità di risorse idriche provenienti da fonti "diversificate", parte delle quali indifferenti agli andamenti climatici, come ad esempio la dissalazione di acqua di mare. Buona parte delle aree interessate da crisi idriche ricorrenti sono proprio quelle presenti lungo il litorale tirrenico e nelle isole. Là dove la Regione Toscana e/o i gestori del SII sono intervenuti con la realizzazione di un impianto di dissalazione, come all'Isola del Giglio, i problemi di approvvigionamento idrico appaiono ormai superati.

In altre aree, come l'Isola d'Elba che viene approvvigionata dalla condotta sottomarina alimentata dalle acque emunte dalla falda della bassa Val di Cornia, la crisi idrica estiva è una costante. In questa particolare area sono oramai evidenti preoccupanti segnali di degrado dell'ambiente idrico, con importanti abbassamenti dei livelli di falda, subsidenza e conseguente richiamo di sostanze chimiche che compromettono la qualità dell'acqua e impattano sui suoi differenti usi. Dunque, in tutte le aree del litorale in cui siano presenti falde idriche compromesse e non sia disponibile acqua proveniente da altre fonti di approvvigionamento, la

dissalazione appare una soluzione che consente di avere acqua disponibile anche in presenza di prolungati periodi siccitosi.

Le altre aree interessate dalla crisi sono poi quelle isolate, specie in ambito collinare e montano. Si tratta quasi sempre di zone nelle quali sono presenti piccole sorgenti locali, che entrano regolarmente in crisi durante l'estate, e dove mancano reti di interconnessione con sistemi di approvvigionamento "sicuri". Le situazioni di maggiore crisi si registrano nei comuni del Chianti, dell'alta Valdicecina e dell'alta Valdichiana, ma molte altre aree montane e collinari (Valdinievole, Valdelsa, Valdera, Valdicecina, Valdichiana, Colline Metallifere, Bassa Maremma, etc.) non si sottraggono a questa situazione.

In caso di crisi queste aree possono essere attualmente approvvigionate solo con autobotti, con pesanti disagi per la popolazione e notevoli costi.

Resta infine da ricordare che anche ampie zone della nostra regione, attualmente non particolarmente sofferenti grazie alla presenza di importanti infrastrutture idriche (soprattutto invasi, quali Bilancino e Montedoglio), possono rapidamente diventare aree di crisi idropotabile in mancanza di una piovosità almeno "normale" e in assenza di ulteriori interventi che possano integrare le fonti esistenti e interconnettere i sistemi acquedottistici.

## 8. LE STRATEGIE DI INTERVENTO

Una volta individuate le criticità generali e specifiche del territorio toscano, è possibile individuare una nuova strategia di approvvigionamento idrico regionale coerente con i principi ispiratori elencati in precedenza.

Gli indirizzi strategici seguiti per individuare gli interventi da realizzare si possono così riassumere:

- § attivare e rendere disponibili per il servizio idrico integrato nuove fonti di approvvigionamento integrative e/o sostitutive di quelle esistenti qualora abbiano manifestato problemi di sostenibilità e vulnerabilità;
- § realizzare importanti interventi di interconnessioni di acquedotti esistenti, allo scopo di eliminare i sistemi "isolati", cioè approvvigionati da sole fonti locali, spesso non più sostenibili.

Oltre a questi due indirizzi strategici, esiste una terza linea d'azione che non può essere trascurata e che riguarda il recupero delle perdite idriche e il risparmio idrico. Tale linea di azione deve essere perseguita a livello di singolo Piano di Ambito ed è intenzione dell'AIT definire criteri e metodologie comuni ai vari territori, in modo da attuare una politica unica e integrata in materia di recupero perdite.

A tale proposito, gli interventi infrastrutturali devono essere concepiti come integrativi di buone pratiche gestionali, basate sull'analisi numerica del comportamento delle reti, mappate su cartografia digitale, effettuate con impianti di telecontrollo e di telelettura dei contatori. In questo senso, l'esperienza maturata dai gestori toscani risulta essere avanzata e merita di proseguire con ulteriori investimenti infrastrutturali e gestionali.

Resta, comunque, ineludibile il problema che le perdite idriche degli acquedotti aumentano inesorabilmente ogni anno, in funzione dell'anzianità di servizio delle tubazioni che, per mancanza dei necessari investimenti, stanno progressivamente invecchiando.

Ogni programma di interventi predisposto da ciascun gestore non potrà non prevedere, sia a livello di adduttrici principali che di reti di distribuzione locale, un consistente ammontare di investimenti per il riefficientamento, la sostituzione e il potenziamento delle reti e degli impianti, da pianificare e realizzare in base a criteri possibilmente univoci a livello regionale.

## 8.1 LE NUOVE FONTI DI APPROVVIGIONAMENTO

Per individuare nuove fonti di approvvigionamento è necessario far riferimento a una serie di requisiti, che permetterà, durante l'attività di pianificazione, di selezionare gli interventi strategici:

- § non devono essere presenti evidenze tali da determinare un peggioramento dell'ambiente idrico nel tempo, quali:
  - § abbassamento dei livelli di falda,
  - § fenomeni di subsidenza,
  - § incremento della concentrazione degli inquinanti.

Inoltre:

- § gli attingimenti devono avvenire a carico di acquiferi per i quali sia dimostrata una bassa vulnerabilità;
- § va evitato l'uso contrapposto della stessa fonte di approvvigionamento (o dello stesso acquifero) fra differenti utilizzatori, salvo che sia dimostrato che questo utilizzo non produca un peggioramento della qualità dell'ambiente idrico;
- § mettere a riposo, o non utilizzare, fonti di approvvigionamento idrico nelle quali siano presenti inquinanti pericolosi, salvo che non sia dimostrato che il loro utilizzo sia in grado di produrre un miglioramento della qualità dell'ambiente idrico;
- § incentivare gli interventi finalizzati al riuso dell'acqua.

## 8.2 LE INTERCONNESSIONI ACQUEDOTTISTICHE (SISTEMA ACQUEDOTTISTICO REGIONALE)

Gli investimenti infrastrutturali consentono di realizzare una serie di grandi condotte adduttrici in grado di interconnettere sistemi attualmente separati e "isolati", sia all'interno del medesimo bacino sia assicurando il trasferimento di risorsa tra bacini differenti.

A tal fine occorre disegnare un "Sistema Acquedottistico Regionale" che, nel lungo termine, sia in grado di assicurare il trasporto di acqua dall'entroterra alla costa, da nord a sud e viceversa, dando certezze sulla futura disponibilità di acqua potabile all'intero territorio regionale, dalle grandi aree urbane e costiere, ai centri minori collinari e montani.

## 8.3 GLI INTERVENTI

Per quanto detto in precedenza, l'individuazione degli interventi strategici a livello regionale sarà il frutto di un percorso di affinamento nel quale, partendo da un primo elenco di opere oggi individuate di concerto fra l'AIT e i vari gestori del SII e riportato in allegato al PAER nel Piano degli Interventi Strategici, vengono selezionate le fonti di approvvigionamento idrico e gli interventi che rispettano i requisiti richiesti.

In una successiva fase, aumentando il livello di approfondimento tecnico, economico e ambientale della pianificazione, potranno essere individuate con un maggiore livello di dettaglio le opere e gli interventi in grado di assicurare un corretto approvvigionamento idrico nei prossimi decenni, da inserire negli atti di programmazione regionale.

Gli interventi rispondono ai seguenti requisiti:

- § superamento di possibili future crisi idropotabili analoghe a quelle verificatesi in questi ultimi anni, assicurando agli utenti la corretta dotazione idropotabile senza interruzioni del servizio e utilizzo di autobotti;
- § sostituzione delle risorse attualmente utilizzate quali-quantitativamente ma non idonee all'uso idropotabile con nuove risorse o con un miglior utilizzo di quelle attuali disponibili grazie al loro uso solidaristico;
- § superamento dell'attuale deficit idropotabile, che non consente attualmente il pieno soddisfacimento della domanda (dotazione idropotabile ridotta in periodi particolari

dell'anno), o limita lo sviluppo socio-economico del territorio toscano.

Le tipologie di intervento consistono nella:

§ realizzazione di piccoli-medi invasi che consentano l'accumulo di risorsa nei periodi di maggior precipitazione pluviometrica e proteggano il territorio, anche con funzione di laminazione delle piene nei casi sempre più frequenti di precipitazioni di grossa intensità concentrate in brevi periodi temporali;

§ interconnessione delle reti che consentano il trasporto della risorsa acqua da zone ricche verso quelle periferiche attualmente servite da sorgenti locali che risentono fortemente della stagionalità delle piogge;

§ realizzazione di dissalatori là dove non è possibile sopperire in maniera alternativa più economica;

§ utilizzazione di nuova risorsa idropotabile da reperire là dove vi è un bilancio positivo tra risorsa accumulata geologicamente e ricaricabile e sua utilizzazione e distribuzione sul territorio con una nuova rete che collega i sistemi distributivi esistenti.

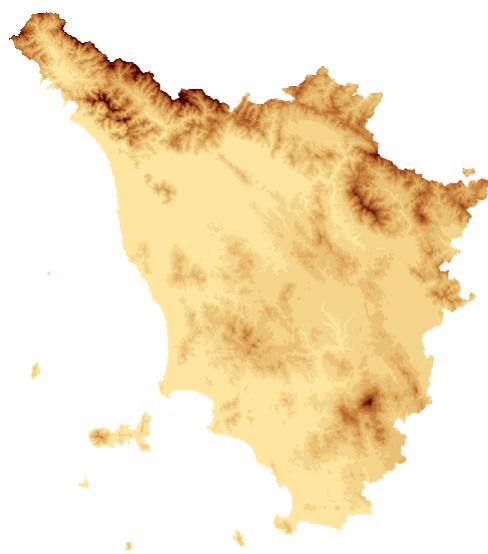
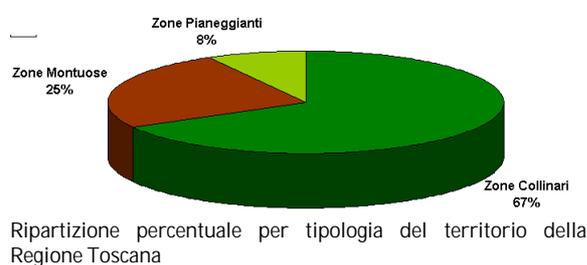
Per quanto interessa il presente Libro Bianco la stima degli interventi, che seguiranno il percorso di approfondimento sopra delineato, si aggira attorno a 900 milioni/1 miliardo di euro, considerando interventi a breve e medio-lungo periodo entro l'arco temporale che si conclude al 2030.

# GLI INTERVENTI DI DIFESA DAL RISCHIO IDRAULICO ED IDROGEOLOGICO STIMA DEGLI INTERVENTI E DELLE RISORSE NECESSARIE A METTERE IN SICUREZZA IL TERRITORIO

## Inquadramento generale

Il Territorio della Regione Toscana si estende per circa 23.000 chilometri quadrati (2.300.000 ettari) e si presenta in prevalenza collinare (67%) e montuoso (25%); solo in poche zone ad ovest e lungo le coste risulta pianeggiante (8%).

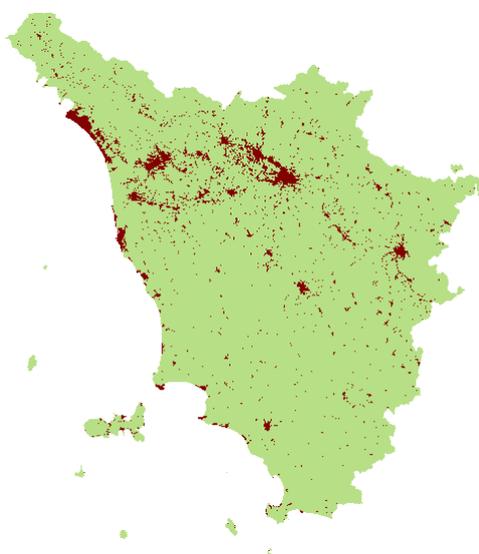
I principali sistemi montani presenti in Toscana sono: Area Alpi Apuane - Appennino occidentale, Appennino Pistoiese, Appennino orientale e Monte Amiata; il Monte Pisanino (1.946 metri), nelle Alpi Apuane, è la vetta più elevata.



Modello digitale del terreno della Toscana - In colorazione più scura i territori posti a quote maggiori

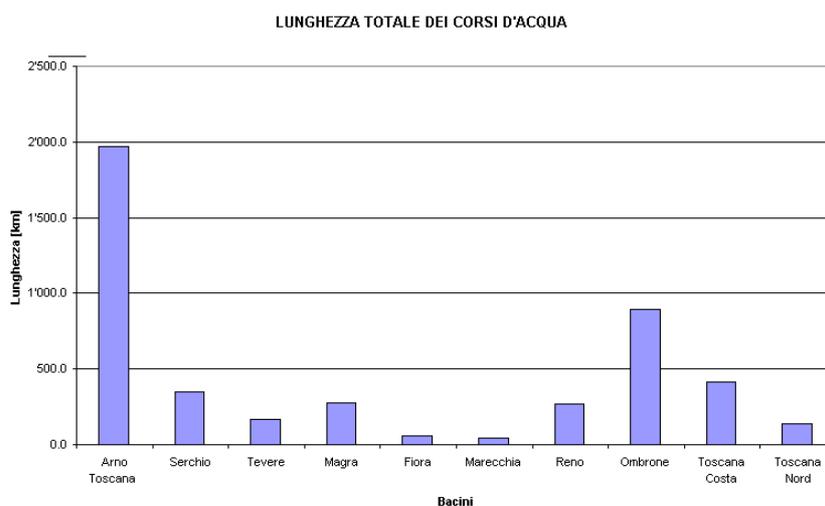
Attualmente la Toscana conta oltre 1.000.000 di ettari di superficie boschiva (boschi, arbusteti, macchia mediterranea, castagneti da frutto), è in buona parte libero da asfalto e cemento e, per la restante parte, comprende aree urbane e industriali. A livello provinciale si osserva come in alcune province la densità di urbanizzazione è più alta è il caso per esempio di Firenze e Prato, mentre in altre (Siena e Grosseto) non si raggiunge il 2%, con una percentuale urbanizzata dell'intero territorio toscano inferiore al 4%.

Nonostante l'attenzione posta nella gestione del territorio, come risulta dai dati sopra esposti, si rileva che le caratteristiche morfologiche, il livello di antropizzazione raggiunto e i mutamenti climatici in atto rendono il territorio della nostra regione soggetto a due rischi legati al suolo e ai corsi d'acqua: frane e alluvioni che, in maniera estensiva, riguardano sia i territori collinari-montani che quelli di pianura.



Mappa degli insediamenti antropici della Toscana

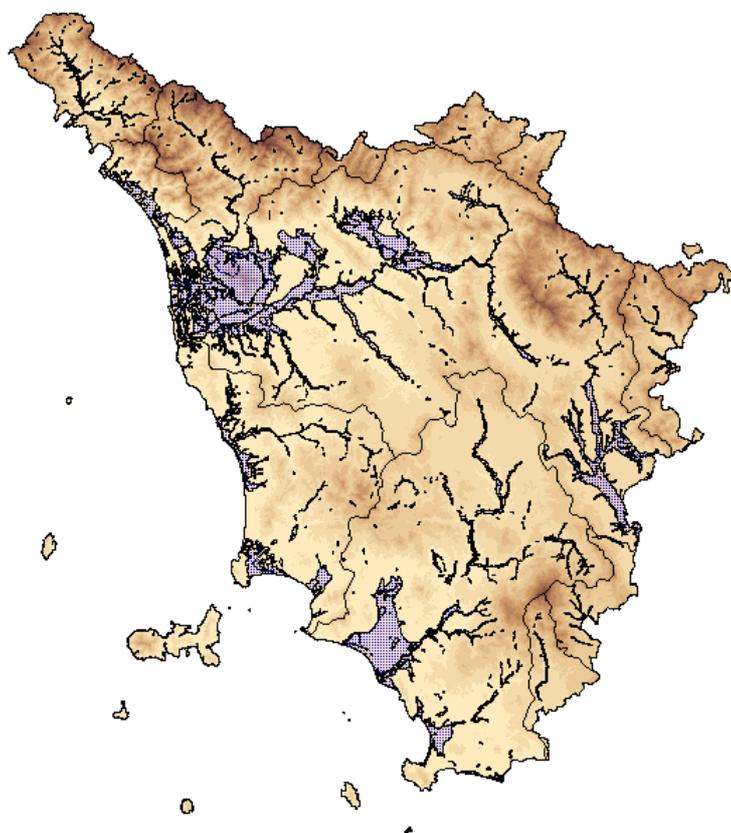
L'ampio numero di corsi d'acqua presenti nella nostra regione, che con carattere prevalentemente torrentizio, si estendono per circa 63.700 chilometri, se da una parte e senza dubbio costituisce una ricchezza almeno in termini di risorsa idrica e "componente ambientale", dall'altra obbliga a valutare seriamente i rischi indotti. Nella Regione Toscana, ai sensi della Legge 183/89 furono istituiti tre bacini di rilievo nazionale, quattro interregionali e tre regionali.



Lunghezza totale dei principali corsi d'acqua che insistono nei singoli Bacini

BACINO		Corsi d'acqua principali	Corsi d'acqua secondari	Totale
		[km]	[km]	[Km]
BACINI NAZIONALI	<i>Arno Toscana</i>	1'970.5	21'141.4	23'111.9
	<i>Serchio</i>	352.1	4'682.0	5'034.0
	<i>Tevere</i>	168.1	3'277.4	3'445.5
BACINI INTERREGIONALI	<i>Magra</i>	277.8	3'520.6	3'798.5
	<i>Fiora</i>	60.5	1'249.9	1'310.4
	<i>Marecchia</i>	44.3	426.9	471.2
	<i>Reno</i>	271.4	3'133.4	3'404.7
BACINI REGIONALI	<i>Ombrone</i>	893.4	15'629.5	16'522.9
	<i>Toscana Costa</i>	417.8	6'200.2	6'618.1
	<i>Toscana Nord</i>	138.1	1'028.7	1'166.8
<b>Totale generale</b>		<b>4'455.9</b>	<b>59'261.3</b>	<b>64'884.0</b>

Tabella della lunghezza totale dei corsi d'acqua



Mappa delle aree inondabili della Toscana

Nella figura precedente è riportata una mappa delle aree inondabili della regione dalla quale emerge come le aree di fondovalle siano soggette, talvolta in maniera molto contenuta, a fenomeni alluvionali.

Dall'analisi della situazione relativa al nostro territorio emerge che l'area soggetta a pericolosità idraulica è pari a circa l'11% dell'intero territorio regionale, percentuale che sale a circa il 20% se si prende in considerazione la superficie territoriale posta a una quota inferiore ai 300m s.l.m. Le aree soggette a pericolosità geomorfologica elevata e molto elevata costituiscono il 14% della superficie regionale. Emerge pertanto chiaramente quanto in Toscana sia necessario perseguire uno sviluppo armonico realmente "sostenibile", attraverso una forte azione di prevenzione.

La prevenzione è da realizzarsi sia nei confronti dei nuovi insediamenti, attraverso l'attuazione di politiche di sviluppo del territorio rispettose dei corsi d'acqua (in tal senso la Regione Toscana con L.R. 21/2012 ha chiarito ulteriormente che non è possibile costruire dove il fiume può arrivare), sia attraverso la riduzione del rischio delle costruzioni esistenti. L'impegno in termini di risorse economiche per la messa in sicurezza idrogeologica del nostro territorio, ammonta a circa 4,5 miliardi di euro secondo una stima derivante dai Piano di assetto idrogeologico (PAI).

L'attività di difesa del suolo e tutela del territorio si suddivide in due grandi famiglie d'intervento: le azioni che mirano a ripristinare i dissesti dovuti a eventi calamitosi e le azioni di prevenzione nei confronti dello sviluppo territoriale e di messa in sicurezza dell'esistente. Negli ultimi anni gli sforzi nel settore della difesa del suolo si sono indirizzati soprattutto nell'ambito della prevenzione e i Piani di Assetto Idrogeologico rappresentano il primo concreto passo in questa direzione. Tuttavia è anche da sottolineare la consistente attività di ripristino del

territorio successiva ad eventi calamitosi che, oltre a ripristinare lo stato dei luoghi, ha rappresentato una prima azione di prevenzione.

I cambiamenti climatici in corso, con il conseguente aumento della temperatura della superficie terrestre e degli oceani, l'alterazione nell'andamento e nella quantità delle precipitazioni, l'innalzamento del livello dei mari e l'inasprimento degli eventi catastrofici naturali ha senza dubbio un peso importante nelle problematiche connesse alla difesa del suolo. Gli effetti del cambiamento climatico assumono una dimensione locale attraverso fenomeni di precipitazioni particolarmente intense, sempre più concentrate in poche ore che come vere e proprie "bombe d'acqua" si riversano sul territorio con conseguenze in molti casi estremamente gravi. A queste precipitazioni intense e localizzate si alternano periodi di siccità con elevate temperature che rendono ancora più fragile e vulnerabile il territorio, sconvolto da frane ed alluvioni.

Negli ultimi anni il territorio della Toscana è stato più volte colpito da fenomeni del tipo descritto; solo per fare alcuni esempi:

- 24-25 dicembre 2009 – evento alluvionale nel Bacino del Fiume Serchio, con esondazione del fiume Serchio e danni a edifici, strade, attività commerciali e industriali;
- Ottobre 2010 – intense piogge colpiscono l'area Nord-Occidentale della Toscana;
- 25-26 ottobre 2011 – un evento particolarmente intenso ha interessato l'area della Lunigiana, determinando ingenti danni in numerosi comuni della zona e purtroppo vittime.



#### 25-26 Ottobre 2011 – Territorio della Lunigiana

Fenomeni meteorologici estremi hanno pesanti conseguenze economiche e sociali: è sufficiente pensare alle ripercussioni su infrastrutture quali edifici, trasporti, approvvigionamento energetico e idrico e che costituiscono minaccia concreta per le zone in cui più alta è la densità di popolazione.

Dal punto di vista idraulico, il verificarsi di fenomeni meteorologici estremi fa sì che, almeno nel medio periodo, ci si possa attendere non tanto modifiche alla pericolosità idraulica del territorio per eventi con tempo di ritorno centennale e duecentennale, bensì un maggiore stress idrogeologico di territori sottesi a corsi d'acqua minori, per i quali la durata della pioggia indotta da temporali brevi e di forte intensità risulta analoga al tempo di corrivazione<sup>6</sup> del bacino stesso.

---

<sup>6</sup> Tempo di corrivazione è quello necessario ad una goccia di pioggia che cade nel punto idraulicamente più lontano per raggiungere la sezione di chiusura del bacino. La definizione consente quindi di spiegare perché la piena di un corso d'acqua si verifica quando l'evento meteorico ha una durata analoga al tempo di corrivazione: in tal caso, infatti, tutta l'area scolante massimizza il contributo ai fini del deflusso superficiale, giustificando il fatto che, nei bacini di ridotte dimensioni, sono sufficienti piogge brevi per determinare un evento di piena.

La diffusa vulnerabilità del territorio, accentuata dalla variabilità climatica, ripropone l'esigenza di una costante e diffusa manutenzione della fittissima rete dei corsi d'acqua naturali ed artificiali. Un'adeguata azione preventiva di messa in sicurezza contribuisce peraltro a creare presupposti favorevoli per lo sviluppo di impianti a uso industriale, artigianale e per il terziario in zone in cui tale sviluppo sarebbe limitato se non impossibile.

#### Esigenze generali – azioni programmate

Solo attraverso il proseguo del complesso degli interventi in corso e la realizzazione di quelli programmati nell'ambito della pianificazione in essere, si potrà pervenire ad una riduzione, a scala regionale, delle aree a rischio elevato esistenti.

In ambito idraulico, l'obiettivo previsto dalla norma regionale è la riduzione del rischio per eventi con tempo di ritorno pari a 200 anni e, tenuto conto che la superficie soggetta a pericolosità idraulica elevata o molto elevata rappresenta all'incirca l'11% della superficie regionale totale, si stima che per la messa in sicurezza idraulica del territorio (messa in sicurezza di aree per un totale di ca. 2.640 kmq), sul lungo periodo rispetto a tali eventi, siano necessari circa 1.140.000 € per kmq, per un ammontare complessivo di risorse pari a circa 3 miliardi di euro.

Per la messa in sicurezza dei 3.200 kmq di aree soggette a pericolosità geomorfologica elevata e molto elevata si stimano costi per circa 470.000 € per kmq per un ammontare complessivo pari a ca. 1,5 miliardi di euro.

Ipotizzando nel medio periodo, fino al 2030, di intervenire esclusivamente su aree a pericolosità idraulica e geomorfologica molto elevata, sarebbe necessario un investimento complessivo di poco superiore al miliardo di euro in campo idraulico (circa 59 milioni di euro all'anno per i prossimi 17 anni) e di circa 500 milioni di euro in campo geomorfologico (circa 30 milioni di euro all'anno per i prossimi 17 anni).

Per dare avvio al processo di messa in sicurezza idraulica e geomorfologica del territorio regionale è tuttavia necessario individuare uno strumento unico di programmazione degli interventi in tutta la regione.

A fronte di cifre così importanti per la messa in sicurezza del territorio gli obiettivi da raggiungere sono:

1. procedere con tempestività all'utilizzo delle risorse disponibili e non sufficienti rispetto alle esigenze del territorio;
2. garantire azioni non strutturali di prevenzione come fatto con la suddetta L.R. 21/2012;
3. garantire azioni non strutturali per la gestione dell'emergenza, quali ad esempio i piani di protezione civile, dal momento che un rischio idraulico/idrogeologico residuo è comunque ineliminabile.

In termini di risorse sono stati attivati molti interventi previsti nella Pianificazione di bacino e/o individuati come prioritari dall'Accordo di programma sottoscritto da Regione, Ministero dell'Ambiente e Autorità di bacino del Fiume Arno nel 2005 (il cosiddetto "Accordo 200 milioni" di cui il 50% a carico dello Stato e il restante 50% a carico della regione Toscana; ad oggi sono disponibili risorse per circa il 50% ).

In ultimo, nel novembre 2010, la Regione ha sottoscritto con il Ministero dell'Ambiente un ulteriore accordo di programma per la realizzazione di interventi diretti a rimuovere le situazioni a più elevato rischio idrogeologico nel territorio toscano per un controvalore di 120 milioni di euro, di cui il 50% a carico dello Stato e il restante 50% alla Regione (ad oggi disponibili circa il 30%).

Rispetto al primo degli obiettivi sopra richiamati occorre concludere in tempi certi tutti gli interventi già avviati, mentre per gli interventi ancora da cantierizzare l'attenzione della





### CASSA DI ESPANSIONE DELLA ROFFIA

In relazione ai restanti obiettivi sopra richiamati, la Regione con L.R. 21/2012 ha disciplinato la tutela dei corsi d'acqua individuando inoltre la tipologia di interventi per i quali è consentita la realizzazione nelle aree a pericolosità idraulica molto elevata.

Con la Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri 27 febbraio 2004 "Indirizzi operativi per la gestione organizzativa e funzionale del sistema di allertamento nazionale e regionale per il rischio idrogeologico e idraulico ai fini di protezione civile" sono stati codificati a livello nazionale i compiti delle Regioni ai fini dell'attivazione dei propri Centri Funzionali Decentrati. La stessa Direttiva specifica che il sistema di allerta deve prevedere:

- una fase di monitoraggio e sorveglianza;
- una fase revisionale.

La finalità di tale compito è di fornire un servizio continuativo per tutti i giorni dell'anno e, se del caso, su tutto l'arco delle 24 ore giornaliere, che sia di supporto alle decisioni delle autorità competenti per le allerte e per la gestione dell'emergenza e che assolvano altresì alle necessità operative dei sistemi di protezione civile. Le procedure operative regionali per l'attuazione della suddetta Direttiva nazionale sono state approvate con DGRT n. 611/2006 .

Il servizio svolto dalle reti dei Centri Funzionali comprende anche la gestione della rete di rilevamento dati in tempo reale e in tempo differito, afferente al proprio territorio, così come stabilito dalla suddetta DPCM del 27 febbraio 2004 che infatti stabilisce, tra le altre cose, che: "Il servizio svolto dalla rete dei Centri Funzionali comprende, altresì, sia la gestione della rete stessa e il continuo controllo della sua corretta operatività tanto nel tempo reale quanto nel tempo differito che una attività di progettazione e realizzazione degli adeguamenti e degli ampliamenti necessari" nonché "la raccolta, concentrazione, elaborazione, archiviazione e validazione dei dati rilevati nel territorio di competenza".

Per assolvere a quest'ultimo compito, il Centro Funzionale della Regione Toscana ha provveduto a integrare la rete di monitoraggio in diretta gestione del Settore "Servizio Idrologico Regionale", con le stazioni automatiche agro-meteorologiche ex-Arsia, attualmente in carico al Settore "Servizio fitosanitario regionale, Servizi agroambientali di vigilanza e controllo", per un totale di oltre 450 stazioni di monitoraggio meteo-idrologiche.

Con DGRT 857/2010 viene individuata una prima Rete regionale di rilevamento dei dati idrometeorologici, progettata con lo scopo di rendere aperto, unitario e omogeneo l'esistente sistema di monitoraggio, per innovarlo tecnologicamente (migliorandone quindi l'efficacia e

l'efficienza), nonché per ottimizzare i relativi costi di gestione.

A livello europeo, la Direttiva 2007/60/CE, comunemente definita "Direttiva alluvioni" e recepita nell'ordinamento italiano con D.Lgs. 49/2010, ha lo scopo di istituire un quadro per la valutazione e la gestione del rischio di alluvione, stabilendo che all'interno dei cosiddetti distretti idrografici siano messi a punto, attraverso l'identificazione dei rischi idrogeologici del territorio e le misure di prevenzione, protezione e gestione delle emergenze, Piani di gestione del rischio alluvioni. Il Piano di gestione dovrà pertanto essere composto da due parti: la pianificazione di bacino e la gestione del sistema di protezione civile. In tal senso la Direttiva e il D.Lgs. 49/2010 disciplinano le attività di valutazione e di gestione dei rischi articolandole in tre fasi :

- Fase 1 - Valutazione preliminare del rischio di alluvioni (entro il 22 settembre 2011);
- Fase 2 - Elaborazione di mappe della pericolosità e del rischio di alluvione (entro il 22 giugno 2013);
- Fase 3 - Predisposizione ed attuazione di piani di gestione del rischio di alluvioni (entro il 22 giugno 2015);
- Fasi successive - Aggiornamenti del Piano di gestione (2018, 2019, 2021).

In base al D.Lgs. 49/2010, i soggetti competenti agli adempimenti di cui sopra sono le Autorità di bacino distrettuali (introdotte dall'art. 63 del D.Lgs. 152/2006) e le Regioni che, in coordinamento tra loro e con il Dipartimento nazionale della protezione civile, predispongono la parte dei piani di gestione per il distretto idrografico relativa al sistema di allertamento nazionale, statale e regionale, per il rischio idraulico ai fini di protezione civile.

Poiché le Autorità di Distretto non sono state ancora costituite, con il D.Lgs. 219 del 10 dicembre 2010 (art. 4, c. 1, lett. b "Misure transitorie") è stato disposto che siano le Autorità di Bacino di rilievo nazionale di cui alla legge 183/1989 e le Regioni, ciascuna per la parte di territorio di propria competenza, a provvedere all'adempimento degli obblighi previsti dal D.Lgs. 49/2010. Alle Autorità di bacino nazionali sono state attribuite anche funzioni di coordinamento nell'ambito del distretto idrografico di appartenenza.

Nell'ambito di ciascun Distretto l'approvazione degli atti è effettuata dai Comitati istituzionali e tecnici delle Autorità di bacino di rilievo nazionale, integrati da componenti designati dalle Regioni il cui territorio ricade nel distretto idrografico, se non già rappresentate nei medesimi comitati. Il territorio toscano è compreso nei seguenti distretti idrografici:

- Distretto idrografico dell'Appennino settentrionale, che comprende la maggior parte del territorio regionale con i bacini idrografici dell'Arno (bacino nazionale), Magra Fiora, Marecchia-Conca, Reno (bacini interregionali), Toscana Nord, Toscana Costa e Ombrone (bacini regionali);
- Distretto idrografico pilota del Serchio, con l'intero bacino del F. Serchio;
- Distretto idrografico dell'Appennino centrale, per la parte del territorio regionale ricadente nel bacino idrografico del F. Tevere (bacino nazionale);
- Distretto idrografico Padano, solo per una modesta porzione montana del territorio regionale ricadente nel bacino del F. Po (bacino nazionale);
- Agli adempimenti previsti dal D.Lgs. 49/2010 per le porzioni del territorio toscano ricadenti nei bacini dell'Arno, del Tevere, del Serchio e del Po provvedono le rispettive Autorità di bacino, per le restanti parti la Regione.

La valutazione preliminare del rischio di alluvioni (art. 4) - Fase 1

La valutazione preliminare del rischio di alluvioni è rappresentata da una valutazione dei rischi potenziali, principalmente sulla base dei dati registrati, di analisi speditive e di studi sugli sviluppi a lungo termine tra cui, in particolare, le possibili conseguenze dovute ai cambiamenti climatici.

L'esistenza nel territorio italiano dei Piani di Assetto Idrogeologico (PAI), redatti ai sensi della

Legge 183/89 e ritenuti sufficienti ed adeguati a fornire le informazioni previste dalla valutazione preliminare del rischio di alluvioni, ha portato alla decisione a livello nazionale di non svolgere tale valutazione e di procedere quindi direttamente alla elaborazione delle mappe della pericolosità e del rischio di alluvioni con i criteri previsti dalla direttiva e dal suo decreto di attuazione.

Verso l'elaborazione di mappe della pericolosità e del rischio di alluvione (art. 6) - Fase 2  
Il principio generale che ispira le attività necessarie per l'attuazione di quanto previsto dal D.Lgs 49/2010 per la fase 2 è quello di utilizzare e valorizzare gli strumenti già predisposti nell'ambito della pianificazione di bacino in attuazione della normativa previgente (Piani di Assetto Idrogeologico, PAI) e gli studi per l'aggiornamento e l'attuazione del PAI, sviluppati a scala di bacino e a scala locale, valutandone l'adeguatezza in relazione ai disposti del decreto e rendendo omogenee, coerenti e confrontabili le conoscenze delle pericolosità

Le attività previste per la mappatura della pericolosità e del rischio ai sensi dell'art. 6 del D.Lgs. 49/2010 sono quindi essenzialmente riferite all'individuazione del reticolo idrografico di riferimento, alla mappatura delle relative pericolosità attraverso adeguamento /omogeneizzazione e/o completamento delle conoscenze, l'individuazione degli elementi esposti, la definizione di un metodo per la valutazione della vulnerabilità e del rischio.

L'organizzazione delle attività è impostata tenendo conto della complessità tecnica degli obiettivi richiesti dalla Direttiva e dell'articolazione delle competenze in materia di difesa del suolo nel contesto regionale.

Le attività vengono pertanto svolte unitamente e con il supporto delle Autorità di Bacino nazionali interregionali e regionali e dei Settori regionali per la definizione di metodologie, raccolta, gestione ed elaborazione dei dati necessari alla mappatura di pericolosità e alla valutazione del rischio inondazioni.

Predisposizione e attuazione dei Piani di gestione - Fase 3

Nei piani di gestione sono definiti gli obiettivi della gestione del rischio di alluvioni per le zone ove può sussistere rischio potenziale significativo di alluvioni o si ritenga che questo si possa generare in futuro, così da ridurre le conseguenze negative per la salute umana, per il territorio, per i beni, per l'ambiente, per il patrimonio culturale e per le attività economiche e sociali attraverso azioni strutturali e non strutturali individuate come necessarie a tali fini. I piani di gestione riguardano tutti gli aspetti legati alla gestione del rischio di alluvioni, ovvero la prevenzione, la protezione e la preparazione, ivi compresa la fase di previsione delle alluvioni e i sistemi di allertamento, oltre che la gestione in fase di evento.

Aggiornamenti - Fasi successive

Il decreto ha disposto i termini per il riesame della valutazione preliminare del rischio di alluvioni (22/09/2018 e successivamente ogni sei anni), delle mappe di pericolosità e del rischio di alluvioni (22/09/2019 e successivamente ogni sei anni) nonché dei Piani di Gestione (22/09/2021 e successivamente ogni sei anni).

La partecipazione pubblica

La Direttiva 2007/60/CE sottolinea il ruolo strategico della comunicazione e della partecipazione pubblica nel percorso di elaborazione del piano di gestione del rischio di alluvioni, ai fini della condivisione e legittimazione del piano stesso.

Ciò è ribadito anche dal D.Lgs. 49/2010 che all'articolo 10 "Informazione e consultazione del pubblico" dispone:

1. Le autorità di bacino distrettuali di cui all'articolo 63 del decreto legislativo n. 152 del 2006 e le regioni afferenti al bacino idrografico in coordinamento tra loro e con il Dipartimento nazionale della protezione civile, ciascuna per le proprie competenze, mettono a

disposizione del pubblico la valutazione preliminare del rischio di alluvioni, le mappe della pericolosità e del rischio di alluvioni e i piani di gestione del rischio di alluvioni di cui agli articoli 4, 6 e 7.

2. Le stesse autorità di cui al comma 1 promuovono la partecipazione attiva di tutti i soggetti interessati di cui all'articolo 9, comma 3, lettera c), all'elaborazione, al riesame e all'aggiornamento dei piani di gestione di cui agli articoli 7 e 8.

Il processo di informazione, consultazione e partecipazione attiva prevede la messa a disposizione dei documenti di Piano man mano disponibili, nonché dei documenti tecnici alla base del processo di pianificazione. Particolare attenzione deve essere data alla redazione di versioni non tecniche che possano realmente permettere al pubblico la comprensione dei problemi, degli obiettivi e delle misure che si intende mettere in atto.

## AGRICOLTURA E FORESTE

### INDIVIDUAZIONE DEGLI INTERVENTI RITENUTI NECESSARI NEL MEDIO LUNGO PERIODO PER ADEGUARE LE COLTURE AGRICOLE E FORESTALI AL MUTATO CONTESTO CLIMATICO

#### 1 - Le opportunità nella nuova programmazione FEASR 2014 - 2020

Le possibilità di intervento finalizzate a contrastare gli effetti dei cambiamenti climatici sono strettamente connesse alle politiche poste in campo dall'Unione Europea nell'ambito del FEASR (Fondo europeo agricolo per lo sviluppo rurale), la cui mission è quella di contribuire alla realizzazione della strategia Europa 2020, promuovendo lo sviluppo rurale sostenibile, sinergicamente agli altri strumenti della politica agricola comune (PAC), della politica di coesione e della politica comune della pesca. Il FEASR contribuisce inoltre al conseguimento di un maggiore equilibrio territoriale e ambientale e di un settore agricolo innovativo, resiliente e rispettoso del clima nell'Unione.

Pertanto la politica regionale deve confrontarsi e conformarsi a quella europea definita nell'ambito del nuovo regolamento sul FEASR, al momento disponibile solo come "Proposta di Regolamento del Parlamento Europeo e del Consiglio sul sostegno allo sviluppo rurale da parte del Fondo europeo agricolo per lo sviluppo rurale (FEASR)", di cui alla COM(2011) 627/3 - 2011/0282 (COD) della Commissione Europea.

Gli obiettivi della politica di sviluppo rurale, che contribuiscono alla realizzazione della strategia Europa 2020 per una crescita intelligente, sostenibile e inclusiva sono perseguiti, ai sensi degli artt. 4 e 5 della proposta, tramite sei priorità, che devono essere incluse nel Quadro di Sostegno Comune (QSC).

Le priorità individuate dalla Commissione sono:

promuovere il trasferimento di conoscenze e l'innovazione nel settore agricolo e forestale e nelle zone rurali, con particolare riguardo ai seguenti aspetti:

- ñ stimolare l'innovazione e la base di conoscenze nelle zone rurali;
- ñ rinsaldare i nessi tra agricoltura e silvicoltura, da un lato, e ricerca e innovazione, dall'altro;
- ñ incoraggiare l'apprendimento lungo tutto l'arco della vita e la formazione professionale nel settore agricolo e forestale;

potenziare la competitività dell'agricoltura in tutte le sue forme e la redditività delle aziende agricole, con particolare riguardo ai seguenti aspetti:

- ñ incoraggiare la ristrutturazione delle aziende agricole con problemi strutturali considerevoli, in particolare di quelle che detengono una quota di mercato esigua, delle aziende orientate al mercato in particolari settori e delle aziende che richiedono una diversificazione dell'attività;
- ñ favorire il ricambio generazionale nel settore agricolo;

promuovere l'organizzazione della filiera agroalimentare e la gestione dei rischi nel settore agricolo, con particolare riguardo ai seguenti aspetti:

- ñ migliore integrazione dei produttori primari nella filiera agroalimentare attraverso i regimi di qualità, la promozione dei prodotti nei mercati locali, le filiere corte, le associazioni di produttori e le organizzazioni interprofessionali;
- ñ sostegno alla gestione dei rischi aziendali;

preservare, ripristinare e valorizzare gli ecosistemi dipendenti dall'agricoltura e dalle foreste, con particolare riguardo ai seguenti aspetti:

- ñ salvaguardia e ripristino della biodiversità, tra l'altro nelle zone Natura 2000 e nelle zone agricole di alto pregio naturale, nonché dell'assetto paesaggistico dell'Europa;
- ñ migliore gestione delle risorse idriche;
- ñ migliore gestione del suolo;

incentivare l'uso efficiente delle risorse e il passaggio a un'economia a basse emissioni di carbonio e resiliente al clima nel settore agroalimentare e forestale, con particolare riguardo ai seguenti aspetti:

- ñ rendere più efficiente l'uso dell'acqua nell'agricoltura;
- ñ rendere più efficiente l'uso dell'energia nell'agricoltura e nell'industria alimentare;
- ñ favorire l'approvvigionamento e l'utilizzo di fonti di energia rinnovabili, sottoprodotti, materiali di scarto, residui e altre materie grezze non alimentari ai fini della bioeconomia;
- ñ ridurre le emissioni di metano e di protossido di azoto a carico dell'agricoltura;
- ñ promuovere il sequestro del carbonio nel settore agricolo e forestale;

adoperarsi per l'inclusione sociale, la riduzione della povertà e lo sviluppo economico nelle zone rurali, con particolare riguardo ai seguenti aspetti:

- ñ favorire la diversificazione, la creazione di nuove piccole imprese e l'occupazione;
- ñ stimolare lo sviluppo locale nelle zone rurali;
- ñ promuovere l'accessibilità, l'uso e la qualità delle tecnologie dell'informazione e della comunicazione (TIC) nelle zone rurali.

Come stabilito nell'ultimo capoverso dell'art. 5 della proposta tutte le priorità devono contribuire alla realizzazione di obiettivi trasversali quali l'innovazione, l'ambiente, nonché la mitigazione dei cambiamenti climatici e l'adattamento ad essi.

Pertanto, secondo quanto definito nella proposta stessa, al fine di garantire lo sviluppo sostenibile delle zone rurali, l'intervento dell'Unione Europea si concentra su un numero limitato di obiettivi essenziali (trasferimento di conoscenze e innovazione nel settore agricolo e forestale e nelle zone rurali; competitività dell'agricoltura in tutte le sue forme e redditività delle aziende agricole; organizzazione della filiera agroalimentare e gestione dei rischi inerenti all'agricoltura; salvaguardia, il ripristino e valorizzazione degli ecosistemi dipendenti dall'agricoltura e dalle foreste; inclusione sociale, riduzione della povertà e sviluppo economico nelle zone rurali), e uno spazio specifico è riservato all'uso efficiente delle risorse e al passaggio ad un'economia a basse emissioni di carbonio nel settore agroalimentare e forestale (priorità n. 5). Contestualmente la mitigazione dei cambiamenti climatici è obiettivo trasversale a tutte le priorità.

La mitigazione dei cambiamenti climatici rappresenta dunque uno degli obiettivi essenziali da raggiungere con la nuova politica dello sviluppo rurale e dovrebbe consistere sia nel limitare le emissioni di carbonio nel settore agricolo e forestale, provenienti principalmente da fonti come l'allevamento zootecnico e l'uso di fertilizzanti, sia nel salvaguardare i depositi di carbonio e potenziare il sequestro del carbonio in relazione all'uso del suolo, nel cambiamento della destinazione d'uso del suolo e nella silvicoltura.

Il FEASR interviene negli Stati membri nel quadro dei Programmi di Sviluppo Rurale. Tali

programmi attuano una strategia intesa a realizzare le priorità dell'Unione in materia di sviluppo rurale attraverso una serie di misure di intervento (definite nel titolo III della proposta), per la cui esecuzione si ricorre al sostegno finanziario del FEASR.

Il Programma di Sviluppo Rurale deve comprendere, ai sensi dell'art. 9 della proposta, una serie di aspetti molto importanti, fra cui una analisi SWOT della situazione di riferimento in cui le specifiche esigenze relative all'innovazione, all'ambiente, nonché alla mitigazione dei cambiamenti climatici e all'adattamento ad essi sono determinate trasversalmente alle sei priorità, in modo da individuare risposte adeguate in questi due campi a livello di ciascuna priorità.

Il Programma di Sviluppo Rurale contiene un "pertinente assortimento" di misure di intervento in relazione alle priorità dell'Unione Europea in materia di sviluppo rurale presenti nel programma, logicamente conseguente alla valutazione ex ante e all'analisi della situazione in termini di punti di forza e di debolezza, opportunità e rischi, che deve essere accompagnato da una ripartizione delle risorse finanziarie tra le varie misure del programma, equilibrata e idonea a realizzare gli obiettivi prefissati.

In allegato V alla proposta di Regolamento sono individuate le misure aventi rilevanza per una o più priorità dell'Unione in materia di sviluppo rurale. Tali misure sono riportate nella seguente tabella:

Misure di particolare rilevanza per diverse priorità dell'Unione
Articolo 16 Servizi di consulenza, di sostituzione e di assistenza alla gestione delle aziende agricole
Articolo 18 Investimenti in immobilizzazioni materiali
Articolo 20 Sviluppo delle aziende agricole e delle imprese
Articolo 36 Cooperazione
Articoli 42-45 LEADER
Misure di particolare rilevanza per la promozione del trasferimento di conoscenze e dell'innovazione nel settore agricolo e forestale e nelle zone rurali (PRIORITA' 1)
Articolo 15 Trasferimento di conoscenze e azioni di informazione
Articolo 27 Investimenti in nuove tecnologie silvicole e nella trasformazione e commercializzazione dei prodotti delle foreste
Misure di particolare rilevanza per il potenziamento della competitività dell'agricoltura in tutte le sue forme e della redditività delle aziende agricole (PRIORITA' 2)
Articolo 17 Regimi di qualità dei prodotti agricoli e alimentari
Articoli 32-33 Indennità a favore delle zone soggette a vincoli naturali o ad altri vincoli specifici
Misure di particolare rilevanza per la promozione dell'organizzazione della filiera agroalimentare e della gestione dei rischi inerenti all'agricoltura (PRIORITA' 3)
Articolo 19 Ripristino del potenziale produttivo agricolo danneggiato da calamità naturali e da eventi catastrofici e introduzione di adeguate misure di prevenzione
Articolo 25 Prevenzione e ripristino delle foreste danneggiate da incendi, calamità naturali ed eventi catastrofici

Articolo 28 Costituzione di associazioni di produttori
Articolo 34 Benessere degli animali
Articolo 37 Gestione del rischio
Articolo 38 Assicurazione del raccolto, degli animali e delle piante
Articolo 39 Fondi di mutualizzazione per le epizootie e le fitopatie e per le emergenze ambientali
Articolo 40 Strumento di stabilizzazione del reddito
Misure di particolare rilevanza per la salvaguardia, il ripristino e la valorizzazione degli ecosistemi dipendenti dall'agricoltura e dalle foreste e per la promozione dell'uso efficiente delle risorse e del passaggio a un'economia a basse emissioni di carbonio e resiliente al clima nel settore agroalimentare e forestale (PRIORITA' 4 e 5)
Articolo 22 Investimenti nello sviluppo delle aree forestali e nel miglioramento della redditività delle foreste
Articolo 23 Forestazione e imboschimento
Articolo 24 Allestimento di sistemi agroforestali
Articolo 26 Investimenti diretti ad accrescere la resilienza e il pregio ambientale degli ecosistemi forestali
Articolo 29 Pagamenti agro-climatico-ambientali
Articolo 30 Agricoltura biologica
Articolo 31 Indennità Natura 2000 e indennità connesse alla direttiva quadro sulle acque
Articolo 35 Servizi silvo-climatico-ambientali e salvaguardia della foresta
Misure di particolare rilevanza per la promozione dell'inclusione sociale, della riduzione della povertà e dello sviluppo economico nelle zone rurali (PRIORITA' 6)
Articolo 21 Servizi di base e rinnovamento dei villaggi nelle zone rurali
Articoli 42-45 LEADER

Entrando maggiormente nel dettaglio delle singole misure che possono apportare un valore aggiunto al contrasto degli effetti dei cambiamenti climatici, in questa prima fase della nuova programmazione sembrano maggiormente interessate le seguenti:

ñ Misura "Trasferimento di conoscenze e azioni di informazione" (art. 15)

prevede:

- a) formazione professionale;
- b) acquisizione competenze;

- c) attività dimostrative;
- d) azioni di informazione.

#### Relazioni possibili della misura con aspetti climatici

Tramite questa misura potrebbero essere finanziate azioni che facciano comprendere agli addetti agroforestali, ai gestori del territorio e altri operatori gli effetti dei cambiamenti climatici e i possibili interventi con le misure proposte dal PSR.

#### Futuro possibile orientamento di lavoro

Una volta analizzate tutte le possibilità offerte dalle altre misure si può delineare un elenco di iniziative da inserire in questa misura.

ñ Misura "Servizi di consulenza, di sostituzione e di assistenza alla gestione delle aziende agricole" (art. 16)

prevede un sostegno agli agricoltori, ai selvicoltori e alle PMI delle zone rurali per avvalersi di servizi di consulenza al fine di migliorare le prestazioni economiche e ambientali, il rispetto del clima e la resilienza climatica.

#### Relazioni possibili della misura con aspetti climatici

Tramite questa misura potrebbero essere finanziate azioni più operative e mirate a soluzioni pratiche (es. pratiche agronomiche contro la siccità o per abbassare l'emissione di gas serra).

#### Futuro possibile orientamento di lavoro

Potrebbero essere definite possibili azioni di consulenza per "... pratiche benefiche per il clima e per l'ambiente".

ñ Misura "Investimenti in immobilizzazioni materiali" (art. 18)

prevede interventi che:

- a) migliorino le prestazioni globali dell'azienda;
- b) riguardino la trasformazione, la commercializzazione e lo sviluppo dei prodotti agricoli;
- c) riguardino l'infrastruttura aziendale (es. gestione idrica);
- d) riguardino investimenti non produttivi connessi a impegni agroambientali ecc.

#### Relazioni possibili della misura con aspetti climatici

Si potrebbero finanziare tutte quelle opere che servono per adattarsi ai cambiamenti climatici (es. coibentazione strutture, accumulo e distribuzione dell'acqua).

#### Futuro possibile orientamento di lavoro

Potrebbero essere definite tipologie di investimento (produttive e non, anche innovative) collegate ad aspetti climatici.

ñ Misura "Ripristino del potenziale agricolo danneggiato da calamità naturali, da eventi catastrofici e introduzione di prevenzione" (art. 19)

prevede interventi che:

- a) prevengano e riducano le conseguenze di calamità naturali;
- b) ripristinino i terreni agricoli e il potenziale produttivo.

#### Relazioni possibili della misura con aspetti climatici

La misura è fortemente correlata ai rischi climatici.

Futuro possibile orientamento di lavoro

Definire possibili tipologie di intervento più efficaci e mirate in relazione al clima. Definire possibili priorità.

ñ Misura "Investimenti nello sviluppo delle aree forestali e nel miglioramento della redditività delle foreste" (art. 22)

prevede un sostegno:

- a) alla forestazione e all'imboschimento;
- b) all'allestimento di sistemi agroforestali;
- c) alla prevenzione e al ripristino delle foreste danneggiate da incendi, calamità naturali, fitopatie, infestazioni parassitarie, eventi catastrofici e rischi climatici;
- d) investimenti per accrescere la resilienza, il pregio ambientale e il potenziale di mitigazione degli ecosistemi forestali;
- e) investimenti nella trasformazione e commercializzazione.

Relazioni possibili della misura con aspetti climatici

Alcuni interventi sono direttamente correlati ad aspetti climatici (calamità naturali, fitopatie ecc.).

Futuro possibile orientamento di lavoro

Definire possibili tipologie di intervento più efficaci e mirate in relazione al clima. Definire possibili priorità.

ñ Misura "Pagamenti agro-climatico-ambientali" (art. 29)

prevede un sostegno, per ettaro di SAU o unità di bestiame, agli agricoltori e alle associazioni di agricoltori che si impegnano volontariamente a realizzare interventi consistenti in uno o più impegni agro-climatico-ambientali su terreni agricoli. L'art. 29 comma 10 individua le tipologie che l'Unione Europea riconosce e saranno oggetto di atti delegati:

1. estensivizzazione o conduzione alternativa dell'allevamento;
2. limitazione all'uso di fertilizzanti, fitosanitari o altri fattori di produzione;
3. allevamento di razze autoctone, minacciate di abbandono;
4. conservazione delle risorse genetiche vegetali.

Dall'elenco sembrano mancare, al momento, tipologie direttamente riferibili ad impegni climatici.

Relazioni possibili della misura con aspetti climatici

Dal titolo della misura è desumibile la connessione fra azioni virtuose degli agricoltori e la diminuzione dell'impatto sul clima. Dal resto del regolamento non emerge però alcuna proposta.

Futuro possibile orientamento di lavoro

Verificare possibilità di proporre "impegni climatici". Studiare alcune proposte operative.

ñ Misura "Servizi silvo-climatico-ambientali" (art. 35)

prevede un sostegno, per ettaro di foresta, a selvicoltori, comuni e loro consorzi che si

impegnano volontariamente a realizzare interventi consistenti in uno o più impegni silvoambientali su terreni agricoli. L'art. 35 comma 4 individua le tipologie che l'Unione Europea riconosce e saranno oggetto di atti delegati che consistono nella salvaguardia e valorizzazione delle risorse genetiche forestali.

Anche in questo caso dall'elenco sembrano mancare tipologie direttamente riferibili ad impegni climatici.

Relazioni possibili della misura con aspetti climatici

Dal titolo della misura è desumibile la connessione fra azioni virtuose dei silvicoltori e la diminuzione dell'impatto sul clima. Dal resto del regolamento non emerge però alcuna proposta.

Futuro possibile orientamento di lavoro

Verificare possibilità di proporre "impegni climatici". Studiare alcune proposte operative.

### ñ Misura "Cooperazione" (art. 36)

La misura incentiva la cooperazione tra almeno due soggetti per:

1. creare rapporti nella filiera agroalimentare;
2. creare strutture a grappolo o reti;
3. costituire gruppi PEI.

Il sostegno è per:

1. progetti pilota;
2. sviluppo nuovi prodotti;
3. cooperazione fra piccoli produttori per la condivisione di impianti;
4. attività promozionali;
5. cooperare nella filiera;
6. azioni congiunte per la mitigazione dei cambiamenti climatici;
7. azioni congiunte per la produzione di biomasse, ecc.

Sono sovvenzionabili: studi, animazione, costi di esercizio della cooperazione, costi diretti di specifici progetti.

Relazioni possibili della misura con aspetti climatici

La misura ha finalità molto vaste, ci sono anche espliciti riferimenti ai problemi del clima.

Futuro possibile orientamento di lavoro

La misura è innovativa e c'è necessità di approfondire e sviluppare soprattutto la parte relativa alle azioni per la mitigazione del clima.

La politica regionale indirizzata all'attenuazione degli effetti dei cambiamenti climatici sulle colture agricole e sullo sviluppo della selvicoltura deve essere strettamente connessa alla più ampia politica europea sullo Sviluppo Rurale. Allo stato dell'arte, in questa fase di transizione fra la programmazione europea 2007-2013 e la prossima 2014-2020, si deve fare riferimento alla proposta di nuovo regolamento sul FEASR, in cui sono numerosi i richiami ai rapporti diretti e indiretti fra cambiamenti climatici e attività agroforestale.

L'uso efficiente delle risorse e il passaggio ad un'economia a basse emissioni di carbonio nel settore agroalimentare e forestale diventa in questo ambito una priorità dell'Unione Europea, così come la mitigazione dei cambiamenti climatici è obiettivo trasversale a tutte le priorità.

L'obiettivo di mitigazione dei cambiamenti climatici dovrebbe essere raggiunto attraverso una politica volta alla limitazione delle emissioni di carbonio (provenienti nel settore agricolo-zootecnico principalmente dall'allevamento zootecnico e dall'uso di fertilizzanti) e alla salvaguardia dei depositi di carbonio, anche potenziando il sequestro del carbonio in relazione all'uso del suolo, nel cambiamento della destinazione d'uso del suolo e nella silvicoltura.

In fase di predisposizione del nuovo Programma di Sviluppo Rurale, la Regione Toscana dovrà porre particolare attenzione, nell'ambito della valutazione ex ante, all'analisi sul clima e sulle conseguenze dei cambiamenti climatici e dovrà predisporre strategie di sviluppo strettamente connesse alle valutazioni effettuate. La scelta delle misure di intervento da attuare sarà essenziale, così come le modalità con cui queste saranno attivate sul territorio.

## 2 - Le iniziative nel settore irriguo

Con specifico riferimento alle risorse idriche, i cambiamenti climatici in atto impongono una crescente attenzione alla gestione dell'uso dell'acqua. La scarsa disponibilità di risorsa idrica, che fino a pochi anni fa riguardava in maniera quasi esclusiva le aree costiere di pianura della regione, in questi ultimi anni rappresenta un fenomeno ricorrente anche nelle aree di collina.

I problemi di siccità avvertiti in queste aree, che si traducono talora in un vero e proprio processo di desertificazione, sono determinati non solo dall'instabilità dei regimi pluviometrici e dunque dalla scarsità delle disponibilità idriche per le colture, ma anche dall'aumento delle temperature.

Dai dati relativi alle rilevazioni compiute negli ultimi anni e dalle proiezioni che gli studiosi hanno realizzato sugli effetti delle modificazioni climatiche in atto, emerge che il settore agricolo, sia per quanto riguarda le produzioni vegetali che le attività di allevamento, si trova nella condizione di dover disporre di una quantità di risorse idrica crescente, non soltanto per far fronte all'aumento dei consumi idrici delle colture tradizionalmente irrigue, ma per poter estendere l'irrigazione anche su colture normalmente condotte in asciutta o comunque assistite solo occasionalmente dall'irrigazione di soccorso.

I ripetuti e ravvicinati eventi siccitosi obbligano quindi a migliorare la gestione della risorsa idrica e ad indirizzare la programmazione globale degli approvvigionamenti idrici non secondo un'esclusiva logica di priorità selettive (prima il potabile, poi l'agricolo, poi l'industriale), ma di prevedere un'integrazione delle fonti, da realizzare soprattutto attraverso opere di accumulo per la valorizzazione degli apporti meteorici, per poter tutelare la sopravvivenza di un settore che diventa sempre più dipendente dalla disponibilità di acqua. Senza l'apporto di adeguate e sicure quantità di acqua si verificherebbero gravi problemi di concorrenza nei confronti degli altri Paesi Europei e non sarebbe possibile garantire l'elasticità alle produzioni e rispondere alle mutevoli esigenze del mercato. La siccità potrebbe diventare il principale fattore limitante della produttività agricola là dove, proprio per la specificità delle produzioni irrigue toscane, il settore agricolo ha necessità di contare su un'adeguata disponibilità di risorse idriche per garantire standard qualitativi elevati e costanti nel tempo, a fronte di un livello di investimenti produttivi molto significativo.

Si tenga conto infatti che l'agricoltura toscana utilizza l'irrigazione in prevalenza su colture di pregio: floricoltura, vivaismo e orticoltura rappresentano le colture di eccellenza dell'agricoltura irrigua toscana e, più recentemente, anche l'olivicoltura e la viticoltura ricorrono in misura crescente al supporto irriguo per esprimere livelli qualitativi d'eccellenza.

Deve essere aggiunto anche un ulteriore elemento di valutazione: l'ipotesi di uno sviluppo della filiera corta, nel senso di avvicinare i luoghi di produzione ai centri di consumo, come strategia anche per la mitigazione dei cambiamenti climatici, risulta perseguibile soltanto se il sistema agricolo può contare sulla disponibilità delle risorse idriche necessarie al supporto irriguo di specie ortive e arboree.

È opportuno inoltre sottolineare, ai fini di una corretta impostazione dei problemi connessi ai cambiamenti climatici in corso e di un'adeguata scelta degli interventi per la mitigazione degli effetti da essi derivanti, che l'agricoltura toscana assorbe meno del 20% dell'acqua complessivamente prelevata sul territorio regionale (il trend dell'irrigazione negli ultimi 10 anni si è ulteriormente ridotto) e che il volume impiegato annualmente da questo settore è dell'ordine di grandezza del volume d'acqua che si perde dalle reti del sistema di distribuzione idropotabile.

Inoltre occorre riflettere che, soprattutto in annate come il 2003, il 2006 e lo stesso 2012 l'irrigazione rappresenta anche un strumento di supporto indispensabile per la tutela del nostro paesaggio agrario, che rappresenta anche un fondamentale elemento di attrazione turistica.

Per quanto riguarda le iniziative da promuovere a livello aziendale sono stati individuati una serie di possibili interventi, relativi ai seguenti aspetti:

- ✓ sostegno all'introduzione di procedure e attrezzature atte al monitoraggio delle condizioni climatiche, dello sviluppo di patogeni, delle condizioni di stress idrico delle colture o di stress ambientale degli animali;
- ✓ opere di sistemazione idraulico-agrarie atte alla tutela delle risorse come in particolare quelle rivolte a:
  - § la protezione del suolo dai fenomeni di erosione e di riduzione del contenuto in sostanza organica,
  - § la protezione delle colture da eventi climatici avversi quali grandine, gelate, vento e altre avversità;
- ✓ investimenti sulle strutture aziendali finalizzate alla creazione di riserve idriche tra cui piccoli invasi aziendali;
- ✓ investimenti aziendali finalizzati all'adeguamento delle infrastrutture e dei macchinari utilizzati per l'irrigazione, con particolare riferimento a quegli interventi di risparmio idrico e di incremento della flessibilità e tempestività degli interventi irrigui.

# PARTE QUARTA – LE STRATEGIE DI CONTRASTO

## POLITICHE ENERGETICHE E RIDUZIONE DELLE EMISSIONI

### LE EMISSIONI DI CO2

Nel 1990, anno di riferimento per gli obiettivi europei, le emissioni di gas serra (tCO<sub>2</sub>eq.) in Toscana erano pari a 32.899.962 ton., aumentate fino a 38.143.990 nel 2000. Nel 2007 sono state 35.314.632 ton., in netto calo rispetto agli anni precedenti, anche se ben al di sotto dell'obiettivo generale di riduzione delle emissioni.

Ob. Europa 2020: Ridurre le emissioni di gas serra di almeno il 20% rispetto al livello del 1990  
Posizionamento della Toscana

Emissioni gas serra nel 1990 in Toscana	POSIZIONE Emissioni gas serra nel 2007	Obiettivo comunitario Europa 2020	Obiettivo Toscana al 2020	Distanza dall'obiettivo
Ton. 32.899.962	Ton. 35.314.632	Riduzione in misura del 20% rispetto al 1990.	Ton. 26.319.971	Ton. 8.994.661

Gli strumenti conoscitivi disponibili e in particolar modo l'IRSE7 hanno permesso un costante monitoraggio fornendo un quadro delle emissioni di gas climalteranti utile a verificare il raggiungimento degli obiettivi unitamente alle conoscenze in materia di assorbimenti di anidride carbonica da parte degli ecosistemi forestali presidiati dal Focal Point su Kyoto.

Il quadro sopra delineato si riferisce ad una fase di crescita economica che negli ultimi anni ha conosciuto una notevole flessione, così come indicano le previsioni dell'Agenzia Europea per l'Ambiente<sup>8</sup>.

Lo scenario che si apre davanti a noi e che ha una base di partenza sicuramente inferiore ai 35 milioni di tonnellate di emissione di CO<sub>2</sub> del 2007 ma che è, probabilmente, ancora distante dall'obiettivo dei 26 milioni al 2020, richiede una accelerazione degli interventi da realizzare in poco meno di otto anni di tempo, nei settori delle energie rinnovabili, dell'efficienza energetica, della mobilità sostenibile. All'interno di questi macro settori sarà poi necessario individuare le aree da aggredire per favorire una riduzione delle emissioni. Due sembrano gli ambiti su cui operare maggiormente: le abitazioni e, più in generale, gli immobili e le città.

Intervenire sul patrimonio immobiliare per ridurre i consumi energetici e, allo stesso tempo, creare delle città smart e sostenibili ha l'effetto sia di limitare le emissioni sia di contenere i costi della bolletta energetica.

Un ruolo importante in questo senso può essere giocato dai comuni, i quali possono agire attraverso vari strumenti e leve sia regolamentari sia finanziari per realizzare piani d'azione rivolti alla riduzione delle emissioni di gas climalteranti, a partire dallo strumento europeo del Patto dei Sindaci.

Bisogna infine ricordare che alla riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub> concorrono anche le misure di carattere europeo e nazionale che bypassano l'intervento regionale e degli enti locali agendo

7 Inventario Regionale delle Sorgenti di Emissioni.

8 <http://www.eea.europa.eu/highlights/european-union2019s-total-greenhouse-emissions>

direttamente nei confronti dell'industria e dei privati in generale. Ad esempio l'obbligo di ridurre le emissioni a 120 grammi per km previsto per l'industria automobilistica, oppure l'obbligo di inserire una determinata percentuale di biocarburanti, o ancora l'incentivazione fiscale con il nuovo meccanismo del 50% di detrazione per gli interventi di manutenzione e riduzione dei consumi energetici nelle abitazioni civili e il regime di incentivi volti a favorire lo sviluppo della mobilità sostenibile e l'acquisto di veicoli a basse emissioni.

Una possibile azione innovativa: Il Mercato dei Crediti

L'organizzazione di un mercato volontario di crediti di carbonio a livello sovra regionale o regionale può costituire uno strumento efficace sia (a) per incidere sulla riduzione delle emissioni di anidride carbonica, sia (b) per favorire una partecipazione diretta degli enti locali al raggiungimento degli obiettivi del burden sharing.

Nel primo caso (a), l'obiettivo è quello di valorizzare sia la capacità di assorbimento di CO2 delle foreste dei comuni montani e collinari, che le iniziative dei sindaci più virtuosi, per esempio trasformando in crediti di carbonio scambiabili sul mercato volontario gli eventuali sconti sull'IMU (o altri sconti fiscali) riconosciuti a chi effettua interventi nella propria abitazione (esclusi gli edifici nuovi) e ottenendo una certificazione energetica appartenente alle classi superiori (B, A, A+). In tal caso, per funzionare, il mercato volontario avrebbe comunque bisogno di un sostegno da parte degli enti pubblici coinvolti.

Nel secondo caso (b) si potrebbe imputare idealmente a ciascun comune, sulla base della popolazione residente, una quota percentuale di incremento dell'energia prodotta da FER (Fonti Energetiche Rinnovabili in linea con la traiettoria e con gli obiettivi intermedi attribuiti alle regioni nell'ambito del burden sharing, finalizzata al conseguimento del target al 2020 pari al 16,5% dei consumi finali lordi corrispondente per la Regione Toscana a 1554 Ktep (migliaia di tonnellate equivalenti di petrolio).

#### Obiettivi Burden Sharing

	Anno di riferimento	2012	2014	2016	2018	2020
Toscana	602	894	1016	1155	1326	1554
Italia	7296	10862	12297	14004	16144	19010

Il sistema potrebbe funzionare così: ciascun comune alle scadenze individuate (2014-2016-2018-2020) deve documentare il raggiungimento del proprio obiettivo in Ktep da FER installati e la conseguente quantità di CO2 evitata. Le amministrazioni, per il raggiungimento dell'obiettivo, possono incentivare gli interventi (installazione impianti FER, risparmio energetico) di privati cittadini anche promuovendo il ricorso a strumenti finanziari (Fondo rotativo Kyoto) e di servizi (ESCO) o sviluppare programmi diretti (es. programmi di efficienza energetica del patrimonio edilizio pubblico) ricorrendo al mercato volontario sia per vendere che per acquistare (sia o meno raggiunto il target dato) crediti.

Al raggiungimento degli obiettivi potrebbero concorrere anche gli interventi realizzati dalle amministrazioni per il rispetto degli obiettivi di riduzione di PM10 e NO2 contenuti nel PROA: la quantità di CO2 evitata con essi mediante l'impiego di FER viene conseguentemente contabilizzata.

**RAZIONALIZZARE E RIDURRE I CONSUMI ENERGETICI**

Dal 2000 al 2005 i consumi energetici toscani sono cresciuti di 11 punti percentuali; nei due anni successivi si è registrata invece una riduzione tale da riportare il livello del consumo energetico in linea con quello del 2000. I consumi finali lordi all'anno iniziale di riferimento (dato da una media di stime calcolate negli anni 2005-2010) sono pari a: 9.712,6 Ktep (migliaia di tonnellate equivalenti di petrolio).

Con riferimento al PAN (Piano d'Azione Nazionale di fonti rinnovabili), le previsioni dei consumi energetici al 2020 attribuiscono una percentuale maggiore del 50% ai consumi termici (riscaldamento e raffreddamento) e a trasporti ed elettricità una medesima percentuale (25% circa).

Consumi finali di energia per tipologia di utenza e previsioni di crescita del burden sharing

		anno iniziale di riferimento	2012	2014	2016	2018	2020
		[ktep]	[ktep]	[ktep]	[ktep]	[ktep]	[ktep]
TOSCANA	CFL	9.712,6	9.373,4	9.387,5	9.401,6	9.415,5	9.429,4
	FER	602,3	893,5	1.016,3	1.155,2	1.326,0	1.553,7
	%	6,2	9,5	10,8	12,3	14,1	16,5

Poiché circa il 50% dei consumi energetici è dato dai cosiddetti consumi termici (riscaldamento e raffreddamento), la principale sfida è quella di ridurre il consumo energetico degli immobili, in particolare delle abitazioni.

Occorre utilizzare la normativa, gli standard di rendimento per gli edifici e gli strumenti basati sul mercato, come la fiscalità, le sovvenzioni e gli appalti, per ridurre l'uso dell'energia degli immobili e utilizzare i Fondi Strutturali per investire nell'efficienza energetica degli edifici.

In particolare risulta necessario sia puntare sullo strumento della detrazione fiscale per opere di efficientamento energetico sul patrimonio edilizio esistente che attuare pienamente il sistema di certificazione energetica.

Gli obiettivi da perseguire nel corso di questa e della prossima legislatura (2015-2020), nonché le politiche regionali a favore delle energie rinnovabili, sono orientati dal decreto Burden Sharing che ripartisce tra le regioni l'obiettivo europeo al 2020 del 20% di rinnovabili sui consumi energetici stimati. Il Burden Sharing assegna alla Toscana un obiettivo target del 16,5%, considerata una percentuale del 6,2% al cosiddetto "anno iniziale di riferimento".

	Anno di riferimento	2012	2014	2016	2018	2020
Toscana	602	894	1016	1155	1326	1554
Italia	7296	10862	12297	14004	16144	19010

La Toscana dovrà pertanto incrementare la produzione di energia elettrica e termica da rinnovabili centrando gli obiettivi "dati" al 2012, 2014, 2016, 2018, 2020, e tenendo conto del fatto che a decorrere dal 2017, in caso di mancato conseguimento degli obiettivi, scatterà una procedura che prevede la nomina di un commissario incaricato di acquistare certificati a carico del bilancio regionale.

Resta comunque un obiettivo più ambizioso, soprattutto sul fronte della produzione di energia elettrica da rinnovabili, che è quello di riuscire a raggiungere e superare la soglia del 16,5% e assicurare il 20% originariamente previsto, puntando sulla capacità di ridurre i consumi energetici e su caratteristiche proprie della Toscana, come la geotermia, da prendere a riferimento anche per lo sviluppo di una filiera del calore, nonché le biomasse, attraverso l'organizzazione di una filiera del legno da valorizzare nei vari usi, da quello agrienergetico a quello delle abitazioni.

Condizione essenziale per centrare un obiettivo così ambizioso è la capacità del "sistema pubblico toscano" di portare a sintesi le azioni più efficaci da programmare per il raggiungimento degli obiettivi finora descritti della riduzione delle emissioni dei gas climalteranti e del miglioramento dell'efficienza energetica.

Il vero problema per il nostro paese rimane quello degli alti costi energetici che frenano la competitività dei territori. Le ragioni dei costi energetici, mediamente più alti che negli altri paesi europei, del resto, dipendono per lo più da fattori indipendenti dal costo oggettivo di produzione.

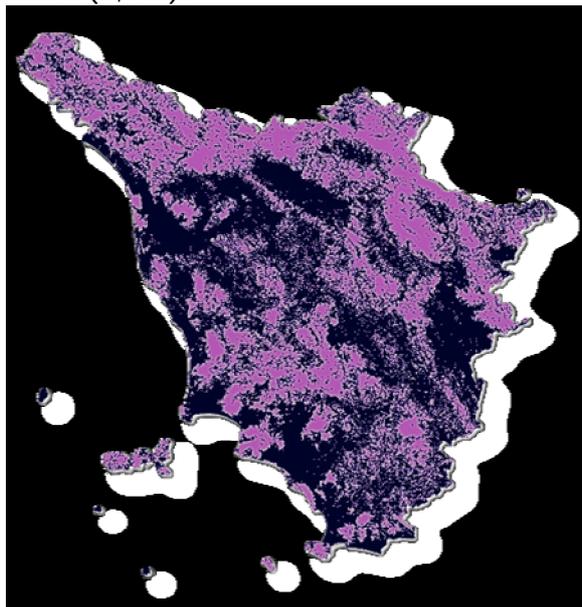
Non si può che constatare, inoltre, l'impotenza delle regioni di incidere sui costi energetici favorendone una riduzione significativa attraverso proprie iniziative. Ciò non esclude, ovviamente, l'attivazione di un complesso di azioni capaci di incidere, almeno indirettamente, sui costi energetici di imprese e famiglie.

## LO SVILUPPO DELLE BIOMASSE AGRICOLE E FORESTALI

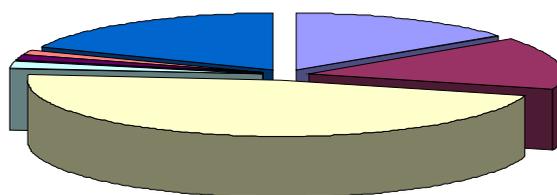
### Contesto regionale di riferimento

La Toscana, è la regione con la maggiore copertura forestale; secondo i dati dell'ultimo inventario forestale nazionale (2006) la superficie forestale regionale ammonta a 1.156.682 ettari pari al 51 % della superficie territoriale.

Le aree boscate sono distribuite prevalentemente in montagna (54,8%) e in collina (43,5%) e solo in minima parte in pianura (1,7%).



La principale forma di governo dei boschi è il ceduo, che occupa il 75,6% della superficie totale; il governo a fustaia interessa solo il 18,8%, mentre le altre forme di governo irregolari riguardano il restante 5,6%. La maggior parte dei boschi è di proprietà privata (85%) mentre quelli di proprietà pubblica sono circa 130.000 ha, pari a circa il 15%.



■ Fustaie	14,7 %
■ Cedui composti	14,6 %
■ Cedui	47 %
■ Cedui in conversione	2,4 %
■ Castagneti da frutto coltivati	1,4 %
■ Castagneti da frutto abbandonati	1,5 %
■ Altro	18,3 %

La provvigione legnosa complessiva è di circa 124 milioni di metri cubi e ha un tasso di accrescimento del 4% annuo, pari a poco meno di 5 milioni di metri cubi; le utilizzazioni forestali interessano una quota non superiore al 40% dell'accrescimento (circa 2 milioni di metri cubi l'anno) e questo favorisce un ingente incremento del patrimonio forestale e legnoso della regione che attiva un'importante filiera del legno.

## Considerazioni sulla filiera legno in Toscana

La qualità degli assortimenti legnosi, talvolta non buona, una carente organizzazione del mercato del legno, una professionalità degli addetti al settore foresta-legno non sempre adeguata, la mancanza o la limitata applicazione di indirizzi selvicolturali finalizzati a migliorare la qualità degli assortimenti legnosi, vincoli di natura normativa, strutturale e infrastrutturale possono rappresentare in modo diretto e indiretto un freno allo sviluppo della filiera bosco-legno. Per contrastare tali criticità sono state intraprese iniziative anche importanti dai primi anni '90 per la valorizzazione delle risorse legnose, sia per impieghi strutturali sia per impieghi energetici. I principali progetti di caratterizzazione e valorizzazione della risorsa legno in Toscana hanno riguardato le sperimentazioni sul legno di pino nero e robinia per la produzione di pannelli lamellari in legno massiccio, sulla valorizzazione per usi strutturali del legname di Castagno e Douglasia, Cipresso, sulla realizzazione di barriere antirumore per strade e ferrovie e guard-rail, sulle case di legno per emergenze abitative e per usi residenziali.

<b>numero tagliate</b>	<b>8.631</b>
<b>sup tagliate (ha)</b>	<b>20.000</b>
<b>sup media tagliate (ha)</b>	<b>3,52</b>
<b>% sup tagliate rispetto a sup bosco</b>	<b>1,81%</b>
<b>mc legname da lavoro</b>	<b>220.472</b>
<b>mc legna da ardere</b>	<b>706.437</b>
<b>mc totali</b>	<b>926.909</b>

## Lo sviluppo della filiera legno energia in Toscana

L'utilizzo delle fonti energetiche si inserisce in un contesto nazionale ed europeo nel quale l'importanza dell'impiego di fonti rinnovabili di energia è legata ad aspetti ambientali ed economici connessi a una situazione internazionale dove la domanda globale di energia è in crescita, la dipendenza dalle importazioni in ambito UE è in aumento, le riserve sono concentrate in pochi Paesi e i prezzi di gas e petrolio sono in costante ascesa.

In questo contesto l'Unione Europea riconosce la necessità di promuovere in via prioritaria le fonti energetiche rinnovabili, poiché queste contribuiscono alla protezione dell'ambiente e allo sviluppo sostenibile; esse possono inoltre creare occupazione locale, avere un impatto positivo sulla coesione sociale, contribuire alla sicurezza degli approvvigionamenti e permettere di conseguire più rapidamente gli obiettivi preposti.

L'Unione Europea ha adottato negli ultimi anni una serie di atti tesi a inquadrare le azioni comunitarie nel settore delle energie rinnovabili provenienti dal mondo agricolo e forestale favorendone il sostegno. Il primo riguarda l'aumento della sicurezza e della competitività dell'approvvigionamento energetico attraverso un mix più sostenibile, efficiente e diversificato attraverso l'incremento dell'utilizzo delle fonti energetiche rinnovabili, la riduzione delle emissioni climalteranti, il rilancio del settore primario (agricoltura e foreste) nella produzione di energia.

A livello nazionale sono state intraprese iniziative volte allo sviluppo delle fonti rinnovabili. Si rileva come la produzione e cessione di energia termica ed elettrica da fonti rinnovabili (fotovoltaico e biomasse) realizzata da aziende agricole sia stata riconosciuta come attività connessa a quella agricola e pertanto gli introiti che derivano da tale attività rientrano tra i redditi agrari (Finanziaria 2006, comma 423 e successive modifiche). Di fatto questo indica il riconoscimento del ruolo multifunzionale dell'impresa agricola e dell'agricoltura, ovvero accanto all'ordinaria produzione agricola si affianca quella di produzione energetica.

La nostra regione non si trova impreparata ad affrontare le sfide poste dalle nuove frontiere delle bioenergie. Sul tema la Regione Toscana si è mossa oramai da alcuni anni attraverso diverse strategie improntate ad attività di sperimentazione, di dimostrazione e di trasferimento dell'innovazione. In questo senso sono stati attivati diversi progetti e realizzati numerosi impianti dimostrativi e non.

Per quanto concerne le strategie regionali, si evidenzia come ogni politica nel settore delle agrienergie debba basarsi su alcuni presupposti: il primo è quello dello stretto collegamento fra la produzione primaria e la produzione di energia. In questo caso è più che mai indispensabile ragionare in un'ottica di filiera, verificando tutto il processo produttivo e cercando di avvicinare l'utilizzazione di energia alla fonte di produzione del combustibile.

Questo è tanto più vero quanto più si pensa alla filiera bosco legno energia: in questo senso le esperienze maturate in Toscana hanno portato a considerare tra le filiere più interessanti quelle riguardanti la produzione di energia da biomasse forestali, soprattutto per la grande disponibilità di materia prima e di biomassa residua proveniente dalle lavorazioni boschive, dalle lavorazioni agricole, dalla manutenzione del verde e del reticolo idrografico, dalle lavorazioni dell'industria del legno.

Ovviamente anche gli atti di programmazione regionale affermano i concetti sopra esposti e individuano nella filiera corta locale la strategia per la tutela del territorio, garantendo sostenibilità economica e ambientale oltre al presidio sul e del territorio.

Le agrienergie pertanto rappresentano una grande opportunità per il comparto agro-forestale e per l'ambiente, purché utilizzate in modo appropriato: possono offrire un contributo a mitigare i cambiamenti climatici, consentendo tra l'altro il rispetto degli impegni assunti in ambito internazionale con la Conferenza di Kyoto del 1997 per la riduzione delle emissioni climalteranti, e aumentare l'autonomia energetica dei nostri territori.

Per quanto riguarda in particolare il settore agricolo e forestale, l'incremento nell'utilizzo delle agrienergie si riflette positivamente su diversi aspetti quali:

- ñ aumento dell'utilizzo di biomasse legnose di scarto e di prodotti legnosi normalmente privi di mercato provenienti dall'attività selvicolturale, con evidenti ricadute positive per il bosco;
- ñ riduzione della dipendenza energetica da paesi terzi;
- ñ realizzazione di tutti quegli interventi necessari alla manutenzione e al miglioramento del bosco che altrimenti non sarebbero effettuati perché economicamente non vantaggiosi;
- ñ realizzazione di tutti quegli interventi di ripulitura degli alvei fluviali necessari per il mantenimento di un reticolo idrografico minore efficiente;
- ñ prevenzione dagli incendi boschivi;
- ñ utilizzo di biomasse legnose di scarto provenienti dalla potatura delle colture a olivo e a vite e dai frutteti;
- ñ utilizzo dei reflui delle attività zootecniche per fini energetici;
- ñ creazione di una filiera economica a sostegno delle aree rurali;
- ñ utilizzo dei terreni agrari per finalità no-food di tipo energetico;
- ñ applicazione dell'innovazione tecnologica degli impianti di produzione di energia termica o termica ed elettrica (cogenerazione).

Per il corretto utilizzo delle agrienergie è necessario però tener conto della specificità della fonte energetica che deve essere legata fortemente al territorio di provenienza e all'economia locale. Di conseguenza le politiche per lo sviluppo delle agrienergie devono tener conto di questa specificità favorendo la diffusione di piccoli-medi impianti alimentati con biomasse agroforestali di provenienza locale, per evitare importazioni di materie prime non controllate, di scarsa qualità e spesso prodotte con criteri non sostenibili. Tutto ciò si tradurrebbe in un

mancato vantaggio per il settore agricolo forestale nazionale e in una mancata diversificazione dell'attività agricola che invece deve essere sempre più orientata alla multifunzionalità. Pertanto, le attività agricole mirate alla produzione di energia vanno sviluppate innanzitutto in previsione di una crescente multifunzionalità dell'azienda agricola, come reale opportunità per diversificare le produzioni e mantenere i redditi più stabili.

Dalle esperienze condotte oggi, si può affermare con ragionevole certezza che sono gli impianti di piccola-media dimensione quelli maggiormente sostenibili da un punto di vista ambientale, economico e sociale con approvvigionamenti di tipo locale. Ciò garantisce un rapporto ecologicamente corretto tra produzione e prelievi di biomassa a fini energetici e integrità delle risorse ambientali e alimentari dei territori di origine.

L'approccio da seguire è dunque quello di individuare il bacino di approvvigionamento delle biomasse agro-forestali e dimensionare gli impianti in funzione del biocombustibile disponibile: è quindi opportuno che ogni territorio identifichi le proprie potenzialità di biomassa a fini energetici – tagli e residui forestali, residui agricoli, colture dedicate – e su questa base pianifichi e dimensiona tipologia di impianti e potenza energetica globale.

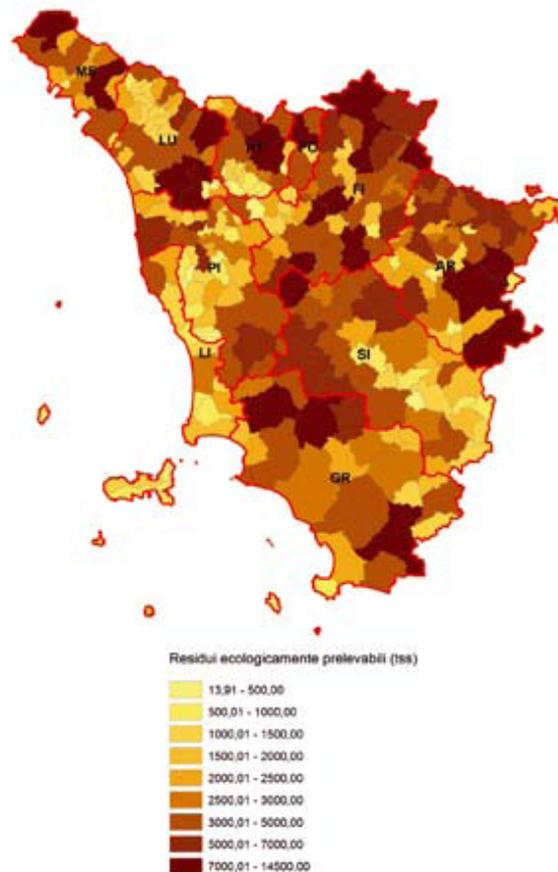
È in quest'ottica che è stato realizzato un importante strumento conoscitivo rappresentato dall'Indagine sui bacini agroenergetici (2009), comprendente una stima a livello comunale delle biomasse agro-forestali residuali da impiegarsi a scopo energetico (Figura 1).

Da questo studio è emerso che la Toscana presenta grande disponibilità di biomasse legnose forestali (regione italiana con maggiore superficie forestale) e di scarto delle attività agroforestali, nonché la possibilità di effettuare coltivazione dedicate (SRF di pioppo), che possono essere adeguatamente valorizzate dal punto di vista energetico e in maniera sostenibile per la produzione di energia termica e per la cogenerazione (produzione di energia termica ed energia elettrica) a piccola e media scala attraverso la realizzazione di "filiera corte".

Figura 1- Residui agricoli e forestali Toscana: suddivisione per provincia e totale.

PROVINCIA	RESIDUI forestali (t ss)	RESIDUI agricoli (t ss)	TOT Residui (t ss)
AREZZO	56109	27320	83429
FIRENZE	62379	64436	126815
GROSSETO	50928	51008	101936
LIVORNO	11225	25180	36405
LUCCA	26140	8385	34525
MASSA CARRARA	65254	3921	69175
PISA	25836	23845	49681
PISTOIA	22407	3692	26099
PRATO	8160	15404	23564
SIENA	55925	59862	115787
TOTALE	384.363	283.053	667.416

Figura 2 - Stima della potenzialità produttiva delle agrienergie in Toscana. Residui forestali (Manuale Arsia, 2009).



Relativamente alla promozione dell'utilizzo delle biomasse di origine forestale locale a fini energetici, già avviato con il Programma regionale degli investimenti e con le misure del PSR 2007-2013, continuerà l'azione di sviluppo e sostegno da parte dell'Amministrazione regionale anche attraverso la sottoscrizione di protocolli di intesa con le rappresentanze degli Enti locali e delle organizzazioni di categoria. Obiettivi fondamentali dell'azione regionale sono lo sviluppo e il consolidamento di filiere locali, le uniche in grado di incidere positivamente sulle imprese locali con ricadute favorevoli in termini di presidio e gestione sostenibile dei territori, in particolare montani.

In questo quadro si inserisce anche il protocollo d'intesa tra Regione Toscana e Uncem Toscana per lo sviluppo della filiera bosco-legno-energia siglato nell'estate del 2011.

L'intesa va nella direzione degli obiettivi che la Regione sta perseguendo per favorire la produzione di energie rinnovabili, in questo caso da biomasse. È necessario favorire la nascita di impianti medi e piccoli a filiera corta, come dettato dall'indirizzo del Piano Ambientale ed Energetico Regionale (PAER). Si tratta di attivare e potenziare la green economy legata a questo settore in una regione, come la Toscana, coperta di boschi per metà del suo territorio e che ha alle spalle una grande politica e una grande tradizione di tenuta e di attenzione a questa realtà.

È importante promuovere impianti gestiti con risorse locali per innescare fenomeni rilevanti di sviluppo del territorio rurale con obiettivi di ordine economico, sociale e ambientale che consentono di mantenere i territori rurali vitali, frenando e invertendo fenomeni di spopolamento, e contribuendo al miglioramento della qualità della vita.

Inoltre, l'utilizzo delle biomasse legnose di scarto e di prodotti legnosi provenienti da attività selvicolturali, che ad oggi sono privi di mercato, comporta evidenti ricadute positive sul territorio poiché consente la realizzazione di tutti quegli interventi necessari alla

manutenzione e al miglioramento del bosco, con conseguente riduzione del rischio di incendi e di dissesto idrogeologico.

Incentivare la produzione di energia attraverso l'utilizzo di biomasse e di scarti delle lavorazioni forestali significa favorire quel sistema antico e modernissimo di produrre calore ed elettricità sfruttando risorse di cui disponiamo "in casa". Inoltre la produzione di energia elettrica, il contemporaneo recupero dell'energia termica e il suo riutilizzo contribuiscono alla riduzione delle emissioni e alla realizzazione di risparmio energetico a fronte di un'analogia produzione di energia per la climatizzazione degli edifici. Il teleriscaldamento, e cioè la distribuzione in rete dell'energia recuperata o prodotta allo scopo, rappresenta una delle più efficienti modalità di utilizzo dell'energia per il riscaldamento degli edifici e permette un notevole risparmio di emissioni rispetto al riscaldamento autonomo.

L'assorbimento: il ruolo del settore agricolo-forestale nel contenimento delle emissioni di gas serra.

Attraverso la fotosintesi la vegetazione assorbe e immagazzina anidride carbonica dall'atmosfera e ne restituisce una parte attraverso la respirazione: pertanto l'assorbimento netto di anidride carbonica da parte di un ecosistema si calcola sottraendo alla quantità di CO<sub>2</sub> utilizzata per la fotosintesi la quantità di CO<sub>2</sub> restituita all'atmosfera attraverso la respirazione. A seguito della degradazione dei microrganismi del suolo, il carbonio contenuto nei resti di organismi vegetali e animali viene trasformato in parte in CO<sub>2</sub> e rilasciato in atmosfera e in parte viene convertito e fissato stabilmente nel terreno, aumentandone il contenuto di sostanza organica.

Il suolo è un serbatoio (carbon sink) di carbonio organico: si stima che contenga circa 1500 Giga tonnellate di Carbonio, quasi il doppio di quello presente in atmosfera e il triplo di quello sequestrato dalla vegetazione.

La capacità di assorbire anidride carbonica da parte degli ecosistemi agro-forestali è stata formalmente riconosciuta a livello internazionale ed il Protocollo di Kyoto riconosce alle foreste e al suolo un ruolo importante nelle strategie di mitigazione dei cambiamenti climatici. I paesi che hanno assunto impegni di riduzione delle emissioni possono quindi raggiungere i loro obiettivi anche puntando sulle attività legate all'uso del suolo, che comportano una fissazione del carbonio atmosferico.

Il 50% del territorio toscano è coperto da foreste. Con 1 milione e 151 mila ettari di superficie boscata, la Toscana è in proporzione la regione più boscosa d'Italia.

In media i boschi toscani hanno la capacità di assorbire circa 10 milioni di tonnellate di CO<sub>2</sub>, a fronte di un livello di emissioni di gas serra della regione stimate, nel 2007, pari a circa 33 milioni di tonnellate, contribuendo quindi in modo significativo a ridurre il contenuto di CO<sub>2</sub> nell'atmosfera. Tuttavia, l'assorbimento di carbonio da parte delle foreste non è regolare nel tempo: esiste una grande variabilità tra le quantità di CO<sub>2</sub> assorbite nei diversi anni. La capacità del bosco di immagazzinare carbonio nelle piante è condizionata dalle condizioni ambientali di una regione, come l'esposizione e il suolo, e da fattori climatici, quali la disponibilità idrica e la temperatura, e quindi dall'andamento della stagione meteorologica: si riduce infatti in corrispondenza di annate siccitose, caratterizzate da ondate di calore (come nel 2003) e viceversa aumenta quando il decorso stagionale è caratterizzato da abbondanti piogge e temperature più miti (come il 2010); (figura 30).

Per quanto riguarda l'agricoltura, essa rappresenta una fonte primaria di gas serra: è stato stimato che a livello mondiale l'agricoltura contribuisca, in termini di t di CO<sub>2</sub> equivalente, per una porzione compresa tra 10 e 12% alla definizione dell'attuale livello di gas climalteranti. L'agricoltura non soltanto è corresponsabile nell'alterazione del ciclo biogeochimico del carbonio, accelerando la liberazione in atmosfera di CO<sub>2</sub> e CH<sub>4</sub>, ma influenza il ciclo dell'azoto e incrementa i rilasci di N<sub>2</sub>O (dovuti soprattutto all'impiego di fertilizzanti), un gas serra con effetto climalterante di circa 290 volte superiore a quello della CO<sub>2</sub>.

L'inventario Nazionale delle emissioni di gas serra (GHG) redatto dall'ISPRA nell'anno 2011 (dati 2009) indica che in Italia il settore agricolo rappresenta la seconda fonte di emissione tra i diversi comparti esaminati (7,0% dell'intera quota nazionale) e che le emissioni di CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O derivanti dall'allevamento (da fermentazione enterica e deiezioni) espresse come tonnellate di CO<sub>2</sub> equivalente rappresentano il 50,5% del totale delle emissioni riconducibili all'agricoltura. Le emissioni di gas serra del settore agricolo risultano essersi ridotte dell'15,1% nel periodo 1990-2009 e tale calo può essere sostanzialmente imputato alla riduzione della superficie coltivata e alla diminuzione del numero di animali allevati.

In ambito toscano l'agricoltura contribuirebbe per meno del 3% alla quantità complessiva di CO<sub>2</sub> equivalente emessa (Osservatorio di Kyoto - Regione Toscana, 2005). Inferiore a 1 milione di tonnellate di CO<sub>2</sub> equivalente risulterebbe anche la stima preliminare delle quantità di gas

serra emesse dal settore agricolo secondo uno studio in fase di conclusione finanziato dalla Regione Toscana (Progetto Satregas, 2012): questo lavoro, basandosi sui dati statistici pubblicati dall'Istat nel 2008, quantifica in circa 400.000 tCO<sub>2</sub>eq. la quantità di emissioni di gas serra complessive del comparto delle produzioni vegetali e in meno di 300.000 tCO<sub>2</sub>eq. quella delle produzioni animali.

Nel campo della produzioni vegetali, alcune pratiche agricole possono contribuire a ridurre le emissioni di gas serra operando sulle emissioni indirette connesse all'esercizio di tutte le operazioni colturali (es. combustione del gasolio nelle trattrici) e su quelle dirette da parte del suolo, legate principalmente al fenomeno della mineralizzazione della sostanza organica. Oltre a ridurre le emissioni, le attività agricole possono anche aumentare gli assorbimenti di carbonio attraverso l'organicazione del carbonio nella biomassa delle colture e delle radici e soprattutto incrementare il carbonio organico del terreno (SOC - Soil Organic Content).

Tra le tecniche di mitigazione dei cambiamenti climatici rientrano quindi a pieno titolo tutte le pratiche agricole che determinano un incremento dell'accumulo di carbonio organico del suolo. La formazione di protossido di azoto è connessa al fenomeno naturale di denitrificazione, che consiste nel processo di riduzione del nitrato in azoto per opera di microrganismi (*Bacillus*, *Pseudomonas* ed altri batteri), che passano dalla respirazione aerobica alla respirazione dei nitrati. Questa circostanza si verifica soprattutto nel caso di suoli scarsamente aerati e comunque in concomitanza con la distribuzione di concimi azotati (sia minerali che organici).

#### Promozione di pratiche agricole a basso impatto ambientale

Un contributo alla mitigazione delle emissioni di gas serra può derivare dalla diffusione di pratiche colturali sostenibili e da una gestione conservativa dei terreni agricoli: lavorazioni ridotte del terreno, cover-crops e inerbimenti, rotazioni colturali con foraggiere, fertilizzazioni organiche, interrimento dei residui colturali sono solo alcune delle principali pratiche colturali che, aumentando il contenuto di biomassa nel suolo e incrementando la diversità delle specie delle microflora e microfauna in esso presenti, possono portare sia ad una riduzione delle emissioni di gas serra che ad un aumento dei sequestri di carbonio nel suolo.

Tabella 1- Il ruolo dell'agricoltura nella mitigazione dell'effetto serra - Tecniche di produzione vegetale  
Rielaborato da : Subak, 2000.

Settore	Tecniche climalteranti	Tecniche di mitigazione
Gestione del suolo	Frequenza e profondità di lavorazione	Tecniche conservative (non-lavorazione, lavorazione minima)
Gestione delle colture	Ridotta produzione di residui (maggese) Mancato interrimento dei residui	Interrimento dei residui colturali, riduzione della frequenza del maggese
	Semplificazione degli avvicendamenti	Diversificazione degli avvicendamenti; introduzione di: leguminose, colture da sovescio/trappola; copertura vegetale (inerbimento)
	Gestione impropria della concimazione azotata	Razionalizzazione della tecnica di concimazione (dose ed epoca di distribuzione); scelta del concime
Cambiamento dell'uso del suolo (LUC)	Coltivazione del riso	
	Conversione a seminativi degli ambienti naturali	Conversione dei seminativi ; set-aside
	Messa a coltura di pascoli naturali	Bonifica e coltivazione di zone umide
	Messa a coltura zone forestali	Agro-forestazione

Gestione dei sistemi	Specializzazione/intensificazione	Agricoltura integrata e biologica
----------------------	-----------------------------------	-----------------------------------

La diffusione di modelli tecnici e di tecnologie che consentono la riduzione dell'impiego di fertilizzanti minerali in agricoltura e l'ottimizzazione dei sistemi energetici e dell'impiego di risorse naturali (acqua) per la copertura del fabbisogno di mezzi tecnici delle aziende agricole garantiscono un contenimento delle emissioni di gas serra.

L'aumento delle formazioni permanenti (prati stabili, colture legnose, rimboschimento), la promozione di processi produttivi che garantiscono una maggiore copertura dei suoli (es. trasformazione da seminativi a pascoli, estensivizzazione dei carichi zootecnici) e l'esecuzione di lavorazioni meno incisive sulla struttura del terreno (es. rippatura anziché aratura) hanno un effetto positivo sull'incremento delle quantità di carbonio che si accumulano nel terreno.

È opportuno segnalare altresì che l'incremento delle colture arboree realizzato nelle aziende attraverso la piantumazione di alberi e arbusti sul bordo dei campi e lungo i fossi e i canali non soltanto incrementa il sequestro del carbonio e aumenta la produzione di biomassa, ma migliora le condizioni ambientali dell'agroecosistema: basti pensare all'azione svolta nel contenimento della lisciviazione dei nitrati nelle acque superficiali e sotterranee e alla funzione frangivento. È opportuno inoltre sottolineare come la rimozione della CO<sub>2</sub> dall'atmosfera è soltanto uno dei benefici collegati all'incremento dello stock di carbonio organico nei suoli agricoli e forestali: ad esso si associano infatti anche sensibili miglioramenti nella qualità dei suoli stessi e delle acque, attraverso la diminuzione delle perdite di suolo e di nutrienti e l'aumento dei volumi di acqua infiltrata e immagazzinata.

Allo stesso tempo, l'aumento dell'efficienza produttiva degli animali allevati e una gestione corretta dell'alimentazione, dei reflui di allevamento e delle pratiche agronomiche per la produzione di alimenti destinati al bestiame possono ridurre in maniera considerevole le emissioni riconducibili al comparto zootecnico.

Tabella 2- Il ruolo dell'agricoltura nella mitigazione dell'effetto serra – Tecniche di produzione animale

Settore	Tecniche climalteranti	Tecniche di mitigazione
Emissioni di metano da fermentazioni enteriche.	Aumento della produttività degli animali	Miglioramento genetico degli animali
		Pascolamento intensivo
		Miglioramento valore nutrizionale alimenti
	Interventi sull'alimentazione	Rapporto foraggio/concentrato e livello di ingestione.
		Contenuto di lipidi nella dieta
		Qualità e natura dei foraggi
		Utilizzo di additivi.
Biotecnologie	Vaccini, batteriocine, virus batterici	
Emissioni di metano e protossido di azoto da deiezioni animali	Emissione di protossido di azoto dalle deiezioni deposte durante il pascolamento	aumento della produttività degli animali al fine di ridurre il numero di animali ad unità di superficie
		diminuzione del contenuto di azoto escreto
		intensificazione della tecnica di pascolamento per ridurre il tempo di pascolamento e, pertanto, la quantità di deiezioni rilasciate al suolo
		Compost
	Emissione di GHG da parte delle deiezioni durante il loro stoccaggio.	Digestione anaerobica
		Separazione solido-liquido
		Interventi sull'alimentazione degli animali.

Più in generale l'adozione dell'insieme delle pratiche agricole previste dal metodo biologico di

coltivazione può contribuire alla riduzione delle emissioni di gas serra per effetto del mancato uso di fitofarmaci e fertilizzanti di sintesi, della riduzione complessiva degli input esterni all'azienda agricola e dell'aumento della capacità di assorbimento del carbonio nei suoli, dovuto all'incremento di sostanza organica nel terreno. La fertilità del suolo e la presenza di un alto livello di biodiversità all'interno dell'azienda agricola possono essere determinanti nel ridurre la vulnerabilità ambientale del sistema agricolo, creando possibili sinergie tra le strategie di mitigazione ed adattamento ai cambiamenti climatici.

Anche nell'attività agricola di tipo convenzionale, la diffusione di macchine e soluzioni tecnologiche, che consentano una maggiore efficienza in termini energetici, sia nell'impiego degli input chimici che delle risorse naturali, possono contribuire al raggiungimento di questo obiettivo.

Negli ultimi anni, a livello internazionale è stato manifestato un crescente interesse verso il Biochar, il carbone vegetale ottenuto dai processi di pirolisi e pirogassificazione per la produzione di energia, a partire da materiali vegetali agricoli e forestali (biomasse) da utilizzare, sotto forma di ammendante del suolo, come strategia di mitigazione dei cambiamenti climatici. L'aggiunta di Biochar al terreno permette infatti di immobilizzare il carbonio nel suolo in modo stabile, potenziando l'effetto di carbon sink del suolo. La struttura compatta del biochar permette a questo prodotto di non essere degradato dai microrganismi del suolo e quindi di mantenere fissato il carbonio per tempi lunghi, invece che farlo tornare all'atmosfera sotto forma di CO<sub>2</sub>. L'impiego del biochar sui terreni agricoli, aumentando la porosità del terreno, permetterebbe inoltre di diminuire anche le emissioni di N<sub>2</sub>O dal suolo, gas a effetto serra ancora più temibile della CO<sub>2</sub>.

Il biochar rappresenterebbe una tecnica di mitigazione dei cambiamenti climatici non solo carbon neutral, ma addirittura carbon negative, ovvero sequestra più carbonio di quanto ne emetta per produrre energia. La carbonificazione di biomasse e l'interramento nei suoli agricoli del carbone vegetale così ottenuto (Biochar) potrebbe rappresentare una nuova tecnica per gestire i residui vegetali, in alternativa alla combustione (che produce immediatamente grosse quantità di CO<sub>2</sub>), all'abbandono in superficie o all'interramento dei residui secchi ed anche al compostaggio, da cui si origina un humus stabile, destinato però alla progressiva decomposizione nel giro di alcuni anni. Recentemente sono stati presentati al Comitato Tecnico Direzionale (CTD) i lavori conclusivi del gruppo di lavoro interdirezionale, istituito a livello regionale per l'approfondimento sulle possibilità applicative del Biochar quale strategia di interesse agro-ambientale per il contenimento delle emissioni di gas serra nell'atmosfera.

#### La sostenibilità della filiera agro alimentare

La contabilizzazione delle emissioni relative al settore agricolo deve essere basata su un approccio ampio, che prenda in considerazione l'intera filiera agro-alimentare.

Il bilancio complessivo delle emissioni del comparto agro-alimentare è condizionato dai fattori della produzione agricola, ma anche dai successivi processi di trasformazione, con un dato rilevante per il packaging e dai trasporti. Se è vero che le emissioni attribuibili direttamente all'attività di produzione e trasformazione rappresentano la principale voce di emissione, la riduzione delle emissioni della filiera può essere ottenuta, oltre che attraverso una migliore efficienza dei processi produttivi, anche attraverso la promozione di stili di consumo più razionali, maggiormente legati alla stagionalità e naturalità dei prodotti, favorendo il consumo delle produzioni locali (Progetti di filiera corta).