

Cambiamenti Climatici

2009 Relazione
sullo Stato dell'Ambiente
della Regione Emilia-Romagna

Cambiamenti Climatici

2009 Relazione
sullo Stato dell'Ambiente
della Regione Emilia-Romagna

PRESENTAZIONE

I gas serra sono componenti minori dell'atmosfera (che per la maggior parte è composta di azoto e ossigeno) i quali, interagendo con la radiazione infrarossa di origine terrestre, causano il cosiddetto effetto serra. L'effetto serra aumenta la temperatura superficiale del pianeta di circa 33 gradi centigradi rispetto ai valori che ci sarebbero in sua assenza e di fatto consente la vita sulla Terra, dato che senza di esso la temperatura media del pianeta sarebbe molto inferiore al punto di congelamento dell'acqua. Il principale gas serra è il vapore acqueo che, diversamente dagli altri gas serra, è soggetto a forti variazioni naturali di concentrazione sia nello spazio che nel tempo.

Dall'inizio della rivoluzione industriale l'uomo ha progressivamente modificato la composizione atmosferica immettendovi grandi quantità di gas serra "minori", tra cui il più noto è il biossido di carbonio meglio noto come "anidride carbonica" (CO₂). La concentrazione della CO₂ in atmosfera è passata dalle 280 ppm (parti per milione) di fine Settecento alle 387 ppm attuali, livello probabilmente mai riscontrato negli ultimi venti milioni di anni. L'incremento della CO₂ negli ultimi decenni è per tre quarti imputabile al consumo di combustibili fossili e per il resto alla deforestazione e al conseguente rilascio atmosferico di carbonio in precedenza sequestrato nelle piante e nel suolo.

Altri gas serra in aumento a causa delle attività umane sono il metano (CH₄), derivante in buona parte da risaie, bestiame e discariche, e il protossido di azoto (N₂O), prodotto principalmente dalle concimazioni azotate e da alcuni processi industriali. Totalmente assenti nell'atmosfera naturale, ma introdotti recentemente da talune attività industriali sono i Clorofluorocarburi (CFC), i Perfluorocarburi (PFC) e l'Esafluoruro di Zolfo (SF₆): anche questi gas esercitano un effetto serra interagendo direttamente con la radiazione infrarossa. Altre sostanze inquinanti agiscono sul clima in modo indiretto, favorendo la formazione di ozono a bassa quota (O₃ troposferico): gas che, oltre ad essere dannoso per le vie respiratorie, costituisce un'ulteriore fonte di modificazione climatica. Gli effetti di questi gas sull'alterazione del clima appaiono oggi sempre più evidenti e, senza adeguati interventi, rappresentano un serio pericolo per la vita di domani.

PRINCIPALI RIFERIMENTI NORMATIVI	
L 65 del 15/1/1994	Ratifica della Convenzione Quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici (New York, 1992).
Delibera CIPE n. 137 del 19/11/1998	Approvazione Linee Guida per le politiche e misure nazionali di riduzione delle Emissioni dei Gas Serra.
Decisione 2002/358/CE del 25/4/2002	Riguardante l'approvazione, a nome della Comunità europea, del protocollo di Kyoto allegato alla convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici e l'adempimento congiunto dei relativi impegni.
L 120 del 1/6/2002	Ratifica ed esecuzione del Protocollo di Kyoto alla Convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici, fatto a Kyoto l'11 dicembre 1997.
Delibera CIPE n. 123 del 19/12/2002 e ss.mm.	Revisione delle linee guida per le politiche e misure nazionali di riduzione delle emissioni dei gas serra (legge n. 120/2002).
Direttiva 2003/87/CE del 13/10/2003	Direttiva del Parlamento Europeo e del Consiglio del 13 ottobre 2003 che istituisce un sistema per lo scambio di quote di emissioni dei gas a effetto serra nella Comunità e che modifica la direttiva 96/61/CE del Consiglio.
D.Lgs. n. 216 del 04/04/2006 e ss.mm.	Attuazione delle direttive 2003/87 e 2004/101/CE in materia di scambio di quote di emissioni dei gas a effetto serra nella Comunità, con riferimento ai meccanismi di progetto del Protocollo di Kyoto.
Delibera Consiglio Regionale n. 204 del 3/12/2008	Piano di Azione Ambientale per un futuro sostenibile della Regione Emilia-Romagna 2008-2010.

CHE COSA STA ACCADENDO?

Variazioni climatiche documentate

Il clima del nostro pianeta sta cambiando, come si può notare dall'incremento della temperatura globale dell'aria, della temperatura e del livello degli oceani, dallo scioglimento diffuso di neve e ghiaccio, e dall'intensificazione dei fenomeni estremi, come gli uragani, le alluvioni e la siccità.

L'analisi delle serie storiche globali mostra come in cento anni, tra 1906 e 2005, la temperatura media dell'aria sia aumentata mediamente di 0,74 °C [da 0,56 a 0,92]. Anche la temperatura media degli oceani è aumentata fino alla profondità di almeno 3.000 m, poiché gli oceani stanno assorbendo più dell'80% del calore aggiunto al sistema climatico. Un tale riscaldamento provoca l'espansione dell'acqua marina, contribuendo alla crescita del suo livello, con un tasso medio di 1.8 mm/anno.

Per quanto riguarda le precipitazioni, su molte grandi regioni della terra sono stati osservati trend a lungo termine, dal 1900 al 2005: significativi incrementi nelle precipitazioni sono stati osservati nelle parti orientali del Nord e del Sud America, nell'Europa del nord e in Asia settentrionale e centrale. Una diminuzione delle precipitazioni è stata osservata invece nel Sahel, nel Mediterraneo, nell'Africa meridionale e in parte dell'Asia meridionale.

I cambiamenti "globali" del campo termico hanno una grande influenza sulla struttura e sull'evoluzione della circolazione atmosferica; a loro volta, le modifiche dei flussi di circolazione generale si riflettono sull'evoluzione dei fenomeni a scala sinottica (2.000-4.000 km), sub-sinottica (500-2.000 km), sino alla mesoscala (100-500 km). Questi fenomeni interessano, ad esempio, il bacino del Mediterraneo caratterizzandone il tempo meteorologico al suolo. Il clima locale, che è l'ultimo anello di questa catena di complesse interazioni, viene quindi sostanzialmente modificato. Lo studio di queste modifiche può essere fatto indagando la variabilità di alcuni indicatori tipici del tempo meteorologico quali la temperatura dell'aria vicino al suolo, la precipitazione (quantità ed intensità), il numero delle giornate di sole e di cielo nuvoloso o coperto, il numero dei giorni con foschia, nebbia, neve e così via.

Sicuramente, la conoscenza di questi aspetti del clima locale è quella che più interessa sia il cittadino comune sia gli amministratori pubblici, operanti a tutti i livelli istituzionali. Viste le ricadute che un clima diverso dall'attuale potrà avere sulle attività umane, è necessario considerare il "clima" come uno dei fattori più importanti nella catena delle decisioni.

I cambiamenti climatici osservati in Emilia-Romagna

Per la valutazione dei cambiamenti dello stato del clima a scala locale sul territorio della regione Emilia-Romagna, sono stati analizzati gli andamenti annuali della temperatura dell'aria vicino al suolo e della precipitazione, rilevati su una rete di 45 stazioni per la temperatura e circa 90 stazioni per la precipitazione e sul periodo 1961-2008. A partire dai dati giornalieri sono stati valutati gli indicatori mensili ed annuali e da questi si sono dedotti i trend delle temperature stagionali ed annuali delle temperature minime, massime e delle precipitazioni (totali stagionali e annuali) sino all'anno 2008.

Le conclusioni che possono trarsi da questa analisi dei trend climatici, usando la rete di stazioni descritta in precedenza e sul periodo 1961-2008, sono le seguenti:

- È evidente un segnale di aumento delle temperature (massime e minime) e, nello stesso periodo, un aumento della durata delle ondate di calore;
- A partire dal 1985 il valore annuale della temperatura massima e minima è stato quasi sempre al di sopra del valore climatico di riferimento (1961-1990);
- È evidente una tendenza alla diminuzione della precipitazione totale annuale, con punte di anomalia negativa più intense nel 1983 e 1988, ma anche nel periodo più recente, ad esempio nel 2007;
- È evidente una tendenza alla diminuzione dell'indicatore standard di precipitazione SPI a 12 e 24 mesi, il che implica un deficit di precipitazione alle scale temporali più lunghe.

Pur con le dovute cautele connesse alla ancora insufficiente lunghezza delle serie temporali, i risultati sopra descritti denotano, almeno per le temperature, una chiara tendenza all'aumento dei valori e soprattutto la brusca accelerazione di tali aumenti negli ultimi venti anni. Per le precipitazioni si denota una flessione nei valori totali anche se il trend non è così evidente come per le temperature.

Lista indicatori

	NOME INDICATORE / INDICE	COPERTURA		PAG
		SPAZIALE	TEMPORALE	
STATO	Trend delle temperature minima e massima annuale	Regione	1961-2008	98
	Trend della precipitazione annuale	Regione	1961-2008	101
	Anomalia della temperatura minima, massima e di precipitazione annuale	Regione	2008	103
	Trend della durata delle ondate di calore estive	Regione	1961-2008	106
	Andamento del SPI- Standardized Precipitation Index a 12-24 mesi	Regione	1961-2008	108

STATO

Scheda indicatore

NOME DELL'INDICATORE	Trend delle temperature minima e massima annuale
DPSIR	S
UNITA' DI MISURA	Gradi (°C)
FONTE	Arpa Emilia-Romagna
COPERTURA SPAZIALE DATI	Regione
COPERTURA TEMPORALE DATI	1961 - 2008

Descrizione dell'indicatore

Tale indicatore è calcolato a partire dai dati osservati di temperatura minima e massima giornaliera rilevati su una rete di circa 45 stazioni uniformemente distribuite sul territorio regionale.

A partire dai dati giornalieri sono stati calcolati per ogni stazione i valori annuali. Per ottenere una informazione su tutto il territorio regionale, è stata calcolata una serie mediata sia per la temperatura minima che per la temperatura massima, su tutte le stazioni disponibili.

Scopo dell'indicatore

L'indicatore permette di evidenziare il trend climatico sul periodo 1961-2008 delle temperature massime e minime (medie annuali) su tutto il territorio della regione Emilia-Romagna.

Dati

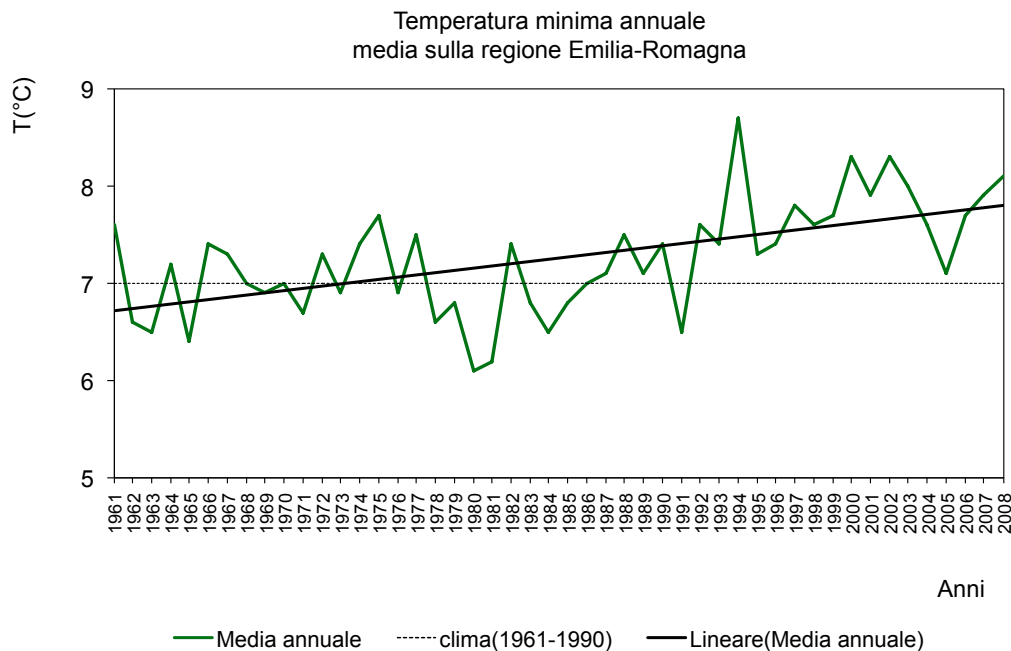


Figura 1: Andamento temporale annuale della temperatura minima mediata sull'intero territorio regionale - periodo 1961-2008

LEGENDA:

La linea tratteggiata rappresenta il valore climatico di riferimento (1961-1990) mentre la linea continua mostra la tendenza nel periodo 1961-2008

Fonte: Arpa Emilia-Romagna

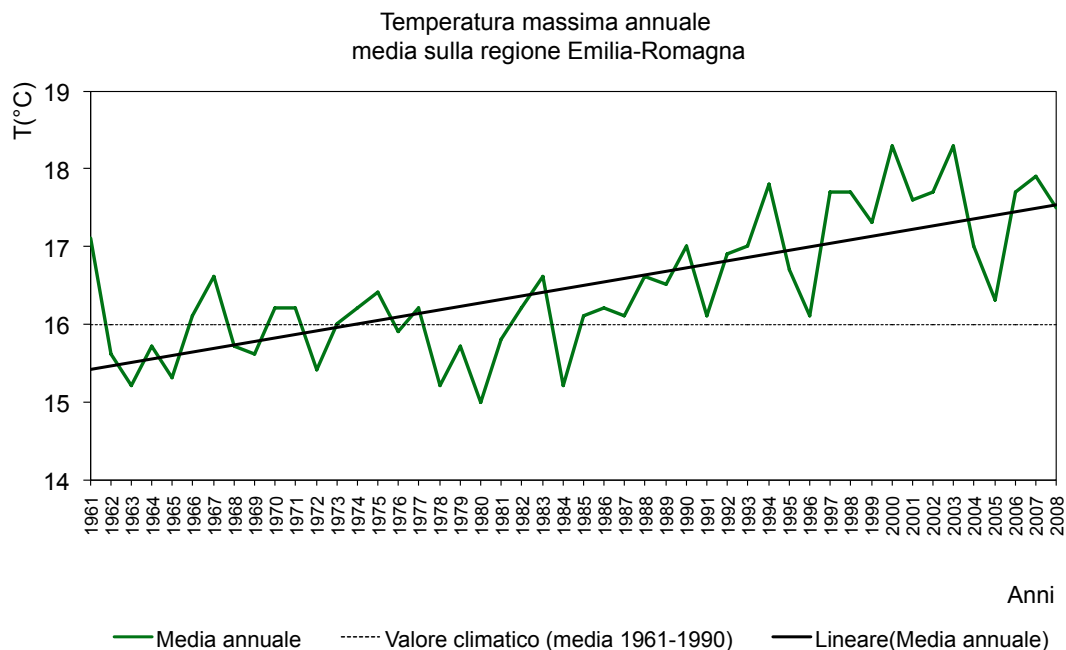


Figura 2: Andamento temporale annuale della temperatura massima mediata sull'intero territorio regionale - periodo 1961-2008

LEGENDA:

La linea tratteggiata rappresenta il valore climatico di riferimento (1961-1990) mentre la linea continua mostra la tendenza nel periodo 1961-2008

Fonte: Arpa Emilia-Romagna

Commento ai dati

L'analisi della tendenza dei valori annui delle temperature minime sulla regione Emilia-Romagna (figura 1) evidenzia, sul periodo 1961-2008, un trend positivo e statisticamente significativo di circa $0,25^{\circ}\text{C}/10$ anni.

Dalla figura 1, che descrive l'andamento temporale della temperatura minima annuale sulla regione, si evince come, dopo il 1985, i valori di temperatura minima sono stati quasi sempre al di sopra del valore climatico di riferimento, ad eccezione del 1991, con anomalie fino a 2°C a livello annuale.

Un segnale positivo di tendenza, superiore a quello delle minime, si riscontra anche nelle temperature massime annuali (figura 2), con un aumento attorno a $0,46^{\circ}\text{C}/10$ anni. Dall'analisi a lungo termine si nota come a partire dal 1985 il valore annuale della temperatura massima è stato sempre al di sopra del valore climatico di riferimento. Il contributo più importante alla crescita, sia nei valori minimi che massimi di temperatura, è dovuto in genere alla stagione estiva, anche se tale segnale di crescita è visibile in tutte le stagioni.

STATO**Scheda indicatore**

NOME DELL'INDICATORE	Trend della precipitazione annuale
DPSIR	S
UNITA' DI MISURA	Millimetri (mm)
FONTE	Arpa Emilia-Romagna
COPERTURA SPAZIALE DATI	Regione
COPERTURA TEMPORALE DATI	1961 - 2008

Descrizione dell'indicatore

L'indicatore è calcolato a partire dai dati osservati di precipitazione giornaliera rilevati su una rete di circa 90 stazioni uniformemente distribuite sul territorio regionale.

A partire dai dati giornalieri di precipitazione sono stati calcolati per ogni stazione i valori cumulati annuali. Successivamente, per ottenere una informazione spaziale dell'andamento dell'indicatore a livello regionale, è stata calcolata una serie mediata di precipitazione su tutte le stazioni disponibili.

Scopo dell'indicatore

L'indicatore permette di evidenziare il trend climatico sul periodo 1961-2008 delle cumulate annue di precipitazione su tutto il territorio della regione Emilia-Romagna.

Dati

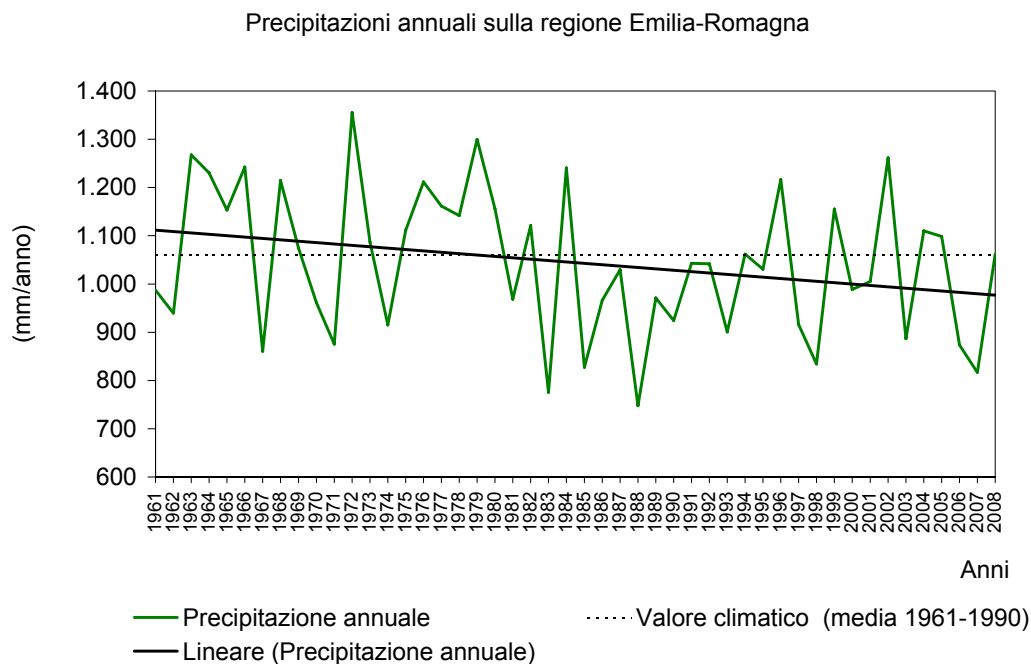


Figura 3: Andamento temporale annuale della precipitazione mediata sull'intero territorio regionale - periodo 1961-2008

LEGENDA:

La linea tratteggiata rappresenta il valore climatico di riferimento (1961-1990) mentre la linea continua mostra la tendenza nel periodo 1961-2008

Fonte: Arpa Emilia-Romagna

Commento ai dati

L'andamento delle precipitazioni annue mostra una tendenza di diminuzione per il periodo 1961-2008 sulla regione Emilia-Romagna (figura 3), diminuzione dovuta soprattutto alla stagione invernale e meno alla stagione primaverile ed estiva. Dalla figura 1, che mostra l'andamento a lungo termine della quantità di precipitazione annua, si nota come a partire dagli anni '80 la precipitazione annua è stata in genere al di sotto del valore climatico di riferimento, con punte di anomalie negative più intense nel 1983, 1988, ma anche nel periodo più recente, ad esempio durante l'anno 2007.

STATO

Scheda indicatore

NOME DELL'INDICATORE	Anomalia della temperatura minima, massima e di precipitazione annuale
DPSIR	S
UNITA' DI MISURA	Gradi (°C) e Millimetri (mm)
FONTE	Arpa Emilia-Romagna
COPERTURA SPAZIALE DATI	Regione
COPERTURA TEMPORALE DATI	2008

Descrizione dell'indicatore

Le anomalie di temperature minime e massime sono state calcolate come la differenza tra i valori medi annui osservati nell'anno 2008 e il valore climatico di riferimento (periodo 1961-1990). Per quanto riguarda la precipitazione, le anomalie sono state valutate come la differenza tra la precipitazione cumulata annua del 2008 e la media climatica di riferimento (periodo 1961-1990).

Il data set utilizzato è costituito da circa 45 stazioni per le temperature e circa 90 stazioni per la precipitazione.

Scopo dell'indicatore

L'indicatore permette di evidenziare le aree dove nel 2008, sia le temperature che le precipitazioni sono state in linea con i valori climatici di riferimento, o dove al contrario si sono riscontrate delle anomalie termiche e pluviometriche.

Dati

Anomalia della temperatura minima - annua 2008

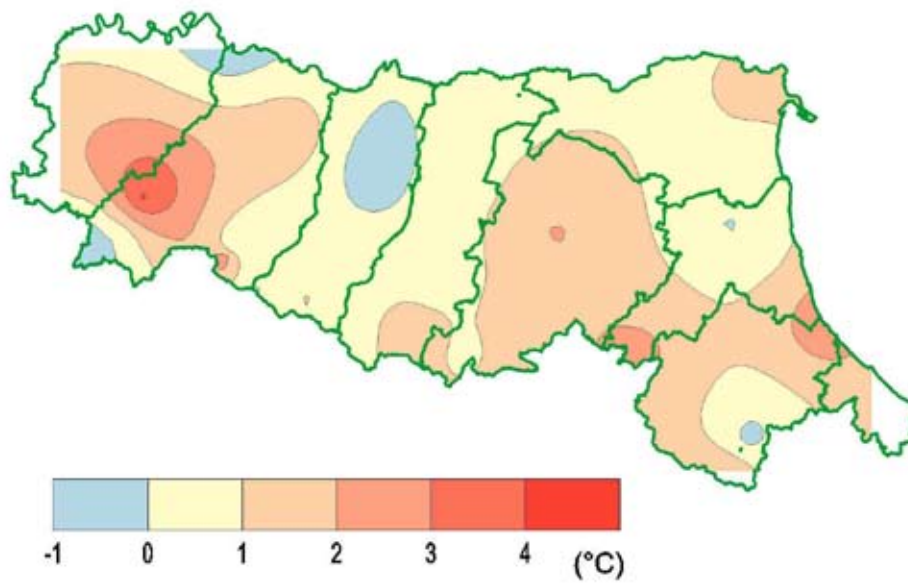


Figura 4: Anomalia della temperatura minima annuale 2008 (°C)

Fonte: Arpa Emilia-Romagna

Anomalia della temperatura massima - annua 2008

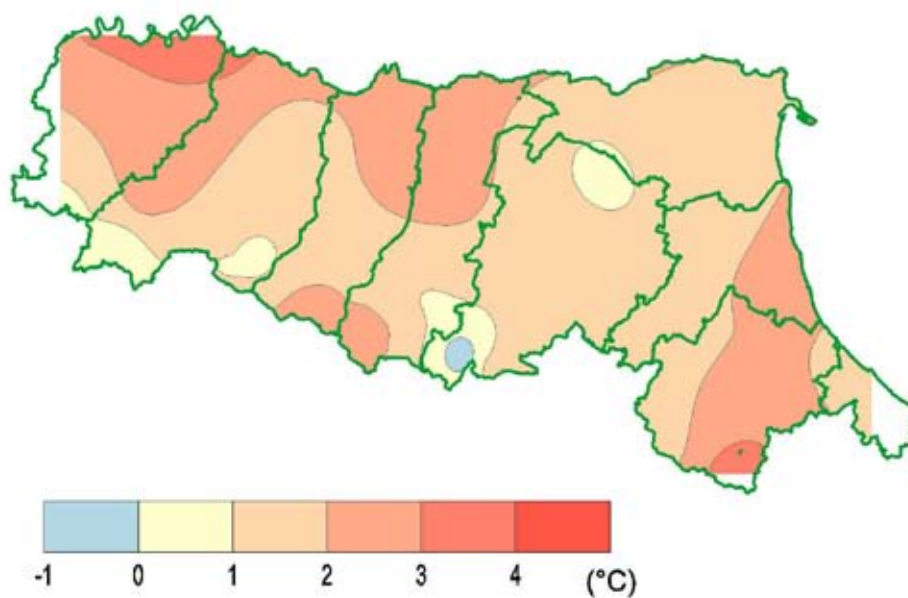
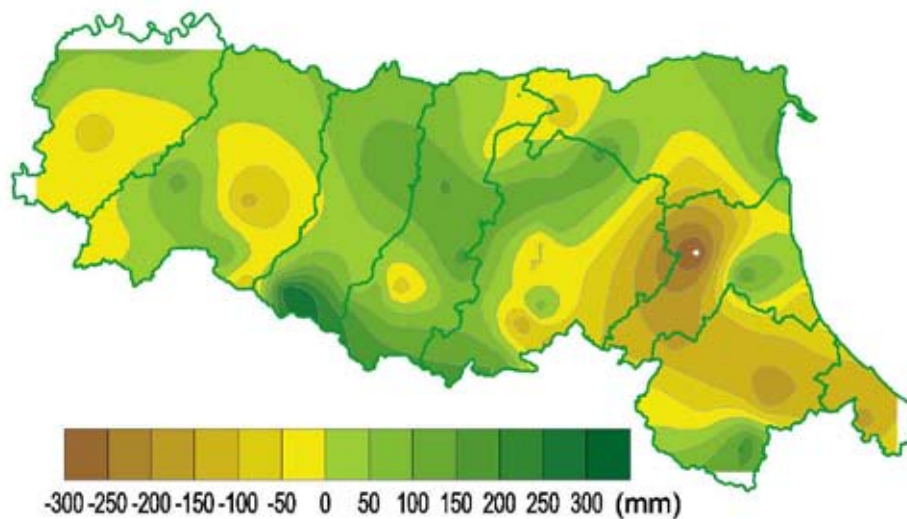


Figura 5: Anomalia della temperatura massima annuale 2008 (°C)

Fonte: Arpa Emilia-Romagna

Anomalia delle precipitazioni - annuale (anno 2008)

**Figura 6: Anomalia della precipitazione annuale 2008 (mm/anno)**

Fonte: Arpa Emilia-Romagna

Commento ai dati

L'analisi delle anomalie di temperatura minima annua dell'2008 (figura 4) mostra un'anomalia positiva su quasi tutta la regione, in media di 1°C, tranne che per un numero ridotto di stazioni, dove è stata riscontrata una lieve anomalia negativa (attorno a 0,5°C). Un segnale positivo di anomalia è stato registrato anche per la temperatura massima annua (figura 5), in media attorno a 2°C, ma con valori più intensi, fino a 3° C, nella pianura centro-occidentale e per alcune zone delle province di Forlì-Cesena e di Ravenna.

Per quanto riguarda le precipitazioni, la distribuzione spaziale delle anomalie medie annuali del 2008 è più complessa, in comparazione con quella delle temperature. Si sono registrate anomalie negative in alcune parti della provincia di Piacenza, Parma e in alcune stazioni della Romagna. Il resto del territorio regionale è stato caratterizzato invece da anomalie positive, con massimi nella fascia dell'Appennino parmense e reggiano. Queste anomalie positive hanno mitigato le anomalie negative, in modo tale che l'anno 2008 non si scosta notevolmente dal valore climatico di riferimento.

STATO

Scheda indicatore

NOME DELL'INDICATORE	Trend della durata delle onde di calore estive
DPSIR	S
UNITA' DI MISURA	Giorni
FONTE	Arpa Emilia-Romagna
COPERTURA SPAZIALE DATI	Regione
COPERTURA TEMPORALE DATI	1961 - 2008

Descrizione dell'indicatore

L'indicatore è definito come il numero massimo di giorni consecutivi in cui la temperatura massima supera il 90esimo percentile della distribuzione delle temperature massime calcolate sul periodo climatico di riferimento (1961-1990). Tale indicatore è calcolato solo per la stagione estiva, a partire dai dati osservati di temperatura massima giornaliera rilevati su una rete di circa 45 stazioni uniformemente distribuite sul territorio regionale. L'indicatore viene calcolato per ogni stazione e per il periodo 1961-2008; successivamente è calcolata la serie mediata dell'indicatore su tutte le stazioni disponibili per ottenere una informazione su tutto il territorio regionale.

Scopo dell'indicatore

L'indicatore permette di evidenziare il trend climatico, sul periodo 1961-2008, della durata delle onde di calore estive su tutto il territorio della regione Emilia-Romagna.

Dati

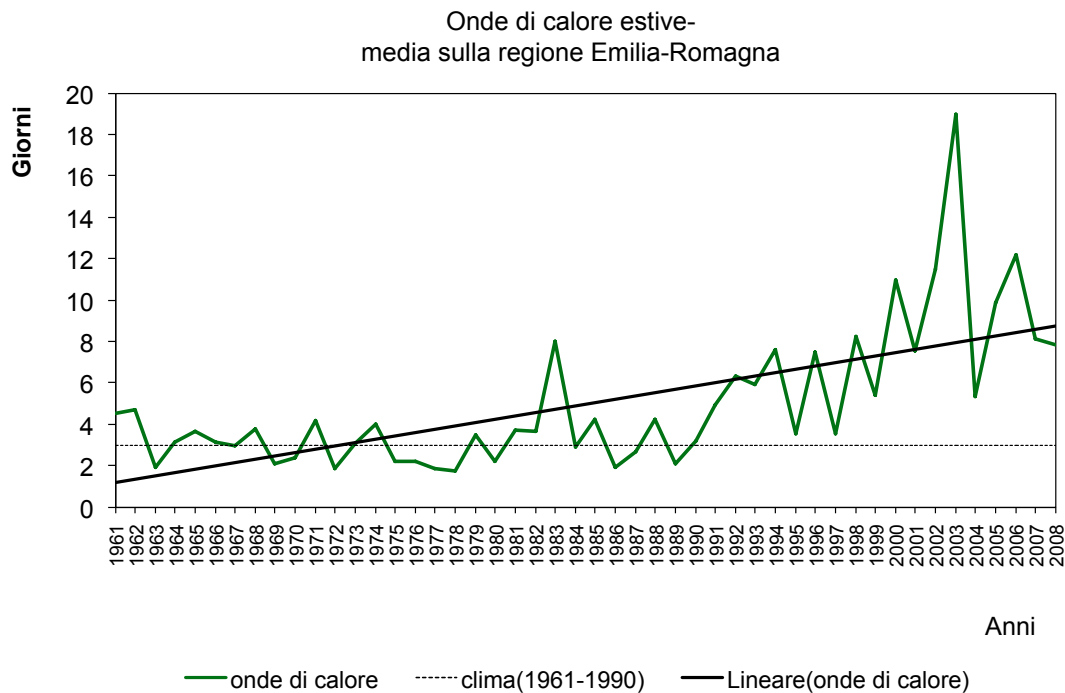


Figura 7: Andamento temporale della durata delle onde di calore estive sul territorio regionale –periodo 1961-2008

LEGENDA:

La linea tratteggiata rappresenta il valore climatico di riferimento (1961-1990) mentre la linea continua mostra la tendenza nel periodo 1961-2008

Fonte: Arpa Emilia-Romagna

Commento ai dati

L'analisi del trend della durata delle onde di calore estive sul territorio regionale (figura 7) mostra un segnale positivo, con un incremento dell'indicatore di circa 2 giorni/decade.

Dalla figura 7, che descrive l'andamento temporale dell'indicatore, si nota come a partire dagli anni '90 i valori dell'indicatore sono più intensi in comparazione con il periodo precedente (1961-1990) e sempre al di sopra del valore climatico di riferimento. Le punte più alte dell'indicatore sono state registrate nel 2003; valori elevati, ma più contenuti, sono stati misurati anche nel 2000 e nel 2005.

STATO

Scheda indicatore

NOME DELL'INDICATORE	Andamento del SPI (Standardized Precipitation Index)
DPSIR	S
UNITA' DI MISURA	
FONTE	Arpa Emilia-Romagna
COPERTURA SPAZIALE DATI	Regione
COPERTURA TEMPORALE DATI	1961 - 2008

Descrizione dell'indicatore

L'indicatore quantifica il deficit di precipitazione per diverse scale temporali (3, 6, 12 o 24 mesi), ognuna delle quali riflette l'impatto della siccità sulla disponibilità di risorse idriche. Per il suo calcolo necessita solo dei dati di precipitazione cumulata nei mesi precedenti: periodi di 3 e 6 mesi sono adatti per descrivere la siccità meteorologica e agricola; 12 o 24 mesi per descrivere la siccità idrologica. L'indicatore è stato computato in conformità con l'algoritmo sviluppato da McKee et al. (1993).

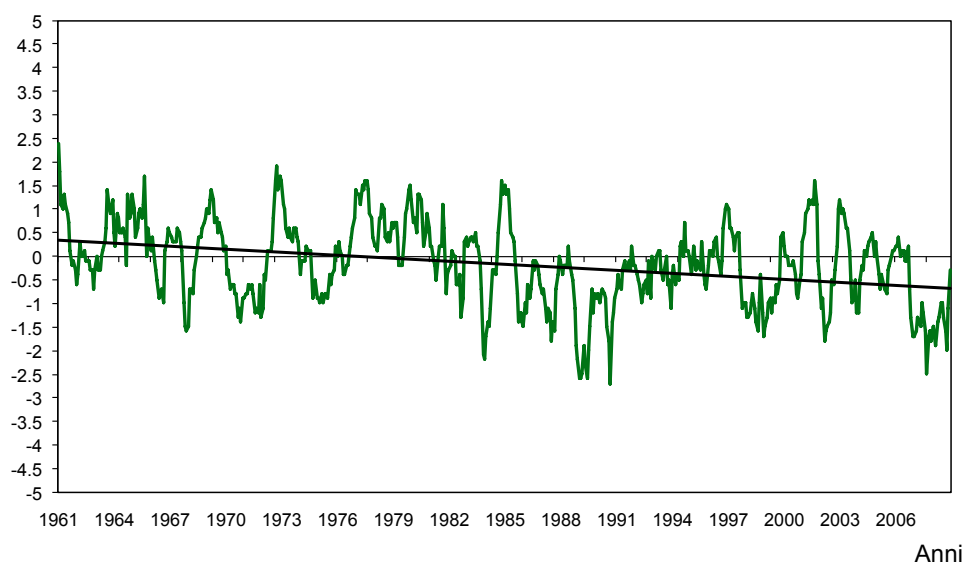
È stata utilizzata una rete di circa 80 stazioni uniformemente distribuite sul territorio regionale. Partendo dai dati giornalieri sono stati calcolati, per ogni stazione, le cumulate mensili sull'intero periodo 1961-2008. Successivamente, per ottenere una informazione spaziale dell'andamento dell'indicatore a livello regionale, è stata calcolata una serie mediata di precipitazioni mensili su tutte le stazioni disponibili. La serie mediata è stata poi utilizzata per il calcolo dell'SPI.

Scopo dell'indicatore

L'indicatore permette di evidenziare periodi caratterizzati da eccesso o deficit di precipitazione.

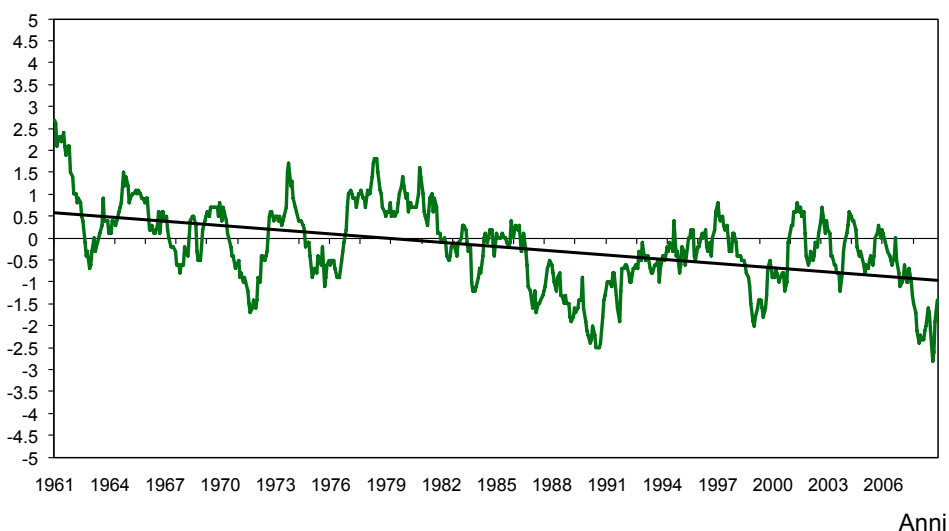
Dati

Andamento dell'SPI a 12 mesi sulla regione Emilia-Romagna

**Figura 8: Andamento temporale dell'SPI a 12 mesi sul territorio regionale - periodo 1961-2008**

Fonte: Arpa Emilia-Romagna

Andamento dell' SPI a 24 mesi sulla regione Emilia-Romagna

**Figura 9: Andamento temporale dell'SPI a 24 mesi sul territorio regionale - periodo 1961-2008**

Fonte: Arpa Emilia-Romagna

Commento ai dati

L'analisi dell'andamento dell'SPI alle scale temporali di 3, 6, 12, e 24 mesi ha mostrato una generale tendenza alla diminuzione, anche se più intensa nelle scale più lunghe, cioè di 12 e 24 mesi. Dalle figure 8 e 9, che mostrano le tendenze dell'SPI a 12 e 24 mesi, si nota come i deficit di precipitazione più intensi si sono rilevati nel decennio 1981-1990 e negli anni 1999-2000. Il decremento dell'indicatore tende ad essere più intenso nel 2007 e nel 2008 (figura 9), a causa delle scarse precipitazioni. I valori dell'indicatore evidenziano che questi ultimi anni sono caratterizzati da intensa siccità idrologica.

PERCHÈ STA ACCADENDO?

I cambiamenti climatici sono un fenomeno a scala globale, conseguenza della modifica dell'equilibrio energetico del pianeta, dovuto in massima parte all'aumento della concentrazione dei gas ad effetto serra e, tra questi, principalmente all'anidride carbonica (CO₂). I gas serra influenzano infatti gli scambi di energia tra la terra e lo spazio. La principale evidenza dei cambiamenti climatici è data dall'aumento della temperatura superficiale, ma le modifiche dell'equilibrio energetico del pianeta si ripercuotono su tutti i processi atmosferici, modificando i fenomeni meteorologici ma anche la distribuzione dei ghiacci e della neve, il livello dei mari e la dinamica degli oceani. Le conseguenze di queste alterazioni sono complesse e riguardano vari aspetti del clima come ad esempio la distribuzione e l'intensità delle precipitazioni con conseguenze sulla disponibilità di risorse idriche, sulle coltivazioni ecc.

Oltre ai processi a scala globale devono essere considerate le modificazioni locali del clima dovute alla modifica della copertura del suolo per effetto delle attività umane o per cause naturali.

Tra le modifiche della copertura del suolo dovute a cause naturali vi sono le variazioni della copertura vegetale, legate direttamente o indirettamente ai cambiamenti climatici a larga scala (es. incendi che modificano la superficie forestale) o la riduzione dei ghiacci alpini per effetto del riscaldamento.

Nel nostro territorio le variazioni più significative della copertura del suolo sono dovute tuttavia alle attività umane che stanno producendo un rapido aumento delle superfici urbanizzate. L'aumento della urbanizzazione può produrre effetti significativi sul clima locale a causa della modifica degli scambi di energia e vapor d'acqua tra la superficie e l'atmosfera. Le superfici asfaltate e gli edifici trattengono infatti il calore e modificano la temperatura e la circolazione atmosferica all'interno e nei dintorni delle città, enfatizzando gli effetti dovuti ai cambiamenti climatici a larga scala. L'impermeabilizzazione dei suoli d'altro canto modifica profondamente l'equilibrio idrico superficiale e rende più drammatici gli effetti delle precipitazioni intense.

Per quanto riguarda la concentrazione atmosferica dei gas serra, a livello nazionale, i combustibili fossili utilizzati per il trasporto, per il riscaldamento degli edifici, per l'alimentazione di centrali elettriche ed industrie manifatturiere ed edilizie, sono responsabili di circa il 95% delle emissioni di anidride carbonica (CO₂), e di circa il 17% di quelle di metano (CH₄) e di protossido di azoto (N₂O); l'andamento delle emissioni è dunque strettamente correlato ai consumi energetici.

Lo sfruttamento intensivo del suolo per la produzione agricola e le attività di trattamento e smaltimento dei rifiuti contribuiscono ulteriormente ad aumentare le emissioni in atmosfera di gas serra relative al metano (CH₄) e al protossido di azoto (N₂O).

A queste emissioni si aggiunge l'impatto della deforestazione che si traduce in una minor superficie di assorbimento forestale: le zone verdi del Pianeta giocano, infatti, un ruolo fondamentale nel 'ciclo del carbonio', catturando la CO₂ mediante il processo fotosintetico, tanto che "sta crescendo la consapevolezza che le foreste sono una delle poche 'tecnologie' a basso costo e immediatamente disponibili per mitigare l'impatto del clima". Un'altra importante fonte di assorbimento è rappresentata dalla superficie degli oceani.

Poiché i cambiamenti climatici rappresentano, dunque, un effetto dell'aumento delle emissioni antropogeniche a livello globale, non è possibile individuare un meccanismo causa-effetto a livello locale. Ciononostante, per programmare e sviluppare adeguate politiche di riduzione, è necessario valutare il contributo che ciascun Paese o regione produce, attraverso l'individuazione dei settori più critici sia in termini di emissioni dirette che di consumi di energia.

Le emissioni di gas climalteranti vengono di norma espresse in termini di CO₂ equivalente; la conversione delle quantità di gas serra diverse dalla CO₂ in quantità di CO₂ equivalenti viene effettuata mediante l'utilizzo dei "potenziali di riscaldamento globali" (Global Warming Potential - GWP)¹; questo valore rappresenta il rapporto tra il riscaldamento globale causato in un determinato periodo di tempo (di solito 100 anni) da una particolare sostanza, ed il riscaldamento provocato dal biossido di carbonio nella stessa quantità.

Per seguire con sistematicità l'evoluzione delle fonti di generazione dei gas serra la Regione Emilia-Romagna ha realizzato con il supporto di ARPA l'inventario regionale delle emissioni di CO₂, CH₄ ed N₂O predisposto nel corso del 2003 e con riferimento all'anno 2000.

E' stato inoltre realizzato un aggiornamento di tale inventario, che confluirà nel sistema INEMAR (INventario delle EMissioni in ARia), comune sia alle regioni del bacino padano sia ad altre regioni italiane, che fornirà una stima delle emissioni aggiornata al 2007 e con livello di dettaglio provinciale.

Poiché la quota relativa agli assorbimenti di CO₂ dei serbatoi forestali rappresenta un termine significativo nel bilancio regionale dei gas serra, è in corso di sviluppo l'implementazione del MODULO LULUCF Foreste (Land Use, Land Use Change and Forestry) seguendo la metodologia IPCC, implementata da ISPRA nell'inventario nazionale.

¹ I coefficienti di conversione indicati dal Consiglio Europeo per l'Ambiente sono CO₂=1, CH₄=21, N₂O=310

Lista indicatori

	NOME INDICATORE / INDICE	COPERTURA		PAG
		SPAZIALE	TEMPORALE	
PRESSIONI	Emissioni nazionali di gas serra (CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O) espresse come CO ₂ eq: trend e disaggregazione settoriale	Nazione	1990-2007	111
	Emissioni regionali di gas serra (CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O) espresse come CO ₂ eq.: disaggregazione settoriale	Provincia	2007	114

PRESSIONI

Scheda indicatore

NOME DELL'INDICATORE	Emissioni nazionali di gas serra (CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O) espressi come CO ₂ eq: trend e disaggregazione settoriale
DPSIR	P
UNITA' DI MISURA	Tonnellate
FONTE	ISPRA
COPERTURA SPAZIALE DATI	Nazione
COPERTURA TEMPORALE DATI	1990 - 2007

Descrizione dell'indicatore

L'aumento dell'effetto serra è attribuito in gran parte alle emissioni di anidride carbonica (CO₂), connesse, per quanto riguarda le attività antropiche, principalmente all'utilizzo di combustibili fossili. Contribuiscono all'effetto serra anche il metano (CH₄), la cui emissione è legata ad attività agricole ed allo smaltimento rifiuti, ed il protossido di azoto (N₂O), derivante principalmente dall'agricoltura e dai processi industriali. Le emissioni sono calcolate attraverso opportuni processi di stima, secondo la metodologia di riferimento indicata dall'IPCC. In particolare le emissioni di gas serra vengono convertite in termini di CO₂ equivalente moltiplicando le emissioni dei gas per il Global Potential Warming (GWP), potenziale riscaldamento globale in ogni specie in rapporto al potenziale dell'anidride carbonica.

Scopo dell'indicatore

L'indicatore rappresenta una stima delle emissioni nazionali degli inquinanti ad effetto serra e la relativa disaggregazione settoriale, consentendo un'analisi dell'andamento delle emissioni, la verifica del raggiungimento dell'obiettivo individuato dal Protocollo di Kyoto e l'individuazione di quali sono i settori di maggiore criticità.

Dati

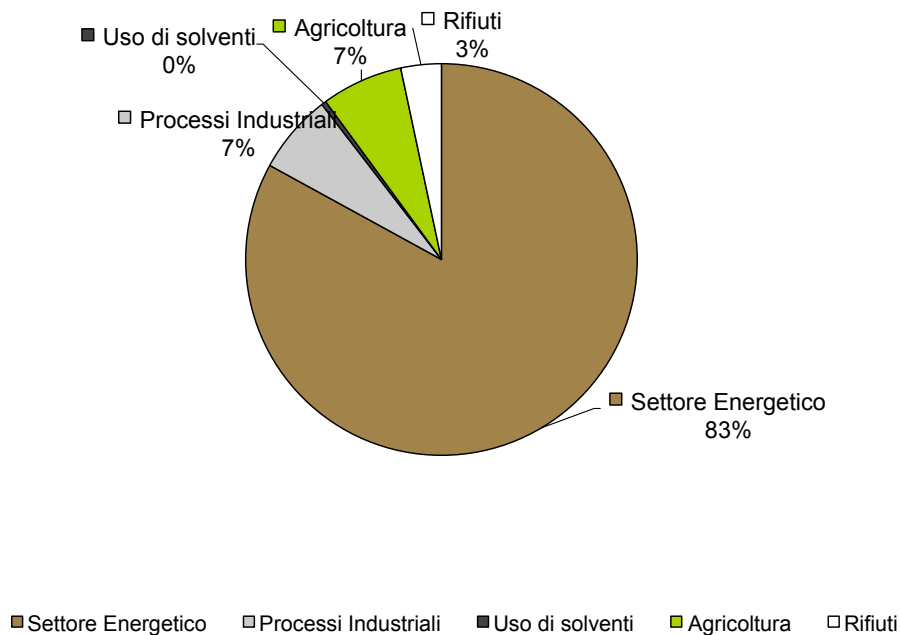


Figura 10: Distribuzione percentuale delle emissioni (senza assorbimenti) nazionali di gas serra, riferite all'anno 2007, espresse come CO₂eq (kt/a)

Fonte ISPRA

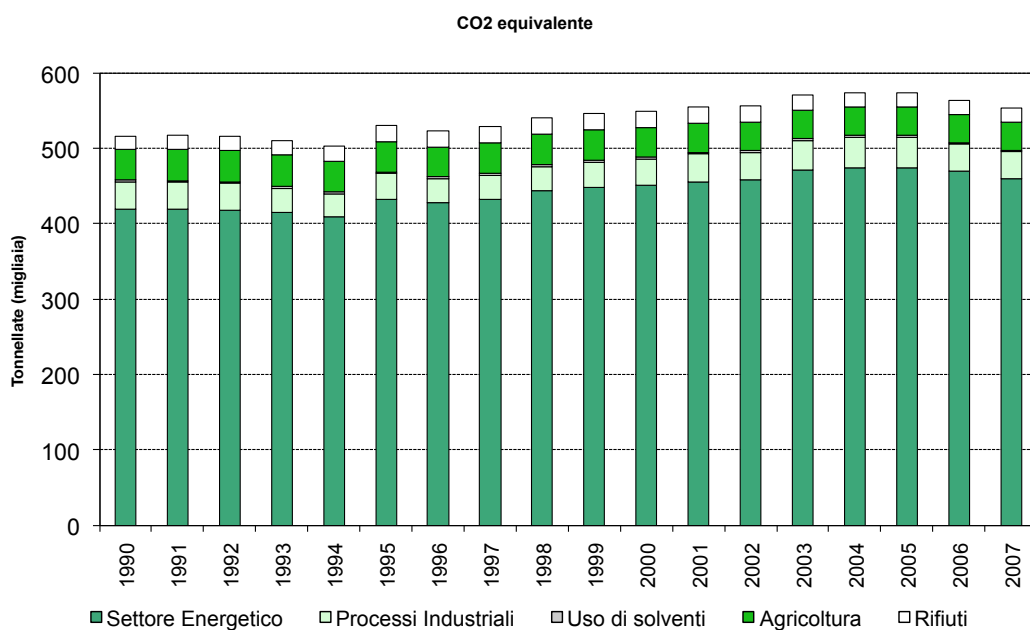


Figura 11: Trend (1990 – 2007) delle emissioni (senza assorbimenti) nazionali di gas serra, espresse come CO₂eq (kt/a), per macrosettore IPCC

Fonte: ISPRA

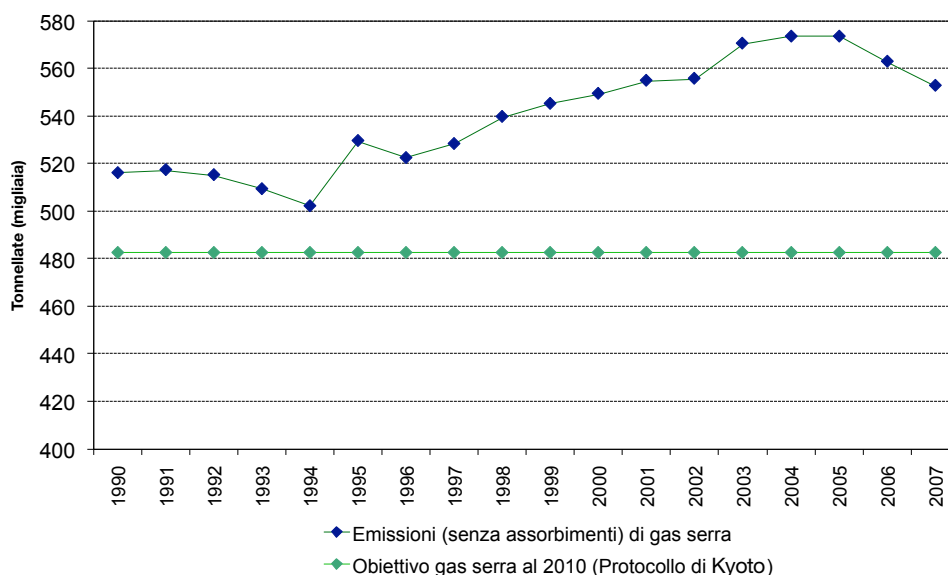


Figura 12: Trend (1990 – 2007) delle emissioni (senza assorbimenti) nazionali di gas serra, espresse come CO₂eq (kt/a), e confronto con l'obiettivo di Kyoto

Fonte: ISPRA

Commento ai dati

Le emissioni totali di gas serra nel 2007 sono diminuite del 3,6 % rispetto al 2005, tuttavia sono aumentate, in termini di CO₂ equivalente, di circa il 7% rispetto all'anno base 1990, risultando così lontane dal raggiungimento dell'obiettivo. L'andamento delle emissioni è strettamente correlato ai consumi energetici, infatti nel medesimo periodo le emissioni del settore energetico sono aumentate del 9,5 %. Le emissioni di CO₂ sono pari a circa l'86% del totale delle emissioni nazionali di gas serra, le emissioni di metano e protossido di azoto sono pari rispettivamente al 6,9% ed al 5,7% del totale delle emissioni.

Dalla disaggregazione settoriale si evidenzia come il settore energetico, comprendente i processi di combustione (trasporti, industria manifatturiera edilizia, industria energetica, ecc.) risulti essere la principale fonte delle emissioni di CO₂eq (83%).

PRESSIONI

Scheda indicatore

NOME DELL'INDICATORE	Emissioni regionali di gas serra (CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O) espressi come CO ₂ eq: disaggregazione settoriale
DPSIR	P
UNITA' DI MISURA	Tonnellate
FONTE	Arpa Emilia-Romagna
COPERTURA SPAZIALE DATI	Provincia
COPERTURA TEMPORALE DATI	2007

Descrizione dell'indicatore

L'aumento dell'effetto serra è attribuito in gran parte alle emissioni di anidride carbonica (CO₂), connesse principalmente alle attività antropiche (impianti produzione di energia, combustione nell'industria, trasporti, ecc.). Contribuiscono all'effetto serra anche il metano (CH₄), la cui emissione è legata ad attività agricole ed allo smaltimento rifiuti, ed il protossido di azoto (N₂O), derivante principalmente dall'agricoltura e dai processi industriali. Le emissioni sono calcolate attraverso opportuni processi di stima, secondo la metodologia di riferimento indicata dall'IPCC. In particolare le emissioni di gas serra vengono convertite in termini di CO₂ equivalente moltiplicando le emissioni dei gas per il Global Potential Warming (GWP), potenziale riscaldamento globale in ogni specie in rapporto al potenziale dell'anidride carbonica.

Scopo dell'indicatore

Le emissioni totali di CO₂ eq costituiscono un indicatore dell'andamento dei fattori causali dell'effetto serra; lo scopo dell'indicatore è una valutazione quantitativa delle emissioni regionali e dei contributi dei singoli macrosettori (come definiti dalla metodologia IPCC).

Dati

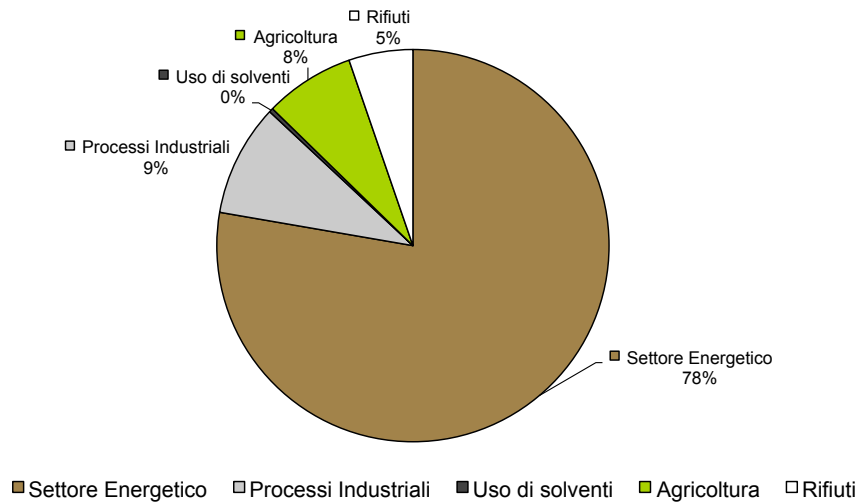


Figura 13: Distribuzione percentuale delle emissioni (senza assorbimenti) di gas serra, riferite all'anno 2007, espresse in termini di CO₂eq, per macrosettore IPCC

Fonte Arpa Emilia-Romagna

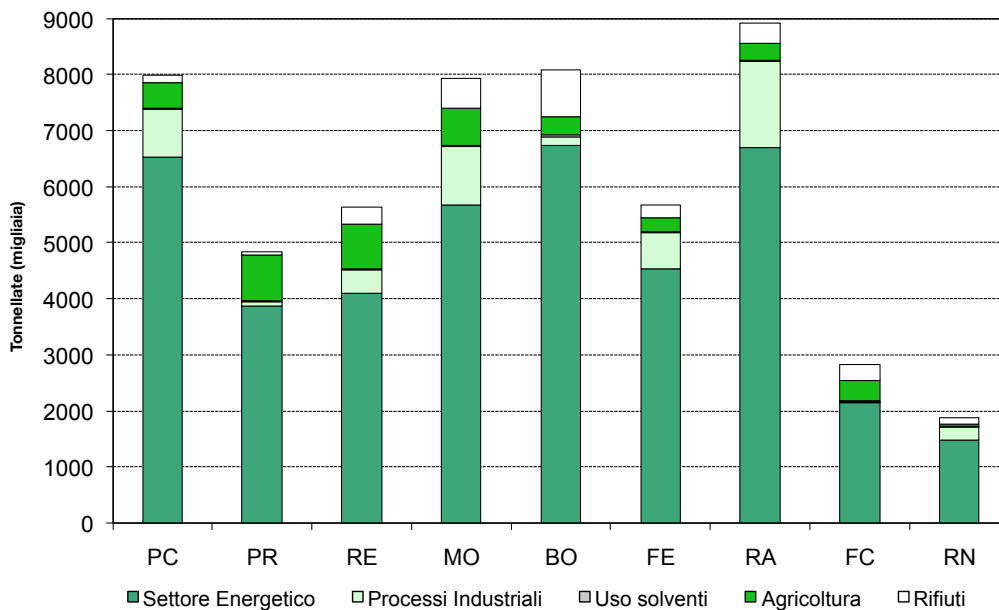


Figura 14: Emissioni (senza assorbimenti) di gas serra espresse come CO₂eq, per provincia e per macrosettore IPCC , anno 2007

Fonte Arpa Emilia-Romagna

Commento ai dati

Le emissioni regionali di gas serra, anno 2007, provengono principalmente dal settore energetico - circa l'80% - che comprende tutte le attività che prevedono processi di combustione (traffico, industrie manifatturiere, riscaldamento, ecc.).

Il totale regionale delle emissioni ammonta a circa 47,4 Mt CO₂eq (inclusi gli assorbimenti del settore LULUCF).

COME POSSIAMO MIGLIORARE? QUANTO È EFFICACE LA RISPOSTA?

L'obiettivo a lungo termine dell'UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change) consiste nello "stabilizzare le concentrazioni di gas a effetto serra nell'atmosfera a un livello tale da escludere qualsiasi pericolosa interferenza delle attività umane sul sistema climatico". Il Protocollo di Kyoto è stato un primo passo fondamentale verso questo risultato. Esso fissava gli obiettivi di riduzione delle emissioni entro il 2012 per molti paesi industrializzati, compresa la maggior parte degli Stati membri dell'Unione europea, e limitava l'aumento delle emissioni dei restanti paesi che lo hanno ratificato.

Il Protocollo di Kyoto è ormai inadeguato ad affrontare una situazione sempre più complessa, ben evidenziata dalle osservazioni dell'IPCC (il gruppo intergovernativo di esperti sul cambiamento climatico) che auspica un dimezzamento nelle riduzioni delle emissioni globali entro la metà del XXI secolo. Questo implica una riduzione del 60-80% nelle emissioni dei paesi sviluppati. I paesi in via di sviluppo con emissioni elevate, come la Cina, l'India e il Brasile, dovranno limitare la crescita delle loro emissioni.

Le negoziazioni per un accordo internazionale post 2012 (Post Kyoto) con l'UNFCCC sono tutt'ora in atto. La conferenza sul clima, che ha avuto luogo lo scorso dicembre a Copenaghen, è stata una tappa importante anche se non finale ed ha visto gli Stati Uniti e la Cina prendere un ruolo più attivo. Purtroppo un accordo vincolante non è stato ancora raggiunto, e per quello saranno necessarie ulteriori negoziazioni.

L'Europa si presenta a questo appuntamento con i risultati di un impegno molto forte nella lotta ai cambiamenti climatici. La sua politica per il clima e l'energia si propone per il 2020 di conseguire obiettivi ambiziosi:

- ridurre i gas ad effetto serra di almeno il 20% rispetto ai livelli del 1990 (del 30% se gli altri paesi sviluppati assumeranno impegni analoghi);
- incrementare l'uso delle energie rinnovabili (eolica, solare, da biomassa) giungendo al 20% della produzione totale di energia;
- diminuire il consumo di energia del 20% rispetto ai livelli previsti per il 2020 grazie a miglioramenti nell'efficienza energetica, per esempio negli edifici, nell'industria e negli elettrodomestici.

Per questo, nel gennaio 2008, la Commissione europea ha proposto un nuovo pacchetto per l'energia e il clima al fine di soddisfare l'obiettivo di riduzione delle emissioni. Vari settori come l'agricoltura, i trasporti e l'edilizia e tutti gli Stati membri dovranno contribuire a raggiungere gli obiettivi fissati dall'Europa. La riduzione delle emissioni di gas a effetto serra richiederà, sicuramente, un maggiore ricorso a energie rinnovabili, il che presuppone anche una fornitura energetica più diversificata per l'Europa.

La Regione Emilia-Romagna con il terzo Piano di Azione Ambientale per un Futuro Sostenibile² si pone in perfetta sintonia con le politiche individuate a livello comunitario e dalla Strategia d'azione nazionale, evidenziando la necessità di modifiche strutturali, soprattutto nei comparti dei trasporti e dell'energia, ed auspica maggiori sforzi in direzione dell'efficienza e del risparmio energetico.

Per dare forza e incisività all'azione regionale è stata istituita nell'ambito dell'organizzazione della Regione, l'area di integrazione "Sviluppo di politiche energetiche sostenibili e perseguimento degli obiettivi di Kyoto", che coinvolge i settori industria, agricoltura, ambiente, trasporti, sanità e programmazione territoriale, al fine di rafforzare gli elementi di integrazione degli obiettivi di sostenibilità energetica ed ambientale con gli obiettivi propri delle politiche settoriali di intervento.

² Delibera assembleare n. 204 del 3 dicembre 2008 Piano di Azione Ambientale per un futuro sostenibile della Regione Emilia-Romagna 2008- 2010.

Settore Ambiente

L'azione svolta per affrontare il cambiamento climatico si inserisce nelle iniziative attuate dalla Regione Emilia-Romagna per la tutela della qualità dell'aria con particolare attenzione alle aree urbane.

Tale politica, avviata sin dal 1998 con l'approvazione del "Protocollo d'intesa tra la Regione Emilia-Romagna, i Comuni capoluogo di provincia per la gestione coordinata degli stati di attenzione e di allarme degli inquinanti atmosferici", è proseguita attraverso l'adozione di apposite linee di indirizzo³, con l'armonizzazione degli obiettivi locali con quelli nazionali di contenimento delle emissioni previsti dai protocolli attuativi della Convenzione di Ginevra sull'inquinamento atmosferico transfrontaliero, dal protocollo di Kyoto relativo alla Convenzione quadro sui cambiamenti climatici, recepito dalla legge 1 giugno 2002, n. 120, e dalle direttive europee sul contenimento delle emissioni.

Tali linee hanno fornito agli Enti locali gli indirizzi necessari alla definizione dei piani e dei programmi per il risanamento, la tutela ed il mantenimento della qualità dell'aria.

Tra le iniziative messe in campo sono da segnalare:

- gli Accordi di Programma per il miglioramento della qualità dell'aria che la Regione ha sottoscritto con le Province, i Comuni capoluogo e quelli con popolazione superiore a 50.000 abitanti dal 2001; questi Accordi sono descritti più approfonditamente nel capitolo dedicato alla qualità dell'aria;
- l'Accordo di Programma, firmato il 7 maggio 2008, con il Ministero dell'Ambiente della Tutela del Territorio e del Mare e il Comune di Bologna in tema di ambiente, mobilità sostenibile ed energia, ai fini della realizzazione di misure strutturali idonee a realizzare progressive condizioni di avvicinamento e di rispetto degli obiettivi di qualità dell'aria fissati dall'Unione Europea.

³ D.G.R. n° 804 del 15/05/2001 Approvazione linee di indirizzo per l'espletamento delle funzioni degli Enti locali in materia di inquinamento atmosferico di cui agli artt. 121 e 122 della L.R. 21 aprile 1999, n. 3 "Riforma del sistema regionale e locale"

D.G.R. n° 43 del 12/01/2004 Aggiornamento delle Linee di indirizzo per l'espletamento delle funzioni degli Enti locali in materia di inquinamento atmosferico (artt. 121 e 122, L.R. 3/99) già emanate con atto di Giunta regionale 804/01

Settore Energia

In armonia con gli indirizzi di politica energetica-ambientale della UE, la L.R. n. 26/04⁴ e il Piano Energetico Regionale⁵ (PER) hanno posto le basi di una strategia di sviluppo sostenibile del sistema energetico regionale.

Il PER traccia obiettivi, strumenti e linee di intervento a fondamento delle azioni della Regione e degli Enti Locali, in specifico:

- risparmio energetico;
- valorizzazione delle fonti rinnovabili;
- miglioramento delle prestazioni energetiche dei sistemi territoriali, con particolare attenzione agli edifici, alle PMI, al sistema di mobilità, ai sistemi di generazione distribuita, al contributo del sistema agroforestale per l'energia e l'ambiente;
- miglioramento delle condizioni di sicurezza, continuità, ed economicità degli approvvigionamenti interni;
- fruibilità, diffusione e qualificazione dei servizi rivolti agli utenti finali, con particolare attenzione alle aree e agli utenti disagiati;
- miglioramento della sostenibilità ambientale dei sistemi energetici;
- riduzione delle emissioni di gas serra.

Con deliberazione dell'Assemblea Legislativa n. 156/2008, è stata data attuazione alla direttiva 2002/91/CE sul rendimento energetico nell'edilizia e alla direttiva 2006/32/CE concernente l'efficienza degli usi finali dell'energia. La delibera dell'Assemblea, in sintonia con quanto previsto dal Piano energetico regionale, rafforza i requisiti prestazionali relativi agli edifici fissati dalla normativa nazionale, riguardo sia al ruolo delle fonti rinnovabili per la copertura dei consumi di energia primaria, sia al risparmio energetico per la climatizzazione invernale ed estiva. Il provvedimento disciplina inoltre il sistema regionale di certificazione energetica degli edifici definendo i soggetti preposti allo svolgimento di tale attività.

Il programma di riconversione del parco di produzione termoelettrica, con l'obiettivo di riequilibrare i consumi elettrici e la produzione regionale promosso dalla Regione è ormai completato. La sostituzione di tutti gli impianti ad olio combustibile con quelli a tecnologia avanzata e ad alta efficienza (centrali a "ciclo combinato" alimentate a metano), e l'adozione di queste tecnologie per tutti i nuovi impianti, con l'esclusione anche dell'uso del carbone, ha consentito una rilevante riduzione delle emissioni. Cresce anche l'utilizzo della cogenerazione, decisiva per combinare produzione di calore e di energia elettrica, che secondo il Piano energetico dovrà svilupparsi ora non solo negli impianti di produzione ma anche negli edifici (micro-cogenerazione) e nell'industria (trigenerazione).

Riguardo al settore industriale l'attuazione del PER si è concretizzata con l'attivazione di diversi programmi:

- "Innovazione energetica delle imprese" con un bando, realizzato nell'ottobre 2008, che ha messo a disposizione 15,3 milioni di euro per il "Sostegno a progetti innovativi nel campo delle tecnologie energetico-ambientali volti al risparmio energetico e all'utilizzo delle fonti rinnovabili". Gli interventi finanziati permetteranno il risparmio di energia stimato all'anno è di 20.737 Tep (tonnellate equivalenti di petrolio) e di 48.110 tonnellate di CO₂;
- "Aree ecologicamente attrezzate": la Regione e Province hanno selezionato le aree strategiche dove concentrare i nuovi insediamenti industriali per superare l'effetto "sprawl", cioè la crescita incontrollata delle 1.300 aree industriali e artigianali oggi esistenti. Sono 43 le aree che potranno ospitare circa 1.500 nuove aziende, che saranno dotate di impianti fotovoltaici (il 70% dei programmi prevede questo tipo di intervento), sistemi di illuminazione pubblica a risparmio energetico (56%), rete di teleriscaldamento/raffrescamento (53%), centrali di cogenerazione/trigenerazione (44%).
- Sostegno alla ricerca industriale e al trasferimento tecnologico attraverso la creazione di tecnopoli e il sostegno a progetti di ricerca collaborativa delle PMI con laboratori di ricerca e centri per l'innovazione.

Il programma regionale "Il sistema sanitario regionale per uno sviluppo sostenibile" approvato dalla Giunta regionale, con propria Deliberazione n. 686/07, ha istituito e ha stabilito gli indirizzi e gli obiettivi assegnati alle Aziende sanitarie in materia di sostenibilità ambientale ed uso razionale dell'energia. Questi, in particolare, prevedono: gara regionale per la fornitura di energia elettrica, campagna di sensibilizzazione, informazione ed orientamento rivolta agli operatori delle Aziende sanitarie per l'uso razionale dell'energia, monitoraggio quali-quantitativo sull'uso dell'energia elettrica e termica, preferenza alla produzione ed utilizzo dell'energia, compatibilmente con la fattibilità tecnico-economica, da fonti rinnovabili, cogenerazione o sistemi tecnologici innovativi, applicazione dei requisiti di rendimento energetico e delle procedure di certificazione energetica degli edifici di cui alla D.A.L. n. 156/08.

⁴ L.R. 23 dicembre 2004, n. 26 Disciplina della programmazione energetica territoriale ed altre disposizioni in materia di energia

⁵ Delibera assembleare n. 141 del 14 novembre 2007, Approvazione del piano energetico regionale

Settore Agricoltura

Il nuovo Piano regionale di Sviluppo Rurale⁶ 2007-2013 (PSR), adottato dalla Regione Emilia-Romagna⁷, costituisce lo strumento di governo del sistema agroalimentare, che ha il fine di favorire uno sviluppo sostenibile in termini ambientali. Il Programma si articola in 4 Assi di intervento e 29 Misure. In particolare l'Asse 2 mira a qualificare l'ambiente e lo spazio rurale attraverso l'applicazione di misure tese a promuovere l'utilizzazione sostenibile dei terreni agricoli e delle superfici forestali la tutela della biodiversità, la conservazione dei sistemi agricoli e forestali ad elevata valenza naturale e dei paesaggi agrari tradizionali, la tutela delle acque del suolo, nonché l'attenuazione degli effetti delle attività agricole sui cambiamenti climatici. Sono infatti previste misure ed azioni specifiche orientate a favorire la diffusione di sistemi di produzione a basso impatto ambientale che comprendono anche la riduzione di emissioni di CO₂, azioni orientate a contenere l'emissione di "gas serra" (metano, protossido d'azoto) e di ammoniaca negli allevamenti zootecnici e interventi atti a favorire la selvicoltura (boschi permanenti e imboschimento dei terreni non agricoli) che costituiscono un indubbio contributo al contenimento della CO₂.

Con l'Health Check 2009 del PSR, la Commissione Europea ha voluto sottolineare la priorità di 4 temi trasversali: cambiamenti climatici, energie rinnovabili, gestione delle risorse idriche e biodiversità. Per il cambiamento climatico, si dà indirizzo e nuovo impulso a misure che puntano sulla riduzione delle emissioni di gas climalteranti nei sistemi produttivi e nelle filiere agricole, che valorizzano il ruolo di accumulo delle foreste e dei suoli e che permettono l'uso delle risorse da biomassa per la riduzione della dipendenza dai combustibili fossili, integrando il processo produttivo dell'azienda agraria nell'ambito di un generale piano di contenimento delle emissioni.

Settore Trasporti

La Regione Emilia-Romagna è impegnata da anni in iniziative e progetti che migliorino la qualità dell'aria e favoriscano buone pratiche in grado di contenere l'inquinamento atmosferico legato al traffico veicolare, a fronte del grande impatto che il settore dei trasporti ha sul consumo energetico complessivo e sui cambiamenti climatici globali.

L'impegno regionale è indirizzato al riequilibrio modale e alla promozione dell'intermodalità, ad una migliore organizzazione qualitativa e quantitativa dell'offerta alternativa al trasporto stradale, all'innovazione tecnologica nel governo della mobilità, alla promozione della ricerca applicata e di progetti pilota per la diffusione di mezzi ad elevata efficienza energetica e a ridotte emissioni inquinanti per il trasporto delle persone e delle merci, fino all'attivazione di accordi con i principali operatori del settore e alla partecipazione a progetti europei a favore della mobilità sostenibile.

La Giunta regionale, con delibera n. 194 del 18 Febbraio 2008 ha avviato il procedimento di predisposizione dell'aggiornamento del Piano Regionale Integrato dei Trasporti (PRIT) 98-2010, anche al fine di assicurare il massimo della coerenza tra i nuovi obiettivi della pianificazione nazionale e gli obiettivi della pianificazione alla scala regionale e locale.

Gli indirizzi strategici che stanno emergendo nei documenti preliminari dell'aggiornamento del PRIT pongono il tema dell'innovazione, nei suoi diversi aspetti (tecnologici, organizzativi, di sistema) che può costituire una chiave di volta per assicurare sviluppo e crescita nel rispetto dei limiti di consumo delle risorse e del territorio. Sotto questo profilo, la mobilità delle persone e la mobilità delle merci richiedono importanti interventi riorganizzativi per la salvaguardia della qualità ambientale e la riduzione della congestione, senza sacrificare una risposta adeguata ai bisogni della domanda. Si tratta di rilanciare il trasporto pubblico al centro delle politiche di mobilità favorendone l'integrazione, nonché la razionalizzazione dei processi logistici, che devono diventare forme di governo delle relazioni economico/territoriali. In questo contesto si è posta, inoltre, la necessità di una stretta correlazione tra le previsioni urbanistiche in capo agli strumenti di pianificazione dei territori e la programmazione e l'amministrazione del TPL (Trasporto Pubblico Locale).

⁶ Delibera dell'Assemblea Consiliare n. 99 del 30 gennaio 2007, Approvazione Programma di Sviluppo Rurale

⁷ D.A.L. 30 gennaio 2007, n. 99; approvato dalla Commissione europea con Decisione C(2007) 4161

Bibliografia

Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (AR4). Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the IPCC. Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.). Cambridge University Press.

Brunetti, M., Maugeri, M., and Nanni, T., 2001 - Changes in total precipitation, rainy days and extreme events in Northeastern Italy, *Int. J. Climatol.* 21, 961-87

Cacciamani, C., M. Lazzeri, A. Selvini, R. Tomozeiu, A. Zuccherelli, 2001: Evidenza di cambiamenti climatici sul Nord Italia. Parte 1: Analisi delle temperature e delle precipitazioni, in *Quaderno Tecnico, ARPA-SMR n° 02/2001*, pag. 1-43

Cacciamani C., Pavan V., Tomozeiu R., 2004. Temperature e precipitazioni: i trend in Emilia-Romagna, *Rivista Agricoltura*, n. 3/Marzo 2004, 61-64.

Tomozeiu R., Pavan V., Cacciamani C., Amici M., 2006. Observed temperature changes in Emilia-Romagna: mean values and extremes. *Climate Research*, 31, 217-225

Pavan V., Tomozeiu R., Cacciamani C., and Di Lorenzo M., 2008. Daily precipitation observations over Emilia-Romagna: mean values and extremes. *Int. J. Climatol.* DOI: 10.1002/joc.1694

Regione Emilia-Romagna, Assessorato Ambiente e Sviluppo Sostenibile, Arpa Emilia-Romagna Direzione Tecnica, 2009 "Inventario regionale delle emissioni di gas serra"

Italian Greenhouse Gas Inventory 1990-2007 - National Inventory Report 2009", ISPRA (Institute for Environmental Protection and Research)