

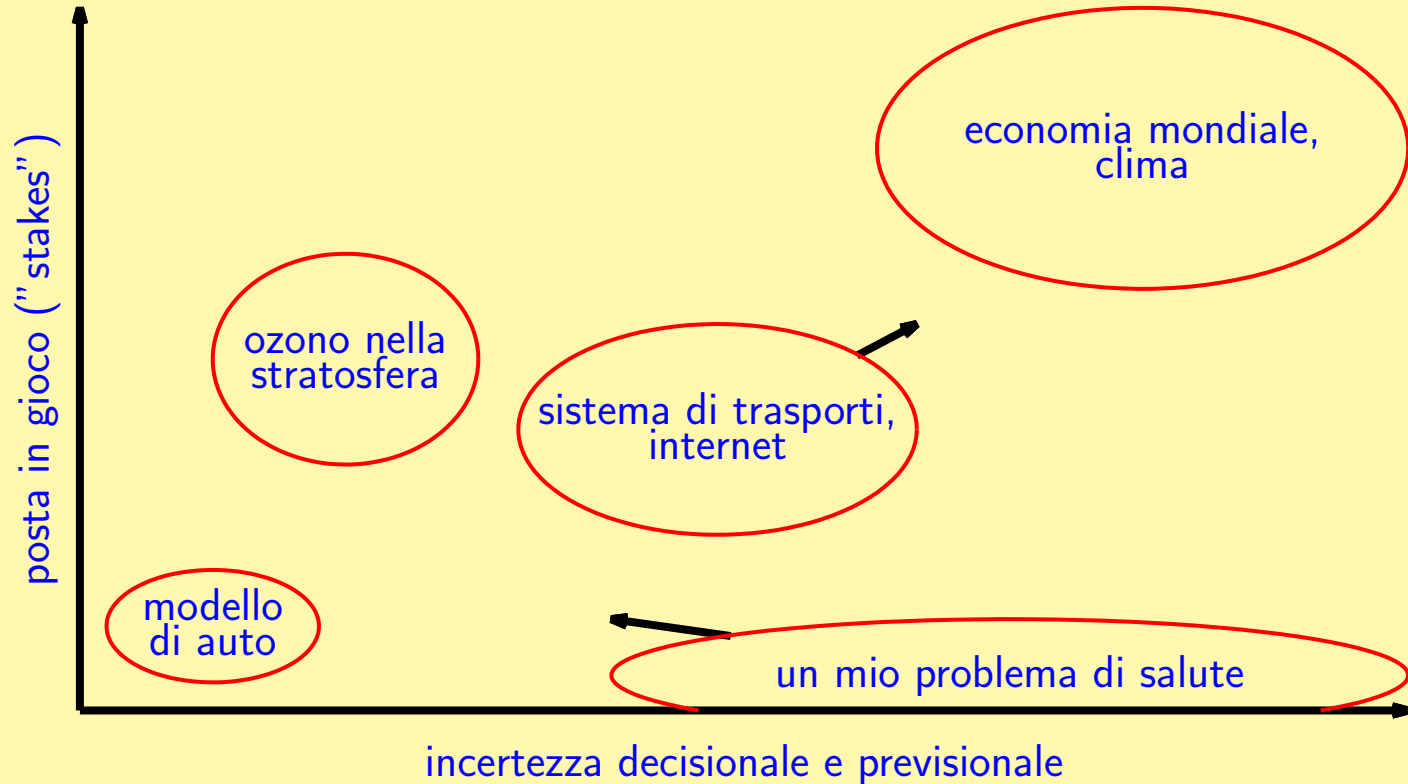
Incertezze della scienza e problemi globali: una lettura del quinto rapporto IPCC

Maurizio Persico

*Dipartimento di Chimica e Chimica Industriale
Università di Pisa*

Cultura e metodo scientifico. Pisa, 16 aprile 2015.

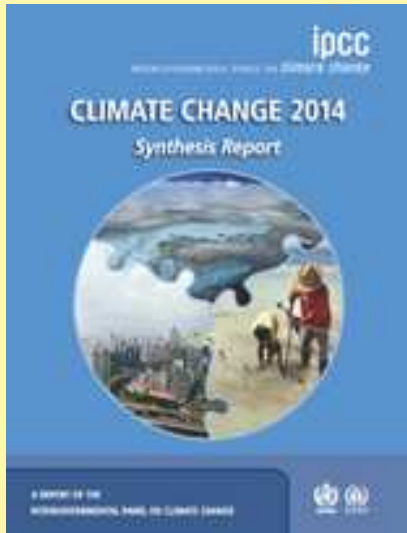
Incertezze e posta in gioco.



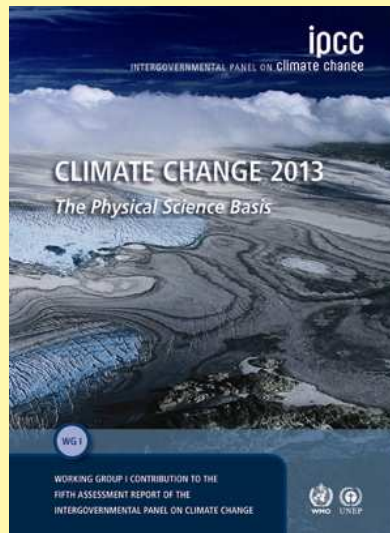
Vedi R. Costanza, J. H. Cumberland, H. Daly, R. Goodland, R. B. Norgaard, I. Kubiszewski, C. Franco, "An Introduction to Ecological Economics", CRC Press (2015)

Il quinto rapporto IPCC.

Sito dell'Intergovernmental Panel on Climate Change: <http://www.ipcc.ch>



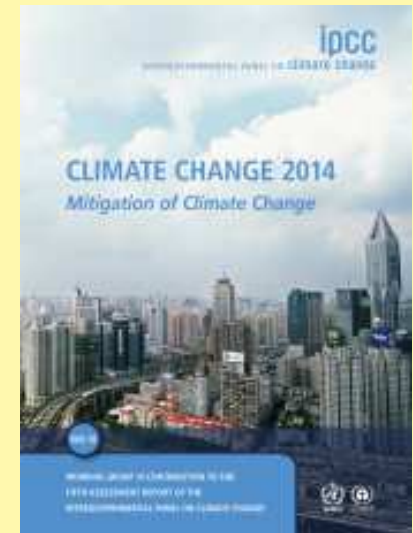
Synthesis
Report
138 pp



The Physical
Science
Basis
1552 pp



Impacts,
Adaptation and
Vulnerability
1846 pp



Mitigation
of Climate
Change
696 pp

Previsioni e probabilità.

- L'IPCC è un gruppo di lavoro istituito dall'ONU nel 1988 per esaminare le conoscenze riguardanti i cambiamenti climatici e redigere rapporti periodici ad uso pubblico e in particolare per i governi e altri decision-makers.
- L'IPCC non fa ricerca scientifica e si basa su risultati pubblicati dalla comunità scientifica mondiale (compresi i suoi membri). La maggior parte dei risultati sono ottenuti da misure sul campo (spesso soggette a rielaborazioni) o da simulazioni basate su modelli climatici.
- A partire dal III rapporto (2001) l'IPCC attribuisce alle previsioni un grado di attendibilità ("confidence"), basato sulla qualità scientifica dei dati e sul loro accordo ("evaluation of underlying evidence and agreement").
- Per rendere più scorrevole la lettura del documento di sintesi, l'intervallo di probabilità che una predizione si verifichi viene espresso a parole:

virtually certain	99–100%
very likely	90–100%
likely	66–100%
about as likely as not	33–66%
unlikely	0–33%
very unlikely	0–10%
exceptionally unlikely	0–1%

Probabilità bayesiane.

Le probabilità viste sopra vanno intese in senso “bayesiano”, cioè esprimono incertezze nelle nostre previsioni, dovute a un’incompleta conoscenza della realtà attuale e dei meccanismi con cui il clima evolve nel tempo.

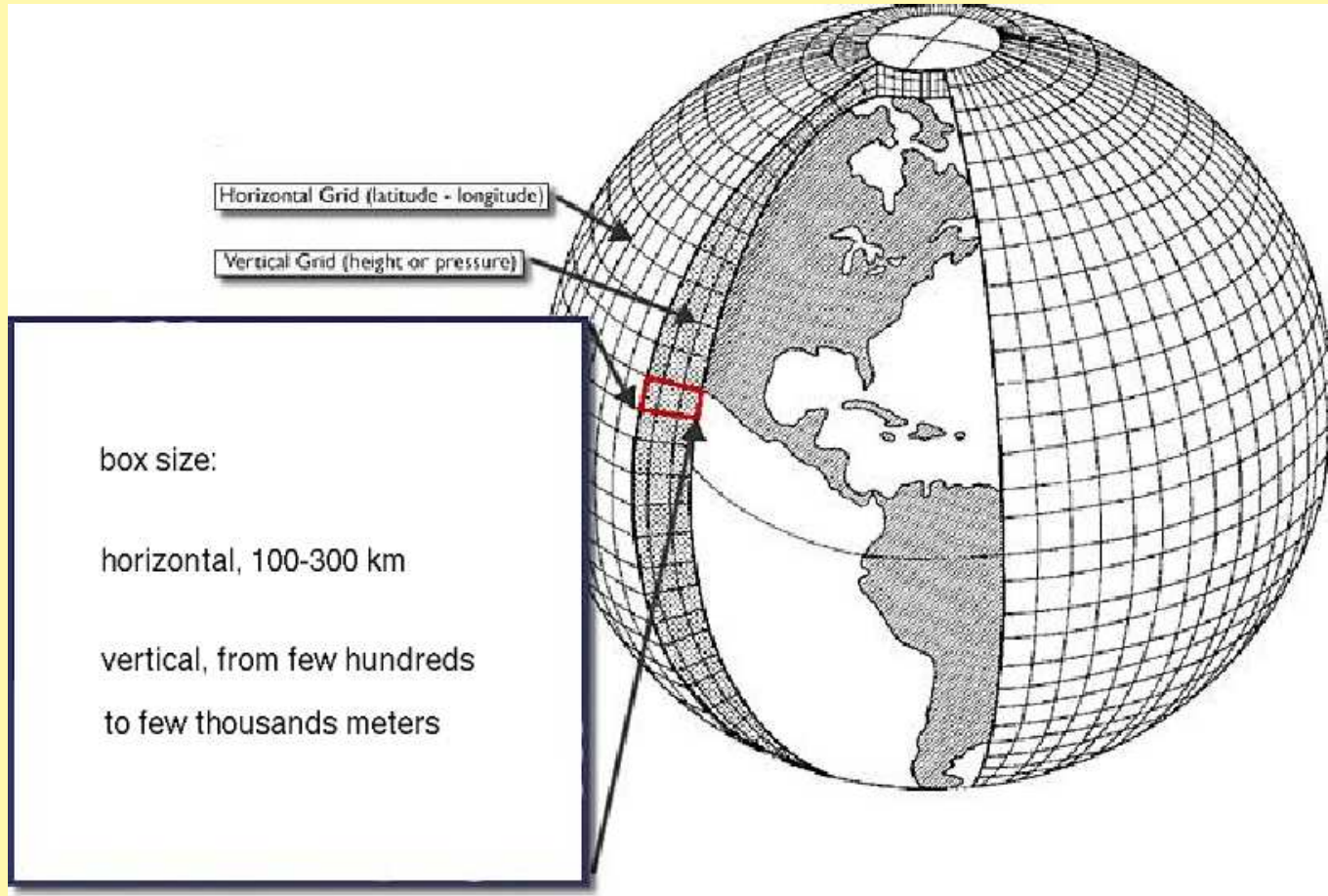
L’attendibilità di una previsione aumenta con le nostre conoscenze, e può essere valutata applicando la formula enunciata per la prima volta dal reverendo Bayes:

$$P(A|B) = \frac{P(B|A) P(A)}{P(B)}$$

Nel caso più banale, basta aspettare un tempo sufficiente per constatare se un evento previsto con una certa probabilità si “preannuncia” oppure tende a diventare più improbabile (esempio: la probabilità di arrivare al 90-esimo compleanno aumenta con l’età).

Un esempio meno banale: i pazienti affetti da una malattia X molto rara (prevalenza 1 su 10000) hanno, nel 60% dei casi, una determinata caratteristica genetica Y . Se un test genetico mi rivela che ho la caratteristica Y , devo preoccuparmi della possibilità di contrarre la malattia X ?

Simulazioni climatiche: Global Circulation Models.



Bilancio energetico dell'atmosfera.

$$\frac{I_0 (1 - A)}{4} = \sigma \langle T^4 \rangle B \quad \Longrightarrow \quad \langle T^4 \rangle = \frac{I_0 (1 - A)}{4\sigma B}$$

- I_0 è l'intensità (W/m^2) della luce che arriva dal sole;
- A è l'albedo, cioè la frazione di luce solare che viene rinviaa nello spazio senza essere assorbita;
- σ è una costante fisica;
- T è la temperatura al suolo;
- B è la frazione di luce (infrarossa) emessa a livello del suolo che riesce a sfuggire nello spazio. Il valore di B dipende dalla concentrazione dei gas-serra, che assorbono nell'infrarosso: vapore acqueo (H_2O), biossido di carbonio (CO_2), metano (CH_4), monossido di azoto (N_2O) e altri. A parte H_2O , gli altri gas sono aumentati negli ultimi due secoli a causa di attività umane, con un effetto di riscaldamento.
- Un effetto minore, di raffreddamento, ha l'aumento dell'albedo A , dovuto alle polveri sottili.
- L'effetto combinato della variazione di A e B rispetto al periodo preindustriale viene espresso come Radiative Forcing, cioè la variazione di $\sigma \langle T^4 \rangle$ in W/m^2 , o equivalentemente come la concentrazione di CO_2 che da sola causerebbe lo stesso effetto (CO_2 eq).

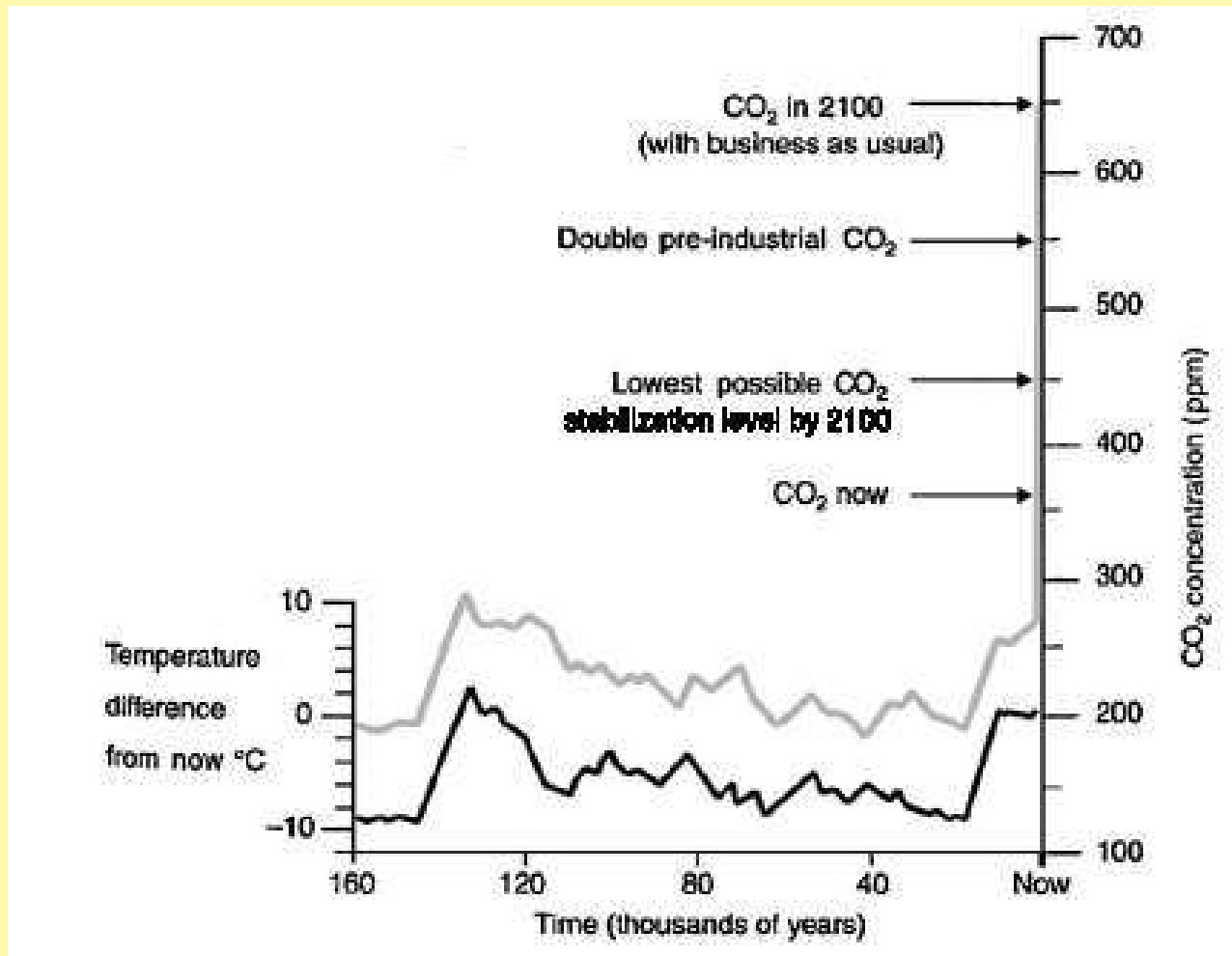
Cosa manca nelle nostre capacità di previsione del clima?

- Una conoscenza dettagliata delle interazioni tra atmosfera e altre componenti: idrosfera (correnti marine, assorbimento di CO₂ da parte degli oceani) e biosfera (attività fotosintetica e biodegradativa in funzione del clima).
- Una descrizione accurata di alcuni fenomeni meteorologici (vapore acqueo → nubi → precipitazioni).
- Sufficiente risoluzione nella griglia per descrivere fenomeni a piccola scala.

Particolarmente insidiose sono le retroazioni positive, che devono aver agito nel passato; per esempio:

- aumento della temperatura → aumento dell'evaporazione → aumento dell'effetto serra
- diminuzione della temperatura → maggiore superficie coperta da ghiaccio o neve → aumento dell'albedo

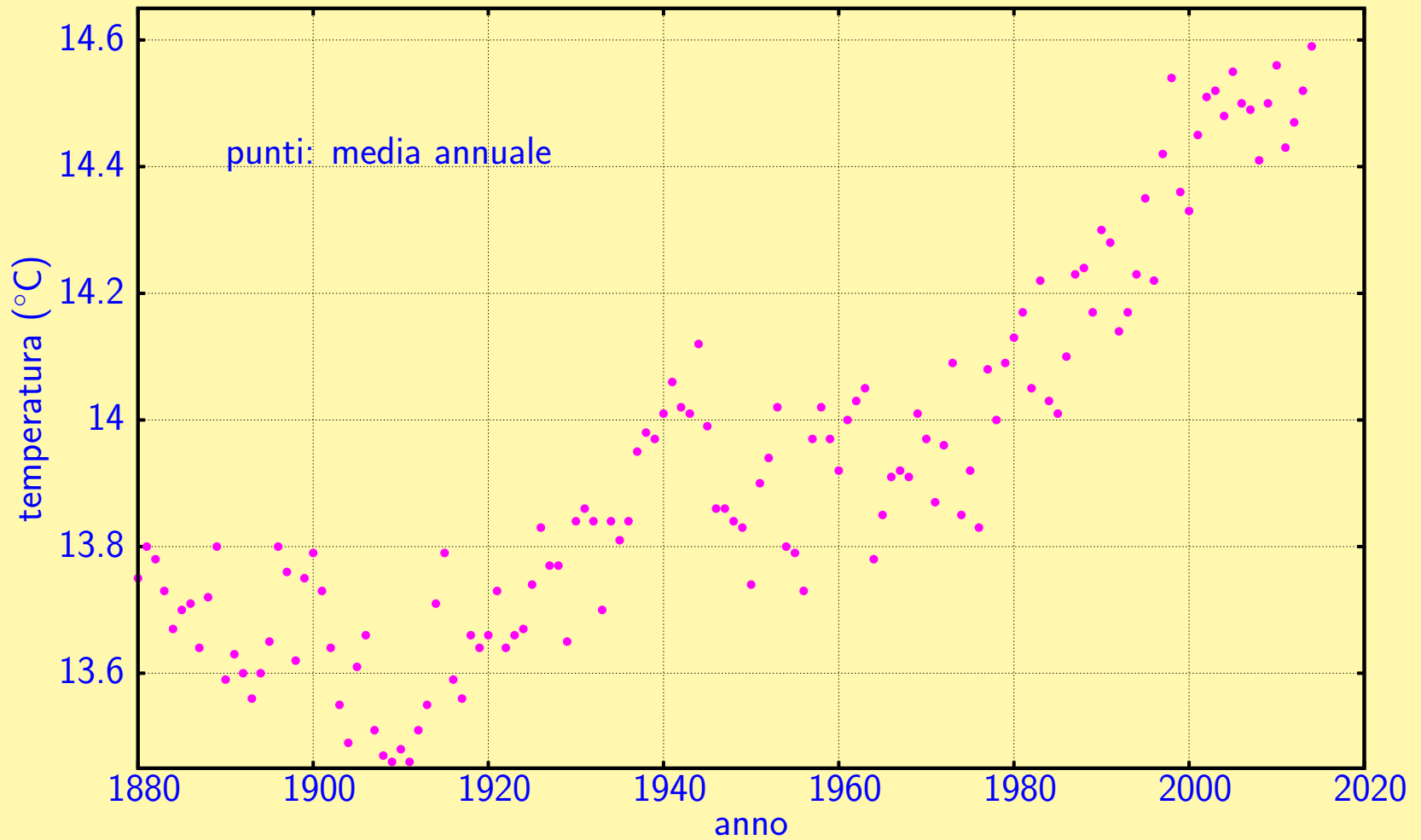
Un'illustrazione dell'efficacia delle retroazioni positive: l'ultima glaciazione.



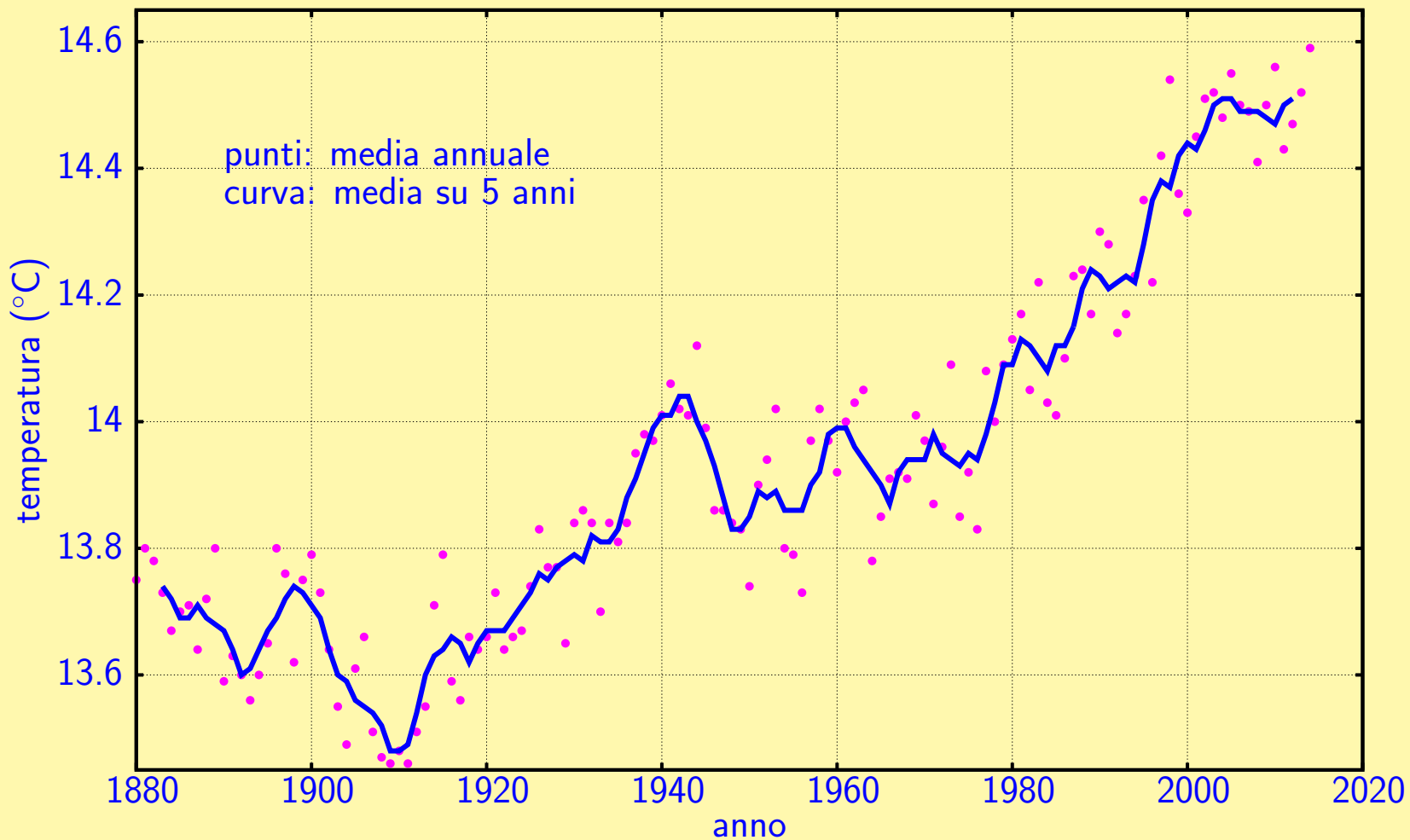
Clima e statistica.

- Il clima è una descrizione statistica delle condizioni meteorologiche, nonché della loro dipendenza dalle stagioni e dalla posizione geografica.
- Per avere un'accettabile accuratezza statistica occorre considerare periodi di almeno 10-20 anni, perché i dati climatici subiscono variazioni casuali da un anno all'altro.
- L'erraticità delle variabili climatiche è dovuta ad un'intrinseca instabilità dinamica del sistema atmosferico (retroazioni positive che possono amplificare fenomeni inizialmente poco importanti), oltre a influenze esterne e indipendenti, come eruzioni vulcaniche o cambiamenti nell'attività solare.
- Questa variabilità naturale è una fonte di incertezza ineliminabile e sostanzialmente indipendente dalle nostre conoscenze.
- Se un dato climatico relativo ad un singolo anno è affetto da variazioni casuali con deviazione standard ΔX , mediando su N anni ΔX si riduce di un fattore \sqrt{N} .

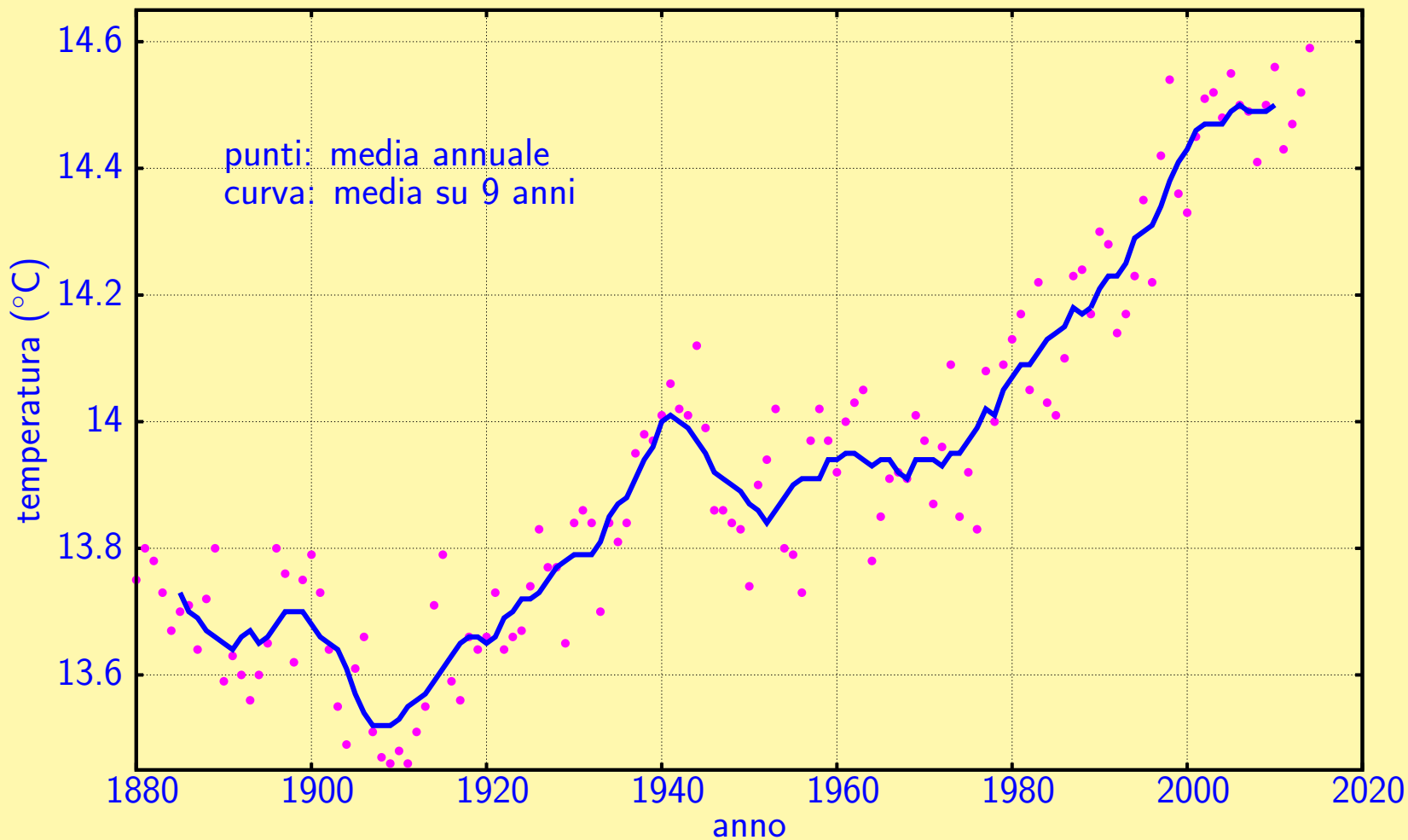
Esempio: le temperature medie annuali.



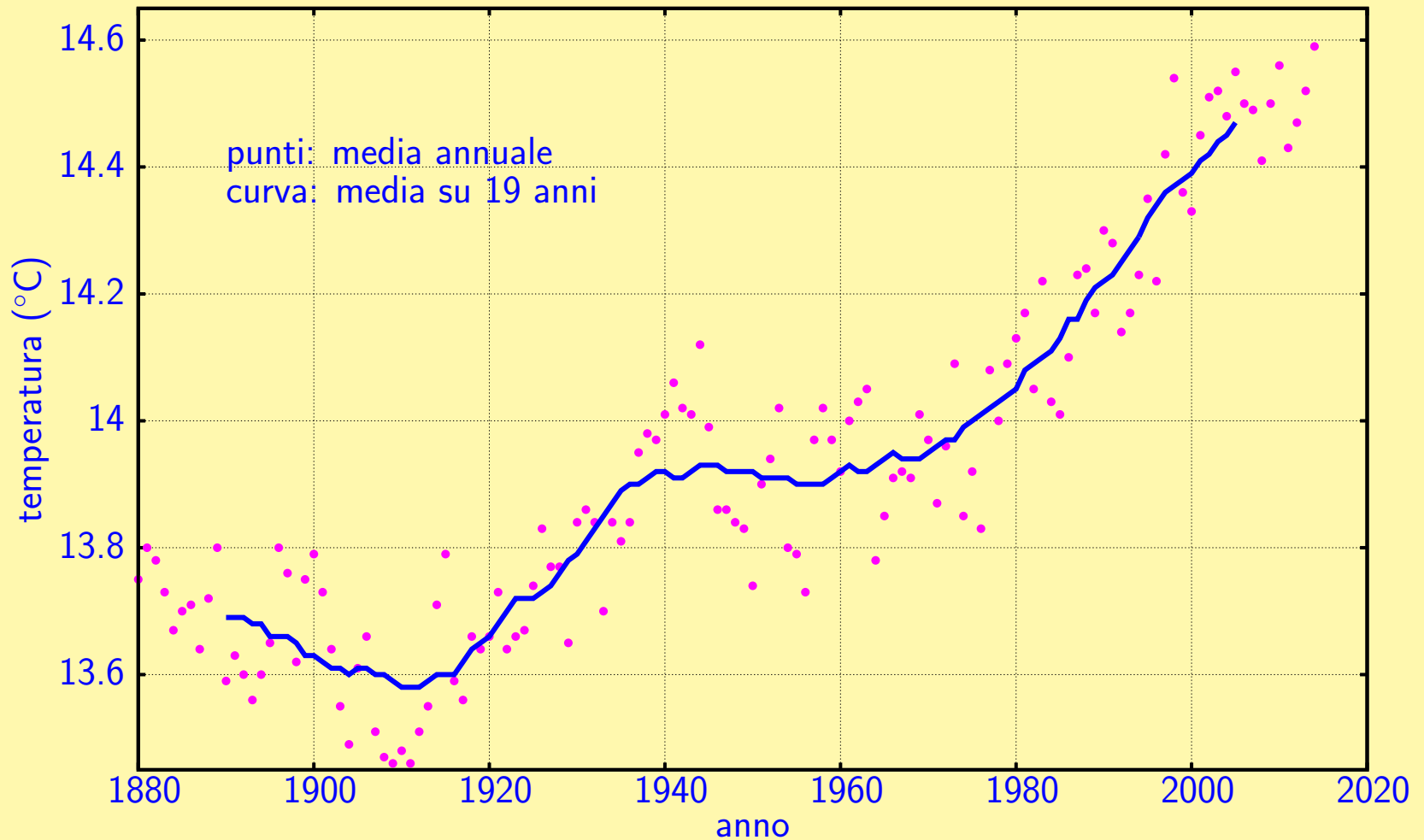
Esempio: le temperature medie annuali.



Esempio: le temperature medie annuali.



Esempio: le temperature medie annuali.



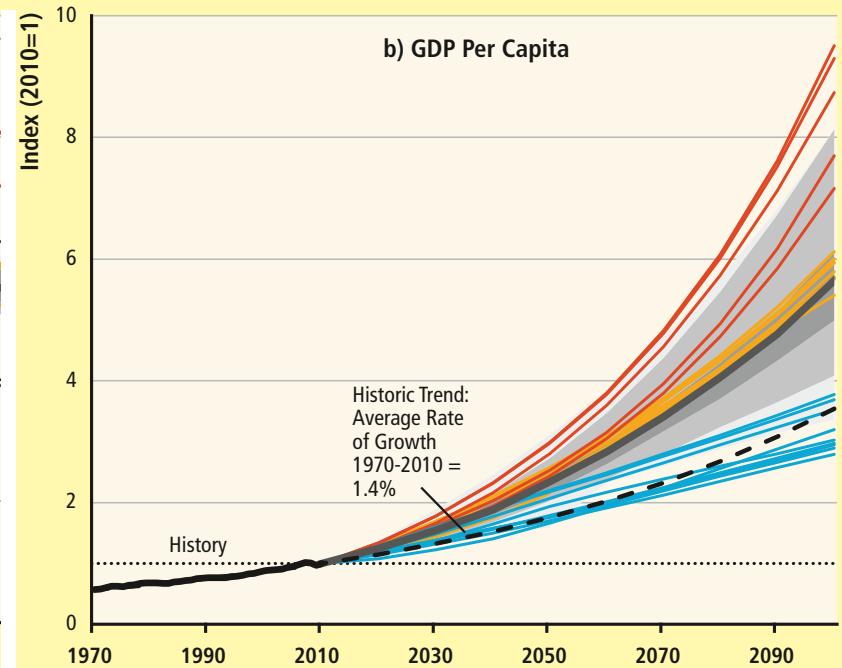
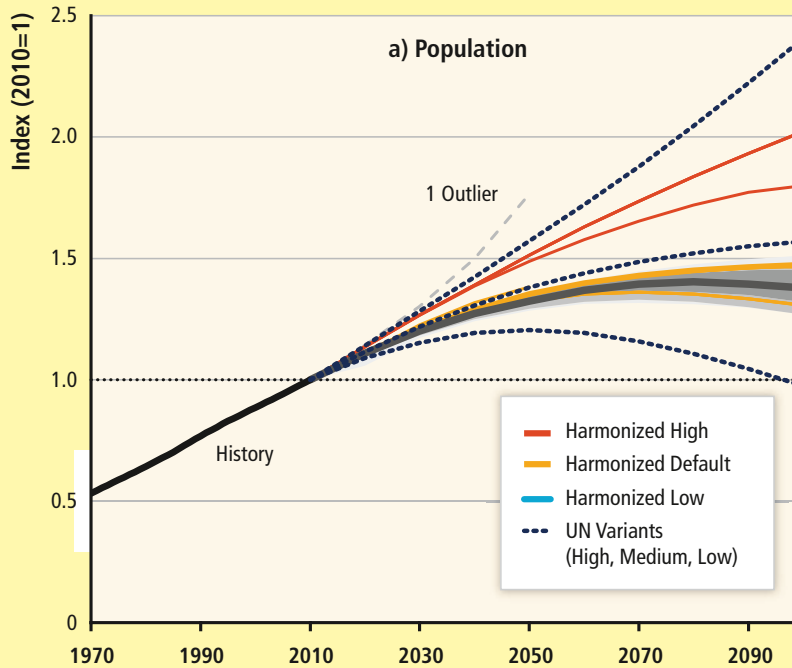
Scenari per il futuro.

Al fine di presentare le conseguenze delle scelte politiche in materia di mitigazione dei cambiamenti climatici, l'IPCC considera vari scenari di emissione di gas-serra nel XXI secolo, detti "Representative Concentration Pathways". I valori di emissione di gas serra utilizzati nelle simulazioni GCM coprono un vasto intervallo. Le concentrazioni di gas serra e i conseguenti valori di radiative forcing relativi al 2100 sono i parametri usati per attribuire una simulazione ad un determinato RCP. Per questo in tabella abbiamo intervalli o valori indicativi, non esatti.

	RCP2.6	RCP4.5	RCP6.0	RCP8.5	referimento
Emissioni di CO ₂ eq nel 2050 (10^{12} Kg/yr)	14/29	30/57	58/75	74/96	49 (2010)
Emissioni di CO ₂ eq nel 2100 (10^{12} Kg/yr)	-10/11	-17/39	46/84	85/136	49 (2010)
Concentraz. di CO ₂ eq nel 2100 (ppm)	~450	~650	~850	~1350	427 (2011)
Radiative forcing nel 2100 (W/m^2)	~2.6	~4.5	~6.0	~8.5	2.3 (2011)

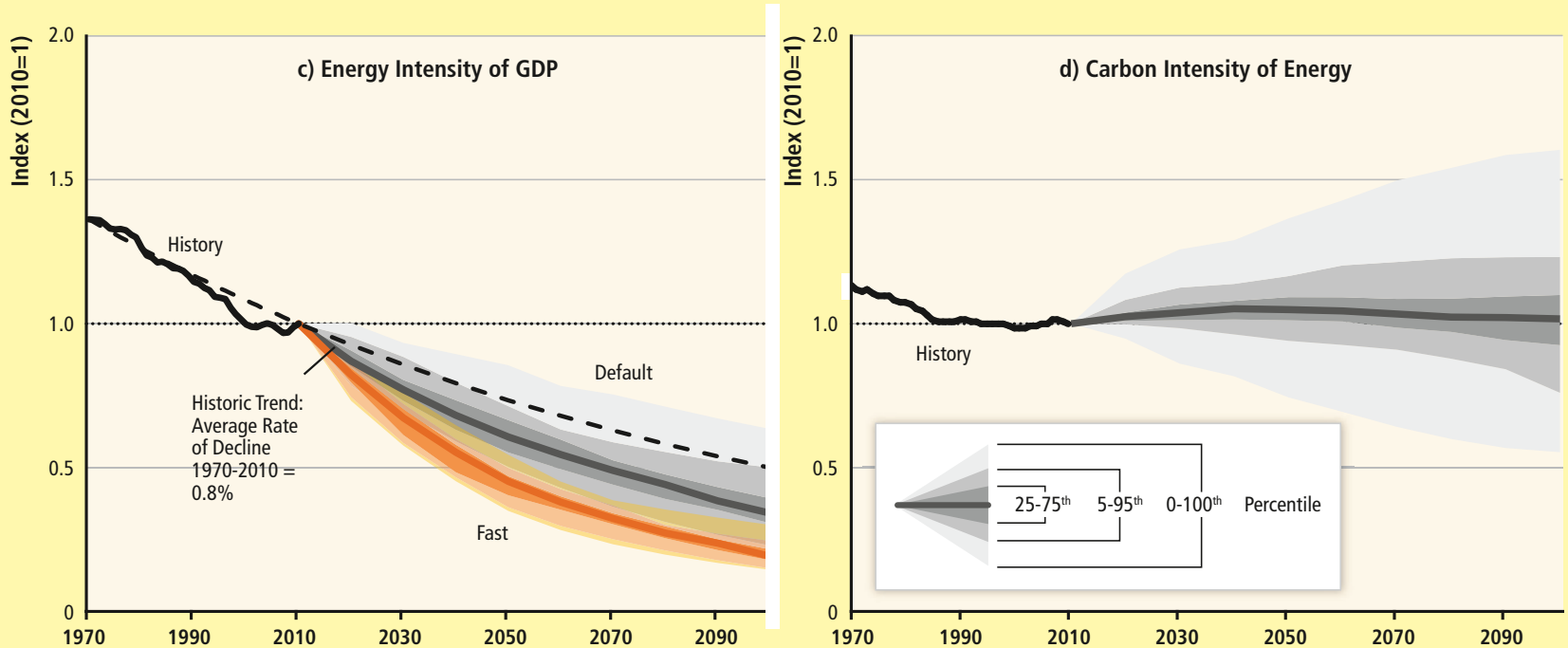
Variabili da cui dipendono le emissioni.

Popolazione mondiale e prodotto interno lordo pro capite.



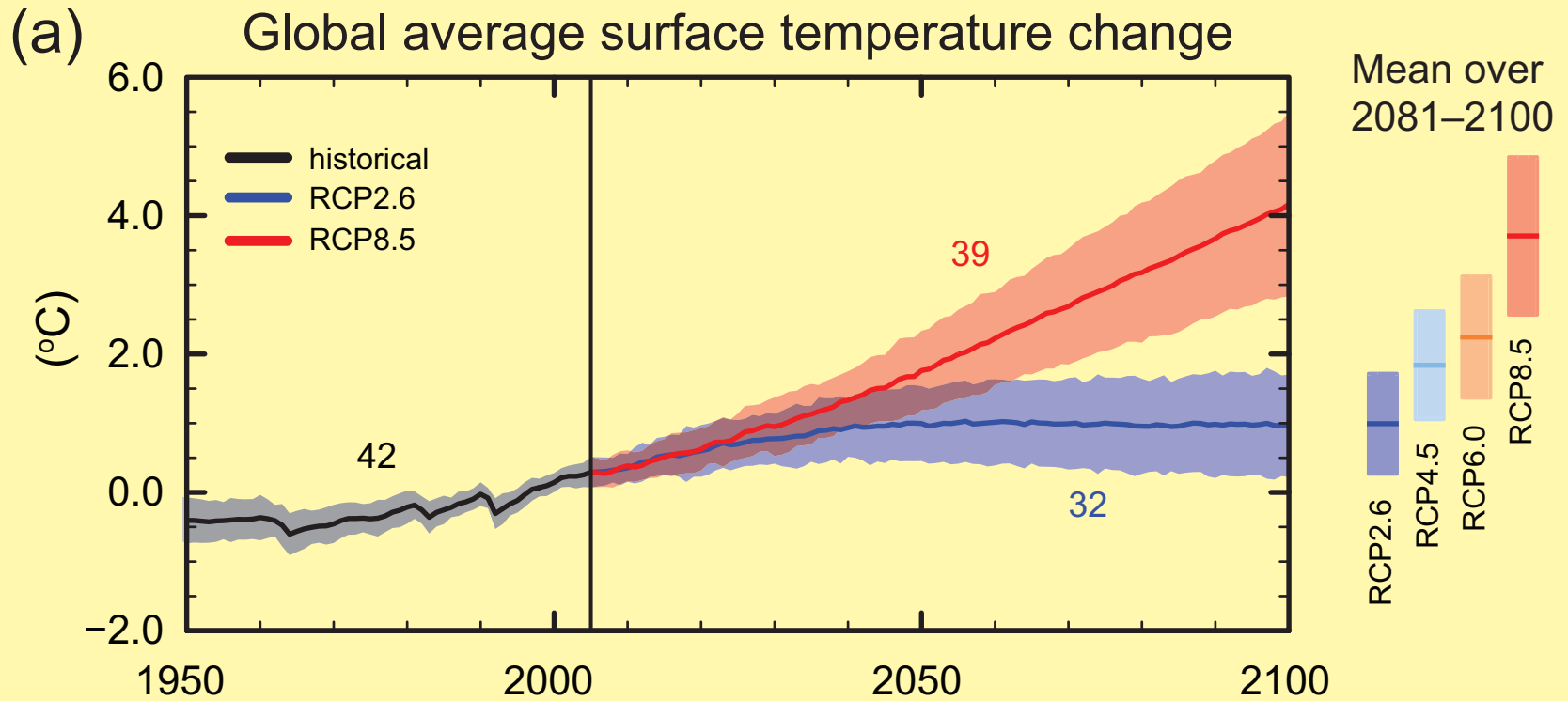
Variabili da cui dipendono le emissioni.

Intensità energetica della ricchezza prodotta e intensità di carbonio per unità di energia.



Previsioni fino al 2100.

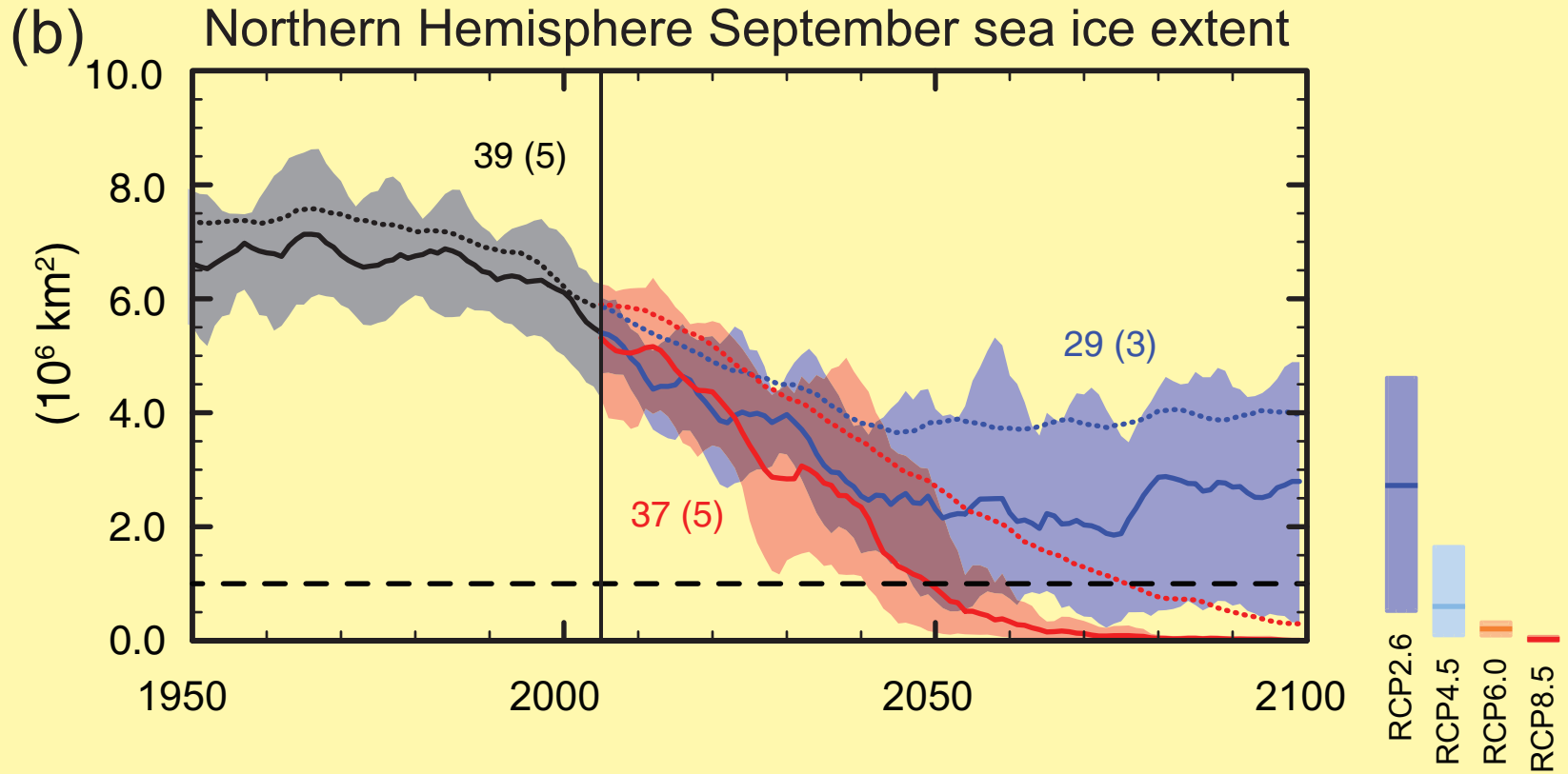
Variazione della temperatura media globale rispetto al 1986–2005.



L'ombreggiatura (azzurra per RCP2.6, rosa per RCP8.5) mostra l'intervallo di incertezza entro il quale si trova il 90% della probabilità.

Previsioni fino al 2100.

Estensione dei ghiacchi sui mari dell'emisfero nord.

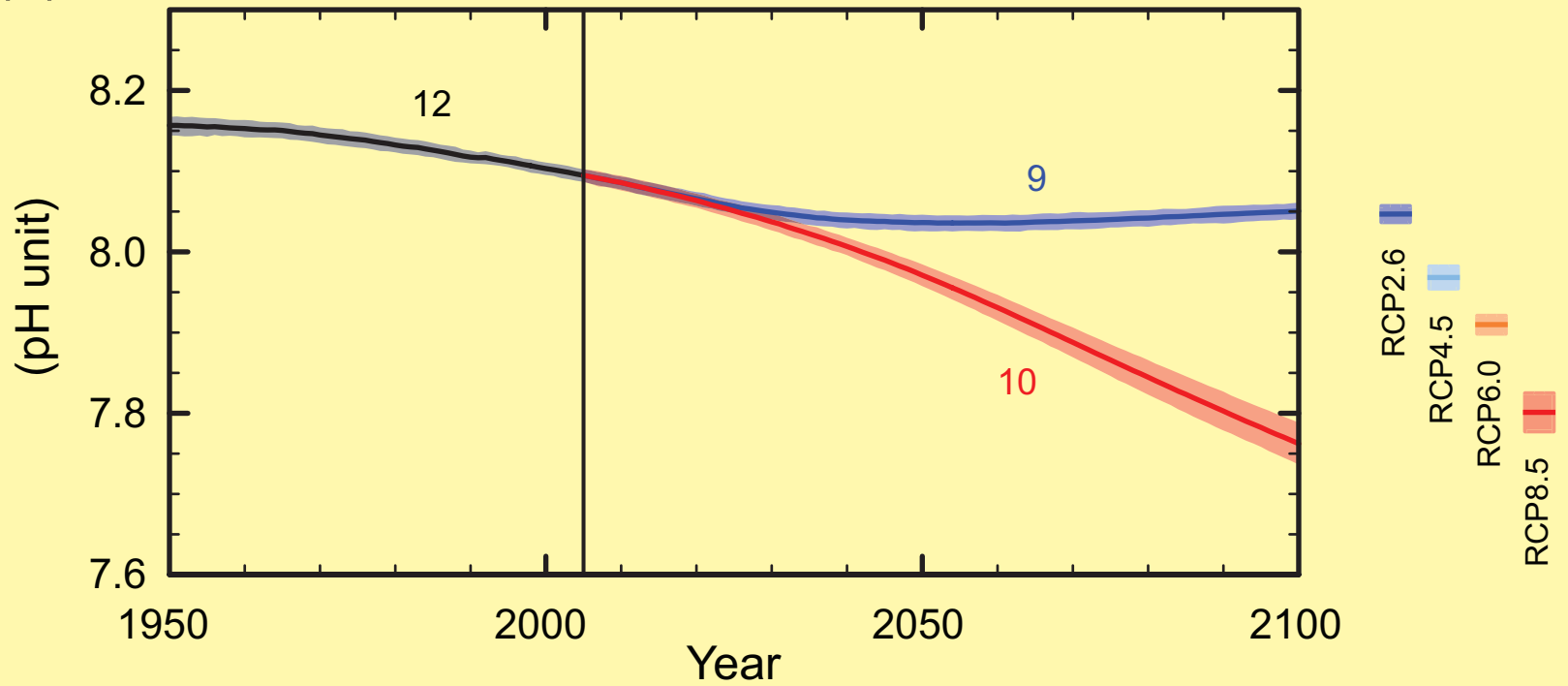


Previsioni fino al 2100.

Alcalinità (pH) media delle acque di superficie in tutti i mari.

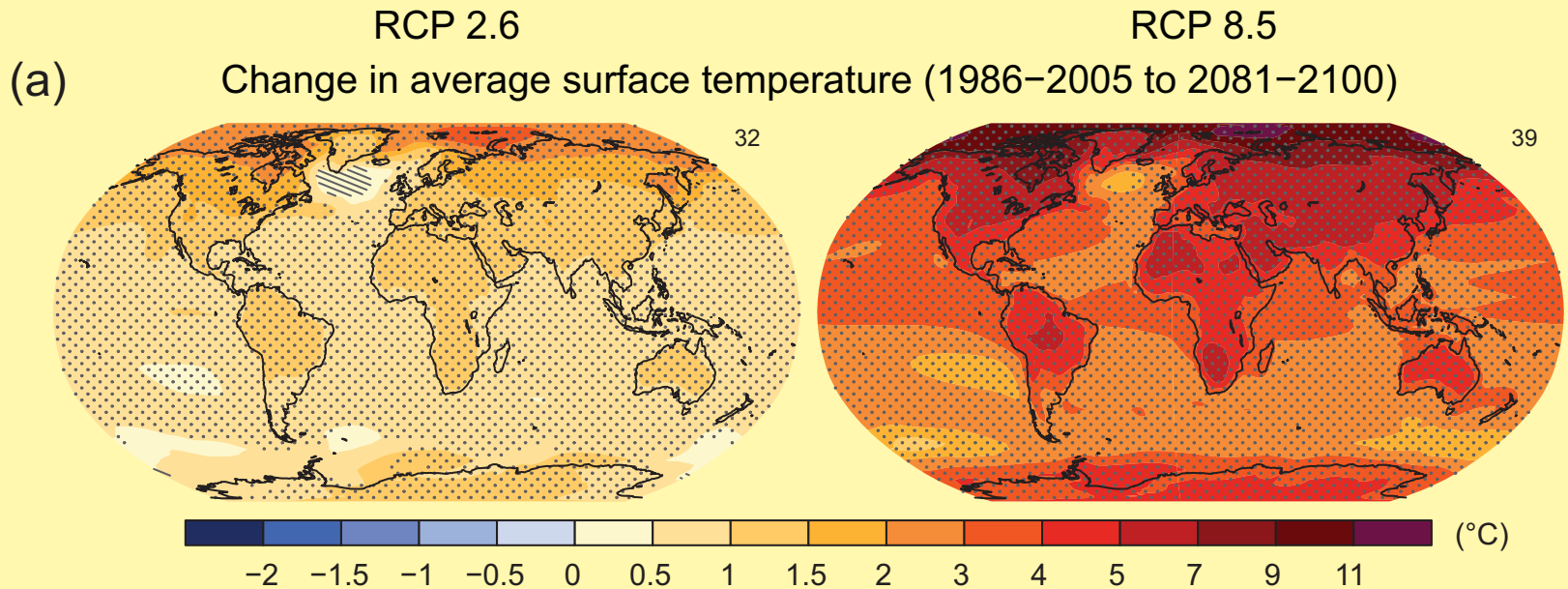
(c)

Global ocean surface pH



Previsioni per il ventennio 2081–2100.

Temperature medie annuali.



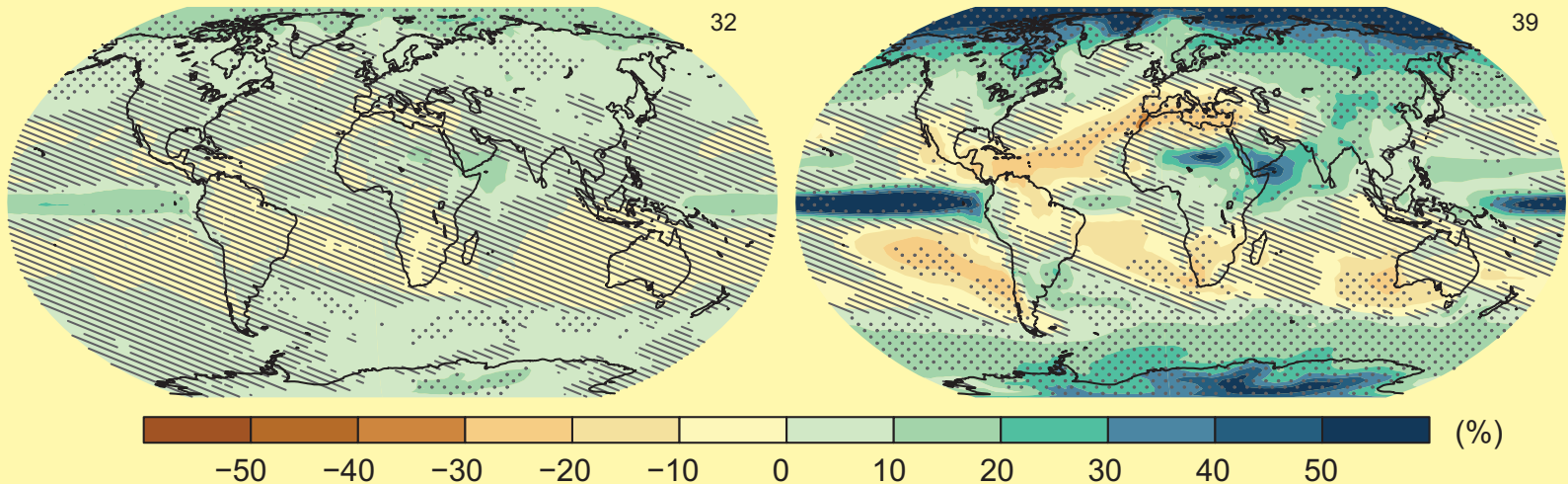
Aree tratteggiate: variazioni entro i limiti di variabilità naturale (una standard deviation).

Aree puntinate: variazioni che superano del doppio i limiti di variabilità naturale (due standard deviation).

Previsioni per il ventennio 2081–2100.

Precipitazioni medie annuali.

(b) Change in average precipitation (1986–2005 to 2081–2100)



Aree tratteggiate: variazioni entro i limiti di variabilità naturale (una standard deviation).

Aree puntinate: variazioni che superano del doppio i limiti di variabilità naturale (due standard deviation).