



INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE



Climate Change 2007

Mitigazione dei Cambiamenti Climatici

Sintesi per i Decisori Politici

Parte del contributo del Gruppo di Lavoro III al Quarto Rapporto di Valutazione del Comitato Intergovernativo per i Cambiamenti Climatici

Questa Sintesi per i Decisori Politici è stata formalmente approvata alla nona Sessione del Gruppo di Lavoro III dell'IPCC, a Bangkok (Thailandia) dal 30 Aprile al 4 Maggio 2007

Autori:

Terry Barker, Igor Bashmakov, Lenny Bernstein, Jean Bogner, Peter Bosch, Ritu Dave, Ogunlade Davidson, Brian Fisher, Michael Grubb, Sujata Gupta, Kirsten Halsnaes, BertJan Heij, Suzana Kahn Ribeiro, Shigeki Kobayashi, Mark Levine, Daniel Martino, Omar Masera Cerutti, Bert Metz, Leo Meyer, Gert-Jan Nabuurs, Adil Najam, Nebojsa Nakicenovic, Hans Holger Rogner, Joyashree Roy, Jayant Sathaye, Robert Schock, Priyaradshi Shukla, Ralph Sims, Pete Smith, Rob Swart, Dennis Tirpak, Diana Urge-Vorsatz, Zhou Dadi

Nella sua versione ufficiale IPCC, questa Sintesi per i Decisori politici deve essere citata come segue:

IPCC, 2007: Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [B. Metz, O.R. Davidson, P.R. Bosch, R. Dave, L.A. Meyer (eds)], Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

Important:

"As UN body the IPCC publishes reports only in the six UN official languages. This translation of the Summary for Policymakers of IPCC Report " Climate Change 2007: Mitigation of Climate Change" is therefore not an official translation by the IPCC. It has been provided by the Italian Focal Point in the aim of reflecting in the most accurate way the language used in the IPCC original text."

Indice

A. Introduzione	3
B. Trend delle emissioni dei gas serra	3
C. Mitigazione nel breve e medio termine (fino al 2030)	11
D. Mitigazione nel lungo termine (dopo il 2030)	20
E. Politiche, misure e strumenti per la mitigazione dei cambiamenti climatici	25
F. Sviluppo sostenibile e mitigazione dei cambiamenti climatici	28
G. Lacune nella conoscenza	29
Tabella Finale 1: Rappresentazione delle incertezze	30

A. Introduzione

1. Il contributo del III Gruppo di Lavoro al Quarto Rapporto di Valutazione dell'IPCC (AR4, *Fourth Assessment Report*) si basa sulla nuova letteratura che concerne gli aspetti scientifici, tecnologici, ambientali economici e sociali della mitigazione dei cambiamenti climatici, pubblicata dopo il Terzo Rapporto di Valutazione dell'IPCC (TAR) e dopo i Rapporti Speciali sulla Cattura e lo Stoccaggio della CO₂ (SRCCS, *Special Reports on CO₂ Capture and Storage*) e sulla Salvaguardia dello Strato di Ozono e del Sistema Climatico Globale (SROC, *Safeguarding the Ozone Layer and the Global Climate System*).

Questa Sintesi per i Decisori Politici (SPM, *Summary for Policy Makers*) è organizzata in sei sezioni oltre a questa introduzione:

- Trend delle emissioni dei gas serra (GHG, *greenhouse gas*)
- Mitigazione nel breve e medio termine (fino al 2030), nei diversi settori economici
- Mitigazione nel lungo termine (dopo il 2030)
- Politiche, misure e strumenti per mitigare i cambiamenti climatici
- Sviluppo sostenibile e mitigazione dei cambiamenti climatici
- Lacune nelle conoscenze

I riferimenti alle corrispondenti sezioni dei capitoli sono indicati in ogni paragrafo fra parentesi quadre. Per una spiegazione dei termini, degli acronimi e dei simboli chimici usati in questa Sintesi, si veda il Glossario del rapporto principale.

B. Trend delle emissioni dei gas serra

2. **Le emissioni globali dei gas serra sono cresciute dal periodo pre-industriale, con un incremento del 70% tra il 1970 e il 2004 (accordo alto, molta evidenza)¹.**

- Dall'era pre-industriale, le crescenti emissioni di GHG dovute alle attività umane, hanno portato ad un marcato aumento delle concentrazioni atmosferiche di GHG [1.3; I Gruppo di Lavoro SPM].
- Dal 1970 al 2004, le emissioni globali di CO₂, CH₄, N₂O, HFCs, PFCs e SF₆, pesate in base al loro potenziale di riscaldamento globale (GWP, *Global Warming Potential*) sono aumentate del 70% (del 24% tra il 1990 e il 2004), da 28.7 a 49 Gigattonnellate di anidride carbonica equivalente (GtCO₂-eq)² (vedi Figura SPM.1). Le emissioni di questi gas sono aumentati con tassi differenti. Le emissioni di CO₂ sono cresciute fra il 1970 e il 2004 di circa l'80% (del 28% tra il 1990 e il 2004) e nel 2004 hanno rappresentato il 77% delle emissioni antropogeniche totali di GHG.
- La crescita maggiore delle emissioni globali di GHG fra il 1970 e il 2004 proviene dal settore energetico (con un aumento del 145%). La crescita delle emissioni dirette³ in questo periodo per il settore dei trasporti è stata del 120%, del 65% per l'industria e del 40%⁴ per l'uso del suolo, il cambiamento di uso del suolo e le foreste (LULUCF, *Land Use, Land Use Change, and Forestry*)⁵. Fra il 1970 e il 1990, le emissioni dirette del settore

1 Ogni affermazione ad inizio paragrafo ha una valutazione "accordo/evidenza" collegata, che è supportata dai punti sottostanti. Questo non significa necessariamente che questo livello di "accordo/evidenza" si applichi ad ogni punto. La Tabella Finale 1 fornisce una spiegazione di questa rappresentazione dell'incertezza.

2 La definizione di anidride carbonica equivalente (CO₂-eq) è la quantità di emissioni di CO₂ che causerebbe lo stesso forzante radiativo di una quantità emessa di un gas serra ben mescolato, oppure un insieme di gas serra ben mescolati, tutti moltiplicati per il loro rispettivo potenziale di riscaldamento globale (GWP, *Global Warming Potential*) per considerare i diversi tempi di residenza in atmosfera [Glossario WGI AR4].

3 Le emissioni dirette in ogni settore non comprendono le emissioni del settore elettrico per l'elettricità consumata nei settori delle costruzioni, dell'industria e dell'agricoltura, o le emissioni da operazioni di raffinazione che forniscono carburante al settore dei trasporti.

4 Questa tendenza si riferisce alle emissioni totali dovute a LULUCF, delle quali le emissioni da deforestazione sono un sottoinsieme e, a causa di grosse incertezze nei dati, è significativamente meno certa rispetto agli altri settori. Il tasso di deforestazione globale è stato leggermente minore nel periodo 2000-2005 rispetto al periodo 1990-2000 [9.2.1].

5 Il termine "uso del suolo, cambiamento di uso del suolo e foreste" (LULUCF - *Land Use, Land Use Change and Forestry*) viene qui usato per descrivere le emissioni aggregate di CO₂, CH₄, N₂O da deforestazione, combustione di biomassa, degrado della biomassa da allagamenti e deforestazioni, degrado di torbiere

agricolo sono cresciute del 27% e quelle del settore domestico del 26%, e queste ultime sono in seguito rimaste approssimativamente ai livelli del 1990. Comunque, il settore domestico ha un alto livello di uso dell'elettricità e quindi le emissioni totali, dirette e indirette, in questo settore sono molto più alte (75%) rispetto alle sole emissioni dirette [1.3, 6.1, 11.3, Figure 1.1 e 1.3].

- L'effetto sulle emissioni globali della diminuzione dell'intensità energetica globale (-33%) durante il periodo 1970-2004 è stato minore dell'effetto combinato della crescita del reddito pro-capite globale (77%) e della crescita della popolazione globale (69%), entrambi fattori determinanti l'aumento delle emissioni di CO₂ relative all'energia (Figura SPM.2). La tendenza nel lungo termine di diminuzione dell'intensità di carbonio nella produzione di energia si è invertita dopo il 2000. Le differenze fra i Paesi in termini di reddito pro-capite, emissioni pro-capite ed intensità di energia rimangono significative (Figura SPM.3). Nel 2004 i Paesi Allegato I della UNFCCC costituivano il 20% della popolazione mondiale, producevano il 57% del Prodotto Interno Lordo (PIL) mondiale basato sul Potere di Acquisto Paritario (GDP_{ppp}, *Gross Domestic Product based on Purchasing Power Parity*)⁶, ed erano responsabili del 46% delle emissioni globali di GHG (Figura SPM.3) [1.3].
- Le emissioni delle sostanze che riducono lo strato di ozono (ODS, *Ozone Depleting Substances*) controllate dal Protocollo di Montreal⁷, e che sono anche GHG, sono significativamente diminuite dagli anni '90. Nel 2004 le emissioni di questi gas erano circa il 20% del loro livello nel 1990 [1.3].
- Varie politiche, incluse quelle sui cambiamenti climatici, sulla sicurezza dell'approvvigionamento energetico⁸, e sullo sviluppo sostenibile, sono state efficaci nel ridurre le emissioni di GHG in diversi settori e in diversi paesi. L'impatto di queste misure, tuttavia, non è ancora stato abbastanza ampio da controbilanciare la crescita globale delle emissioni [1.3, 12.2].

3. Con le attuali politiche di mitigazione dei cambiamenti climatici e le relative pratiche di sviluppo sostenibile, le emissioni globali di GHG continueranno a crescere durante i prossimi decenni (*accordo alto, molta evidenza*).

- Gli scenari SRES (senza mitigazione) prospettano un aumento della *baseline* delle emissioni globali di GHG in un intervallo che va da 9.7 GtCO_{2-eq} a 36.7 GtCO_{2-eq} (25-90%) tra il 2000 e il 2030⁹ (Box SPM.1 e Figura SPM.4). In questi scenari, si prospetta che i combustibili fossili mantengano la loro posizione dominante nel mix energetico globale fino al 2030 ed oltre. Di conseguenza le proiezioni delle emissioni di CO₂ dall'uso di energia indicano un aumento dal 45 al 110% tra il 2000 e il 2030. Secondo queste proiezioni, dai due terzi ai tre quarti di questo aumento di emissioni CO₂ da energia provverrà da regioni non incluse nell'Allegato I, con una media di emissioni di CO₂ da energia pro-capite che rimarrà sostanzialmente più bassa (2.8-5.1 tCO₂/cap) di quella delle regioni dell'Allegato I (9.6-15.1 tCO₂/cap) al 2030. Secondo gli scenari SRES, le economie dei paesi dell'Allegato I necessiteranno di un uso di energia minore per unità di PIL (6.2-9.9 MJ/US\$ GDP) rispetto ai paesi non inclusi nell'Allegato I (11.0-21.6 MJ/US\$ GDP) [1.3, 3.2].

4. Gli scenari di emissione di *baseline* pubblicati dopo quelli SRES¹⁰, sono confrontabili in range a quelli presentati nel Rapporto Speciale dell'IPCC sugli Scenari di Emissioni (SRES) (25-135 GtCO_{2-eq}/anno nel 2100, vedi Figura SPM.4). (*alto accordo, molta evidenza*)

- Gli studi fatti dopo la pubblicazione del rapporto SRES usano valori più bassi per alcuni *driver* di emissioni, specialmente le proiezioni sulla popolazione. Comunque, per quegli studi che incorporano queste nuove proiezioni sulla popolazione, le variazioni di altri *driver*, come la crescita economica, portano a cambiamenti

e incendi nelle torbiere [1.3.1]. Questa somma è più ampia delle sole emissioni da deforestazione, che sono incluse come un sottoinsieme. Le emissioni qui riportate non includono l'assorbimento di carbonio (rimozioni).

6 In questo rapporto la metrica GDP_{ppp} è usata solo a fini illustrativi. Per una spiegazione dei calcoli del PPP e del Tasso di Scambio di Mercato (MER – *Market Exchange Rate*) del GDP, vedere nota 12.

7 Alogeni, clorofluorocarburi (CFC), idroclorofluorocarburi (HCFC), metil cloroformio (CH₃CCl₃), tetracloruro di carbonio (CCl₄) e metil bromide (CH₃Br).

8 Il termine "*energy security*" si riferisce alla sicurezza dell'approvvigionamento energetico.

9 Le emissioni SRES 2000 di GHG qui considerate sono 39.8 GtCO_{2-eq}, cioè più basse delle emissioni riportate nel database EDGAR per il 2000 (45 GtCO_{2-eq}). Questo è principalmente dovuto a differenze nelle emissioni da LULUCF.

10 Gli scenari di *baseline* non includono politiche climatiche aggiuntive oltre a quelle attuali; studi più recenti differiscono per l'inclusione della UNFCCC e del Protocollo di Kyoto.

minimi nei livelli di emissione totale. Le proiezioni della crescita economica in Africa, America Latina e Medio Oriente fino al 2030 negli scenari di *baseline* post-SRES sono più basse che negli scenari SRES, ma questo ha solo effetti minori sulla crescita economica globale e sulle emissioni totali [3.2].

- La rappresentazione delle emissioni degli aerosol e dei precursori degli aerosol, che includono il biossido di zolfo, il particolato carbonioso (*black carbon*) e il carbonio organico, aventi un effetto netto di raffreddamento¹¹, è migliorata. Generalmente, le proiezioni indicano emissioni minori di quelle riportate negli scenari SRES [3.2].
- Gli studi disponibili indicano che la scelta del tasso di scambio per il PIL (MER or PPP) non influenza sensibilmente le proiezioni delle emissioni, se esso viene usato in maniera consistente¹². Le differenze, se esistenti, sono piccole rispetto alle incertezze causate dalle ipotesi utilizzate per altri parametri degli scenari, ad esempio i cambiamenti tecnologici [3.2].

¹¹ Vedi rapporto AR4 WG I, capitolo 10.2.

¹² Dopo il TAR, c'è stato un dibattito sull'utilizzo di diversi tassi di scambio negli scenari di emissione. Per confrontare i PIL (GDP) tra diversi Paesi sono stati usati due tipi di metriche. L'utilizzo di MER (*Market Exchange Rate*) è preferibile per le analisi che includono prodotti commerciati a livello internazionale. L'utilizzo di PPP (*Purchasing Power Parity*) è preferibile per le analisi che includono i confronti del reddito tra Paesi a stadi di sviluppo molto diversi. La maggior parte delle unità monetarie in questo rapporto è espressa in MER. Questo riflette la stragrande maggioranza della letteratura sulla mitigazione delle emissioni che è stata calibrata in MER. Quando le unità monetarie sono espresse in PPP, questo è segnalato da GDP_{PPP}.

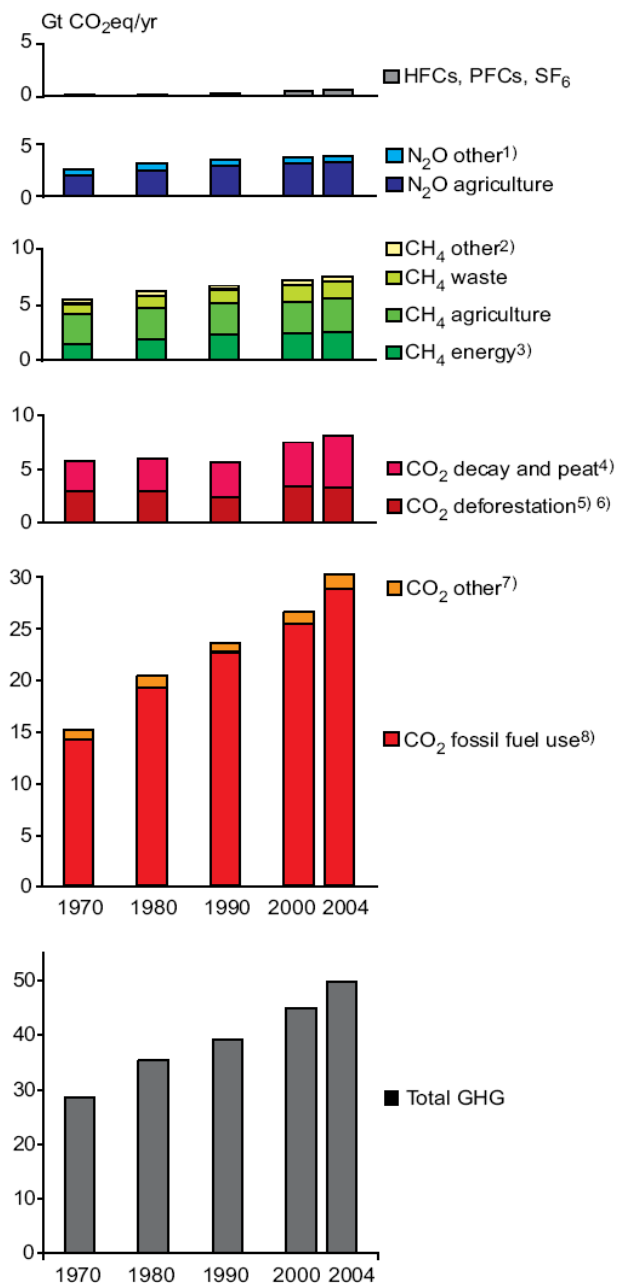


Figura SPM.1: Emissioni globali di gas serra nel periodo 1970-2004, pesati sul Potenziale di Riscaldamento Globale (GWP - Global Warming Potential). Per convertire le emissioni in CO₂-eq. sono stati usati i GWP a 100 anni definiti dall'IPCC nel 1996 (SAR) (cf. Linee guida UNFCCC). Sono stati inclusi CO₂, CH₄, N₂O, HFCs, PFCs e SF₆ da tutte le fonti.

Le due categorie di emissioni di CO₂ riflettono le emissioni di CO₂ dall'utilizzo e dalla produzione di energia (secondo dal basso) e da variazioni dell'uso del suolo (terzo dal basso) [Figura 1.1a].

Note:

1. "N₂O other" include i processi industriali, deforestazione/incendi delle savane, acque reflue e incenerimento dei rifiuti.
2. "CH₄ other" proviene da processi industriali e incendi delle savane.
3. Include le emissioni da produzione e uso di bioenergia.
4. Emissioni di CO₂ da decomposizione di biomassa sul terreno che rimane dopo inondazioni e deforestazioni e CO₂ da incendi nelle torbiere e decomposizione di suoli di torba drenati.
5. Ed anche uso tradizionale di biomassa al 10% del totale, assumendo che il 90% derivi da produzione sostenibile di biomassa. Corretto per il 10% di carbonio di biomassa che si assume rimanga carbone (*charcoal*) dopo la combustione.
6. Media dei dati per le foreste di larga scala e gli incendi di biomassa nelle steppe, per il periodo 1997-2002 basati sul database satellitare Global Fire Emissions.
7. Produzione di cemento e gas naturale scaricato in torcia (*natural gas flaring*).
8. "Fossil fuel use" include le emissioni dai prodotti derivati dai combustibili fossili.

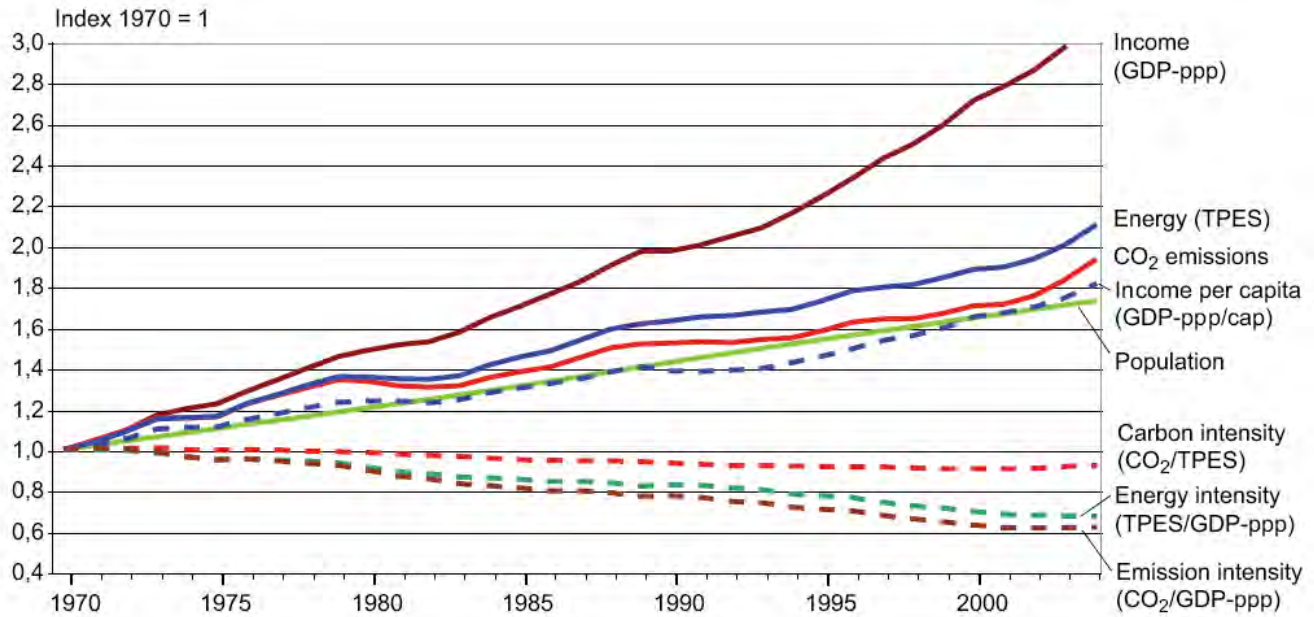


Figura SPM.2: Sviluppo globale relativo di Prodotto Interno Lordo misurato in PPP (GDP_{ppp}), Produzione Totale di Energia Primaria (TPES - Total Primary Energy Supply), Emissioni di CO_2 (da combustione di combustibili fossili, gas in torcia e produzione di cemento) e Popolazione (Pop). Inoltre, attraverso le linee tratteggiate, la figura mostra il Reddito pro-capite (GDP_{ppp}/Pop), l'Intensità di Energia ($TPES/GDP_{ppp}$), l'Intensità di Carbonio dell'energia prodotta ($CO_2/TPES$), e l'Intensità di Emissione del processo economico di produzione (CO_2/GDP_{ppp}) per il periodo 1970-2004. [Figura 1.5]

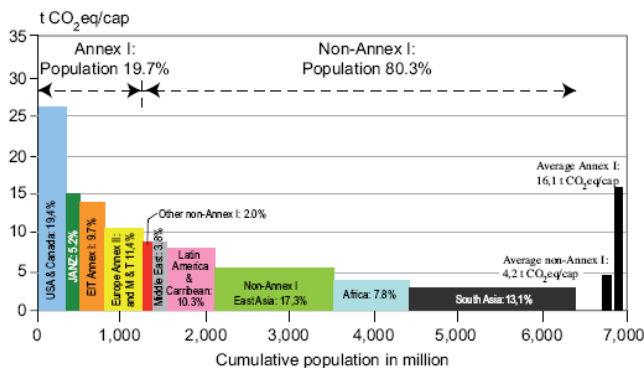


Figura SPM.3a: Distribuzione regionale delle emissioni pro-capite di GHG per il 2004 (tutti i gas del Protocollo di Kyoto, inclusi quelli dall'uso del suolo) per la popolazione di diversi raggruppamenti di nazioni. Le percentuali nelle barre indicano la quota regionale delle emissioni globali di GHG [Figura 1.4a].

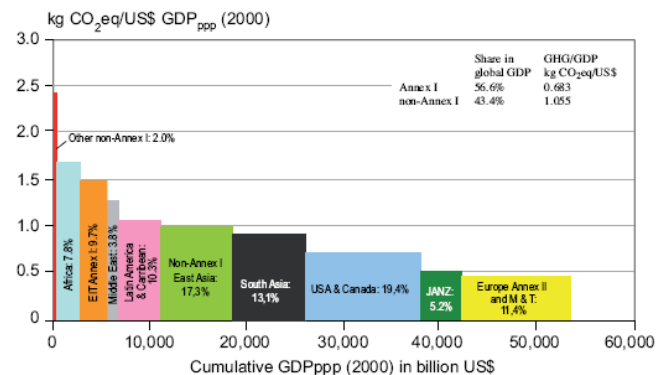


Figura SPM.3b: Distribuzione regionale delle emissioni di GHG pro-capite per il 2004 (tutti i gas del Protocollo di Kyoto, inclusi quelli dall'uso del suolo) per US\$ di GDP_{ppp} , rispetto al GDP_{ppp} di diversi raggruppamenti di nazioni. Le percentuali nelle barre indicano la quota regionale delle emissioni globali di GHG [Figura 1.4b].

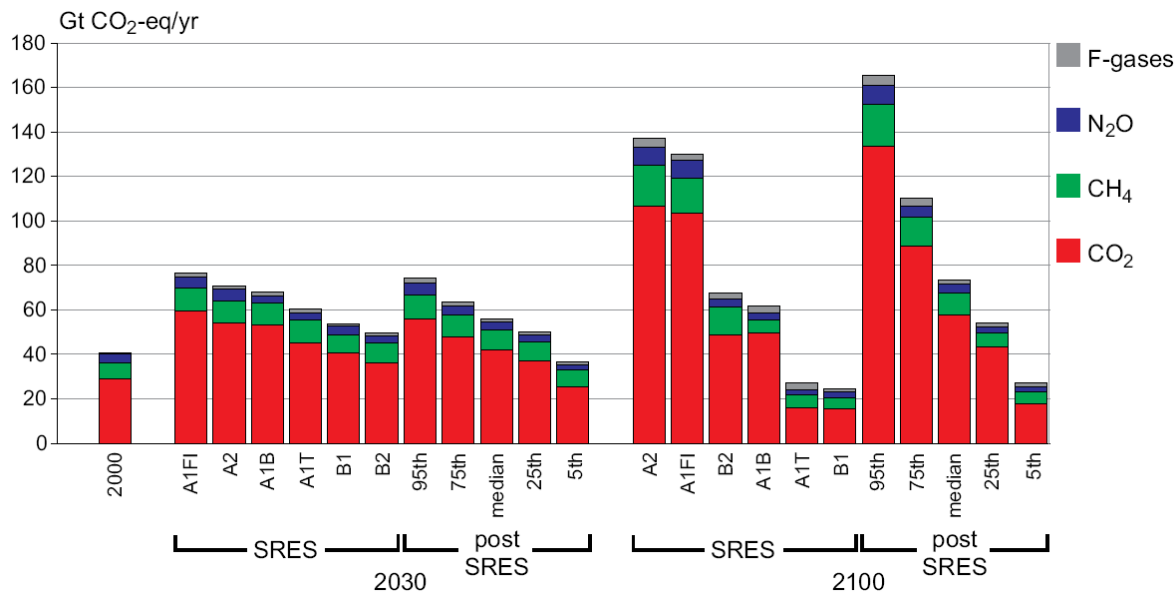


Figura SPM.4: Emissioni globali di GHG per il 2000 e proiezioni delle emissioni della baseline¹⁰ per il 2030 e il 2100 da scenari IPCC SRES e dalla letteratura post-SRES. La figura fornisce le emissioni da sei diversi scenari illustrativi SRES. La figura fornisce anche la distribuzione di frequenza delle emissioni negli scenari post-SRES (5°, 25°, mediana, 75°, 95° percentile), come spiegato nel capitolo 3. Gli “F-gas” includono HFC, PFC e SF₆ [1.3, 3.2, Figura 1.7].

Box SPM.1: Gli Scenari di Emissione dell'IPCC SRES (*Special Report on Emission Scenarios*)

A1. La famiglia di scenari A1 descrive un mondo futuro caratterizzato da una crescita economica molto rapida, con la popolazione globale che raggiungerà un massimo a metà secolo per poi declinare, e con una rapida introduzione di tecnologie nuove e più efficienti. I temi dominanti sono le convergenze regionali, il *capacity building* e l'aumento delle interazioni culturali e sociali, con una sostanziale diminuzione delle differenze regionali di reddito pro-capite. La famiglia di scenari A1 si sviluppa in tre gruppi che descrivono direzioni alternative dei cambiamenti tecnologici del sistema energetico. I tre gruppi si distinguono dalla loro enfasi tecnologica in: fossile intensivo (A1FI), fonti di energia non fossile (A1T) o un bilancio fra tutte le fonti (A1B) (dove per bilancio si intende una non eccessiva dipendenza da nessun tipo particolare di fonte energetica, presumendo che si possa applicare a tutte le risorse energetiche e alle tecnologie finali tassi di miglioramento simili).

A2. La famiglia di scenari A2 descrive un mondo molto eterogeneo. Il tema dominante è l'auto-sufficienza e la preservazione delle identità locali. La natalità fra le regioni converge molto lentamente, con un conseguente continuo aumento della popolazione. Lo sviluppo economico è essenzialmente orientato su base regionale e la crescita economica pro-capite e i cambiamenti tecnologici sono molto frammentati e più lenti rispetto alle altre trame.

B1. La famiglia di scenari B1 descrive un mondo convergente con la stessa popolazione globale che, come per la trama A1, raggiungerà un massimo a metà secolo per poi declinare, ma con un rapido cambio delle strutture economiche verso un'economia dell'informazione e dei servizi, con una riduzione dell'intensità dei materiali e l'introduzione di tecnologie pulite e che sfruttano le risorse in modo efficiente. Viene data molta importanza alle soluzioni globali per l'economia, alla sostenibilità sociale ed ambientale, includendo un miglioramento dell'equità, ma senza ulteriori iniziative climatiche.

B2. La famiglia di scenari B2 descrive un mondo in cui l'enfasi è sulle soluzioni locali per la sostenibilità economica, sociale ed ambientale. È un mondo in cui la popolazione globale cresce continuamente, ad un tasso minore della famiglia A2, con livelli intermedi di sviluppo economico e cambiamenti tecnologici meno rapidi e più diversificati rispetto alle trame B1 e A1. Mentre anche lo scenario è orientato verso la protezione ambientale e l'equità sociale, si focalizza sui livelli locali e regionali.

Per ognuno dei sei gruppi di scenari A1B, A1FI, A1T, A2, B1 e B2 è stato scelto uno scenario illustrativo. Essi dovrebbero essere considerati tutti ugualmente plausibili.

Gli scenari SRES non includono ulteriori iniziative climatiche, il che significa che nessuno scenario include gli effetti dell'implementazione della Convenzione Quadro delle Nazioni Unite per i Cambiamenti Climatici (UNFCCC) o degli obiettivi di emissione del Protocollo di Kyoto.

Questa box, che riassume gli scenari SRES, è stata presa dal TAR, previa approvazione linea per linea da parte dell'IPCC.

Box SPM.2: Potenziale di mitigazione (Mitigation potential) e approcci analitici

Il concetto di "Potenziale di mitigazione" (*Mitigation potential*) è stato sviluppato per valutare la scala delle riduzioni di GHG che potrebbero essere fatte, rispetto alle emissioni di baseline, per un dato livello del prezzo del carbonio (espresso in costo per unità di emissioni di anidride carbonica equivalente evitate o ridotte). Il Potenziale di mitigazione si differenzia ulteriormente in termini di "potenziale di mercato" e "potenziale economico".

Il **Potenziale di mercato** (*Market potential*) è il potenziale di mitigazione basato su costi privati e tassi di sconto privati¹³, che ci si aspetta potrebbero presentarsi sotto le condizioni di mercato previste, includendo le politiche e misure attualmente in atto, e notando che esistono barriere in grado di limitare l'effettiva implementazione delle politiche [2.4].

Il **Potenziale economico** (*Economic potential*) è il potenziale di mitigazione che tiene conto dei costi e benefici sociali e dei tassi di sconto sociali¹⁴, assumendo che l'efficienza del mercato sia migliorata dalle politiche e misure e che le barriere siano rimosse [2.4].

¹³ I costi ed i tassi di sconto privati riflettono la prospettiva dei consumatori e delle compagnie private; vedi il Glossario per una più completa descrizione.

¹⁴ I costi ed i tassi di sconto sociali riflettono la prospettiva della società. I tassi di sconto sociali sono più bassi di quelli utilizzati dagli investitori privati; vedi il Glossario per una più completa descrizione.

Gli studi di potenziale di mercato possono essere usati per informare i decisori politici sul potenziale di mitigazione con le politiche e barriere esistenti, mentre gli studi di potenziale economico mostrano cosa si potrebbe ottenere se fossero messe in atto appropriate nuove e ulteriori politiche per rimuovere le barriere e includere i costi e benefici sociali. Il potenziale economico è perciò generalmente maggiore del potenziale di mercato.

Il potenziale di mitigazione è stimato usando diversi tipi di approcci. Ci sono due classi maggiori: l'approccio "*bottom-up*" e l'approccio "*top-down*", che sono stati usati principalmente per valutare il potenziale economico.

Gli **studi *bottom-up*** sono basati sulla valutazione delle opzioni di mitigazione, enfatizzando specifiche tecnologie e norme. Sono tipicamente studi settoriali che mantengono invariata la macro-economia. In questo rapporto di valutazione, le stime di settore sono state aggregate, come nel TAR, per dare una stima del potenziale di mitigazione globale.

Gli **studi *top-down*** valutano il potenziale economico di larga scala delle opzioni di mitigazione. Questi studi usano strutture globalmente consistenti e informazioni aggregate sulle opzioni di mitigazione e considerano i feedback macro-economici e di mercato.

I modelli *bottom-up* e *top-down* sono diventati più simili dopo il TAR poiché i modelli *top-down* hanno incorporato più opzioni di mitigazioni tecnologiche e i modelli *bottom-up* hanno incorporato più feedback macro-economici e di mercato, così come l'adozione dell'analisi delle barriere nelle strutture dei loro modelli. In particolare gli studi *bottom-up* sono utili per la valutazione di opzioni politiche specifiche a livello di settore, per esempio, opzioni per migliorare l'efficienza energetica, mentre gli studi *top-down* sono utili per valutare politiche sui cambiamenti climatici inter-settoriali ed economiche di larga scala, come le tasse sul carbonio (*carbon taxes*) e le politiche di stabilizzazione. Comunque, gli attuali studi *bottom-up* e *top-down* del potenziale economico presentano delle limitazioni nella scelta degli stili di vita, e nell'inclusione di tutte le esternalità come l'inquinamento locale dell'aria. Essi hanno inoltre una rappresentazione limitata di alcune regioni, paesi, settori, gas e barriere. Le proiezioni dei costi di mitigazione non tengono conto dei benefici potenziali dei cambiamenti climatici evitati.

Box SPM.3: Assunzioni negli studi sulle opzioni e sui costi macro-economici della mitigazione

Gli studi sulla gamma di opzioni (*portfolio*) e sui costi macro-economici della mitigazione valutati in questo rapporto si basano su modelli *top-down*. La maggior parte dei modelli usa un approccio a costo globale minimo (*global least cost approach*) per la gamma di opzioni di mitigazione e con un mercato delle emissioni globale, assumendo mercati trasparenti, nessun costo di transazione e quindi una perfetta implementazione delle misure di mitigazione per tutto il XXI secolo. I costi sono dati in corrispondenza di tempi precisi.

I costi modellati globalmente aumenteranno se alcune regioni, alcuni settori (per esempio l'uso del suolo), opzioni o gas saranno esclusi. Le stime tramite modelli dei costi globali diminuiranno con *baseline* più basse, con l'utilizzo dei profitti provenienti dalle tasse sul carbonio e dai permessi venduti all'asta, e se verrà incluso l'apprendimento tecnologico indotto. Questi modelli non considerano i benefici climatici e generalmente neanche i co-benefici delle misure di mitigazione, o argomenti di equità.

Box SPM.4: Cambiamenti tecnologici indotti secondo i modelli

La letteratura più importante suggerisce che le politiche e misure possano indurre cambiamenti tecnologici. Sono stati raggiunti notevoli progressi applicando agli studi di stabilizzazione approcci basati sul cambiamento tecnologico indotto; tuttavia rimangono dubbi concettuali. Nei modelli che adottano questi approcci, le proiezioni dei costi per un dato livello di stabilizzazione sono più basse; le riduzioni sono maggiori per i livelli di stabilizzazione più bassi.

C. Mitigazione nel breve e medio termine (fino al 2030)

5. Gli studi *bottom-up* e *top-down* indicano che c'è un sostanziale potenziale economico per la mitigazione delle emissioni globali di GHG nei prossimi decenni, potenziale che potrebbe bilanciare la crescita delle emissioni globali indicata dalle proiezioni o ridurre le emissioni al di sotto dei livelli attuali (*alto accordo, molta evidenza*).

Le incertezze nelle stime sono mostrate nelle tabelle sotto riportate come intervalli, per rispecchiare gli intervalli di *baseline*, i tassi di cambiamento tecnologico ed altri fattori che sono specifici dei diversi approcci. Inoltre, le incertezze derivano anche da informazioni limitate sulla copertura globale di paesi, settori e gas.

Studi *bottom-up*:

- Nella tabella SPM.1 e nella figura SPM.5A è presentato il potenziale economico al 2030 stimato in questo rapporto di valutazione da approcci *bottom-up* (vedi Box SPM.2). Come riferimento, le emissioni nel 2000 erano 43 GtCO₂-eq. [11.3].
- Gli studi suggeriscono che le opportunità di mitigazione con costi netti negativi¹⁵ hanno il potenziale di ridurre le emissioni di circa 6 GtCO₂-eq/anno nel 2030. Realizzare tali opportunità significa affrontare il superamento delle barriere [11.3].
- Nessun settore o nessuna tecnologia da soli possono vincere l'intera sfida della mitigazione. Tutti i settori valutati contribuiscono al totale (vedi Figura SPM.6). Le tecnologie e pratiche di mitigazione principali per i rispettivi settori sono mostrate in Tabella SPM.3 [4.3, 4.4, 5.4, 6.5, 7.5, 8.4, 9.4, 10.4].

Studi *top-down*:

- I calcoli della riduzione delle emissioni nel 2030 effettuati da studi *top-down* sono presentati nella Tabella SPM.2 e nella Figura SPM.5B. I potenziali economici globali stimati con gli studi *top-down* sono in linea con quelli degli studi *bottom-up* (vedi Box SPM.2), sebbene vi siano considerevoli differenze a livello di settore [3.6].
- Le stime riportate nella Tabella SPM.2 derivano da scenari di stabilizzazione, cioè simulazioni che arrivano alla stabilizzazione delle concentrazioni di GHG in atmosfera [3.6].

¹⁵ In questo rapporto, come nel SAR e nel TAR, le opzioni con costi netti negativi (opportunità *no-regrets*) sono definite come quelle opzioni i cui benefici, come la riduzione dei costi dell'energia e la riduzione delle emissioni di inquinanti a livello locale/regionale, sono maggiori o uguali dei costi corrispondenti per la società, escludendo i benefici dei danni evitati dai cambiamenti climatici (vedi Box SPM.1).

Tabella SPM.1: Potenziale di mitigazione economico globale nel 2030 stimato da studi bottom-up.

Prezzo del Carbonio (US\$/tCO ₂ -eq)	Potenziale Economico (GtCO ₂ -eq/a)	Riduzione relativa allo scenario SRES A1B (68 GtCO ₂ -eq/a) (%)	Riduzione relativa allo scenario SRES B2 (49 GtCO ₂ -eq/a) (%)
0	5-7	7-10	10-14
20	9-17	14-25	19-35
50	13-26	20-38	27-52
100	16-31	23-46	32-63

Tabella SPM.2: Potenziale economico di mitigazione globale nel 2030 stimato da studi top-down.

Prezzo del Carbonio (US\$/tCO ₂ -eq)	Potenziale Economico (GtCO ₂ -eq/a)	Riduzione relativa allo scenario SRES A1B (68 GtCO ₂ -eq/a) (%)	Riduzione relativa allo scenario SRES B2 (49 GtCO ₂ -eq/a) (%)
20	9-18	13-27	18-37
50	14-23	21-34	29-47
100	17-26	25-38	35-53

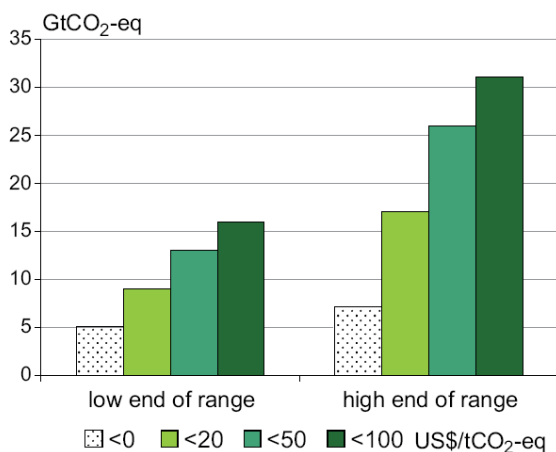


Figura SPM.5A: Potenziale economico di mitigazione globale nel 2030 stimato da studi bottom-up (dati da Tabella SPM.1)

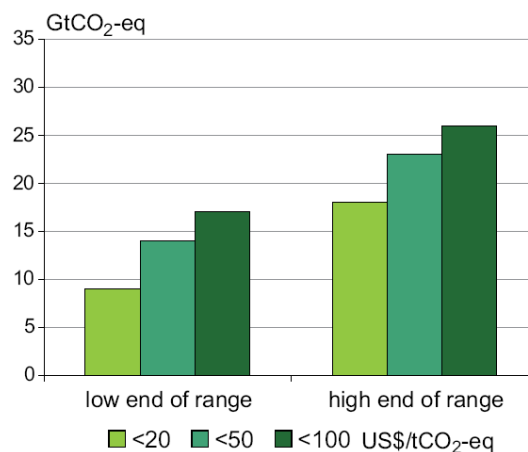


Figura SPM.5B: Potenziale economico di mitigazione globale nel 2030 stimato da studi top-down (dati da Tabella SPM.2)

Tabella SPM.3: *Principali tecnologie e pratiche di mitigazione per settore. I settori e le tecnologie sono elencate senza un ordine particolare. Le pratiche non tecnologiche, come il cambiamento dello stile di vita, che sono trasversali, non sono incluse in questa tabella (ma sono trattate nel paragrafo 7 in questo SPM).*

Settore	Principali tecnologie e pratiche di mitigazione attualmente disponibili sul mercato	Principali tecnologie e pratiche di mitigazione che si prevede siano commercializzate prima del 2030.
Produzione di energia [4.3, 4.4]	Miglioramento dell'efficienza delle forniture e della distribuzione; passaggio da carbone a gas come carburante; energia nucleare; calore ed energia rinnovabile (energia idroelettrica, solare, eolica, geotermale e bioenergia); energia e calore combinati; prime applicazioni di CCS (<i>Carbon Capture and Storage</i>), per esempio, stoccaggio della CO ₂ rimossa dal gas naturale.	CCS per impianti di produzione dell'energia elettrica da gas, biomassa e carbone; energia nucleare avanzata; energie rinnovabili avanzate, incluse: l'energia da moto ondoso e mareale, solare concentrato, e solare fotovoltaico.
Trasporti [5.4]	Veicoli alimentati a carburante più efficiente; veicoli ibridi; veicoli diesel più puliti; biocarburanti; spostamento modale dal trasporto su ruote al trasporto su rotaie e sistemi di trasporto pubblico; trasporti non motorizzati (bicicletta, a piedi); pianificazione dell'uso del territorio e dei trasporti.	Seconda generazione di biocarburanti; maggiore efficienza degli aeroplani; veicoli elettrici e ibridi avanzati con batterie più potenti e affidabili.
Costruzioni [6.5]	Efficiente illuminazione e uso dell'orario legale; apparecchi elettrici e dispositivi di riscaldamento e raffreddamento più efficienti; cucine più efficienti, migliori isolamenti; progettazione per il riscaldamento e il raffreddamento solare attivo e passivo; fluidi di refrigerazione alternativi, recupero e riciclo dei gas fluorogenati.	Progettazione integrata di edifici commerciali, includendo tecnologie come i contatori intelligenti, che forniscono feedback e controllo; solare fotovoltaico integrato nelle costruzioni.
Industria [7.5]	Uso più efficiente delle apparecchiature elettriche; recupero di energia e calore; riciclo e sostituzione dei materiali; controllo delle emissioni di gas non-CO ₂ ; e un'ampia gamma di tecnologie specifiche per un dato processo.	Efficienza energetica avanzata; CCS per la produzione di cemento, ammoniaca e ferro; elettrodi inerti per la produzione dell'alluminio.
Agricoltura [8.4]	Gestione delle coltivazioni e dei pascoli migliorata per aumentare la riserva di carbonio nel suolo; ripristino di suoli di torbiera coltivati e di terre degradate; miglioramento delle tecniche di produzione del riso e di allevamento del bestiame e della gestione del concime per ridurre le emissioni di CH ₄ ; miglioramento delle tecniche di applicazione di fertilizzanti a base di nitrati per ridurre le emissioni di N ₂ O; coltivazioni dedicate per sostituire i combustibili fossili; miglioramento efficienza energetica.	Miglioramento delle rese agricole.
Silvicoltura/Foreste [9.4]	Forestazione; riforestazione; gestione delle foreste; riduzione delle deforestazione; gestione dei prodotti derivanti dalla raccolta del legname; uso dei prodotti della silvicoltura per la produzione di bioenergia allo scopo di sostituire l'uso di combustibili fossili.	Miglioramento delle specie di alberi per aumentare la produttività di biomassa e l'assorbimento di carbonio. Tecnologie satellitari migliorate per l'analisi del potenziale di assorbimento da parte di vegetazione/suolo e mappatura delle variazioni di uso del suolo.
Rifiuti [10.4]	Siti per il recupero del metano; incenerimento dei rifiuti con recupero di energia; compostaggio dei rifiuti organici; trattamento controllato delle acque di scarico; riciclo e minimizzazione dei rifiuti.	Biocoperture e biofiltri per ottimizzare l'ossidazione del CH ₄ .

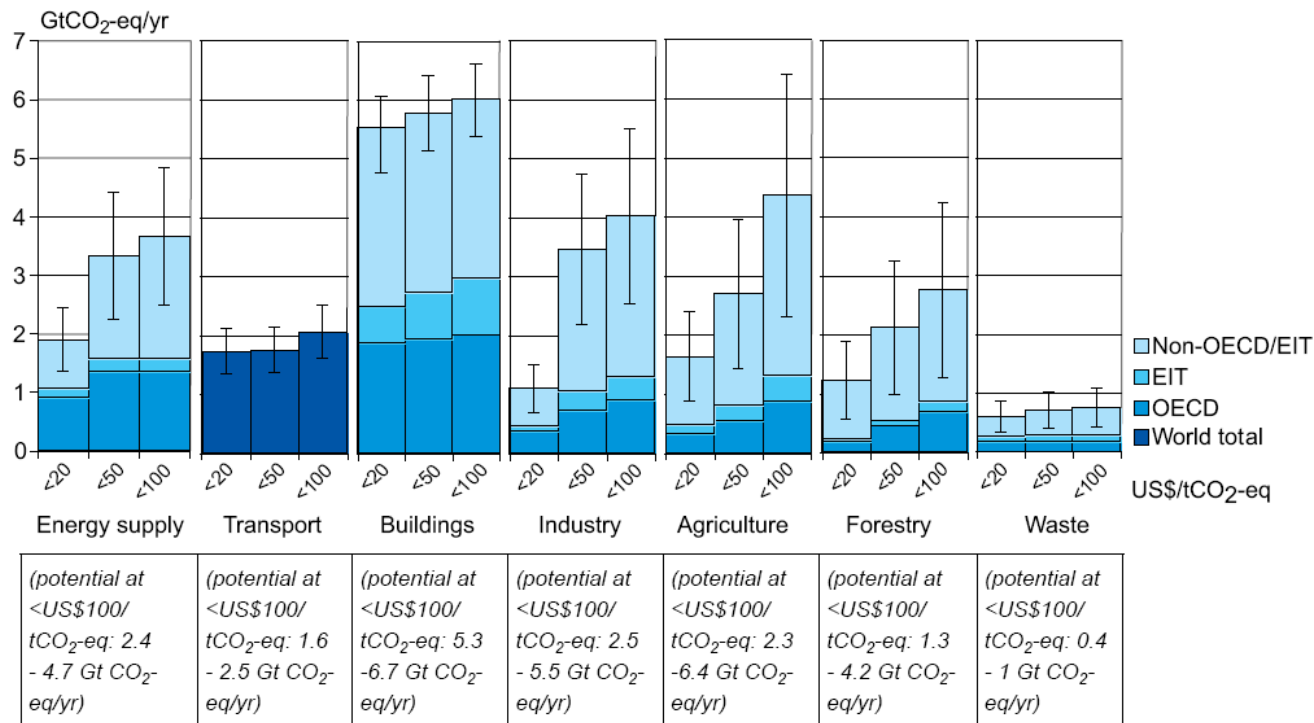


Figura SPM.6: Stima del potenziale economico di mitigazione globale settoriale per diverse regioni in funzione del prezzo del carbonio nel 2030 da studi bottom-up, confrontati con le rispettive baseline assunte nelle valutazioni settoriali. Una spiegazione completa della derivazione di questa figura si trova nella Sezione 11.3.

Note:

1. Gli intervalli dei potenziali economici totali valutati in ogni settore sono indicate dalle linee verticali. Gli intervalli sono basati sulla ripartizione delle emissioni nell'uso finale dell'energia, ossia le emissioni dall'uso di elettricità sono conteggiate nel settore degli usi finali e non nel settore della produzione di energia.
2. Le stime dei potenziali sono state limitate in particolare dalla disponibilità di studi che considerassero alti livelli di prezzo del carbonio.
3. I settori hanno usato *baseline* diverse. Per l'industria è stata utilizzata la *baseline* SRES B2, per la produzione di energia e il trasporto è stata usata la *baseline* WEO 2004; il settore delle costruzioni è basato su una *baseline* compresa fra gli SRES B2 e A1B; per i rifiuti, sono state usate le "driving forces" SRES A1B per costruire una specifica *baseline* per i rifiuti; l'agricoltura e la silvicoltura hanno usato *baseline* che utilizzano soprattutto "driving forces" dello scenario SRES B2.
4. Per i trasporti sono mostrati solo i totali globali, poiché è inclusa l'aviazione internazionale [5.4].
5. Le categorie escluse sono: emissioni non-CO₂ da costruzioni e trasporto, parte delle opzioni di efficienza dei materiali, produzione di calore e cogenerazione nella produzione di energia, veicoli commerciali pesanti, spedizioni e trasporto con elevato numero di passeggeri, la maggior parte delle opzioni con alti costi per le costruzioni, trattamento delle acque di scarico, riduzioni delle emissioni da miniere di carbone e gasdotti, gas fluorogenati dalla produzione di energia e trasporti. La sottostima del potenziale economico totale da queste emissioni è dell'ordine del 10-15%.

6. Nel 2030 la stima dei costi macro-economici per la mitigazione multi-gas, consistenti con le traiettorie delle emissioni verso la stabilizzazione fra 445 e 710 ppm di CO₂-eq, è compresa tra una diminuzione di un 3% del PIL globale e un piccolo incremento, rispetto alla *baseline* (vedi Tabella SPM.4). Comunque, i costi per regione possono variare significativamente rispetto alle medie globali (*alto accordo, evidenza media*) (vedi Box SPM.3 per le metodologie e le assunzioni relative a questi risultati).

- La maggior parte degli studi conclude che la riduzione del PIL rispetto alla *baseline* del PIL aumenta quanto più l'obiettivo di stabilizzazione è stringente.
- A seconda dei sistemi di tassazione esistenti e le modalità di spesa delle entrate, gli studi modellistici indicano che i costi possono essere sostanzialmente più bassi assumendo che le entrate derivanti dalle tasse sul carbonio o dallo scambio dei permessi di emissione (*emission trading system*) siano usati per promuovere tecnologie a basso contenuto di carbonio o per riformare il sistema di tassazione esistente [11.4].

- Gli studi che assumono la possibilità che le politiche sui cambiamenti climatici inducano miglioramenti tecnologici indicano anche costi più bassi. Comunque, ciò può richiedere investimenti iniziali maggiori per raggiungere la riduzione dei costi in seguito [3.3, 3.4, 11.4, 11.5, 11.6].
- Sebbene la maggior parte dei modelli mostri perdite del PIL, alcuni di essi mostrano che il PIL aumenta perché assumono che le *baseline* siano non-ottimali e che le politiche di mitigazione migliorino l'efficienza dei mercati, o assumono che le politiche di mitigazione possano indurre maggiori cambiamenti tecnologici. Esempi di inefficienza del mercato includono risorse non utilizzate, tassazioni distorte e/o assistenza finanziaria da parte dei governi (sussidi) [3.3, 11.4].
- Un approccio multi-gas e l'inserimento dei *sink* di carbonio generalmente riducono i costi in maniera sostanziale rispetto al solo abbattimento delle emissioni di CO₂ [3.3].
- I costi regionali sono largamente dipendenti dai livelli di stabilizzazione e dagli scenari di *baseline* assunti. Anche il regime di allocazione è importante, ma, per la maggior parte dei paesi, di minor impatto rispetto ai livelli di stabilizzazione [11.4, 13.3].

7. I cambiamenti dello stile di vita e dei tipi di comportamento possono contribuire alla mitigazione dei cambiamenti climatici in tutti i settori. Anche le pratiche di gestione possono avere un ruolo positivo (*alto accordo, evidenza media*).

- I cambiamenti nello stile di vita possono ridurre le emissioni di GHG. I cambiamenti negli stili di vita e nei tipi di consumo che puntano sulla conservazione delle risorse possono contribuire allo sviluppo di un'economia a basse emissioni di carbonio che sia equa e sostenibile [4.1, 6.7].
- I programmi di educazione e formazione possono aiutare a superare le barriere del mercato all'accettazione dell'efficienza energetica, soprattutto se associate ad altre misure [Tabella 6.6].
- I cambiamenti del comportamento, delle tipologie culturali e delle scelte dei consumatori e l'uso di tecnologie possono produrre considerevoli riduzioni delle emissioni di CO₂ relativamente all'energia usata negli edifici [6.7].
- La gestione della domanda di trasporto, che include la pianificazione urbanistica (che può ridurre la domanda di trasporto), la divulgazione di informazioni e di tecniche di educazione (che può ridurre l'utilizzo di autovetture e portare ad un efficiente stile di guida) può aiutare la mitigazione di GHG [5.1].
- Nell'industria, gli strumenti di gestione che includono la formazione dello staff, i sistemi incentivanti, i *feedback* regolari, la documentazione delle pratiche esistenti, possono aiutare a superare le barriere dell'organizzazione industriale, a ridurre l'uso di energia e le emissioni di GHG [7.3].

8. Nonostante gli studi utilizzino metodologie differenti, in tutte le regioni del mondo analizzate i co-benefici per la salute a breve termine, derivanti dalla riduzione dell'inquinamento dell'aria come risultato di azioni di riduzione delle emissioni di GHG, possono essere sostanziali e possono compensare una parte sostanziale dei costi di mitigazione (*alto accordo, molta evidenza*).

- Includere altri co-benefici oltre a quelli per la salute, come un aumento della sicurezza dell'approvvigionamento energetico, un aumento della produzione agricola e una riduzione della pressione sugli ecosistemi naturali, dovuti alla diminuzione delle concentrazioni dell'ozono troposferico, migliorerebbe ulteriormente il risparmio sui costi [11.8].
- L'integrazione delle politiche di riduzione dell'inquinamento dell'aria e delle politiche di mitigazione dei cambiamenti climatici offre potenzialmente ampie riduzioni dei costi rispetto all'implementazione isolata delle politiche medesime [11.8].

9. La letteratura dopo il TAR conferma che ci possono essere effetti dovuti alle azioni dei Paesi Allegato I sull'economia globale e sulle emissioni globali, sebbene la dimensione del "carbon leakage" rimanga incerta (*alto accordo, evidenza media*).

- I Paesi che esportano combustibili fossili (sia Paesi Allegato I, sia Paesi non-Allegato I) possono aspettarsi, come indicato dal TAR¹⁶, domanda e prezzi più bassi e una crescita più bassa del PIL a causa delle politiche di mitigazione. L'entità di questo effetto di "spill over"¹⁷ dipende fortemente dalle assunzioni relative alle decisioni politiche e alle condizioni del mercato del petrolio [11.7].
- Rimangono incertezze critiche nella valutazione del "carbon leakage"¹⁸. La maggior parte dei modelli di equilibrio economico conferma la conclusione del TAR di un carbon leakage risultante da iniziative intraprese nell'ambito degli accordi di Kyoto dell'ordine del 5-20%, che sarebbe minore se fossero maggiormente diffuse tecnologie competitive a bassa emissione [11.7].

Tabella SPM.4: Costi globali macro-economici stimati per il 2030^{a)} per traiettorie a costo minimo verso differenti livelli di stabilizzazione nel lungo termine.^{b),c)}

Livelli di stabilizzazione (ppm CO ₂ -eq)	Mediana della riduzione del PIL ^{d)} (%)	Intervallo della riduzione del PIL ^{d), e)} (%)	Riduzione dei tassi di crescita media annuale del PIL ^{d), f)} (punti percentuali)
590-710	0.2	-0.6 – 1.2	< 0.06
535-590	0.6	0.2 – 2.5	<0.1
445-535 ^{g)}	Non disponibile	< 3	< 0.12

Note:

- a) Per un dato livello di stabilizzazione, nella maggior parte dei modelli la riduzione del PIL aumenterebbe dopo il 2030. I costi nel lungo termine sono più incerti. [Figura 3.25]
- b) I risultati si basano su studi che usano diverse *baseline*.
- c) Gli studi considerano diversi orizzonti temporali in cui la stabilizzazione è raggiunta; generalmente la stabilizzazione è prevista nel 2100 o dopo.
- d) Questo è il PIL globale basato sui tassi di scambio del mercato.
- e) Sono mostrati la mediana e l'intervallo del decimo e novantesimo percentile dei dati analizzati.
- f) Il calcolo della riduzione del tasso di crescita annuale si basa sulla riduzione media nel periodo fino al 2030 che porterebbe alla diminuzione di PIL nel 2030 indicata.
- g) Gli studi che descrivono i risultati sul PIL sono relativamente pochi e usano generalmente *baseline* basse.

10. Gli investimenti nelle nuove infrastrutture per l'energia nei paesi in via di sviluppo, i miglioramenti delle infrastrutture per l'energia nei paesi industrializzati, e le politiche che promuovono la sicurezza dell'approvvigionamento energetico possono, in molti casi, creare opportunità per conseguire riduzioni¹⁹ delle emissioni di GHG rispetto agli scenari di *baseline*. I co-benefici addizionali sono specifici per ogni paese, ma spesso includono l'abbattimento dell'inquinamento dell'aria, il miglioramento dell'equilibrio del mercato, la fornitura di servizi energetici moderni alle aree rurali e l'aumento dell'occupazione (alto accordo, molta evidenza).

- Le decisioni sui futuri investimenti nelle infrastrutture energetiche, che ci si aspetta siano superiori in totale a 20 trilioni²⁰ di US\$ da ora al 2030, avranno impatti sulle emissioni di GHG nel lungo termine, a causa dei lunghi tempi di vita degli impianti energetici e di altro capitale azionario delle infrastrutture. L'ampia diffusione delle tecnologie a basso contenuto di carbonio può richiedere molti decenni, anche se gli investimenti iniziali in queste tecnologie fossero resi interessanti. Alcune stime preliminari mostrano che far ritornare le emissioni globali relative all'energia ai livelli del 2005 nel 2030 richiederebbe un ampio spostamento nello schema degli investimenti, anche se l'investimento addizionale netto richiedesse intervalli compresi tra valori trascurabili e un 5-10% [4.1, 4.4, 11.6].

16 Vedi SPM TAR WG III (2001), paragrafo 16.

17 Gli effetti di "spill over" della mitigazione in una prospettiva inter-settoriale sono gli effetti delle politiche e delle misure di mitigazione in un paese o in un gruppo di paesi sui settori in altri paesi.

18 Il "Carbon leakage" è definito come l'aumento delle emissioni di CO₂ fuori dai paesi che prendendo misure di mitigazione domestiche diviso per la riduzione delle emissioni di questi paesi.

19 Vedi Tabella SPM.1 e Figura SPM.6

20 20 trilioni = 20000 bilioni = 20*1012.

- Spesso è più conveniente investire nel miglioramento dell'efficienza energetica negli usi finali piuttosto che nell'aumento della produzione di energia per soddisfare la domanda di servizi energetici. Il miglioramento dell'efficienza ha un effetto positivo sulla sicurezza dell'approvvigionamento energetico, sull'abbattimento dell'inquinamento dell'aria a livello regionale e locale, e sull'occupazione [4.2, 4.3, 6.5, 7.7, 11.3, 11.8].
- Le energie rinnovabili generalmente hanno un effetto positivo sulla sicurezza dell'approvvigionamento energetico, sull'occupazione e sulla qualità dell'aria. Dati i costi relativi ad altre opzioni di forniture energetiche, l'energia elettrica da fonte rinnovabili, che costituiva circa il 18% delle forniture di elettricità nel 2005, può raggiungere una quota del 30-35% del totale dell'elettricità prodotta nel 2030 con un prezzo del carbonio fino a 50 US\$/tCO₂-eq [4.3, 4.4, 11.3, 11.6, 11.8].
- Più alti sono i prezzi di mercato dei combustibili fossili, più le alternative a basso contenuto di carbonio sono competitive, sebbene la volatilità del prezzo sia un disincentivo per gli investitori. Le risorse convenzionali del petrolio a prezzo più alto, d'altra parte, possono essere sostituite da alternative ad alto contenuto di carbonio come sabbie bituminose (*oil sands*), argillite petrolifera (*oil shales*), oli pesanti e carburanti sintetici derivati da carbone e gas, portando ad un aumento delle emissioni di GHG, a meno che gli impianti di produzione non vengano dotati di tecnologie per la cattura e lo stoccaggio di anidride carbonica (CCS) [4.2, 4.3, 4.4, 4.5].
- Dati i costi relativi ad altre opzioni di produzione energetica, l'energia nucleare, che nel 2005 rappresentava il 16% delle forniture di elettricità, può raggiungere una quota del 18% della produzione totale di elettricità nel 2030 con un prezzo del carbonio fino a 50 US\$/tCO₂-eq, tuttavia rimangono limitazioni legate alla sicurezza, alla proliferazione delle armi ed alla produzione di scorie [4.2, 4.3, 4.4]²¹.
- La cattura e lo stoccaggio di anidride carbonica (CCS) in formazioni geologiche del sottosuolo è una nuova tecnologia che ha il potenziale di dare un importante contributo alla mitigazione nel 2030. Gli sviluppi tecnici, economici e normativi influiranno sul suo contributo effettivo [4.3, 4.4, 7.3].

11. Ci sono varie opzioni per la mitigazione nel settore dei trasporti¹⁹, ma il loro effetto può essere contrastato dalla crescita del settore. Le opzioni di mitigazione si trovano di fronte a molte barriere, come le preferenze dei consumatori e la mancanza di strutture politiche (accordo medio, evidenza media).

- Il miglioramento delle misure di efficienza per i veicoli, che porta al risparmio di carburante, in molti casi porta benefici netti (almeno per i veicoli leggeri), ma il potenziale di mercato è molto più basso del potenziale economico, per via dell'influenza di altre considerazioni da parte dei consumatori, come le prestazioni e le dimensioni. Non vi sono abbastanza informazioni per valutare il potenziale di mitigazione per i veicoli pesanti. Ci si aspetta quindi che le sole forze di mercato, includendo il prezzo crescente dei carburanti, non portino a significative riduzioni delle emissioni [5.3, 5.4].
- I biocarburanti possono svolgere un ruolo importante nella mitigazione delle emissioni di GHG nel settore dei trasporti, a seconda del percorso di sviluppo della loro produzione. Le proiezioni indicano che i biocarburanti usati come additivi/sostitutivi di gasolio e diesel aumenteranno fino al 3% della domanda di energia complessiva nel settore dei trasporti nella *baseline* del 2030. Questa percentuale potrebbe aumentare a circa il 5-10%, a seconda dei prezzi futuri di petrolio e carbonio, del miglioramento dell'efficienza dei veicoli e del successo delle tecnologie che utilizzano biomassa da cellulosa [5.3, 5.4].
- Lo spostamento modale dal trasporto su gomma al trasporto su rotaie ed alla navigazione costiera e fluviale, e dal trasporto passeggeri in sistemi a bassa occupazione a sistemi ad alta occupazione²², ed anche l'uso del suolo, la pianificazione urbanistica ed i trasporti non motorizzati offrono opportunità di mitigazione dei GHG, a seconda delle condizioni e delle politiche locali [5.3, 5.5].
- Il potenziale di mitigazione nel medio termine per le emissioni di CO₂ da parte del settore dell'aviazione può provenire dal miglioramento dell'efficienza del carburante, che può essere ottenuta con mezzi diversi, compresi la tecnologia e la gestione delle procedure operative e del traffico aereo. Comunque, ci si aspetta che questi miglioramenti bilancino la crescita delle emissioni del settore aereo solo parzialmente. Il

²¹ L'Austria potrebbe non essere d'accordo con questa affermazione.

²² Inclusi il trasporto ferroviario, il trasporto su strada, il trasporto di massa via mare ed i consorzi automobilistici.

potenziale di mitigazione totale del settore dovrebbe tenere conto anche degli impatti climatici delle emissioni non-CO₂ dell'aviazione. [5.3, 5.4].

- Realizzare riduzioni delle emissioni nel settore dei trasporti è spesso un beneficio ausiliario al miglioramento della gestione della congestione del traffico, della qualità dell'aria e della sicurezza dell'approvvigionamento energetico [5.5].

12. Le opzioni di efficienza energetica¹⁹ per gli edifici nuovi e per quelli esistenti potrebbero ridurre considerevolmente le emissioni di CO₂ con un beneficio economico netto. Esistono molti ostacoli allo sfruttamento di questo potenziale, ma ci sono anche ampi co-benefici (*alto accordo, molta evidenza*).

- Le proiezioni indicano che circa il 30% delle emissioni di GHG del settore residenziale nel 2030 può essere evitato con benefici economici netti [6.4, 6.5].
- Edifici efficienti dal punto di vista energetico, oltre a limitare la crescita delle emissioni di CO₂, possono migliorare la qualità dell'aria interna ed esterna, migliorare il benessere sociale ed aumentare la sicurezza dell'approvvigionamento energetico [6.6, 6.7].
- Le opportunità di conseguire riduzioni di GHG nel settore residenziale esistono in tutto il mondo. Tuttavia, la presenza di molti ostacoli rende difficile la realizzazione di questo potenziale. Tali barriere comprendono la disponibilità di tecnologie, di risorse finanziarie, la povertà, alti costi per le informazioni affidabili, limitazioni relative alla progettazione degli edifici e una gamma appropriata di politiche e programmi [6.7, 6.8].
- L'entità degli ostacoli sopra descritti è maggiore nei paesi in via di sviluppo e questo fatto rende più difficile per questi paesi raggiungere il potenziale di riduzione di GHG nel settore delle costruzioni [6.7].

13. Il potenziale economico nel settore industriale¹⁹ si trova essenzialmente nelle industrie ad alta intensità energetica (*energy intensive*). Non è stato fatto fino ad oggi un uso completo delle opzioni di mitigazione disponibili né nei paesi industrializzati né in quelli in via di sviluppo (*alto accordo, molta evidenza*).

- Molte strutture industriali nei paesi in via di sviluppo sono nuove e comprendono le tecnologie più avanzate con le più basse emissioni specifiche. Tuttavia rimangono molti impianti vecchi ed inefficienti, sia nei paesi industrializzati che in quelli in via di sviluppo. Rinnovare queste strutture può determinare riduzioni delle emissioni significative [7.1, 7.3, 7.4].
- Il basso tasso di rotazione del capitale azionario, la mancanza di risorse finanziarie e tecniche, e la limitazione della capacità delle aziende, particolarmente le piccole e medie imprese, nell'accesso e nell'utilizzo delle informazioni tecnologiche, costituiscono ostacoli chiave all'utilizzo completo delle opzioni di mitigazione disponibili [7.6].

14. Le pratiche agricole collettivamente possono dare un contributo significativo a basso costo¹⁹ all'aumento dell'assorbimento di carbonio da parte del terreno, alla riduzione delle emissioni di GHG ed alla produzione di biomassa da utilizzare come energia (*accordo medio, evidenza media*).

- Una larga porzione del potenziale di mitigazione dell'agricoltura (escludendo la bioenergia) proviene dal sequestro del carbonio da parte del suolo, che ha forti sinergie con l'agricoltura sostenibile e generalmente riduce la vulnerabilità ai cambiamenti climatici [8.4, 8.5, 8.8].
- Il carbonio immagazzinato nel suolo può essere soggetto a perdite dovute sia a cambiamenti nella gestione del suolo che ai cambiamenti climatici [8.10].
- Un considerevole potenziale di mitigazione è disponibile anche dalla riduzione delle emissioni di metano e ossido di azoto in alcuni sistemi agricoli [8.4, 8.5].
- Non esiste un elenco universale di pratiche di mitigazione; è necessario valutare le pratiche individualmente per i vari sistemi e tipi di agricoltura [8.4].

- La biomassa proveniente dai residui agricoli e da culture dedicate alla produzione di energia può essere un'importante riserva di bioenergia, ma il suo contributo alla mitigazione dipende dalla domanda di bioenergia da parte del settore dei trasporti e della produzione di energia, dalla disponibilità di acqua, e dal fabbisogno di terreni per le produzioni alimentari e di fibre. Un uso esteso dei terreni agricoli per la produzione di biomassa per l'energia può entrare in competizione con altri utilizzi dei terreni e può avere impatti ambientali sia positivi che negativi e implicazioni nella sicurezza della produzione di cibo [8.4, 8.8].

15. Le attività di mitigazione relative alle foreste possono considerevolmente ridurre le emissioni dalle sorgenti e aumentare le rimozioni dai *sink* di CO₂ a costi bassi¹⁹, e possono essere progettate per creare sinergie con l'adattamento e lo sviluppo sostenibile (*alto accordo, molta evidenza*)²³.

- Circa il 65% del potenziale di mitigazione totale (fino a 100 US\$/tCO₂-eq) è collocato ai tropici e circa il 50% del totale può essere raggiunto riducendo le emissioni da deforestazione [9.4].
- I cambiamenti climatici possono influire sul potenziale di mitigazione del settore delle foreste (per esempio, foreste autoctone e piantate) e ci si aspetta che siano diversi per regioni e sotto-regioni diverse, sia nella dimensione che nella direzione [9.5].
- Le opzioni di mitigazione relative alle foreste possono essere progettate e attuate in modo tale da risultare compatibili con l'adattamento, e possono avere co-benefici sostanziali in termini di occupazione, generazione di reddito, biodiversità e conservazione della falda idrica, produzione di energia rinnovabile e diminuzione della povertà [9.5, 9.6, 9.7].

16. I rifiuti generati dall'attività di consumo²⁴ apportano un contributo minimo alle emissioni²⁵ globali di GHG (<5%), ma il settore dei rifiuti può contribuire positivamente alla mitigazione dei GHG a basso costo¹⁹ e promuovere lo sviluppo sostenibile (*alto accordo, molta evidenza*).

- Le pratiche esistenti di gestione dei rifiuti possono contribuire efficacemente alla mitigazione delle emissioni di GHG per questo settore: è disponibile sul mercato un'ampia gamma di tecnologie mature ed efficaci dal punto di vista ambientale per mitigare le emissioni e fornire co-benefici per migliori salute e sicurezza pubbliche, per la protezione del suolo e la prevenzione dell'inquinamento, e la produzione locale di energia [10.3, 10.4, 10.5].
- La minimizzazione e il riciclo dei rifiuti forniscono importanti benefici indiretti di mitigazione attraverso la conservazione dell'energia e delle materie prime [10.4].
- La mancanza di capitali locali è una limitazione chiave per la gestione dei rifiuti e delle acque reflue nei paesi in via di sviluppo e nei paesi con economia in transizione. Anche la mancanza di esperienza sulle tecnologie sostenibili rappresenta un altro importante ostacolo [10.6].

17. Le opzioni di geo-ingegneria, come la fertilizzazione degli oceani per rimuovere direttamente la CO₂ dall'atmosfera, o bloccare i raggi solari portando materiali nell'alta atmosfera, rimangono altamente speculative e non provate, e con il rischio di effetti collaterali sconosciuti. Per queste opzioni non sono state pubblicate stime dei costi affidabili (*accordo medio, limitata evidenza*) [11.2].

²³ Tuvalu ha espresso difficoltà riguardo il riferimento ai "costi bassi" nel capitolo 9, pagina 15 del Rapporto del WG III che afferma che: "Il costo dei progetti di mitigazione per le foreste cresce significativamente quando vengono presi in considerazione i costi di speculazione dei terreni".

²⁴ I rifiuti industriali sono inclusi del settore industriale.

²⁵ I GHG da rifiuti includono metano da discariche e acque reflue, N₂O da acque reflue, e CO₂ da incenerimento di carbon fossile.

D. Mitigazione nel lungo termine (dopo il 2030)

18. Per stabilizzare le concentrazioni di GHG in atmosfera, le emissioni dovrebbero raggiungere un picco e poi diminuire. Più basso è il livello di stabilizzazione, più rapidamente questo picco e questa successiva diminuzione dovrebbero verificarsi. Gli sforzi di mitigazione nei prossimi due o tre decenni avranno un vasto impatto sulle opportunità di raggiungere livelli di stabilizzazione più bassi (vedi Tabella SPM.5 e Figura SPM.8)²⁶ (alto accordo, molta evidenza).

- Studi recenti che utilizzano una riduzione multi-gas hanno esaminato livelli di stabilizzazione più bassi di quelli riportati nel TAR [3.3].
- Gli studi valutati contengono una gamma di profili delle emissioni per raggiungere la stabilizzazione delle concentrazioni²⁷ di GHG. La maggior parte di questi studi ha usato un approccio di minimizzazione dei costi (*least cost approach*) ed include riduzioni delle emissioni sia precoci che tardive (Figura SPM.7) [Box SPM.2]. La Tabella SPM.5 riassume i livelli delle emissioni richiesti per gruppi diversi di stabilizzazione delle concentrazioni e l'associato aumento di temperatura media globale all'equilibrio²⁸, usando la "miglior stima" per la sensibilità climatica (vedi anche Figura SPM.8 per gli intervalli di probabilità delle incertezze)²⁹. La stabilizzazione a concentrazioni minori ed i relativi minori livelli di temperatura all'equilibrio fanno anticipare la data in cui le emissioni devono raggiungere il picco, e richiedono maggiori riduzioni delle emissioni nel 2050 [3.3].

Tabella SPM.5: Caratteristiche degli scenari di stabilizzazione post-TAR [Tabella TS 2, 3.10]³⁾

Categoria	Forzante radiativo (W/m ²)	Concentrazione di CO ₂ ^{e)} (ppm)	Concentrazione di CO ₂ -eq ^{e)} (ppm)	Aumento della temperatura media globale rispetto ai valori pre-industriali all'equilibrio, usando la "miglior stima" della sensibilità climatica ^{b), c)} (°C)	Anno di picco per le emissioni di CO ₂ ^{d)} (Anno)	Cambiamenti delle emissioni globali di CO ₂ nel 2050 (% delle emissioni del 2000) ^{d)} (%)	Numero di scenari valutati
I	2.5 – 3.0	350 – 400	445 – 490	2.0 – 2.4	2000 - 2015	da -85 a - 50	6
II	3.0 – 3.5	400 – 440	490 – 535	2.4 – 2.8	2000 - 2020	da -60 a - 30	18
III	3.5 – 4.0	440 – 485	535 – 590	2.8 – 3.2	2010 - 2030	da 30 a +5	21
IV	4.0 – 5.0	485 – 570	590 – 710	3.2 – 4.0	2020 - 2060	da +10 a +60	118
V	5.0 – 6.0	570 – 660	710 – 855	4.0 – 4.9	2050 - 2080	da +25 a +85	9
VI	6.0 – 7.5	660 – 790	855 – 1130	4.9 – 6.1	2060 - 2090	da +90 a +140	5
Totale							177

Note:

a) La comprensione della risposta del sistema clima al forzante radiativo, come i *feedback*, è valutata in dettaglio nel Rapporto AR4 WGI. I *feedback* fra il ciclo del carbonio ed i cambiamenti climatici influenzano la mitigazione richiesta per un particolare livello di stabilizzazione delle concentrazioni atmosferiche di anidride carbonica. Ci si aspetta che questi *feedback* aumentino la frazione di emissioni antropogeniche che rimane in atmosfera mentre il sistema climatico si riscalda. Perciò, le riduzioni delle emissioni necessarie per raggiungere un particolare livello di stabilizzazione, riportato negli studi di mitigazione qui valutati, potrebbero essere sottostimate.

b) La miglior stima della sensibilità climatica è 3 °C [WG I SPM].

c) Notare che la temperatura media globale all'equilibrio è diversa dalla temperatura media globale attesa al momento della stabilizzazione delle concentrazioni di GHG, a causa dell'inerzia del sistema climatico. Per la maggior parte degli scenari valutati, la stabilizzazione delle

²⁶ Il paragrafo 2 fornisce le emissioni storiche di GHG dal periodo pre-industriale.

²⁷ Gli studi variano riguardo a quando il punto di stabilizzazione è raggiunto nel tempo; generalmente tale punto è attorno al 2100 o dopo.

²⁸ Le informazioni sulla temperatura media globale sono prese dal Rapporto AR4 WGI, Capitolo 10.8. Queste temperature sono raggiunte molto dopo che le concentrazioni si sono stabilizzate.

²⁹ La sensibilità climatica all'equilibrio è una misura della risposta del sistema climatico ad un forzante radiativo ininterrotto. Non è una proiezione, ma è definita come il riscaldamento medio globale alla superficie che segue ad un raddoppiamento delle concentrazioni di biossido di carbonio [AR4 WGI SPM].

concentrazioni di GHG avviene fra il 2100 e il 2150.

d) Gli intervalli corrispondono al 15° e 18° percentile della distribuzione degli scenari post-TAR. Sono mostrate le emissioni di CO₂ in modo tale che gli scenari multi-gas possano essere confrontati con gli scenari di sola CO₂.

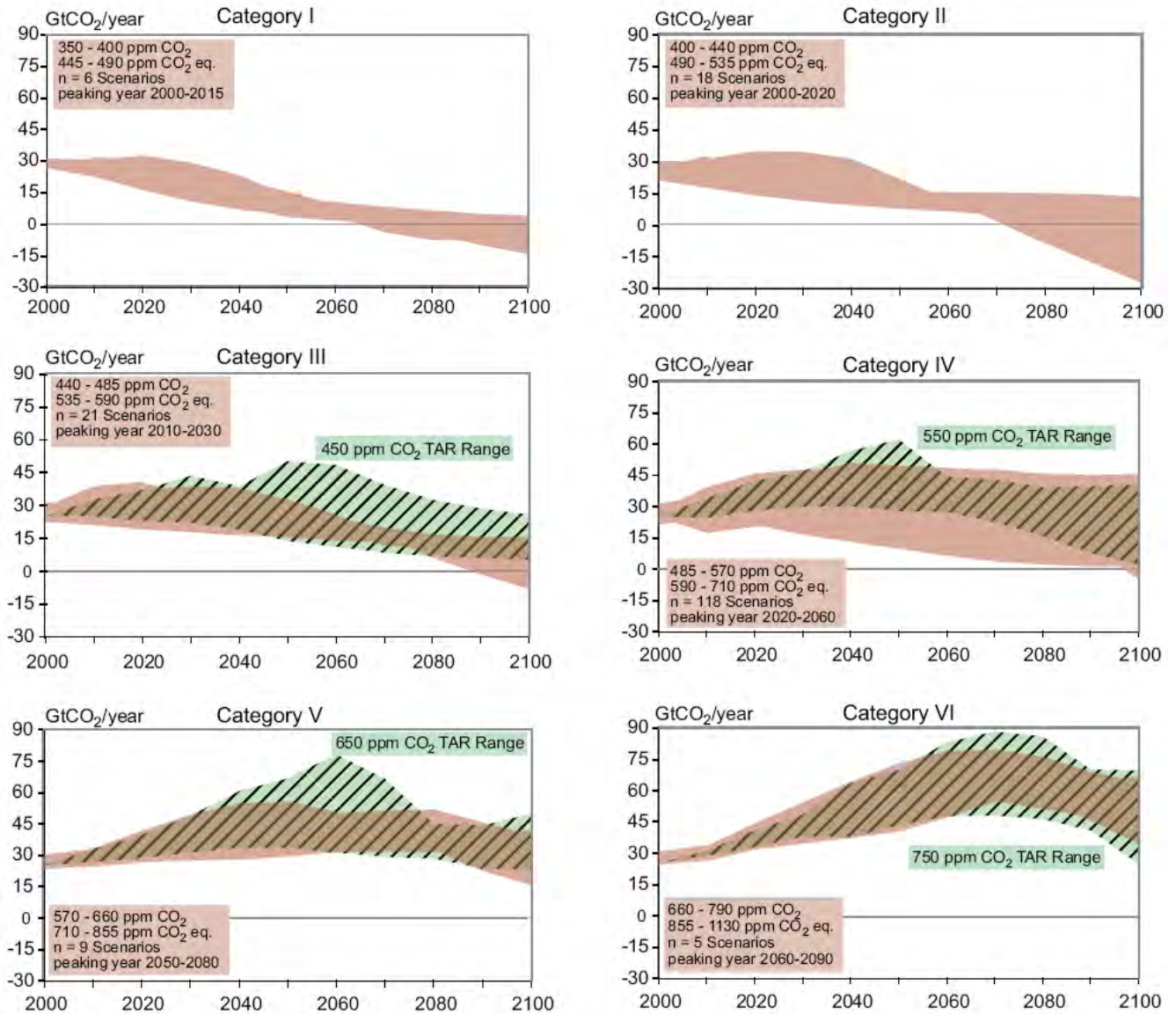


Figura SPM.7: Traiettorie delle emissioni degli scenari di mitigazione per categorie alternative di livelli di stabilizzazione (Categorie dalla I alla VI come definite nel box in ogni pannello). Le traiettorie si riferiscono solo alle emissioni di CO₂. Le aree ombreggiate in marrone chiaro si riferiscono alle emissioni di CO₂ per gli scenari di emissioni post-TAR. Le aree ombreggiate in verde e tratteggiate descrivono l'intervallo di più di 80 scenari di stabilizzazione del TAR. Le emissioni dell'anno base possono differire fra i diversi modelli a causa delle differenze fra i settori considerati. Per raggiungere i livelli di stabilizzazione più bassi alcuni scenari inseriscono la rimozione della CO₂ dall'atmosfera (emissioni negative) usando tecnologie come la produzione di energia da biomassa con cattura e confinamento della CO₂. [Figura 3.17]

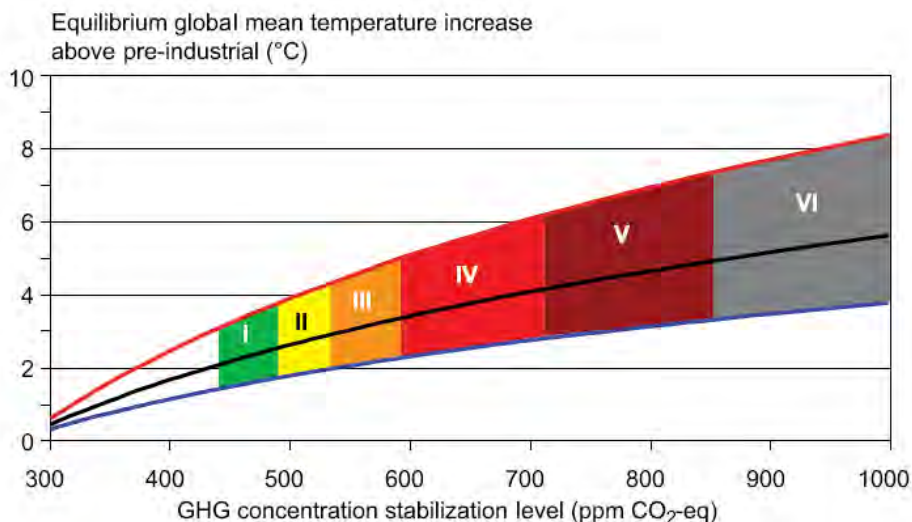


Figura SPM.8: *Categorie di scenari di stabilizzazione come riportato in Figura SPM.7 (bande colorate) e loro relazione con la variazione di temperatura media globale all'equilibrio sopra i valori pre-industriali, usando (i) la "miglior stima" per la sensibilità climatica di 3 °C (linea nera al centro dell'area ombreggiata), (ii) limite superiore dell'intervallo di probabilità della sensibilità climatica di 4.5 °C (linea rossa sopra l'area ombreggiata), (iii) limite inferiore dell'intervallo di probabilità della sensibilità climatica di 2 °C (linea blu in basso all'area ombreggiata). L'ombreggiatura colorata mostra le bande di concentrazione per la stabilizzazione dei gas serra in atmosfera corrispondenti alle categorie degli scenari di stabilizzazione (dalla I alla VI) come indicato in Figura SPM.7. I dati sono presi dal Capitolo 10.8 del Contributo del WGI all'AR4.*

19. L'intervallo dei livelli di stabilizzazione valutato può essere raggiunto con una serie di tecnologie che sono attualmente disponibili e tramite quelle che ci si aspetta che vengano commercializzate nei prossimi decenni. Questo assume che siano messi in campo incentivi appropriati e efficaci per lo sviluppo, l'acquisizione, l'utilizzo e la diffusione delle tecnologie e per affrontare i relativi ostacoli (alto accordo, molta evidenza).

- Il contributo delle diverse tecnologie alla riduzione delle emissioni richieste per la stabilizzazione varierà nel tempo, fra le regioni e a seconda del livello di stabilizzazione.
 - L'efficienza energetica gioca un ruolo fondamentale in molti scenari per la maggior parte delle regioni e delle scale temporali.
 - Per livelli di stabilizzazione bassi, gli scenari pongono maggiore enfasi sull'utilizzo di fonti energetiche a basso contenuto di carbonio, come le energie rinnovabili e l'energia nucleare, e l'utilizzo della cattura e confinamento della CO₂. In questi scenari è necessario che i miglioramenti dell'intensità di carbonio delle forniture energetiche e dell'intera economia siano più veloci che in passato.
 - Includere opzioni di mitigazione non-CO₂ e di CO₂ legate all'uso del suolo ed alla silvicoltura (foreste) dà maggiore flessibilità e un miglior rapporto costo-efficacia al raggiungimento della stabilizzazione. La moderna bioenergia potrebbe contribuire in modo sostanziale alla quota di energie rinnovabili nella gamma delle opzioni di mitigazione.
 - Per esempi illustrativi di varie serie di opzioni di mitigazione, vedere figura SPM.9 [3.3, 3.4].
- Per raggiungere gli obiettivi di stabilizzazione e ridurre i costi, sarebbero necessari investimenti nelle tecnologie a bassa emissione di GHG e una loro vasta applicazione in tutto il mondo, ed anche miglioramenti tecnologici attraverso iniziative pubbliche e private di ricerca, sviluppo e dimostrazione (*Research, Development & Demonstration - RD&D*). Più bassi sono i livelli di stabilizzazione, specialmente quelli minori o uguali a 550 ppm CO₂-eq, maggiore è la necessità di sforzi e investimenti più efficienti in RD&D

sulle nuove tecnologie durante i prossimi decenni. Questo richiede che le barriere allo sviluppo, all'acquisizione, all'applicazione ed alla diffusione delle tecnologie siano superate efficacemente.

- Appropriati incentivi potrebbero permettere di affrontare questi ostacoli e aiutare a raggiungere gli obiettivi attraverso un'ampia gamma di opzioni tecnologiche [2.7, 3.3, 3.4, 3.6, 4.3, 4.4, 4.6].

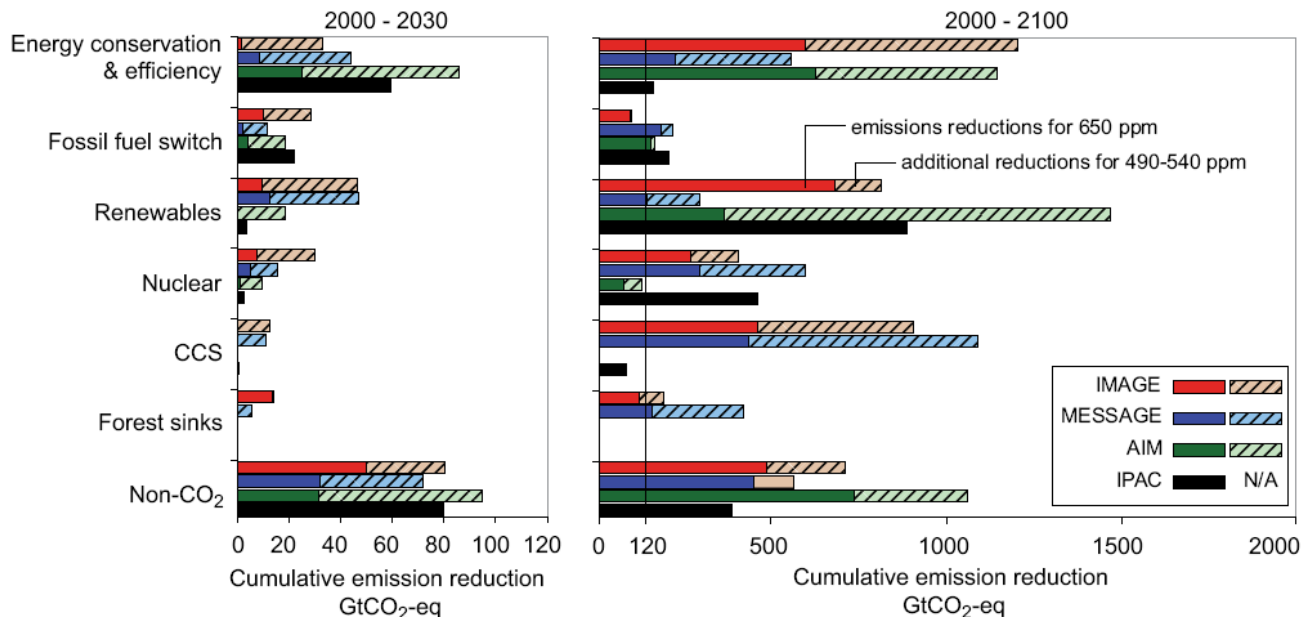


Figura SPM.9: Riduzioni cumulative delle emissioni per diverse misure di mitigazione nel periodo 2000-2030 (panello di sinistra) e nel periodo 2000-2100 (panello di destra). La figura mostra degli scenari illustrativi da quattro modelli (AIM, IMAGE, IPAC and MESSAGE) che mirano alla stabilizzazione rispettivamente a 490-540 ppm CO₂-eq e 650 ppm CO₂-eq. Le barre scure denotano riduzioni con un obiettivo di 650 ppm CO₂-eq e le barre chiare le riduzioni ulteriori per raggiungere l'obiettivo di 490-540 ppm CO₂-eq. Notare che alcuni modelli non considerano la mitigazione attraverso il miglioramento dell'assorbimento di carbonio da parte delle foreste (AIM and IPAC) o CCS (AIM) e che la quota di opzioni di energia a basso contenuto di carbonio sulla produzione totale di energia è determinata anche dall'inserimento di queste opzioni nella baseline. La tecnologia CCS include la cattura e lo stoccaggio di carbonio da biomassa. L'assorbimento di carbonio da parte delle foreste (sink forestale) include la riduzione delle emissioni da deforestazione. [Figura 3.23]

20. Nel 2050³⁰ la media globale dei costi macro-economici per la mitigazione multi-gas verso una stabilizzazione tra 710 e 445 ppm CO₂-eq è compresa fra un 1% di guadagno e un 5.5% di diminuzione del PIL globale (vedi Tabella SPM.6). I costi per specifici paesi e settori variano considerevolmente rispetto alla media globale. (Vedi le Box SPM.3 e SPM.4 per le metodologie e le assunzioni, ed il paragrafo 5 per la spiegazione dei costi negativi) (*alto accordo, media evidenza*).

30 I costi stimati per il 2030 sono presentati nel paragrafo 5.

Tabella SPM.6: *Stime dei costi macro-economici globali nel 2050 rispetto alla baseline per le traiettorie a minor costo verso differenti obiettivi di stabilizzazione^{a)} nel lungo termine. [3.3, 13.3]*

Livelli di stabilizzazione (ppm CO ₂ -eq)	Mediana della riduzione del PIL globale ^{b)} (%)	Intervallo di riduzione del PIL globale ^{b), c)} (%)	Riduzione dei tassi di crescita medi annuali del PIL globale ^{b), d)} (punti percentuali)
590 - 710	0.5	-1 - 2	< 0.05
535 - 590	1.3	Leggermente negativo - 4	< 0.1
445 - 535 ^{e)}	Non Disponibile	< 5.5	< 0.12

Note:

a) In base a tutta la letteratura disponibile su tutte le *baseline* e tutti gli scenari di mitigazione che forniscono dati di PIL.

b) PIL globale basato sui tassi di scambio del mercato.

c) Viene fornita la mediana e l'intervallo del 10° e 90° percentile dei dati analizzati.

d) Il calcolo della riduzione del tasso di crescita annuale è basato sulla riduzione media durante il periodo fino al 2050 che darebbe luogo alla diminuzione del PIL indicata per il 2050.

e) Il numero di studi è relativamente basso ed essi generalmente usano *baseline* basse. Le *baseline* per le alte emissioni portano generalmente a costi più alti.

21. La scelta decisionale politica riguardo un appropriato livello di mitigazione globale nel tempo implica un processo iterativo di gestione del rischio che include la mitigazione e l'adattamento, prendendo in considerazione i danni dei cambiamenti climatici reali ed evitati, i co-benefici, la sostenibilità, l'equità, e l'esposizione al rischio. Le scelte sulla scala e sulla tempistica della mitigazione dei GHG implicano un bilancio dei costi economici di una più rapida riduzione delle emissioni ora contro i costi corrispondenti ai rischi climatici nel medio e lungo termine legati al ritardo [alto accordo, molta evidenza].

- I primi limitati risultati analitici, di analisi integrate dei costi e benefici della mitigazione, indicano che questi sono generalmente confrontabili in grandezza, ma non permettono finora una determinazione univoca delle traiettorie di emissione o del livello di stabilizzazione in cui i benefici superano i costi [3.5].
- La valutazione integrata dei costi e benefici economici di diverse traiettorie di mitigazione mostra che la tempistica ed il livello di mitigazione economicamente ottimali dipendono da forme e caratteristiche incerte della curva dei costi dovuti ai danni dei cambiamenti climatici assunta. Per illustrare questa dipendenza:
 - se la curva dei costi dei danni dei cambiamenti climatici cresce lentamente e regolarmente, e ci sono buone stime (che aumentano il potenziale di un adattamento tempestivo), una mitigazione ritardata e meno stringente è economicamente giustificata;
 - in alternativa, se la curva dei costi dei danni aumenta bruscamente, o contiene non-linearità (per esempio soglie di vulnerabilità o anche piccole probabilità di eventi catastrofici), una mitigazione più precoce e più stringente è economicamente giustificata [3.6].
- La sensibilità climatica è una incertezza chiave per gli scenari di mitigazione che cercano di raggiungere uno specifico livello di temperatura. Gli studi mostrano che se la sensibilità climatica è alta, la tempistica ed il livello di mitigazione sono anticipati e più stringenti di quando la sensibilità è bassa [3.5, 3.6].
- Il ritardo nella riduzione delle emissioni porta ad investimenti che vincolano ad infrastrutture e percorsi di sviluppo a maggiore intensità di emissioni. Questo fatto limita significativamente le opportunità di raggiungere livelli di stabilizzazione più bassi (come mostrato in Tabella SPM.5) ed aumenta il rischio di impatti dei cambiamenti climatici più gravi [3.4, 3.1, 3.5, 3.6].

E. Politiche, misure e strumenti per la mitigazione dei cambiamenti climatici

22. Esiste un'ampia gamma di politiche e strumenti nazionali disponibili ai governi per creare incentivi per le azioni di mitigazione. La loro applicabilità dipende dalle circostanze nazionali e dalla comprensione delle loro interazioni, ma l'esperienza derivante dall'implementazione in vari paesi e settori mostra che ci sono vantaggi e svantaggi per ogni dato strumento (*alto accordo, molta evidenza*).

- Sono stati usati quattro criteri principali per valutare le politiche e gli strumenti: l'efficacia ambientale, il rapporto costi-efficacia, gli effetti distribuzionali, inclusa l'equità, e la fattibilità istituzionale [13.2].
- Tutti gli strumenti possono essere progettati bene o male, ed essere stringenti o deboli. Inoltre, per migliorare l'implementazione, il monitoraggio è un elemento fondamentale per tutti gli strumenti. Alcuni risultati generali sul rendimento di queste politiche sono: [7.9, 12.2, 13.2]
 - *Integrare le politiche climatiche in più ampie politiche di sviluppo* rende più semplice l'implementazione ed il superamento delle barriere.
 - *Regolamentazioni e standard* forniscono generalmente alcune certezze sui livelli di emissione. Essi possono essere preferibili rispetto ad altri strumenti quando limitazioni nelle informazioni o altre barriere impediscono ai produttori o ai consumatori di rispondere ai segnali di prezzo. Comunque, essi potrebbero non essere in grado di indurre innovazioni e tecnologie più avanzate.
 - *Tasse e tariffe* possono stabilire un prezzo per il carbonio, ma non possono garantire un particolare livello delle emissioni. La letteratura identifica la tassazione come un modo efficiente per internalizzare i costi delle emissioni di GHG.
 - *I permessi commerciabili* stabiliranno un prezzo del carbonio. Il volume delle emissioni permesse determina la loro efficacia ambientale, mentre l'allocazione dei permessi ha conseguenze distribuzionali. Le fluttuazioni del prezzo del carbonio rendono difficile stimare il costo totale per rispettare i permessi di emissione.
 - *Gli incentivi finanziari* (sussidi e crediti d'imposta) sono usati spesso dai governi per stimolare lo sviluppo e la diffusione di nuove tecnologie. Mentre i costi economici sono generalmente più alti rispetto a quelli per gli strumenti sopra citati, essi sono spesso fondamentali per superare le barriere.
 - *Gli accordi volontari* fra l'industria e i governi sono politicamente attraenti, aumentano la consapevolezza fra i portatori di interesse, e hanno giocato un ruolo importante nello sviluppo di molte politiche nazionali. La maggior parte degli accordi non ha raggiunto riduzioni significative delle emissioni rispetto allo scenario "*business as usual*". Comunque, alcuni accordi recenti, in pochi paesi, hanno accelerato l'applicazione delle migliori tecnologie disponibili (*best available technology* - BAT) e portato a riduzioni misurabili delle emissioni.
 - *Gli strumenti di informazione* (per esempio, le campagne di divulgazione) possono influire positivamente sulla qualità ambientale, promuovendo scelte consapevoli e possibilmente contribuendo a cambiamenti comportamentali; tuttavia, il loro impatto sulle emissioni non è ancora stato misurato.
 - *RD&D* possono stimolare i progressi tecnologici, ridurre i costi, e permettere progressi verso la stabilizzazione.
- Alcune aziende o gruppi di aziende, autorità locali e regionali, Organizzazioni Non Governative e gruppi di civili stanno adottando una grande varietà di azioni volontarie. Queste azioni volontarie possono limitare le emissioni di GHG, stimolare politiche innovative, e incoraggiare l'applicazione di nuove tecnologie. Da sole, esse hanno generalmente un impatto limitato sul livello delle emissioni nazionali o regionali [13.4].
- Le lezioni imparate dall'applicazione di politiche e strumenti a livello nazionale in settori specifici sono mostrate in Tabella SPM.7.

23. Le politiche che forniscono un prezzo reale o implicito del carbonio possono creare incentivi per i produttori e i consumatori ad investire significativamente su prodotti, tecnologie e processi a basse emissioni di GHG. Queste politiche potrebbero includere strumenti economici, finanziamenti governativi e regolamentazioni (*alto accordo, molta evidenza*).

- Un segnale efficace del prezzo del carbonio potrebbe realizzare un potenziale di mitigazione significativo in tutti i settori [11.3, 13.2].
- Gli studi di modellistica, consistenti con una stabilizzazione attorno a 550 ppm CO₂-eq nel 2100 (vedi Box SPM.3), mostrano aumenti dei prezzi del carbonio da 20 a 80 US\$/tCO₂-eq nel 2030 e da 30 a 155 US\$/tCO₂-eq nel 2050. Per lo stesso livello di stabilizzazione, gli studi effettuati dopo il TAR che tengono conto del cambiamento tecnologico indotto, abbassano questi intervalli di prezzo da 5 a 65 US\$/tCO₂-eq nel 2030 e da 15 a 130 US\$/tCO₂-eq nel 2050 [3.3, 11.4, 11.5].
- La maggior parte delle valutazioni *top-down*, ed anche alcune valutazioni *bottom-up*, per il 2050 suggeriscono che un prezzo reale o implicito del carbonio compreso tra 20 e 50 US\$/tCO₂-eq, mantenuto invariato o in aumento per alcuni decenni, potrebbe portare nel 2050 a basse emissioni di GHG nel settore della produzione di energia elettrica e rendere economicamente attraenti molte opzioni di mitigazione nel settore degli usi finali [4.4, 11.6].
- Le barriere all'attuazione delle opzioni di mitigazione sono molteplici e variano fra paesi e settori. Esse possono essere legate ad aspetti finanziari, tecnologici, istituzionali, di informazione e comportamentali [4.5, 5.5, 6.7, 7.6, 8.6, 9.6, 10.5].

24. Il supporto dei governi attraverso contributi finanziari, sgravi fiscali, l'istituzione di standard e la creazione di un mercato è importante per lo sviluppo di tecnologie efficaci, per l'innovazione e per la loro applicazione. Il trasferimento delle tecnologie ai paesi in via di sviluppo dipende dalle condizioni favorevoli e dai finanziamenti (*alto accordo, molta evidenza*).

- I benefici pubblici degli investimenti in RD&D sono maggiori dei benefici ottenuti dal settore privato, giustificando così il supporto del governo a RD&D.
- I finanziamenti governativi in termini reali assoluti per la maggior parte dei programmi di ricerca sull'energia hanno ristagnato o sono stati in declino per quasi due decenni (anche dopo che la UNFCCC è entrata in vigore) ed ora sono circa a metà del livello del 1980 [2.7, 3.4, 4.5, 11.5, 13.2].
- I governi hanno un ruolo di supporto cruciale nel promuovere condizioni ambientali favorevoli, come contesti istituzionali, politici, legali e regolatori³¹, per sostenere i flussi di investimenti ed un trasferimento effettivo delle tecnologie, senza il quale potrebbe essere difficile raggiungere significative riduzioni delle emissioni. Mobilizzare il finanziamento dei costi incrementali delle tecnologie a basso contenuto di carbonio è importante. Accordi internazionali sulle tecnologie potrebbero rafforzare l'infrastrutturazione della conoscenza [13.3].
- Il potenziale effetto benefico del trasferimento di tecnologia ai paesi in via di sviluppo da parte dei Paesi Allegato I può essere sostanziale, ma non sono disponibili stime affidabili [11.7].
- I flussi di finanziamenti verso i paesi in via di sviluppo attraverso progetti CDM (*Clean Development Mechanism*) hanno il potenziale di raggiungere livelli dell'ordine di parecchi miliardi di US\$ all'anno³², una quantità che è maggiore rispetto ai flussi attraverso la *Global Environment Facility* (GEF), confrontabile rispetto ai flussi di assistenza allo sviluppo orientati all'energia, ma almeno un ordine di grandezza minore rispetto al flusso degli investimenti esteri totali diretti. I flussi finanziari attraverso CDM, GEF e assistenza allo sviluppo per il trasferimento tecnologico sono stati fino ad ora limitati e mal distribuiti geograficamente [12.3, 13.3].

³¹ Vedi il Rapporto Speciale IPCC sulle Metodologie e le Tecnologie per il Trasferimento delle Tecnologie (*IPCC Special Report on Methodological and Technological Issues in Technology Transfer*).

³² Dipende fortemente dal prezzo di mercato che ha fluttuato fra 4 e 26 US\$/tCO₂-eq e basato approssimativamente su 1000 proposte CDM più i progetti registrati che probabilmente genereranno più di 1.3 miliardi di crediti di riduzione delle emissioni prima del 2012.

Tabella SPM.7: Politiche, azioni e strumenti selezionati per settore, che si sono dimostrati efficaci dal punto di vista ambientale nei rispettivi settori in almeno un numero significativo di casi a livello nazionale.

Settore	Politiche ^{a)} , misure e strumenti che si sono dimostrati efficaci dal punto di vista ambientale	Principali barriere o opportunità
Produzione di energia [4.5]	Riduzione dei sussidi per i combustibili fossili Tasse o tariffe sul carbonio per i combustibili fossili	Resistenze derivanti da interessi acquisiti possono renderne difficile l'implementazione
	Sistemi di incentivazione in tariffa per le tecnologie delle energie rinnovabili Vincoli per le energie rinnovabili Sussidi ai produttori	Potrebbe essere appropriato creare mercati per le tecnologie a basse emissioni
Trasporti [5.5]	Obblighi alla riduzione dei consumi di carburanti dei veicoli, miscele di biocarburanti e standard di CO ₂ per i trasporti su gomma	La copertura solo parziale della flotta di veicoli interessata può limitarne l'efficacia
	Tasse sull'acquisto di veicoli, sulle registrazioni, sull'uso dei carburanti, prezzi di strade e parcheggi	L'efficacia può diminuire con entrate maggiori
	Influenzare le necessità di mobilità tramite regolamentazioni sull'uso del suolo e la pianificazione delle infrastrutture Investimenti in strutture di trasporto pubblico invitanti e in forme di trasporto non motorizzate	Particolarmente appropriato per i paesi che stanno costruendo il proprio sistema di trasporto
Edifici [6.8]	Elettrodomestici con standard e etichette Certificazioni e classificazione degli edifici Programmi di gestione della domanda	Sono necessarie revisioni periodiche degli standard Invitanti per i nuovi edifici. L'imposizione di vincoli può essere difficile Necessità di regolamentazioni perché le aziende fornitrici di servizi di pubblica utilità possano trarne profitto
	Programmi di leadership del settore pubblico, inclusi gli appalti Incentivi per le società di servizi energetici (ESCO)	L'acquisto da parte del governo può aumentare la domanda di prodotti energeticamente efficienti Fattore di successo: accesso ai finanziamenti di parti terze
	Fornire informazioni di riferimento (standard) Standard per le prestazioni Sussidi, crediti d'imposta	Può essere appropriato stimolare l'utilizzo di tecnologie. La stabilità della politica nazionale è importante nell'ambito della competitività internazionale
	Permessi commerciabili Accordi volontari	I meccanismi di previsione delle allocazioni ed i segnali di prezzo stabile sono importanti per gli investimenti I fattori di successo includono: obiettivi chiari, uno scenario di <i>baseline</i> , coinvolgimento di terze parti nella progettazione, revisione e sistemi di monitoraggio formalmente previsti da accordi, stretta cooperazione fra governo e industria
Agricoltura [8.6, 8.7, 8.8]	Incentivi finanziari e regolamentazioni per migliorare la gestione del terreno, mantenere il contenuto organico del suolo, uso efficiente dei fertilizzanti e dell'irrigazione	Possono incoraggiare sinergie fra lo sviluppo sostenibile e la riduzione della vulnerabilità ai cambiamenti climatici, così da superare le barriere all'implementazione
Silvicoltura / Foreste [9.6]	Incentivi finanziari (nazionali e internazionali) per aumentare le aree forestali, per ridurre la deforestazione e per mantenere e gestire le foreste Regolamenti e obblighi per l'uso del terreno	Le limitazioni includono la mancanza di investimenti di capitali e il problema dei latifondi. Può aiutare a diminuire la povertà
Gestione dei rifiuti [10.5]	Incentivi finanziari per migliorare la gestione dei rifiuti e delle acque reflue	Può stimolare la diffusione di tecnologie
	Incentivi o vincoli per le energie rinnovabili	Disponibilità locale di carburante a basso costo
	Regolamentazioni sulla gestione dei rifiuti	L'applicazione è più efficace con strategie legislative a livello nazionale

Nota:

a) Gli investimenti pubblici in RD&D per le tecnologie a bassa emissione hanno dimostrato di essere efficaci in tutti i settori.

25. Risultati considerevoli della UNFCCC e del suo Protocollo di Kyoto sono l'istituzione di una risposta globale al problema dei cambiamenti climatici, lo stimolo di una serie di politiche nazionali, la creazione di un mercato internazionale del carbonio e la costituzione di nuovi meccanismi istituzionali che possono fornire le basi per i futuri sforzi di mitigazione (*alto accordo, molta evidenza*).

- Le proiezioni indicano che l'impatto del primo periodo di impegni del Protocollo relativamente alle emissioni globali sia limitato. Si prevede che il suo impatto economico sui Paesi Allegato B sia minore di quello presentato nel TAR, che mostrava una diminuzione del PIL di 0.2-2% nel 2012 senza commercio delle emissioni, ed una diminuzione di 0.1-1.1% del PIL con commercio delle emissioni fra i Paesi Allegato B [1.4, 11.4, 13.3].

26. La letteratura identifica molte opzioni per raggiungere riduzioni delle emissioni globali di GHG a livello internazionale attraverso la cooperazione. Essa suggerisce inoltre, che gli accordi che hanno successo sono efficaci dal punto di vista ambientale, efficaci dal punto di vista dei costi, comprendono considerazioni distribuzionali e di equità, e sono fattibili dal punto di vista istituzionale (*alto accordo, molta evidenza*).

- Maggiori sforzi di cooperazione per ridurre le emissioni aiuteranno a ridurre i costi totali per raggiungere un determinato livello di mitigazione, o miglioreranno l'efficacia ambientale [13.3].
- Migliorare ed espandere la portata dei meccanismi di mercato (come il mercato delle emissioni, la *Joint Implementation* (JI) ed il CDM) potrebbe ridurre i costi complessivi di mitigazione [13.3].
- Gli sforzi fatti per far fronte ai cambiamenti climatici possono includere diversi elementi come: obiettivi di emissione; azioni settoriali, locali, sub-nazionali e regionali; programmi di RD&D; l'adozione di politiche comuni; l'implementazione di azioni orientate allo sviluppo; o l'espansione degli strumenti finanziari. Questi elementi possono essere implementati in modo integrato, ma confrontare quantitativamente gli sforzi fatti dai diversi paesi sarebbe complesso e dispendioso economicamente [13.3].
- Le azioni che potrebbero essere intraprese dai paesi partecipanti possono essere differenziate sia in termini di 'quando' tali azioni sono intraprese, sia di 'chi' partecipa a tali azioni e di 'quali' azioni saranno messe in pratica. Le azioni possono essere obbligatorie o non obbligatorie, includere obiettivi fissi o variabili, e la partecipazione può essere statica o variare nel tempo [13.3].

F. Sviluppo sostenibile e mitigazione dei cambiamenti climatici

27. Rendere lo sviluppo più sostenibile cambiando i percorsi di sviluppo può apportare un contributo rilevante alla mitigazione dei cambiamenti climatici, ma l'implementazione può richiedere risorse per superare le molteplici barriere. C'è una comprensione crescente delle possibilità di scelta ed implementazione delle opzioni di mitigazione in molti settori per realizzare sinergie ed evitare conflitti con altre dimensioni dello sviluppo sostenibile (*alto accordo, molta evidenza*).

- Le misure di adattamento sono necessarie, indipendentemente dalla scala delle misure di mitigazione [1.2].
- Far fronte ai cambiamenti climatici può essere considerato un elemento essenziale delle politiche di sviluppo sostenibile. Le circostanze nazionali e la forza delle istituzioni determinano in che modo le politiche di sviluppo incidono sulle emissioni di GHG. I cambiamenti dei percorsi di sviluppo emergono dalle interazioni fra i processi decisionali pubblici e privati che coinvolgono i governi, le imprese e la società civili. Molti di questi processi non sono tradizionalmente considerati come politiche climatiche, e sono più efficaci quando gli attori vi partecipano in modo equilibrato e i processi decisionali decentralizzati sono coordinati [2.2, 3.3, 12.2].
- Le politiche per i cambiamenti climatici ed altre politiche di sviluppo sostenibile sono spesso, ma non sempre, sinergiche. Vi sono prove crescenti che alcune decisioni, come per esempio quelle di politica macro-economica, di politica agricola, sul prestito bancario multilaterale per lo sviluppo, sulle pratiche assicurative,

sulla riforma del mercato dell'elettricità, sulla sicurezza dell'approvvigionamento energetico e sulla conservazione delle foreste, che sono spesso trattate separatamente dalle politiche climatiche, possano ridurre le emissioni significativamente. D'altra parte, le decisioni sul miglioramento dell'accesso rurale a moderne fonti di energia, per esempio, possono non avere molta influenza sulle emissioni globali di GHG [12.2].

- Le politiche per i cambiamenti climatici relative all'efficienza energetica e alle energie rinnovabili spesso portano benefici economici, migliorano la sicurezza dell'approvvigionamento energetico e riducono le emissioni inquinanti a livello locale. Altre opzioni di mitigazione per la produzione di energia possono essere progettate anche per raggiungere benefici di sviluppo sostenibile, come evitare lo spostamento di popolazioni locali, la creazione di posti di lavoro e benefici per la salute [4.5, 12.3].
- La riduzione sia della perdita di habitat naturali sia della deforestazione, può avere effetti significativamente positivi per la biodiversità, per la conservazione del suolo e delle acque, e può essere implementata in maniera economicamente e socialmente sostenibile. La forestazione e le piantagioni a bioenergia possono portare al recupero di terre degradate, alla gestione dei flussi d'acqua, al trattenimento del carbonio nel suolo ed a benefici alle economie rurali, ma possono essere in competizione con l'utilizzo di terreni per le produzioni alimentari e possono essere negative per la biodiversità se non sono progettate in modo appropriato [9.7, 12.3].
- Vi sono anche buone possibilità di rinforzare lo sviluppo sostenibile attraverso azioni di mitigazione nella gestione dei rifiuti, e nei settori dei trasporti e delle costruzioni [5.4, 6.6, 10.5, 12.3].
- Rendere lo sviluppo più sostenibile può migliorare sia le capacità di adattamento che le capacità di mitigazione, e ridurre le emissioni e la vulnerabilità ai cambiamenti climatici. Le sinergie fra mitigazione e adattamento possono esistere; ne sono esempi la progettazione appropriata della produzione di biomassa, la creazione di aree protette, la gestione del territorio, l'uso dell'energia negli edifici e la silvicoltura. In altre situazioni, vi possono essere dei compromessi, come un aumento delle emissioni di GHG dovuto all'aumento del consumo energetico relativo alle risposte di adattamento [2.5, 3.5, 4.5, 6.9, 7.8, 8.5, 9.5, 11.9, 12.1].

G. Lacune nella conoscenza

28. Ci sono ancora lacune rilevanti nelle conoscenze attualmente disponibili su alcuni aspetti della mitigazione dei cambiamenti climatici, specialmente nei paesi in via di sviluppo. Ricerche aggiuntive che si focalizzino sullo studio di queste lacune ridurrebbero ulteriormente le incertezze e quindi faciliterebbero il processo decisionale politico sulla mitigazione dei cambiamenti climatici [TS.14].

Tabella Finale 1: Rappresentazione delle incertezze

Le incertezze sono una caratteristica intrinseca di ogni valutazione. Il Quarto Rapporto di Valutazione chiarisce le incertezze associate alle affermazioni principali.

Le differenze fondamentali tra le scienze disciplinari alla base dei Rapporti dei tre Gruppi di Lavoro rendono impraticabile un approccio comune. L'approccio basato sulla definizione di "probabilità" applicato nel Rapporto "Climate change 2007, *The Physical Science Basis*" e quello basato sulle definizioni di "confidenza" e "probabilità" usato nel Rapporto "Climate change 2007, *impacts, adaptation, and vulnerability*" sono stati giudicati inadeguati a descrivere le incertezze specifiche che compaiono in questo Rapporto sulla mitigazione, poiché qui sono prese in considerazione anche le scelte umane.

In questo rapporto viene usata una scala bi-dimensionale per la trattazione delle incertezze. La scala è basata sul giudizio esperto degli autori del WGIII sul livello di accordo nella letteratura riguardo uno specifico risultato (livello di accordo), e sul numero e sulla qualità di fonti indipendenti che le qualificano in base alle regole dell'IPCC, sulle quali questi risultati sono basati (quantità di evidenza¹) (vedi Tabella SPM.E.1). Questo non è un approccio quantitativo, dal quale possono essere calcolate probabilità relative alle incertezze.

Tabella SPM.E.1: Definizione qualitativa delle incertezze

↑ Livello di accordo (su un particolare risultato)	Accordo alto, evidenza limitata	Accordo alto, evidenza media	Accordo alto, molta evidenza
	Accordo medio, evidenza limitata	Accordo medio, evidenza media	Accordo medio, molta evidenza
	Basso accordo, evidenza limitata	Basso accordo, evidenza media	Basso accordo, molta evidenza
	→ Quantità di evidenza ³³ (numero e qualità di fonti indipendenti)		

Poiché il futuro comporta inevitabili incertezze, in questo rapporto sono stati largamente usati gli scenari, cioè rappresentazioni internamente consistenti di differenti possibili futuri (che non sono previsioni del futuro).

33 In questo Rapporto l'"evidenza" è definita come: Informazioni o segnali che indicano se una convinzione o una affermazione è vera o valida. Vedi Glossario.