



Paolo degli Espinosa

***Equilibri climatici,
effetto serra e alterazione antropica:
kyoto e post-kyoto***

INDICE

1. UN PROCESSO FISICO NATURALE DI EQUILIBRIO CLIMATICO ALTERATO DALL'ATTIVITÀ UMANA
2. IL TERZO RAPPORTO IPPC (TAR) - 2001
3. ANDAMENTI, PREVISIONI E SCENARI DELLE EMISSIONI DI CARBONIO
4. TENDENZE IN ATTO, NECESSITÀ D'INTERVENTO E VALORI DI STABILIZZAZIONE DELLE EMISSIONI
5. OBIETTIVI E STRATEGIA DI STABILIZZAZIONE E RIDUZIONE DELLA CONCENTRAZIONE DI CARBONIO IN ATMOSFERA.
6. DIMINUIZIONE DELL'ALTERAZIONE UMANA DURANTE LA PRIMA META' DEL SECOLO 21°. RIPARTIZIONE DEGLI IMPEGNI E COOPERAZIONE INTERNAZIONALE
7. IL PERCORSO DEGLI IMPEGNI SUI DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI NELLE ISTITUZIONI INTERNAZIONALI E NAZIONALI

1. UN PROCESSO FISICO NATURALE D'EQUILIBRIO CLIMATICO ALTERATO DALL'ATTIVITÀ UMANA

Fino agli anni 80, i problemi dell'energia riguardavano soprattutto la disponibilità dei combustibili e la sicurezza degli approvvigionamenti. Questi aspetti sono tuttora presenti, ma vi è un fatto nuovo, in quanto l'alterazione climatica è diventata la questione principale. E' questo il motivo per cui l'energia viene trattata nelle grandi conferenze sull'ambiente, come a Rio, Kyoto e Johannesburg.

Il cosiddetto effetto serra è un processo naturale assai importante per la regolazione del clima. Ha a che fare, infatti, con la risposta della terra alla radiazione solare. Quest'ultima (primo flusso energetico da sinistra - vedi fig.1) è distribuita su diverse lunghezze d'onda: ultravioletto, visibile, infrarosso. Alcune di queste radiazioni vengono parzialmente assorbite, diffuse o riflesse dai gas atmosferici, dagli aerosol e dalle nuvole. La parte che non viene riflessa né trattenuta nell'atmosfera arriva sulla superficie terrestre, dando luogo a due componenti, una viene assorbita dalla terra e la riscalda, l'altra viene riflessa e rinviata nello spazio come radiazione infrarossa (secondo flusso da sinistra). La riflessione, chiamata "albedo", avviene nel campo dell'infrarosso, quindi con lunghezza d'onda diversa da quella in arrivo.

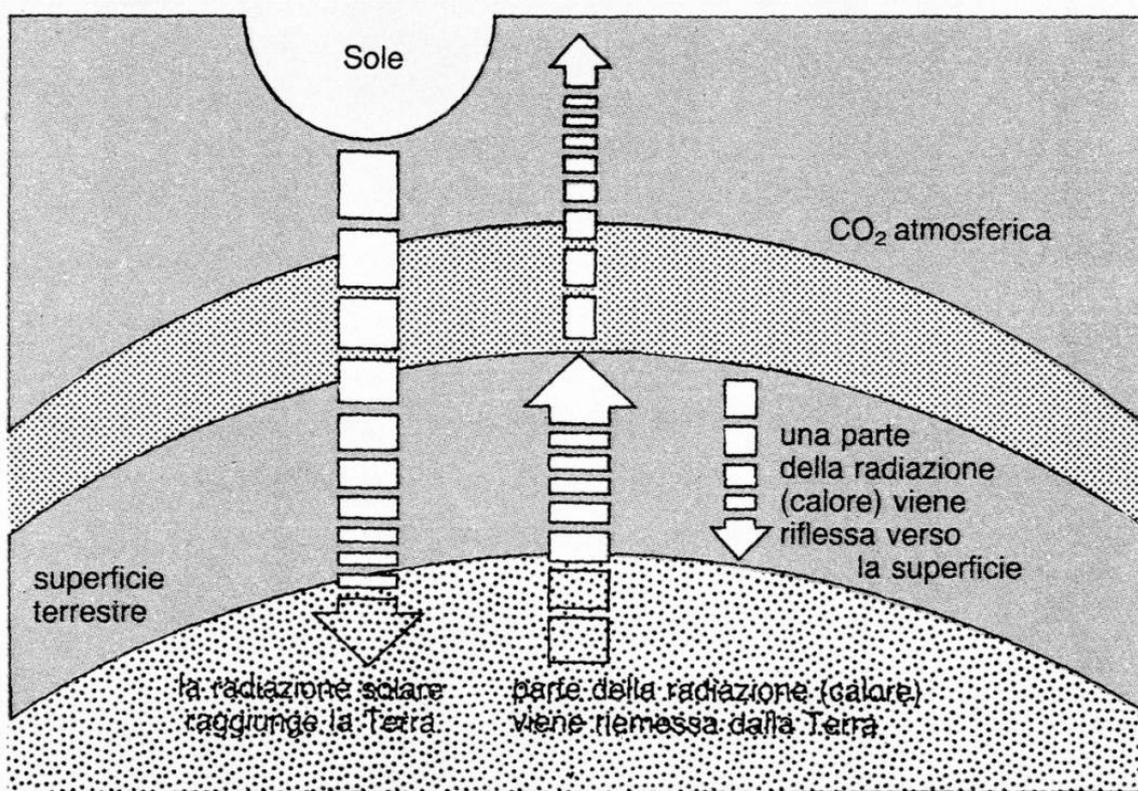


Fig. 1 – Flussi energetici nell'atmosfera terrestre
(Tratto da: "I limiti dell'energia", Degli Espinosa, Tiezzi – Garzanti Editore)

Si pone a questo punto il problema dell' equilibrio del bilancio energetico: perché la temperatura della superficie della terra rimanga stabile, la terra deve disperdere (infrarosso, secondo flusso, già citato) tanta energia quanta ne ha ricevuta dal sole.

A sua volta, l'energia rinviata dalla terra viene in parte assorbita dall'atmosfera e in parte rinviata di nuovo verso la terra, sempre nel campo dell'infrarosso (terzo flusso da sinistra, effetto serra).

E' importante specificare che alcuni gas come l'anidride carbonica e il vapor d'acqua, che non assorbono la radiazione solare in arrivo (primo flusso, già citato), possono assorbire la radiazione infrarossa di ritorno (secondo flusso, già citato).

A concentrazioni crescenti di questi gas nell'atmosfera corrispondono quindi assorbimenti crescenti di energia nel campo dell'infrarosso. Il riscaldamento che ne deriva per l'atmosfera aumenta il flusso dall'atmosfera stessa verso la terra (terzo flusso, già citato, quello influenzato dall'attività umana). Si parla di effetto serra, come fenomeno naturale, a causa dell'intrappolamento dell'energia proveniente dalla terra. Senza di questo, la superficie terrestre sarebbe più fredda di 30 – 40 ° C.

Fin qui, è stata riportata la situazione “regolare” degli equilibri naturali che richiedono appunto un corretto svolgimento dell'effetto serra, comprensivo quindi di un certo grado di “intrappolamento “ dell'energia solare.

Ciò che cambia, in definitiva, a causa dell'attività umana, è il grado, non il tipo, del processo in questione.

Nel valutare ora gli attuali aumenti di temperatura bisogna tenere conto che, anche in passato e per motivi naturali, il clima ha sempre subito fluttuazioni notevoli. Epoche glaciali si sono alternate a periodi inter-glaciali con cicli dell'ordine di 100.000 anni. Attualmente siamo verso la metà di un ciclo inter-glaciale relativamente caldo. In ogni modo, in passato, le variazioni stavano al di sotto di 1/10 di grado per ogni dieci anni.

Vediamo dunque quali siano gli effetti dell'attuale azione dell'uomo, sovrapposta al livello naturale dell'effetto serra.

L'uomo sta modificando il suo stesso rapporto con la natura principalmente attraverso due azioni: emissioni serra e cambiamento nell'uso dei suoli.

In particolare, sta producendo, in tempi rapidi, l'aumento delle concentrazioni in atmosfera dei gas di serra che sono in grado di schermare l'infrarosso proveniente dalla terra. Producono quindi un aumento dell'effetto serra naturale, con effetti previsti di aumento della temperatura dell'ordine di 1,4 – 5,8 °C nel corso del secolo 21°.

Per valutare queste grandezze non bisogna riferirsi alla immaginaria “morte della natura“, ma agli effetti realistici di aumento del livello del mare, di sconvolgimento dei venti, delle correnti marine, degli eventi atmosferici estremi, delle stagioni e in generale del rapporto tra la specie umana e la natura, con conseguenze sanitarie, sociali ed economiche e con spostamenti già in atto della fauna e della flora.

Bisogna anche tenere conto che siamo in un campo di fenomeni non lineari, con prevedibilità modellistica tanto minore quanto più ci si allontana dalla zona nota, per cui le conseguenze potrebbero essere maggiori e in tempi più brevi rispetto alle valutazioni degli organismi scientifici ufficiali.

Prima di entrare nel merito dei dati e degli interventi, occorre una riflessione generale sulla gravità del danno e della alterazione che la specie umana sta producendo, come già si accennava, al suo stesso rapporto con gli equilibri naturali.

L'aumento rapido, nel giro di due secoli dei consumi di energia, con relative emissioni, sta trasferendo quantità rilevanti di carbonio dalle miniere e dai pozzi, situati nel sottosuolo terrestre, all'atmosfera. Questo fenomeno ha sul clima un effetto impulsivo, dovuto alla brevità del tempo di applicazione, che lo rende confrontabile, per gli equilibri climatici terrestri con l'impatto di un grosso meteorite.

Gli aumenti più forti si sono avuti recentemente, cioè nella II metà del XX secolo. Ciò significa che attraverso l'impennata della industrializzazione, propria degli anni successivi alla II^a Guerra Mondiale e dovuta in larga parte al fattore scientifico - tecnologico, i paesi industrializzati e la specie umana nell'insieme hanno utilizzato la scienza e tecnologia per aumentare la produzione, ma non per indagare gli effetti sulla biosfera di questi aumenti.

La natura è stata considerata come un magazzino senza limiti e gli effetti sono stati presi in considerazione solo ex post, quando si sono manifestati.

Per confronto è da ricordare che oggi, nei paesi industrializzati e in particolare in Italia, con la VIA, valutazione di Impatto Ambientale e con la VAS, Valutazione Ambientale Strategica, c'è l'obbligo di considerare ex ante gli effetti di ogni iniziativa industriale.

Riguardo all'effetto serra, comunque, le cause e le conseguenze non solo continuano, ma sono in aumento. Ad oggi, non è nemmeno possibile una presentazione del tipo "situazione sotto controllo", perché gli organismi internazionali e le grandi conferenze hanno fornito sì dei dati più attendibili che in passato, ma non strumenti sufficientemente incisivi da permettere di padroneggiare le cause della alterazione. Il danno, in ogni modo, è in aumento. La situazione, quindi, giustifica le posizioni di preoccupazione.

Sul piano dei dati, l'analisi delle carote di ghiaccio in Antartide e Groenlandia ha dimostrato che la concentrazione di anidride carbonica, prima della rivoluzione industriale, era intorno a 280 ppm (parti per milione in volume), che viene assunto come livello di riferimento. Nel 1960 il valore è salito a 314, nel 1980 a 335, nel 2000 a 368.

Come risulta dal Rapporto 2001 Energia e Ambiente dell'ENEA, il totale delle emissioni mondiali di carbonio nel 1999 è stato di 6,141 miliardi di tonnellate, di cui 3,3 assorbite - 2,4 dagli oceani e 0,9 dalle terre emerse - mentre 2,841 è l'emissione netta.

In definitiva, il maggior accumulo annuale di carbonio in atmosfera, per effetto umano, sta aumentando da circa 2 miliardi di tonnellate negli anni '70 a circa 3 nella fase attuale.

L'alterazione climatica dipende da sei gas principali: anidride carbonica, metano, ossido di azoto, idrofluorocarburi, perfluorocarburi, esafluoruro di zolfo; l'anidride carbonica da sola è responsabile di circa l'80% degli effetti complessivi.

Bisogna anche inoltre prendere in considerazione l'azione degli aerosol naturali e antropiche (sospensione di particelle solide, polveri, fumi, composti atmosferici provenienti dalla reazione chimica tra particelle e ossidi di zolfo) hanno una influenza di riduzione dell'effetto serra.

2. IL TERZO RAPPORTO IPPC (TAR) - 2001

L'IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change, organismo scientifico responsabile in ambito ONU per le elaborazioni sull'effetto serra e sui cambiamenti climatici, durante la sua XVIII sessione, tenuta a Wembley nei giorni 24-29 settembre 2001, ha approvato il suo Third Assessment Report (TAR), con cui, pur restando incomplete, le conoscenze fanno un rilevante passo avanti.

Vi si afferma, tra l'altro, che "vi è una nuova e più forte evidenza che la maggior parte dell'aumento di temperatura osservato negli ultimi 50 anni è attribuibile alle attività umane".

Riguardo agli effetti, si afferma che "i cambiamenti climatici regionali hanno influenzato molti sistemi fisici e biologici e vi sono indicazioni preliminari che i sistemi sociali ed economici sono stati influenzati".

Gli effetti sono quindi già in corso e non è più possibile limitarsi ad affermazioni di carattere etico verso i nostri discendenti.

Di conseguenza, come criterio generale per gli interventi, il Rapporto assume una posizione chiara: "maggiori le riduzioni nelle emissioni e più rapidi i tempi di introduzione, minori e meno bruschi i cambiamenti di riscaldamento e di aumento del livello dei mari".

Il Rapporto fornisce un quadro di sette scenari illustrativi di possibili situazioni future. Le concentrazioni valutate per l'anno 2100 variano da 540 a 970 ppm, da confrontare con il valore pre-industriale 280 e il valore 368 nel 2000.

Nei successivi 6 punti si riportano informazioni sintetiche sui contenuti del TAR.

1. Le analisi scientifiche, tecniche e socio-economiche misurano le interferenze antropogeniche attraverso:

- le proiezioni delle concentrazioni dei gas serra (GHG);
- l'andamento delle configurazioni globali e regionali dei cambiamenti della velocità di cambiamento della temperatura, delle precipitazioni, del livello del mare e degli eventi climatici estremi;
- la interruzione e i cambiamenti irreversibili delle correnti oceaniche e dei ghiacciai;
- la valutazione degli impatti biofisici e socio-economici dei cambiamenti climatici;
- la valutazione delle relazioni tra le concentrazioni di GHG e gli interventi di mitigazione e adattamento.

Occorre qui sottolineare la differenza tra le due ultime tipologie di interventi citate. Con "mitigazione", infatti, ci si riferisce alle cause dell'effetto serra, alla loro rimozione e prevenzione, mentre con "adattamento" ci si riferisce alle conseguenze dell'effetto serra stesso e agli interventi che permettano il regolare svolgimento delle attività umane (IPCC considera complementare l'adattamento; a livello internazionale, è aperto un dibattito sul diverso peso delle due categorie di interventi).

2. I risultati delle principali evidenze delle cause e delle conseguenze dei cambiamenti del clima sono:

- è dimostrabile che dall'era industriale il sistema climatico della terra è cambiato sia a livello globale che regionale e che alcuni di questi cambiamenti sono attribuibili alle attività umane;

- le attività umane hanno incrementato la concentrazione di GHG e degli aerosol dall'era preindustriale raggiungendo i livelli più alti nell'ultimo decennio. Globalmente è molto probabile (very likely) che, rispetto al periodo di cui si dispongono i dati 1861-2000, gli anni '90 siano stati i più caldi e che il 1998, in particolare, sia stato il più caldo ;
- ci sono nuove e forti evidenze che il riscaldamento degli ultimi 50 anni è attribuibile alle attività umane;
- i cambiamenti del livello del mare, delle coperture nevose, dei ghiacciai e delle precipitazioni sono coerenti con i cambiamenti climatici della superficie terrestre; per esempio è assai probabile (very likely) che il riscaldamento dell'ultimo secolo abbia contribuito in maniera significativa all'aumento del livello dei mari e alla perdita di ghiacciai; riguardo ai cambiamenti della intensità dei cicloni tropicali ed extra-tropicali e delle tempeste alle medie latitudini i dati non sono ancora sufficienti;
- gli aumenti dei costi socio-economici dovuti ai danni meteorologici e alle variazioni regionali del clima suggeriscono che è aumentata la vulnerabilità ai cambiamenti climatici;

3. le previsioni principali sono:

- tutti gli scenari prevedono per il XXI° secolo un aumento delle concentrazioni di CO₂ , della temperatura media globale della superficie terrestre e del livello del mare;
- gli scenari, in maggioranza, prevedono per il 2100 un aumento delle concentrazioni di CO₂ tra i 540-970 ppm.; la variazione di tutti gli scenari è compresa tra 490-1260 ppm (come già accennato, la concentrazione di CO₂ nell'era preindustriale era di circa 280 ppm e nel 2000 di circa 368 ppm);
- considerando tutti gli scenari, la variazione di temperatura tra il 1990 e il 2100 è compresa tra 1,4 e 5,8 °C; queste previsioni di aumento sono da due a dieci volte più alte dell'aumento del XX° secolo; sulla base di dati paleoclimatici, è assai probabile (very likely), che la velocità di crescita sia stata la più alta degli ultimi 10 000 anni; nel periodo 1990-2025 l'aumento di temperatura è valutato in 0,4-1,1°C;
- considerando tutti gli scenari, nel periodo 1900-2100, il livello del mare è previsto in aumento mediamente da 0,09-0,88 m, con significative variazioni regionali ; nel periodo 1990-2025 il livello del mare è previsto in aumento mediamente da 0,03-0,14 m.;
- i cambiamenti climatici avranno effetti sia benefici che avversi, ma con una predominanza degli effetti avversi, soprattutto per alcune regioni; saranno minacciate la salute umana e la biodiversità.

4. I modelli IPCC prevedono che l'aumento della concentrazione di GHG in atmosfera potrebbe indurre cambiamenti :

- giornalieri, stagionali e interannuali e variabilità decennali della temperatura;
- della frequenza, intensità e durata degli eventi estremi;
- su larga scala, non lineari e improvvisi dei sistemi fisici e biologici a partire dalle prossime decadi per millenni.

5. Correlazioni tra gli interventi di stabilizzazione, le inerzie del sistema e i cambiamenti climatici :

- la stabilizzazione delle emissioni di CO₂ ai livelli correnti non conduce automaticamente alla stabilizzazione delle concentrazioni di CO₂ in atmosfera (in quanto continua ad esserci una quota non assorbita, che aumenta l'accumulo in atmosfera); inoltre, dopo che le emissioni di CO₂ siano state ridotte e le concentrazioni stabilizzate, la temperatura e il livello del mare continueranno ad aumentare lentamente per un centinaio di anni o più;
- le inerzie e incertezze circa i sistemi climatici, ecologici e socio-economici richiedono opportuni margini di sicurezza nella messa a punto di strategie, obiettivi e tempi di intervento.

6. Le emissioni serra e gli scenari di stabilizzazione:

- i valori previsti di aumento e velocità di aumento della temperatura e del livello del mare possono essere ridotti riducendo le emissioni di gas serra (mitigazione); per quanto riguarda la CO₂ , la stabilizzazione delle concentrazioni a livelli di 450-650 o 1000 ppm richiede che le emissioni di CO₂ siano ridotte entro poche decadi per poi continuare a diminuire ; per una stabilizzazione a 450 ppm le emissioni devono diminuire entro una o due decadi da oggi, mentre per una stabilizzazione a 1000 ppm il picco dovrebbe essere realizzato grosso modo entro 100 anni;
- la stabilizzazione delle concentrazioni a 450 ppm implica un aumento di temperatura al 2100 di 1,2 °C, mentre una stabilizzazione a 1000 ppm implica un aumento della temperatura di 3,5 °C; bisogna ricordare, inoltre, che dopo il 2100 in entrambi i casi la temperatura continuerà ad aumentare prima di raggiungere il suo livello di equilibrio tra 1,5-3,9 °C
- facendo riferimento a questi scenari, il contributo aggiuntivo degli altri GHG e aerosol è valutato in un aumento di temperatura pari 0,6-1,4°C , che equivale ad un aumento di circa il 28% nelle concentrazioni finali di CO₂ ;
- gli interventi di mitigazione potrebbero avere effetti di riduzione dei danni causati dal cambiamento climatico, mentre gli interventi di adattamento rappresentano una strategia necessaria con carattere complementare.

3. ANDAMENTI , PREVISIONI E SCENARI DELLE EMISSIONI DI CARBONIO

Per quanto riguarda l'andamento dell'emissioni di carbonio nel 20° secolo, la fig.2 contiene le principali informazioni necessarie: emissioni e concentrazioni in atmosfera del carbonio.

In particolare, nel ventennio 1980-2000, l'emissione di carbonio è aumentata da 4,6 a 6,1miliardi di t, con un valor medio di 5,35, per cui le emissioni accumulate sono state $5,35 \times 20 = 107$ miliardi di t. Di questa quantità integrata, circa il 46%, cioè 49,2 , non è stato assorbito, aumentando quindi la quantità di carbonio accumulata in atmosfera.

Si tratta di circa 50 miliardi di t accumulati in atmosfera in 20 anni, con contributi medi annuali di 2,5 (2,8 nel 1999).

Figura 2 - Emissioni annue di carbonio e concentrazione di CO₂ in atmosfera nel XX secolo

(Fonte: Elaborazioni ENEA sui dati HASA-WEC)

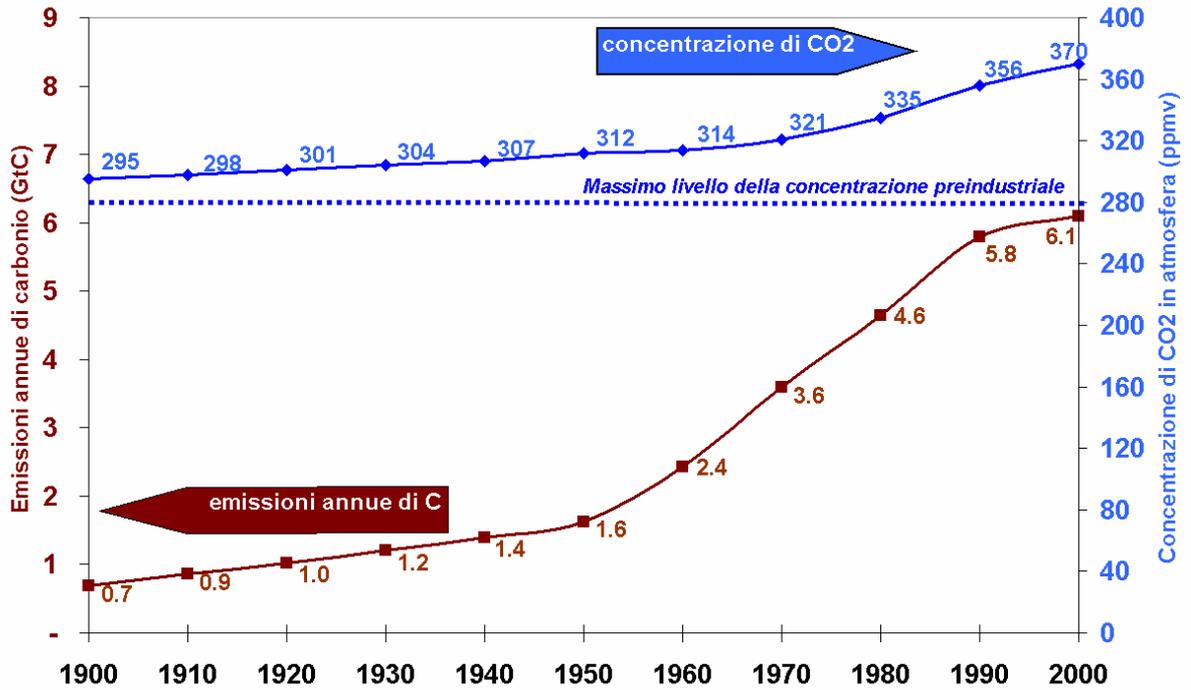
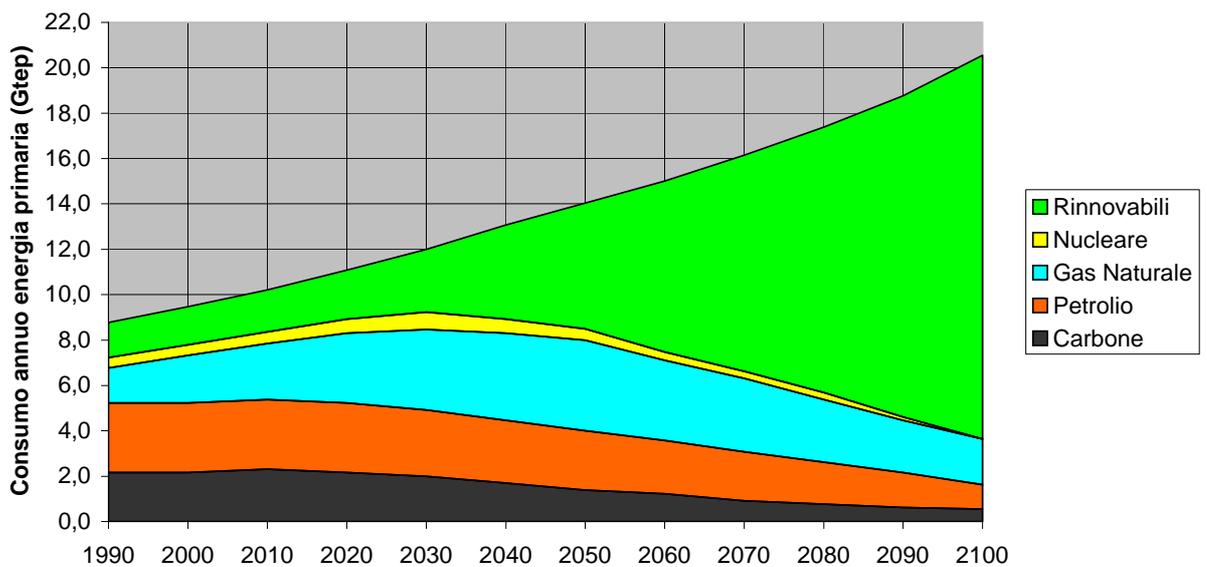


Fig.3 - Il mix di energia primaria mondiale in uno scenario di stabilizzazione della CO₂ a 450 ppmv

(fonte: elaborazioni ENEA su dati IPCC IIASA-WEC)



L'accumulo nel ventennio ha prodotto un aumento della concentrazione di carbonio, che è passata da 335 nel 1980 a 370 ppm nel 2000.

Per quanto riguarda le previsioni si farà riferimento al lavoro citato dell'ENEA, basato sull'esame di 18 scenari dei maggiori istituti specializzati di livello internazionale (fig. 3) mentre per le elaborazioni successive si terrà anche conto del Rapporto ISSI.

Per quanto riguarda i fabbisogni di medio termine, cioè nel 2020, i risultati di quindici dei diciotto scenari stimano un consumo vicino o superiore ai 14.000 Mtep, con aumento del 40–50% rispetto al 2000. Un consumo minore, dell'ordine di 11.500 Mtep, è considerato possibile solo in pochi scenari che ipotizzano due condizioni: una forte riduzione dell'intensità energetica ed una modesta crescita economica.

Tutti gli scenari, formulati tra il 1998 e il 2000, assumono come anno base il 1990, in accordo con il Protocollo di Kyoto ed indicano aumenti di emissioni di gas serra tra il 30 e il 60% ed oltre. Le previsioni sono quindi caratterizzate da un forte grado di insostenibilità.

Nessuno dei diciotto scenari, infatti, prevede una riduzione delle emissioni di carbonio rispetto al 1990, anzi non è ipotizzata nemmeno una stabilizzazione. La grande maggioranza degli scenari, rispetto al riferimento del 1990, con emissione di 5,8 miliardi di tonnellate, prevede per il 2020 valori compresi tra 8 e 12 miliardi di tonnellate, mentre i pochi scenari prima accennati, che prevedono consumi più bassi degli altri, prevedono emissioni di circa 6, 1.

Come si vede, il quadro previsionale è in pieno contrasto con quanto previsto dal Protocollo di Kyoto, cioè diminuzione al 2008-2010 del 5,2% dei paesi industrializzati rispetto alle emissioni del 1990.

Ai nostri fini, per gli aspetti demografici, si fa riferimento al rallentamento del tasso di crescita previsto dall'ONU: 7,04 miliardi di individui al 2015 (Rapporto 2000 sullo sviluppo umano, citato), per cui si prendono in considerazione due ipotesi di stabilizzazione demografica: 7,5 e 8 miliardi intorno al 2030 – 2050.

Ai fini degli interventi, si riporta, dal rapporto ISSI, una tabella contenente i principali dati da prendere in considerazione.

Oltre agli indicatori fondamentali, come popolazione POP, energia E, carbonio C, anidride carbonica CO₂, sono riportati i valori di alcuni indici e alcune grandezze di particolare interesse:

- l'intensità di consumo di energia pro – capite E/POP, che dal 1975 al 2000 è aumentata da circa 1,5 a oltre 1,6 , quindi senza registrare aumenti molto forti (effetti di compensazione);
- l'intensità carbonica media dell'energia C/E ;la tendenza è alla diminuzione da 0,67 a 0,62 (il mix si sposta verso metano e petrolio);
- l'intensità di consumo di carbonio pro – capite C/POP : come il precedente E/POP, con attenzione concentrata sul carbonio ;
- Ca + P + gas, cioè energia fossile, somma di carbone + petrolio + gas , in aumento da 5,2 a 7,8 miliardi di ton: è questa la variabile non controllata, che produce emissioni serra in aumento ;
- quota di E fossile sulla energia totale, in diminuzione da circa 85% a circa 79%: una variabile su cui si può agire, incrementando le fonti rinnovabili ;
- Intensità di carbonio del mix di energia fossile (Ca + P + gas)/C: valore minimo di 1,20 nel 1990, poi aumento a 1,28, come nel 1975.

Anno	POP	E/POP	C/E	E	C	CO ₂	C pro capite	Ca + P+ GAS	E Fossile/E	Ca + P+ GAS/C
1975	4,065	1,51	0,67	6,15	4,1	15,0	1,01	5,21	0,85	1,27
1980	4,430	1,62	0,64	7,16	4,6	16,9	1,04	6,02	0,85	1,31
1985	4,824	1,60	0,67	7,72	5,2	19,1	1,08	6,26	0,81	1,20
1990	5,255	1,63	0,67	8,62	5,8	21,3	1,10	6,93	0,80	1,20
1995	5,662	1,62	0,65	9,15	5,95	21,8	1,05	7,28	0,79	1,22
1999	5,850	1,66	0,62	9,70	6,05	22,2	1,03	7,69	0,79	1,27
2000	6,057	1,63	0,62	9,90	6,1	22,4	1,01	7,80	0,79	1,28

Pop = popolazione
(miliardi)

C = carbonio (miliardi t)

Ca = carbone (miliardi
tep)

E = energia (miliardi tep)

CO₂ = an, carb. miliardi
t)

P = petrolio (miliardi
tep)

**Tabella 1 - Indicatori energetico - ambientali mondiali dal 1975 al 2000
(Fonte Rapporto ambientale ISSI 2002)**

Secondo i dati ENEA –(Rapporto Energia ambiente 2002), nel 2000 l'area OCSE ha consumato da sola 5,29 Miliardi tep su 9,86 del mondo intero. Il consumo medio pro-capite OCSE, 1,1 miliardi di individui, è attualmente intorno a 4,8 tep. In sede di previsione, nella valutazione qui proposta, non si ritiene che l'area non OCSE sia destinata ad avviarsi in futuro verso questi livelli di consumo pro – capite.

Ai fini della previsione di un futuro valore medio mondiale, esso risulterà quindi da situazioni molto diverse ed anche opposte: quella dei paesi industrializzati, già ricordata; quella dei paesi che hanno in corso processi di industrializzazione come il Brasile, la Cina e l'India, che tra il 1980 e il 1997 hanno avuto variazioni di consumo energetico pro – capite , in tep rispettivamente da 0,9 a 1,05 ; da 0,3 a 0,8; da 0,35 a 0,5 e quella dei paesi più poveri come la Nigeria, il Congo, la Tanzania e l' Etiopia, che hanno avuto un pro capite minimo, talvolta in diminuzione, intorno a 0,3 – 0,4 tep.

Per comprendere i motivi della relativa stabilità dell' indicatore medio E/POP, aumentato negli ultimi 25 anni da 1,51 a 1,63, si deve tener conto da una parte della diffusione tendenziale in tutto il mondo dei consumi industriali a componente energetica, che hanno avuto avvio in Inghilterra nel XIX secolo e hanno avuto un forte impulso nel XX secolo, a partire dal fordismo negli Stati Uniti; dall' altra, bisogna tener conto del fatto che la parte del mondo più piccola, più ricca e consumatrice si avvia ad una saturazione sia demografica che energetica, dando luogo ad un contributo di consumo in via di stabilizzazione (non in via di riduzione) e che la parte maggiore del mondo può suddividersi, come già accennato, in due ulteriori gruppi di paesi, uno economicamente più attivo e con consumi in aumento e uno con forte dinamica demografica, ma non energetica.

Rispetto alla previsione complessiva ONU di 7 miliardi di individui al 2015, occorre ora una maggiore articolazione. Continuando a seguire i dati e le previsioni ONU, la tendenza demografica delle tre parti del mondo, ad alto, medio e basso reddito, per gli anni 1975, 1998 e 2015, in milioni di individui, è la seguente:

Anno	1975	1998	2015
Alto reddito	747	864	911
Medio reddito	1002	1456	1740
Basso reddito	2269	3500	4389
Mondo	4017	5820	7040

Tabella 2 - Tendenza demografica classificata per reddito (milioni di persone)

Dato che l'incremento demografico avviene prevalentemente nella parte più povera e con bassi consumi, ai fini del valor medio E/POP è prevedibile un compenso tra la tendenza di aumento del pro capite dovuta ai paesi con dinamica di industrializzazione, da una parte, gli aumenti di popolazione nelle zone a basso pro-capite, dall'altra.

Per quanto ciò possa sembrare umanamente ingiusto, va comunque valutato, sotto l'aspetto ambientale, l'effetto di calmiera del valore medio mondiale derivante dagli stili di vita a basso consumo degli individui che nascono nelle aree povere.

È comprensibile, di conseguenza, che per alcune decine di anni il valore medio pro capite mondiale continui ad aumentare, ma lentamente.

Va infine considerato l'indicatore del carbonio, penultima colonna, che dipende dalla quota di combustibili fossili rispetto al totale e dal peso, all'interno di questa quota, delle diverse componenti, carbone, petrolio, gas naturale.

Anche in questo caso, siamo in presenza di cambiamenti molto lenti: per tutti gli anni 60 la quota fossile si è mantenuta intorno al valore 85%, mentre nella decade successiva è diminuita fino a circa 80%; negli anni novanta i cambiamenti sono stati assai ridotti e la quota è tuttora del 79%.

Per quanto riguarda il mix di fonti, nella prima metà ha prevalso il carbone, nella seconda il petrolio, con contributo in aumento del gas naturale nell'ultima fase.

Le fonti rinnovabili, a causa dell'introduzione delle fonti fossili, sono diminuite di importanza durante il secolo.

L'apporto del nucleare, intervenuto negli ultimi trent'anni, tende a restare fermo. Sulla base dei dati ENEA, (Rapporto Energia Ambiente 2002), la produzione lorda di energia elettrica mondiale, in miliardi di kWh, negli anni 1980, 1990, 1995, 2000, risultava pari a 8.282, 11.870, 13.325, 15.322. Negli stessi anni, la potenza elettronucleare in esercizio o completata, in milioni di MW netti, risultava pari a 134,4, 325,9, 343,8, 351,1. Facendo attenzione, in ambedue le serie, alle ultime due cifre, si osserva che dopo il 1995 la produzione elettrica è aumentata di 15,0% (3% all'anno), mentre la potenza nucleare solo di 2% in 5 anni. Negli anni 1990-2000 le due progressioni sono rispettivamente 29% e 8%. In definitiva, mentre la produzione elettrica si espande, la potenza elettrica nucleare resta quasi costante: una "performance" non soddisfacente che indica una tecnologia già ora in declino.

4. TENDENZE IN ATTO, NECESSITA' D'INTERVENTO E VALORI DI STABILIZZAZIONE DELLE EMISSIONI.

Mentre il Protocollo di Kyoto impegna entro il 2008-2012 ad una riduzione quantificata delle emissioni del 1990, la tendenza, secondo tutte le valutazioni, è in aumento . La sua quantificazione risulta dalla tabella qui riportata , dal Rapporto ENEA di F. Gracceva più volte citato.

	1990	2020	2100
Popolazione mondiale (miliardi di individui)	5.3	7.5 - 8.2	7.1 - 15.1
PIL annuo (\$/capite)	4000	4700 - 8000	16000 - 76000
Intensità energetica (kep/k\$)	420	260-380	40-170
intensità carbonio (ton Carbonio/ Tep)	0.69	0.55- 0.81	0.14 - 0.70
Consumo di energia primaria (Gtep)	8.9	11.4 - 18.2	12.3 -61

Come risulta dalla tabella, le previsioni di emissioni al 2020 e al 2100 corrispondono ad un ventaglio molto ampio. Nel caso più favorevole, al 2020 si avrà comunque un aumento rispetto al 1990.

Dato che l'alterazione climatica, cioè l'incremento dell'effetto serra, dipende appunto, in via principale, dall'aumento della concentrazione di carbonio, occorre prima stabilizzarla , poi diminuirla.

Il riferimento principale, sempre di ambito ONU, ma da distinguere rispetto al Rapporto IPCC, è la UNFCCC (United Nations Framework Convention Climate Change), che all'art.2 stabilisce l'obiettivo di "stabilizzazione della concentrazione in atmosfera dei gas ad effetto serra ad un livello tale da prevenire pericolose interferenze con il sistema climatico. Questo livello dovrebbe essere raggiunto in un arco di tempo tale da permettere agli ecosistemi di adattarsi naturalmente al cambiamento climatico, per assicurare che non sia minacciata la produzione di cibo e per consentire che lo sviluppo economico proceda in modo sostenibile".

Il criterio, dunque, è che il livello di stabilizzazione e il tempo per il suo conseguimento siano tali da permettere l'adattamento dell'ecosistema e lo sviluppo economico.

Su quale sia questo livello è tuttora aperto il dibattito.

I livelli proponibili come possibili obiettivi di stabilizzazione (diversi quindi dai livelli previsionali senza interventi) sono associati dalla IPCC a determinate quantità di emissioni cumulate nel corso del XXI° secolo: al livello di 450 ppm corrispondono 650 miliardi di t di emissioni cumulate di carbonio, a 550 corrispondono 1000 , a 650, 1200.

Quanto al livello di concentrazione ammissibile, l'IPCC specifica che anche una concentrazione di 450 può avere conseguenze significative, mentre 550 è considerato come un livello limite.

A proposito delle concentrazioni ammissibili, bisogna tener conto di tre elementi principali:

- siamo già ora in un campo di effetti misurabili, sia pure con approssimazione, e attribuibili all'azione umana;

- più ci allontaniamo dai livelli conosciuti, più entriamo in un campo non coperto nemmeno sul piano della conoscenza scientifica, con possibili, ma imprevedibili sbilanciamenti a gradino;
- più la stabilizzazione avviene a livelli elevati e a forti distanze di tempo da ora, quindi con più pesanti quantità di carbonio accumulate, maggiore sarà il lavoro integrato di recupero da compiere.

In accordo con il principio ONU di precauzione, la risposta più giusta dovrebbe quindi consistere nella stabilizzazione da subito della concentrazione di carbonio.

Una tale risposta, però, non è praticabile perché i processi economici, industriali e di consumo non possono cambiare da un momento all'altro e anche le trasformazioni favorevoli all'ambiente richiedono tempo. Bisogna quindi orientarsi verso trasformazioni adeguate nei tempi più brevi possibili, prendendo in considerazione il più basso dei livelli di concentrazione indicato dalla IPCC, il livello 450, e verificando la possibilità di risultati ancora migliorativi.

A fini di confronto e per disporre di una pluralità di scenari, anche il livello limite di 550 dovrà essere considerato.

Il miglioramento, rispetto al livello 450, potrà consistere nel conseguimento di questo livello di stabilizzazione, con una quantità integrata di emissioni minore di 650, con i vantaggi derivanti dalla riduzione dei tempi di intervento, in accordo con IPCC ("prossimi 1 o 2 decenni").

In ogni modo, la stabilizzazione a 450 ppm, corrispondente ad una limitazione dell'accumulo pari o inferiore a 650 miliardi di ton C, non si può conseguire spontaneamente, assecondando le tendenze in atto, come dimostrano, del resto, in senso negativo, la maggior parte dei 18 scenari considerati nel Rapporto ENEA.

Il costo è il primo e immediato problema da affrontare.

I costi delle nuove tecnologie vanno dunque considerati in termini di mercato non "stretto" e auto-riferito, ma allargato, in primo luogo, al valore ambientale e più in generale alle convenienze sociali, intese con la necessaria ampiezza.

Nel caso degli interventi di incremento della efficienza energetica, che in molti casi sono già oggi largamente competitivi, la insufficiente espansione del mercato dipende dal fatto che, sul lato della domanda, la qualità energetica non è in molti casi una priorità del venditore di apparecchiature, veicoli, edifici e servizi, mentre nell'area della produzione energetica, per ragioni di interessi costituiti, si preferisce continuare a puntare su una strategia di offerta.

In sostanza, l'efficienza energetica e in generale l'intervento sulla domanda (*demand side management*) non sono ancora una parte forte del mercato dell'energia e non è ancora avvenuta, su scala sufficiente, quella trasformazione degli operatori energetici in imprese di servizi, che avvicinerrebbe l'interesse dell'impresa all'interesse pubblico.

Oltre alla disponibilità delle nuove tecnologie, si richiedono quindi regole e politiche per la modifica delle tendenze spontanee del mercato: obiettivi, standard, incentivi, programmazioni regionali e territoriali. L'esperienza degli anni '90, in effetti, è abbastanza chiara circa il fatto che le tecnologie, relative sia all'offerta che alla domanda, non agiscono da sole con sufficiente efficacia.

A tale proposito, volendo promuoverle, bisogna considerare tutto il ciclo dell'innovazione: non può bastare da sola l'idea iniziale o il prototipo funzionante, ma occorre la messa a punto, la produzione collaudata e a costi convenienti, la

diffusione, la commercializzazione, la promozione e verifica su ampia scala della sostituzione delle soluzioni precedenti.

In passato, l'innovazione conquistava prima di tutto le quote nuove di mercato, anzi in certi casi creava prodotti prima inesistenti. Per l'energia, invece, l'impiego è noto e stabilizzato. Ad esempio, in tema di illuminazione, la nuova lampadina a scarica di gas svolge la stessa funzione della precedente, con minore consumo. Il vantaggio energetico e di conseguenza economico, però, è tale che il maggiore costo di acquisto si ripaga in due anni.

Occorre quindi innovare il mercato esistente, superando resistenze e conflitti da parte dei relativi interessi.

Nell'ambito del mercato, il fattore più attivo, da questo punto di vista, è risultato il prezzo internazionale dell'energia come ha dimostrato l'esperienza degli anni 80, caratterizzata da prezzi più alti del petrolio e da risultati migliori nell'efficienza energetica rispetto agli anni 90.

In futuro, i prezzi potrebbero aumentare, ma sarebbe comunque da utilizzare la leva fiscale (ad esempio, carbon tax), in accordo con il principio europeo "chi inquina paga", di importanza rilevante per spingere verso una sempre maggiore efficienza energetica ed uno sviluppo accelerato delle fonti rinnovabili (vedi in tabella 5, da "Economia delle fonti rinnovabili, IEFE 99, di De Paoli e Lorenzoni).

L'insieme di questi interventi (tecnologie, prezzi, diffusioni sostitutive, regolazioni, strumenti fiscali) darebbe luogo ad un forte impulso alla creazione di una nuova area industriale, che si interessi di:

- fonti rinnovabili;
- cogenerazione industriale e urbana;
- trasformazione di impianti energetici esistenti,
- messa a punto di soluzioni che pur basate su combustibili fossili diano risultati assimilabili, per l'aspetto climatico, a quelli delle fonti rinnovabili (produzione di idrogeno con confinamento della CO₂);
- apparecchiature di consumo e motori elettrici di alta efficienza;
- mobilità ecoefficiente;
- servizi e sistemi di consumo ad alta efficienza, anche a scala urbana, ad esempio trasporti e riscaldamento;

	Effetti locali e regionali £/kWh	Effetti globali (emissione CO₂) £/kWh	Costi Esterni totali £/kWh
<i>Impianti di sola produzione elettrica</i>			
Gas naturale (ciclo combinato)	11	22	33
Gas naturale (turbina vapore)	15	29	44
Prodotti petroliferi	40	42	82
Carbone	50	56	106
Grande idroelettrico	7	0	7
Mini-idroelettrico	5	0	5
Eolico	3	0	3
Fotovoltaico	3	0	3
Geotermico*	3	28	29
Biomasse)	23	0	23
RSU	24	31	56
Biogas	0	0	0

Impianti di cogenerazione

Cog. a gas (ripartizione costi)	10	22	32
Cog. a gas (ripartizione benefici)	1-10	11-20	12-30

Fonte: Elaborazione IEFE, 1999 De Paoli e

Lorenzoni su dati del progetto ExternE-

Commissione Europea)

* Il valore del costo esterno del ciclo geotermico ha un livello di incertezza maggiore rispetto agli altri.

' Se l'incenerimento del rifiuto fosse obbligatorio, il costo esterno della produzione di elettricità sarebbe nullo.

Tabella 4 - Stima dei costi esterni della produzione elettrica.

(Fonte dati: De Paoli, Lorenzoni, Economia delle fonti rinnovabili, IEFE, 1999)

5. OBIETTIVI E STRATEGIA DI STABILIZZAZIONE E RIDUZIONE DELLA CONCENTRAZIONE DI CARBONIO IN ATMOSFERA.

Non essendo questa una sede di progetto, conviene limitarsi a specificare che, in proposito, l'obiettivo generale degli interventi deve derivare da considerazioni in primo luogo ambientali, quindi relative al processo fisico, e in secondo luogo da aspetti relativi ai rapporti interni alla specie umana.

I due tipi di indicatori decisivi sono la concentrazione massima ammissibile (pari a 450 ppm o anche a 550 ppm per confronto) e il valore cumulato delle emissioni di carbonio, che permette di conseguire la suddetta stabilizzazione e, nei tempi successivi, di ridurre la concentrazione in atmosfera.

Su queste basi, si può selezionare il più adatto tra i progetti – scenari già disponibili.

A tal fine, tra i progetti esistenti e tra i cinque scenari di fig.4, solo IIASA-C2-WEC è in grado di conseguire la stabilizzazione a 450 ppm, ciò che avverrebbe intorno al 2070. L'emissione cumulata durante il XXI° secolo sarebbe di circa 480 miliardi di t di carbonio, minore quindi di 650, con valor medio annuale dell'incremento di 4,8 miliardi di t di carbonio.

L'emissione integrata risulta maggiore nella prima metà del secolo, 290 miliardi, minore nella seconda metà, 190.

L'emissione media nei primi 50 anni risulta $290/50 = 5,8$ miliardi di t carbonio.

Con riferimento ai parametri della tabella n.1 , colonne quarta e decima

$$E = 5,8/0,62 = 9,35 \text{ miliardi tep totali.}$$

$$E_{\text{foss}} = 0,79 \times 9,35 = 7,4 \text{ miliardi tep fossili.}$$

Per quanto riguarda la popolazione, il massimo, intorno a 8 miliardi, dovrebbe essere toccato intorno al 2030-2040, per cui il valor medio potrebbe essere, nella prima metà del secolo, intorno a 7,5 miliardi.

Il valore medio pro capite di E_{foss} risulta $7,4/7,5 = 0,99$, che può essere arrotondato a 1 tep fossile medio pro capite.

Va qui osservato che eventuali leggere variazioni dei valori riportati nelle colonne quarta e decima della tabella n. 1 non influirebbero sulla sostanza della valutazione che si sta svolgendo.

Questo scenario-obiettivo significa che ad un valore massimo di 8 miliardi di persone, come popolazione, deve corrispondere un massimo di consumo fossile di 8 miliardi di tep, valore da confrontare – anche per apprezzare la difficoltà del compito - con i valori previsti dalla maggior parte degli scenari.

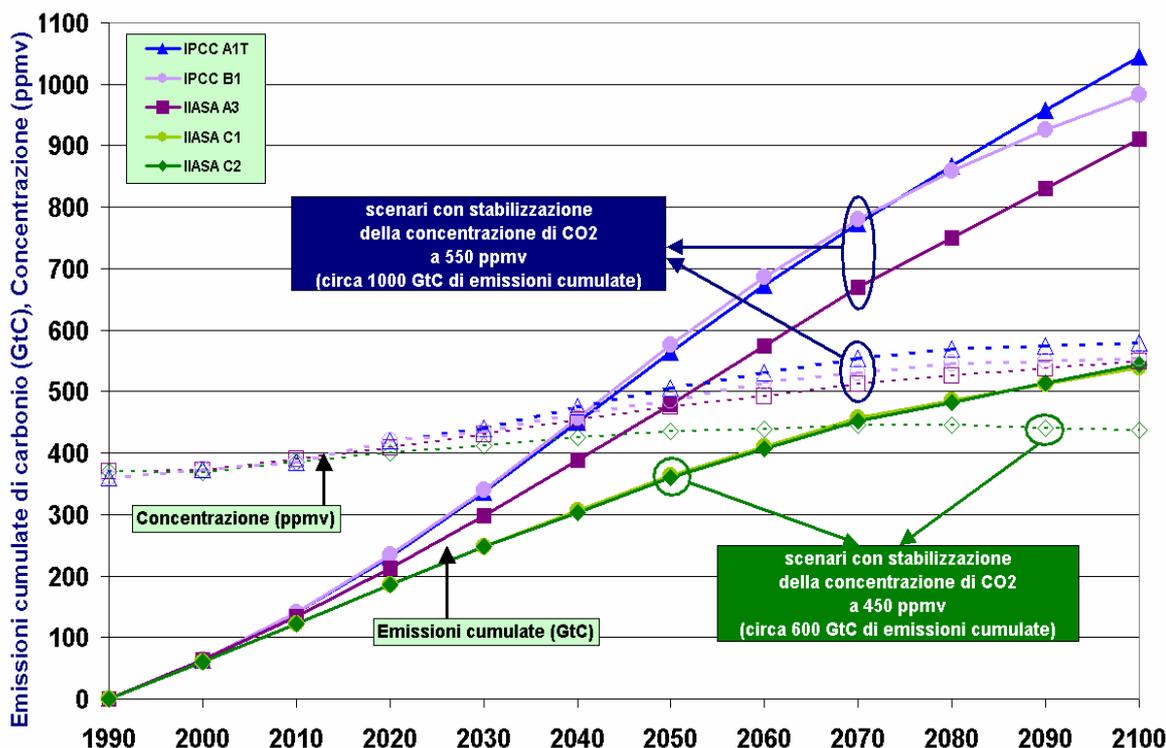


Figura 4 - I cinque scenari “con stabilizzazione del clima”.
(Fonte: Elaborazioni ENEA sui dati HASA-WEC)

6. DIMINUIZIONE DELL'ALTERAZIONE UMANA DURANTE LA PRIMA META' DEL SECOLO 21°. RIPARTIZIONE DEGLI IMPEGNI COMPITI E COOPERAZIONE INTERNAZIONALE

Date le grandi differenze, nel mondo, tra le ricchezze, i consumi e le emissioni dei diversi paesi, occorre anche porsi il problema della ripartizione dell'impegno e del riequilibrio dei consumi tra i diversi popoli, che compongono la specie umana.

A tale proposito, la quota di emissione dei paesi non OCSE è comprensibilmente in aumento, ma bisogna tenere conto che i paesi dell'Allegato B del protocollo di Kyoto, cioè quelli impegnati a ridurre le loro emissioni del 5,2 %, sono tuttora responsabili del 58 % del totale.

Come risulta dai dati della tabella 5, il confronto tra obiettivi di Kyoto e realtà denota molte situazioni di non osservanza degli impegni :

	Obiettivo Kyoto %	Ottenuto al 2000 %
USA (ora fuori dal Protocollo)	- 7	+1.1
Unione Europea	-8	-1.4
Giappone	-6	+10.7
Canada	-6	+12.8
Australia	-6	+28.8
Russia	0	-30.78
Paesi allegato B	-5.2	-1.7

Tabella 5 – Confronto dei dati di riduzione di emissioni relativi agli obiettivi di Kyoto e la situazione al 2000 per i principali paesi

Fonte dati: World Watch, edizione pre-Johannesburg Edizioni Ambiente

In proposito, bisogna tenere conto della particolare situazione di stallo industriale della Russia.

Nel caso del più popolato paese del mondo, la Cina, c'è invece da registrare una positiva tendenza di stabilizzazione delle emissioni poco al di sopra di 0,6 miliardi di t (per confronto USA, 1,5 miliardi).

In definitiva, i paesi più ricchi, area OCSE, con popolazione pari a circa 1/6 della popolazione mondiale, producono oggi oltre la metà delle emissioni.

Occorre quindi considerare in modo prioritario, come tema chiave, la situazione, la responsabilità e i compiti dei PI, paesi industrializzati, dell'area OCSE.

L'utilizzo dei tre meccanismi di flessibilità previsti dal protocollo di Kyoto (vedi cap. 7) non può in alcun modo ridurre il nocciolo dell'impegno necessario, anche perché il contributo alle emissioni dei paesi in via di sviluppo è già oggi crescente: dato che gli interventi di riduzione non possono essere conteggiati due volte, ne consegue che un intervento effettuato in un paese povero e conteggiato sul bilancio di un paese industrializzato è sottratto alle contabilità di riduzione delle emissioni del paese.

Il Protocollo di Kyoto prevede che, entro il 2010 – più precisamente entro il periodo 2008-2012 – ciascuno dei paesi elencati nell'Annesso 1 della Convenzione sul clima, indicata come UNFCCC, non possa superare una determinata quantità di emissioni annue di gas ad effetto serra, definita per ogni paese nell'Annesso B del Protocollo.

Il numero dei paesi che fanno parte dell'Annex 1 è relativamente elevato, una quarantina, ma il vincolo operativo di riduzione vale solo per i principali paesi industrializzati, che sono meno della metà e appartengono ad un elenco più ristretto che coincide, con qualche eccezione, con l'area OCSE.

Per conseguire l'obiettivo complessivo di circa 7 miliardi di tep fossili per 7 miliardi di individui, i compiti e le prospettive non potranno essere uguali per tutti.

Occorre prima di tutto che l'area ad elevato reddito, una minoranza della popolazione mondiale, che è maggioranza nei consumi di energia e nelle emissioni, riveda non tanto i suoi redditi, ma i suoi rapporti tra economia - energia – emissioni.

Le valutazioni contenute negli scenari prodotti dai principali istituti e riportate da IPCC mostrano che gli interventi trasformativi necessari potrebbero avere una influenza, se pur minima, di rallentamento delle dinamiche di reddito.

Le differenze in gioco, probabilmente intorno all'1%, sono dello stesso ordine di grandezza degli impegni -non attuati - di aiuto all' economia dei Paesi in via di sviluppo.

L'intensità energetica dell'Europa, a prezzi costanti del 1995 (rapporto ENEA 2002, Dati) è diminuita dal valore 0,219 del 1990 a 0,211 del 1995, a 0,198 del 2000.

Questi dati dimostrano la possibilità di disaccoppiare i consumi di energia dagli aumenti dei redditi.

Va però sottolineato con molta forza che per gli equilibri ambientali contano in definitiva le quantità assolute delle emissioni di carbonio, che a loro volta dipendono dalle quantità assolute dei consumi dei fossili.

Da questo punto di vista, gli andamenti in atto non sono positivi. Negli anni 1980 – 1990 - 1995 - 1999 (vedi tabella 1) i consumi di energia del mondo sono aumentati con la progressione 7,2; 8,6; 9,2; 9,7.

Le relative emissioni di carbonio sono state 4,6; 5,8; 5,95, 6,05.

Per quanto riguarda i soli paesi ad alto reddito i consumi di energia dal 1980 al 1997 sono aumentati da 3,74 a 4,64.

Negli ultimi anni del XX secolo, nel quadriennio 1995–1999 i consumi dell' America del nord (Canada compreso) sono passati da 2,32 miliardi di Tep a 2,51, Europa OCSE da 1,7 a 1,74, totale OCSE da 4,87 a 5,23.

In questa breve parte conclusiva, converrà sintetizzare un piccolo numero di elementi di riferimento, validi per qualsiasi progetto, che sia orientato alla sostenibilità ambientale e sociale.

Popolazione.

L'aspetto demografico è di importanza primaria. L'equilibrio con la biosfera dipende molto dal numero degli esseri umani, cioè dal numero dei produttori di scarichi e rifiuti. Vi sono buone prospettive che l'umanità non superi gli 8 miliardi, grazie anche alle azioni positive di istruzione generale, istruzione alle donne, pianificazione, farmaci anti-concezionali a prezzi accettabili.

Ripartizione dell'impegno tra paesi ricchi e poveri.

Diversi governi pensano di fare fronte agli impegni di Kyoto con i meccanismi di flessibilità. Sul piano strategico, bisogna considerare che oggi i paesi industrializzati pesano per il 58 % delle emissioni, cioè per 4 miliardi di ton di carbonio sui 6 miliardi totali.

Se occorre diminuire in profondità rispetto al valore del 1990 , pari a 5,8, supponendo che si debba ridurre del 60 %, vuol dire passare da 5,8 a circa 2,3.

Se il mondo intero dovrà passare a circa 2 – 2,5 miliardi di t , come si può pensare di non intervenire sui 4 miliardi che consumano i paesi industrializzati ?

Anche se il mercato dei diritti di emissioni permetterà buoni investimenti di riduzione, a costi moderati, nei paesi in via di sviluppo, potrà essere decisiva solo la riduzione delle emissioni dei maggiori paesi emettitori. Questi paesi devono quindi organizzarsi per ridurre con priorità le "proprie" emissioni, oltre che per

cooperare con i paesi poveri per evitare che il loro sviluppo comporti contributi di emissione insostenibili.

Sinergia rinnovabili e uso razionale.

Di solito, si afferma ed è giusto che il futuro è delle fonti rinnovabili, magari attraverso la variante idrogeno, che indica un veicolo ed un modello, piuttosto che una fonte.

Ciò è confermato, in particolare, dallo scenario citato, con stabilizzazione a 450 ppm, che per il 2100 delinea un contributo delle fonti rinnovabili superiore al 75 %. Un altro scenario, , con stabilizzazione a 550 ppm, prevede al 2100 un contributo delle rinnovabili intorno al 60 %.

Va ora affermata con tutta la possibile chiarezza l'indispensabilità di un forte rapporto di sinergia tra la scelta delle rinnovabili e quella dell'uso razionale.

Questa indispensabile sinergia non è solo questione di coerenza culturale, ma riguarda in profondità il rapporto tra l'insieme delle scelte energetiche "sostenibili" e l'economia.

Dato, infatti, che alla base della nuova impostazione va messo il conteggio della esternalità ambientale, in accordo con il principio "chi inquina paga", è chiaro che l'aumento dell'efficienza, in modo tale da produrre i servizi energetici necessari con diminuzione della domanda di energia, costituisce un orientamento prioritario di base, nel quale può inserirsi coerentemente l'aumento dell'offerta da fonti rinnovabili.

L'aspetto economico, infatti, sta nel fatto che le politiche sul lato domanda, uso razionale, uso appropriato, servizi, hanno un costo molto favorevole per unità di emissioni evitate, che può compensare, ai fini di un mercato orientato alla sostenibilità, i costi monetari in aumento dovuti alle fonti rinnovabili.

Oggi, vi sono fonti, come l'eolico e zone come il nord Europa in cui le fonti rinnovabili sono competitive anche ad un diretto confronto di mercato.

La strategia, però, non potrà conseguire i suoi obiettivi senza passare, come già accennato, attraverso la interiorizzazione nel mercato delle esternalità ambientali.

A questo punto, diventa evidente che per minimizzare i costi del complessivo cambiamento necessario, una parte di grande rilievo dovrà essere svolta dagli aumenti di efficienza, quindi dalla diminuzione della intensità energetica dell'intero sistema.

Certamente, tra oggi e il 2020, il contributo quantitativo degli interventi sulla efficienza dovrà essere maggiore di quello sulle fonti rinnovabili e dovrà essere tale, in quantità e qualità, da conferire senso e convenienza economica ambientale ai programmi complessivi.

L'efficienza, infine, coinvolge direttamente i consumatori e questo argomento, per cambiamenti così rilevanti, non è certo secondario.

Diminuzione accelerata dell'intensità energetica.

La diminuzione accelerata dell'intensità energetica deve diventare obiettivo programmatico a tutti i livelli, fino ad arrivare ad un vero e proprio disaccoppiamento dei consumi dai redditi. Tale diminuzione va associata specificamente alla riduzione dei consumi fossili, quindi delle emissioni di carbonio.

Queste due riduzioni, che corrispondono ad altrettanti incrementi della qualità ambientale dello sviluppo e che sono conseguibili, in buona parte, in condizioni

economicamente competitive rispetto al mercato dei consumi, sono condizioni necessarie ai fini di un contesto complessivamente favorevole all'inserimento del kWh prodotto in modo rinnovabile.

Riduzione dei consumi di fossili.

La sostenibilità climatica, in ultima analisi, dipende dalla riduzione dei consumi di fossili.

Questa riduzione, a sua volta, dipende, come si è detto dalla sinergia tra rinnovabili e efficienza.

Quando si realizza un impianto di produzione di energia, basato sulle fonti rinnovabili, si opera a parità di consumi, sostituendo la fonte rinnovabile al consumo fossile. Si apre così una porta verso il futuro, come mostrano gli scenari.

Quando si compra un lavabiancheria di classe A, al posto di uno di classe C, si realizza una fonte virtuale. Un ciclo di lavaggio può richiedere 0,6 – 0,8 kWh al posto di 1,2 – 1,5. E' esattamente come installare in casa una fonte rinnovabile che provvede alla differenza. E' una fonte virtuale, come si dice, ma efficacissima, in quanto il sistema ha bisogno di meno energia, pur fornendo tutti i servizi necessari.

Nell'ambito dei sistemi a rete, che permettono la produzione energetica diffusa, va segnalata fin da oggi la possibilità della rete capillare di metano, associata alla cogenerazione.

Mix di combustibili fossili.

La riduzione della dipendenza dal petrolio ha motivi evidenti oltre quelli ambientali. Riguardano il grado di autonomia, la bilancia commerciale, l'aspetto geo – politico. La riduzione del carbone dipende in particolare dal suo sfavorevole rapporto tra energia ed emissioni ai problemi di infrastrutture. Vi sono possibilità tecnologiche, legate al confinamento della CO₂, anche attraverso solidificazione, al ciclo dell'idrogeno, a tecnologie come la gassificazione che possono produrre gas ricchi di idrogeno.

Anche l'impiego del gas naturale va controllato, ma dovrà essere l'ultima tra le fonti fossili ad essere ridotta, sia per la composizione chimica, con presenza di idrogeno, sia per il carattere pulito e per la impiegabilità urbana, con preferenza per gli utilizzi cogenerativi.

7. IL PERCORSO DEGLI IMPEGNI SUI DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI NELLE ISTITUZIONI INTERNAZIONALI E NAZIONALI

Nell'ultima parte del secolo, le emissioni antropogeniche di sostanze inquinanti o climalteranti sono diventate un problema grave e diffuso, non più affrontabile con strumenti nazionali o bilaterali.

Si dà luogo così ad una nuova attività diplomatica, a carattere multilaterale, di cui due esempi importanti sono il Protocollo di Kyoto, del 1997, per i gas serra e il Protocollo di Gøteborg del 1999 per la riduzione delle emissioni acide in atmosfera.

Sul piano istituzionale, come risulta dal "Percorso cronologico" di seguito riportato, il Protocollo di Kyoto deriva direttamente da uno degli impegni della Conferenza di Rio de Janeiro del 1992.

Il peso politico degli impegni di riduzione di gas serra è del tutto particolare, rispetto ad altri temi e accordi, a causa dell'importanza della emissione di CO₂ rispetto alla combustione, all'energia e alla economia.

E' in gioco, per questo e per altri motivi ambientali (rifiuti, uso del territorio, acqua, agricoltura), il cambiamento del modello di produzione e consumo, come è stato affermato sia a Rio de Janeiro che, più recentemente, 10 anni dopo, a Johannesburg.

Il processo di crescente impegno multilaterale sulla tutela dell'equilibrio climatico, come su altri temi, ha trovato però un punto di difficoltà nella posizione assunta dalla attuale Amministrazione degli Stati Uniti, che ha assunto in più casi una posizione unilaterale, uscendo dall'area di Kyoto.

Tra le tante motivazioni di questo atteggiamento, sta anche la volontà esplicita di non modificare " l'elevato tenore di vita " del cittadino americano, che è il maggior consumatore di energia e il maggiore emettitore di gas serra del mondo.

Si è entrati quindi in una nuova situazione. Da una parte, vi sono state trattative in cui l'Europa ha dovuto modificare le sue precedenti, più severe posizioni sull'attuazione del Protocollo di Kyoto per conseguire la maggioranza necessaria per la sua ratifica, dall'altra si è aperta una fase di distanziamento tra il multilateralismo ONU e l'accennato unilateralismo nordamericano.

Oltre ai temi della risposta al terrorismo, infatti, all'inizio del 2003, sono aperte in campo internazionale gravi questioni di fonti fossili, in particolare di petrolio, controllo dei relativi giacimenti, influenze sui prezzi, quindi elementi di contesto che pur non avendo attinenza diretta con la politica di riduzione dei gas serra, di fatto influiscono sul suo contesto.

Diventa quindi sempre più evidente che il tema della riduzione dei gas di serra, pur con la sua base scientifica sempre più precisa e credibile, è diventato anche un tema di politica dello sviluppo, che produce differenze negli atteggiamenti e nelle decisioni internazionali, a seconda dei diversi orientamenti.

In proposito, si deve anzi osservare che siamo in presenza, alla fine del XX e all'inizio del XXI secolo, ad un dato nuovo circa i problemi e gli interventi relativi alla modernità tecnologica. Avviene infatti che un gruppo di scienziati, di livello internazionale, organizzati in ambito ONU come IPCC, producono dei documenti scientifici, che a loro volta influenzano in modo maggiore o minore le politiche industriali dei diversi paesi. Ciò è già successo per altre emissioni inquinanti o nocive, ma il caso dell'effetto serra è particolarmente importante e rappresentativo, pur nella differenza dei vari atteggiamenti.

Sul piano previsionale, si può ritenere possibile una ratifica del Protocollo durante il 2003, con la partecipazione della Russia.

Il Protocollo di Kyoto, però, da solo non basta. Riguarda infatti pochi percento di riduzione, quando la riduzione complessivamente necessaria è valutata intorno al 60- 70%.

Di fatto, il nucleo più attivo nel mondo, rispetto alle riduzioni, è europeo ed è costituito dai paesi scandinavi e dalla Germania, il cui nuovo governo ha preparato un programma di governo che contiene l'impegno di proporre all'Europa una posizione trainante sul tema dell'effetto serra, centrato su un obiettivo post - Kyoto di riduzione del 30 % al 2020. In questo caso, la Germania sarebbe pronta ad una riduzione del 40 % rispetto al 1990.

I prossimi anni, quindi, vedranno non solo confronti sulla regolamentazione e ratifica del Protocollo di Kyoto, con scadenza 2010, ma anche su obiettivi corrispondenti a scadenze successive. Nel 2005, in particolare, è prevista una verifica della situazione di attuazione del protocollo di Kyoto, che sarà occasione anche per i confronti "oltre Kyoto".

Si riportano di seguito la lista degli eventi istituzionali riguardanti i cambiamenti climatici:

1. Nel 1972 con la Conferenza di Stoccolma fu raccomandato all'Organizzazione Meteorologica Mondiale (WMO) di elaborare in collaborazione con il Programma Ambiente delle Nazioni unite (UNEP) e con l'Unione delle Comunità Scientifiche Internazionali (ICSU) un Programma Mondiale sul Clima.
2. Nel 1979 in occasione della Prima Conferenza Mondiale sul Clima viene avviato il Programma Mondiale sul Clima.
3. Nel 1987 viene istituita la Commissione Mondiale su Ambiente e Sviluppo, presieduta da Gro Harlem Brundtland.
4. Nel 1988 viene istituito l'IPCC da parte di WTO e UNEP.
5. Nel 1990 si tiene a Ginevra la seconda Conferenza Mondiale sul Clima in cui l'IPCC presenta il Primo Rapporto di Valutazione. Il Rapporto pur tenendo conto delle incertezze presenti nella valutazione dei cambiamenti climatici, indica il rischio del riscaldamento globale dovuto all'aumento delle emissioni di gas serra da parte delle attività umane. Segnala, inoltre, l'urgenza di ridurre le emissioni di gas serra e in particolare della anidride carbonica. Sempre nel 1990 l'Assemblea Generale delle Nazioni Unite apre la negoziazione per una Convenzione sui Cambiamenti Climatici attraverso la istituzione di un Comitato Intergovernativo di Negoziazione (INC).
6. Il 9 maggio a New York viene adottata la Convenzione Quadro sui Cambiamenti Climatici.
7. Nel giugno del 1992 si tiene a Rio de Janeiro la "Conferenza dell'Organizzazione delle Nazioni Unite su Ambiente e Sviluppo" (UNCED). La Conferenza, cui hanno partecipato 154 paesi, si pone l'obiettivo di integrare, in una visione internazionale e intersettoriale, le politiche economiche e ambientali e definisce delle strategie ed azioni per lo "sviluppo sostenibile".
In particolare vengono concordati:
 - la "Dichiarazione di Rio";
 - un piano di azione per iniziative economiche, sociali ed ambientali in vista del XXI secolo "Agenda 21";
 - la "Convenzione Quadro sui Cambiamenti Climatici";
 - la "Convenzione Quadro sulla Biodiversità".
8. Italia. Il 28 dicembre 1993 il CIPE approva il Piano Nazionale per lo Sviluppo sostenibile, in attuazione dell'Agenda 21.
9. Italia. Il 15 gennaio 1994, con legge n. 65, viene ratificata dall'Italia la Convenzione Quadro sui Cambiamenti Climatici, con uno stanziamento di 1500 milioni.
10. Italia. Il 25 Febbraio 1994 il CIPE approva il Programma Nazionale per il contenimento delle emissioni di anidride carbonica entro il 2000 ai livelli del 1990.
11. Il 21 marzo 1994 la Convenzione Quadro sui Cambiamenti Climatici entra in vigore.
12. Nel 1995 l'IPCC presenta il suo Secondo Rapporto di Valutazione. Si segnala che è sempre più evidente l'influenza antropogenica sul clima globale, determinata dalla emissione di gas serra prodotta dalle attività

- umane. Inoltre si indica che per garantire che entro il 2100 le concentrazioni di gas serra siano contenute entro livelli “compatibili”, ovvero per raggiungere l’obiettivo della stabilizzazione della concentrazione atmosferica di anidride carbonica a livelli doppi rispetto a quelli dell’era preindustriale, le emissioni globali dovranno essere dimezzate rispetto alle attuali.
13. Italia. Il 15 Gennaio 1995 il CIPE approva la Prima Comunicazione Nazionale dell’Italia alla Convenzione Quadro sui cambiamenti Climatici.
 14. Nel 1995, a Berlino, si tiene la Prima Conferenza delle Parti della Convenzione Quadro sui Cambiamenti Climatici, in cui si stabilisce che entro il 1997 si dovrà adottare un protocollo o altro strumento legale, ovvero un impegno vincolante, in cui siano definiti i tempi e le quantità delle riduzioni delle emissioni di gas serra da parte dei Paesi Sviluppati.
 15. Italia. Il 5 Dicembre 1997 il CIPE approva la Seconda Comunicazione dell’Italia alla Convenzione Quadro sui cambiamenti Climatici.
 16. Il 19 novembre 1998 il CIPE approva le “Linee Guida per le politiche e misure di riduzione dei gas serra” dove al 2008-2012 viene indicato un obiettivo di riduzione dei gas serra complessivo di 95-112 Mt CO₂.
 17. L’11 dicembre del 1997 a Kyoto, viene adottato il Protocollo di Kyoto che stabilisce per i Paesi dell’Annex B (Paesi Industrializzati) un obiettivo di riduzione dei gas serra del 5,2 da raggiungersi entro il 2012 rispetto al 1990. Le quote sono differenziate per le diverse grandi regioni o grandi paesi industrializzati : riduzione di 8 % per l’Europa, 7 % per gli Stati Uniti, 6 % per il Giappone. Il Protocollo di Kyoto, in quella sede, viene soltanto siglato.
Perché il Protocollo assuma il valore legale di trattato internazionale, occorrono ratifiche corrispondenti nell’insieme al 55 % delle emissioni.
 18. Nel marzo del 2001 gli USA abbandonano il Protocollo di Kyoto e il 31 maggio l’Unione Europea lo ratifica . A seguito dell’abbandono USA, l’obiettivo – 5,2 % si riduce a – 3,8 % (paesi industrializzati).
 19. Nel luglio 2001 a Bonn e nel novembre del 2001 a Marrakesh (COP7), dopo la presa di posizione critica di un gruppo di paesi il cosiddetto “Umbrella Group”, vengono modificati i limiti e le modalità di raggiungimento delle riduzioni di gas serra. In particolare:
 - I “sinks” cioè i sistemi naturali di assorbimento della anidride carbonica, che possono essere utilizzati sia in ambito nazionale che internazionale per il raggiungimento dei propri obiettivi. Anche se i crediti che ne derivano possono essere riconosciuti entro un certo limite per le attività di gestione forestale, ma senza limiti per la gestione del suolo.
 - I “meccanismi flessibili” possono essere utilizzati in maniera illimitata per raggiungere gli obiettivi, anche se sono presenti raccomandazioni a un loro utilizzo limitato.
 20. Nel 2001 l’IPCC presenta il Terzo Rapporto di Valutazione
 21. Nel 2002 al Summit di Johannesburg continua il dibattito sul protocollo di Kyoto ed anche se alcuni paesi decisivi, tra cui la Russia, annunciano la ratifica del protocollo di Kyoto, non si riduce lo strappo con gli USA.
 22. Nel ottobre-novembre del 2002 a New Delhi il dibattito sulla entrata in vigore del protocollo continua con alterne vicende. Da una parte la

posizione determinata dell'Unione Europea sull'entrata in vigore del protocollo di Kyoto e dall'altra la posizione USA a ridefinire il quadro negoziale. Durante i lavori si cerca di spostare il dibattito più sugli impegni previsti dalla Convenzione che su quelli previsti dal protocollo adottato a Kyoto. Inoltre viene introdotta una specifica attenzione alle "misure di adattamento" ai cambiamenti climatici oltre quelle previste per la mitigazione.

23. Nel dicembre del 2002 il CIPE approva la "Revisione delle linee guida per le politiche e misure nazionali di riduzione delle emissioni di gas serra".

BIBLIOGRAFIA DI RIFERIMENTO

"Rapporto sugli scenari energetici ambientali", 2000, di Francesco Gracceva , ENEA

["Rapporto energia e ambiente 2001, Analisi e Dati, ENEA"](#)

"Rapporto energia e ambiente 2002, Analisi e Dati, ENEA

["Rapporto ENEA sullo stato di attuazione del Patto per l'Energia e l'Ambiente" ENEA 2001](#)

"Rapporto 2000 sullo sviluppo umano " 11 – I diritti umani ; Rosenberg e Sellier , 2000.

"IPCC Third Assesment Report 2001"

["Rapporto ISSI, Istituto per lo sviluppo sostenibile Italia, 2002", Editori Riuniti, 2002.](#)