

Corso di Sostenibilità dei sistemi edili

A.A. 2024-25

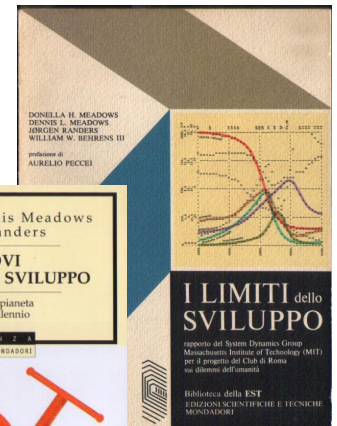
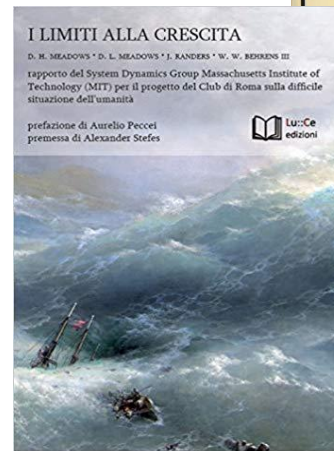
Guido R. Dell'Osso

I Limiti dello sviluppo

da

"I nuovi limiti dello sviluppo"

di Donella e Dennis Meadows e Jorgen Randers

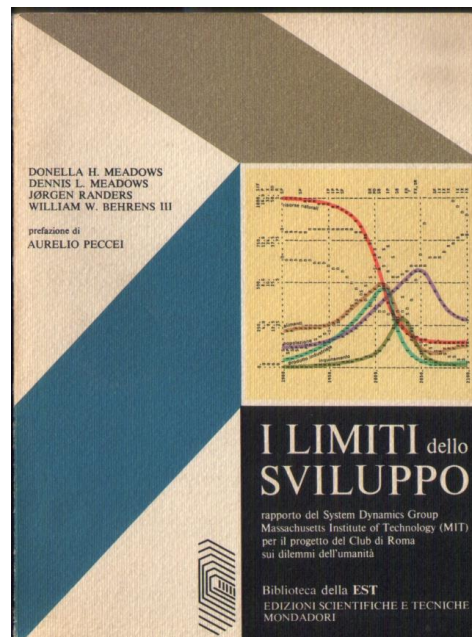


Genesi dei Limiti dello sviluppo

Nel 1970 parte il lavoro di un gruppo di ricercatori del MIT incaricato dal Club di Roma (un gruppo informale di uomini d'affari, statisti e scienziati di vari paesi) e finanziato dalla Fondazione Volkswagen, che porterà nel 1972 alla pubblicazione del rapporto

I limiti dello sviluppo

Tale lavoro, elaborato da Donella e Dennis Meadows e Jorgen Randers, costituisce certamente **il più importante riferimento in materia di Sostenibilità.**



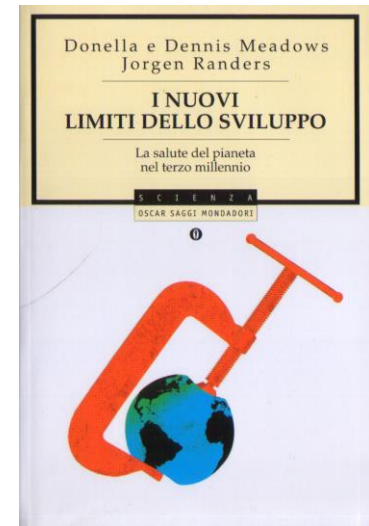
Genesi dei Limiti dello sviluppo

Da allora sono seguiti due lavori successivi in aggiornamento di quello iniziale:

Oltre i limiti dello sviluppo nel 1992

I nuovi limiti dello sviluppo nel 2004.

Del settembre 2018 è la ristampa del libro del 1972 con il titolo I LIMITI DELLA CRESCITA e due saggi di Ugo Bardi e Gianfranco Bologna.



Il lavoro utilizza la dinamica dei sistemi e le simulazioni al computer per analizzare le cause e le conseguenze a lungo termine della crescita della popolazione e dell'economia materiale a scala globale, generando con il modello World3 scenari di sviluppo globale dotati di coerenza interna.

Svolgerò, di seguito, una sintetica trattazione su questa Teoria, raccomandando vivamente la consultazione dei testi ufficiali che costituiscono una lettura essenziale per chi vuole affrontare compiutamente le tematiche della Sostenibilità.

Tre caratteri ovvi per conseguenze ovvie

Il testo del 1972 concepiva vincoli ecologici globali e poneva con certezza la questione dell'esistenza di limiti alla crescita che l'umanità si apprestava in breve a superare.

Le tesi sostenute poggiano sugli **schemi dinamici di comportamento generati da tre caratteri** ovvi, persistenti e comuni del sistema globale:

- l'esistenza di risorse limitate ed erodibili**
- la costante tendenza alla crescita**
- il ritardo delle risposte della società di fronte a limiti sempre più vicini.**

Qualunque sistema governato da queste proprietà è soggetto al superamento dei limiti (e al collasso).

“Si tratta di una situazione unica, che pone una serie di questioni mai affrontate prima dalla nostra specie su scala globale.

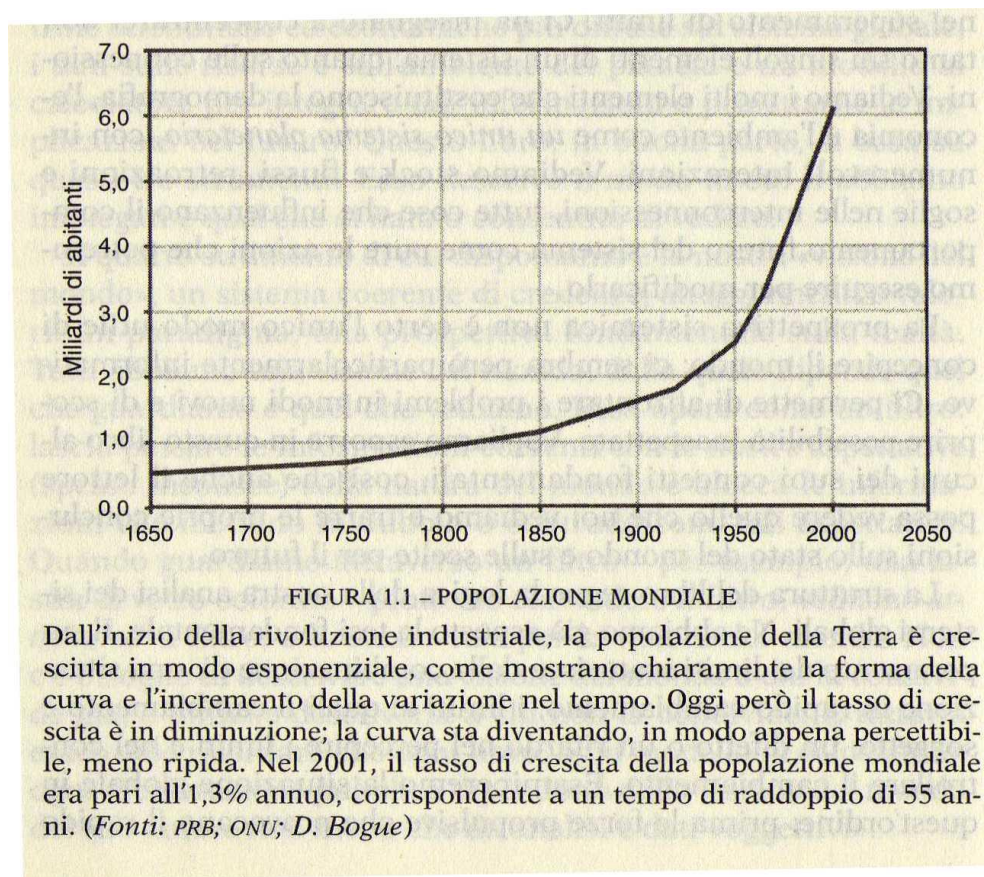
Non abbiamo le prospettive, le norme culturali, le abitudini e le istituzioni necessarie a farvi fronte”

“Il superamento dei limiti può avere due esiti diversi.

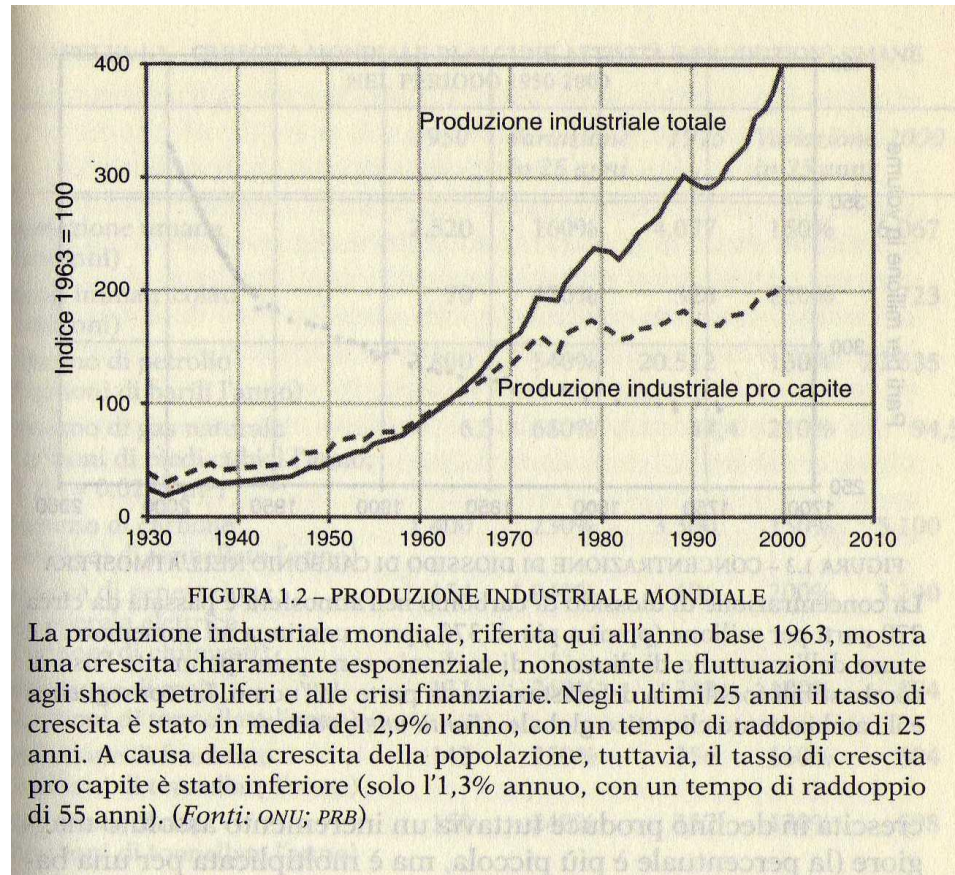
Il primo è un qualche tipo di disastro.

Il secondo è una svolta deliberata, una correzione, un giudizioso rallentamento.”

La crescita della popolazione mondiale



La crescita della produzione industriale



La crescita di CO₂ nell'atmosfera

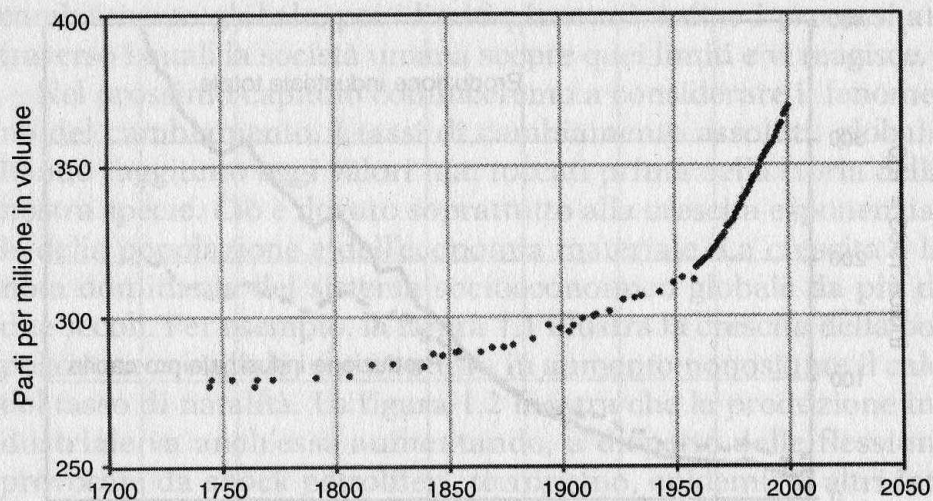


FIGURA 1.3 – CONCENTRAZIONE DI DIOSSIDO DI CARBONIO NELL'ATMOSFERA

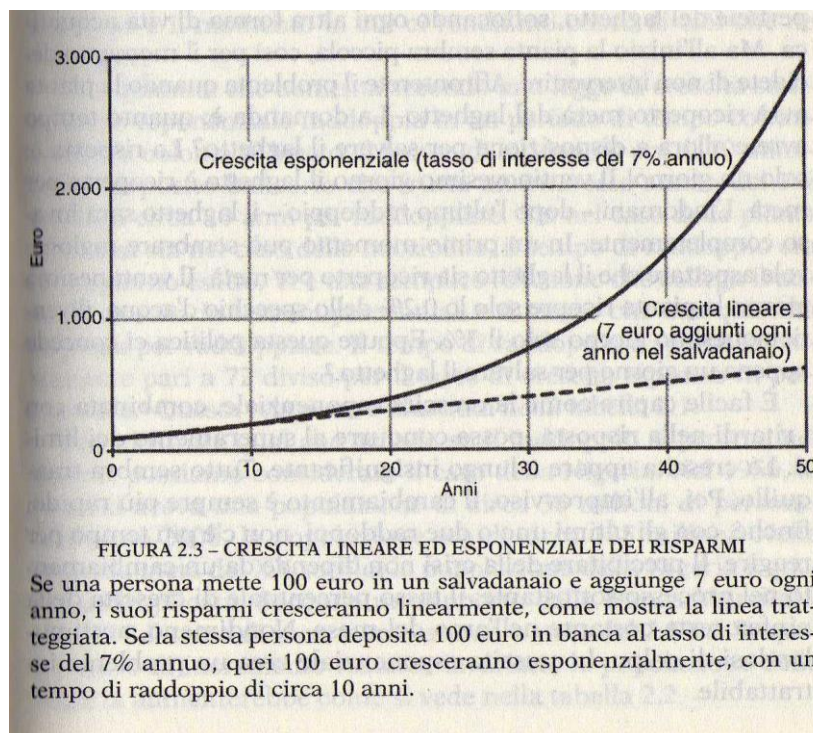
La concentrazione di diossido di carbonio nell'atmosfera è passata da circa 270 parti per milione (ppm) a più di 370 ppm e continua ad aumentare. Le cause dell'accumulo di diossido di carbonio sono principalmente l'uso di combustibili fossili e la deforestazione da parte dell'uomo. La conseguenza è il cambiamento climatico globale. (Fonti: UNEP; US DOE)

Crescita esponenziale

Popolazione, produzione alimentare, produzione industriale, consumo di risorse e inquinamento stanno tutti aumentando in modo esponenziale.

La crescita esponenziale – il processo che consiste nel raddoppiare, raddoppiare di nuovo, e poi raddoppiare ancora – è sorprendente, perché produce molto rapidamente numeri enormi.

Le quantità che crescono in modo esponenziale sono ingannevoli perché la maggior parte di noi concepisce la crescita come un processo lineare.



Caratteristiche della crescita esponenziale

Prendete un pezzo di stoffa abbastanza grande e piegatelo a metà: il suo spessore raddoppia.

Pieгатelo ancora a metà: lo spessore è quadruplo.

Pieгатelo a metà una terza volta, e poi una quarta.

Adesso lo spessore è 16 volte quello originario: più o meno un centimetro.

Se potessimo piegare la pezza altre 29 volte per un totale di 33 piegature, quanto risulterebbe spessa alla fine?

Un metro?

Da uno a dieci metri?

Da dieci metri a un chilometro?

In verità, non è possibile ripiegare la pezza a metà per 33 volte.

Ma a riuscirci, il cumulo così prodotto misurerebbe circa 5.400 chilometri.

Un'antica leggenda persiana narra di un cortigiano d'ingegno sottile che donò al suo re una magnifica scacchiera chiedendogli in cambio un chicco di riso per la prima casella della scacchiera, due chicchi per la seconda casella, quattro per la terza, e così via.

Il re acconsentì e ordinò che portassero del riso dai suoi magazzini.

La quarta casella della scacchiera valse al cortigiano otto chicchi, la decima casella 512, la quindicesima 16.384, la ventiquattresima casella più di un milione di chicchi di riso.

Alla quarantunesima casella ebbe un trilione di chicchi di riso (mille miliardi, 10 alla 12).

Ma non poté essere ricompensato fino alla sessantaquattresima casella:

ci sarebbe voluto più riso di tutto quello esistente al mondo

Effetti dei ritardi nelle risposte

Un indovinello francese illustra un altro aspetto della crescita esponenziale: la subitanità con la quale una quantità che cresce in modo esponenziale si avvicina a un limite dato.

Immaginate di avere un laghetto. Un giorno vi accorgete che nel laghetto cresce una ninfea.

Sapete che le piante di ninfea raddoppiano le proprie dimensioni ogni giorno.

Vi rendete conto che se la pianta potesse svilupparsi liberamente, in trenta giorni ricoprirebbe l'intera superficie del laghetto, soffocando ogni altra forma di vita acquatica.

Ma all'inizio la pianta sembra piccola, così per il momento decidete di non intervenire. Affronterete il problema quando la pianta avrà ricoperto metà del laghetto.

La domanda è: quanto tempo avrete allora a disposizione per salvare il laghetto?

La risposta è: solo un giorno!

E' facile capire come la crescita esponenziale, **combinata con i ritardi nella risposta**, possa condurre al superamento dei limiti.

La crescita appare a lungo insignificante. Tutto sembra tranquillo.

Poi, all'improvviso, il cambiamento è sempre più rapido, finché, con gli ultimi uno o due raddoppi,

non c'è più tempo per reagire.

Consumi di energia

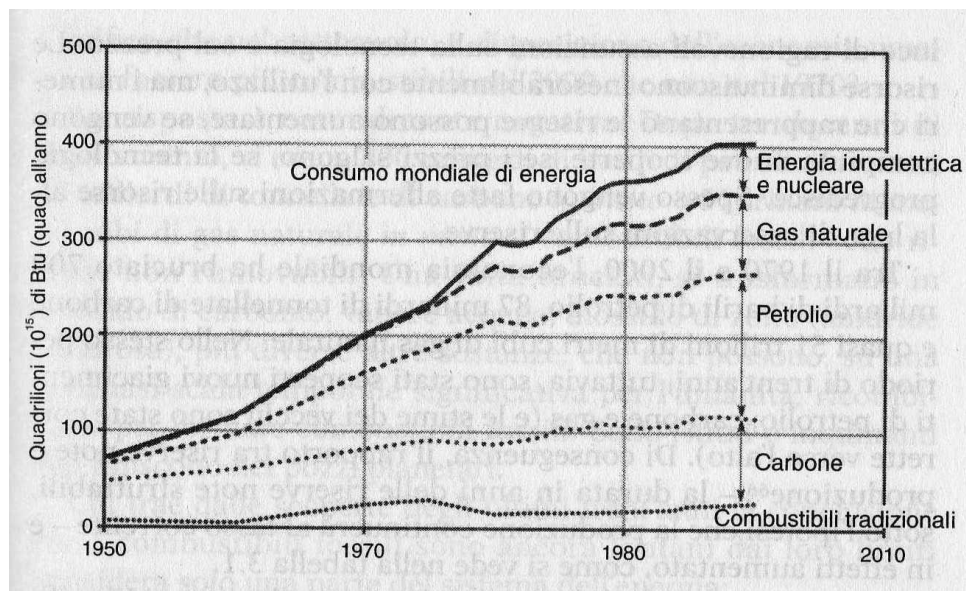


FIGURA 3.10 – CONSUMO MONDIALE DI ENERGIA

Il consumo mondiale di energia è raddoppiato tre volte tra il 1950 e il 2000. I combustibili fossili dominano ancora l'offerta di energia primaria: la quota del carbone raggiunse un picco intorno al 1920, quando costituiva oltre il 70% di tutti i combustibili consumati; la quota del petrolio toccò il massimo all'inizio degli scorsi anni Ottanta, giungendo poco oltre il 40%. Si può prevedere che il gas naturale, che è meno inquinante sia del carbone sia del petrolio, aumenterà in futuro il proprio peso nel consumo globale di energia. (Fonti: ONU; US DOE)

Consumi di gas e proiezioni

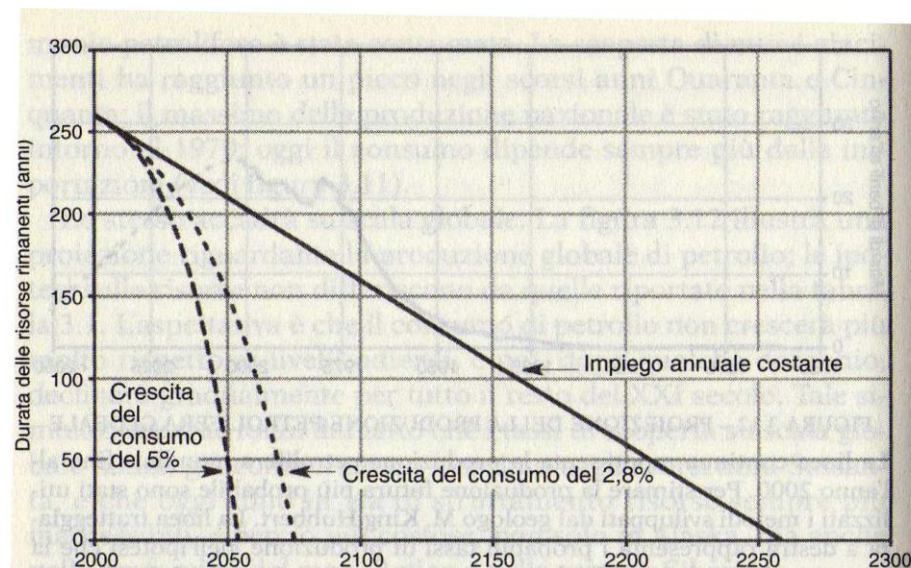


FIGURA 3.13 – POSSIBILI ANDAMENTI DELL'ESAURIMENTO DELLE RISORSE MONDIALI DI GAS NATURALE

Se le risorse totali di gas naturale, al tasso di utilizzo del 2000, sono sufficienti per 260 anni, questo tasso di consumo può proseguire fino al 2260. Ma l'esaurirsi di petrolio, assieme ai problemi ambientali provocati dal carbone, potrebbe accelerare il consumo di gas nei decenni a venire. Se il consumo di gas dovesse continuare a crescere al tasso attuale del 2,8% annuo, la base di risorse ipotizzate si esaurirebbe nel 2075. Al 5% di crescita annua, la risorsa di gas giungerebbe a esaurimento nel 2054.

Consumo metalli

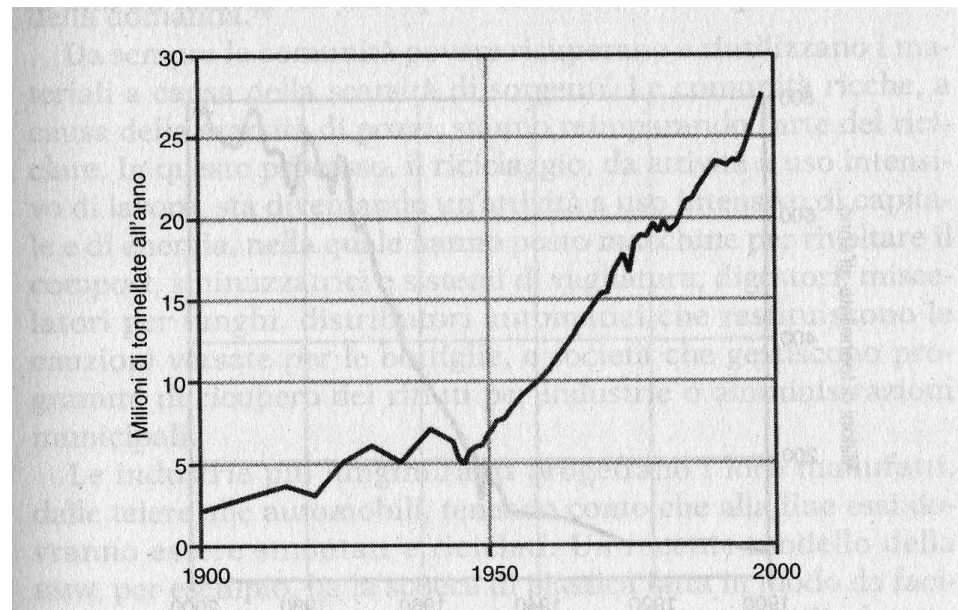


FIGURA 3.16 – CONSUMO GLOBALE DI CINQUE IMPORTANTI METALLI

Il consumo di rame, piombo, zinco, stagno e nichel è andato incontro a un brusco incremento nel corso del XX secolo. (Fonti: Klein Goldewijk e Battjes; US Bureau of Mines; USGS; US CRB)

Consumo acciaio

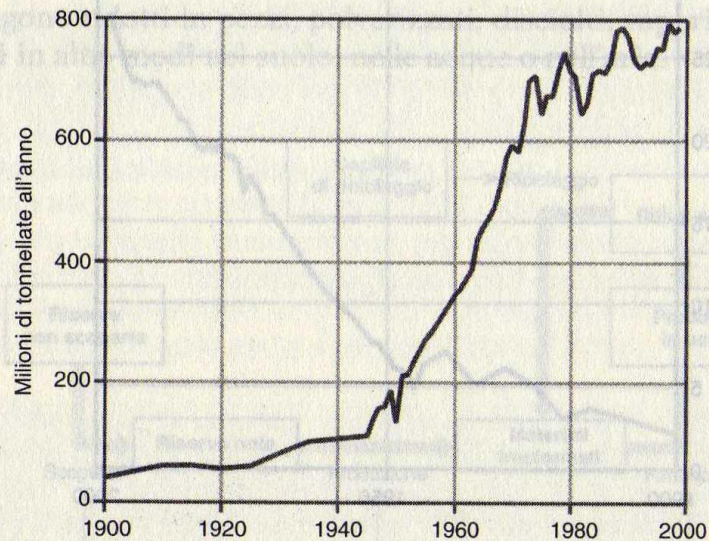
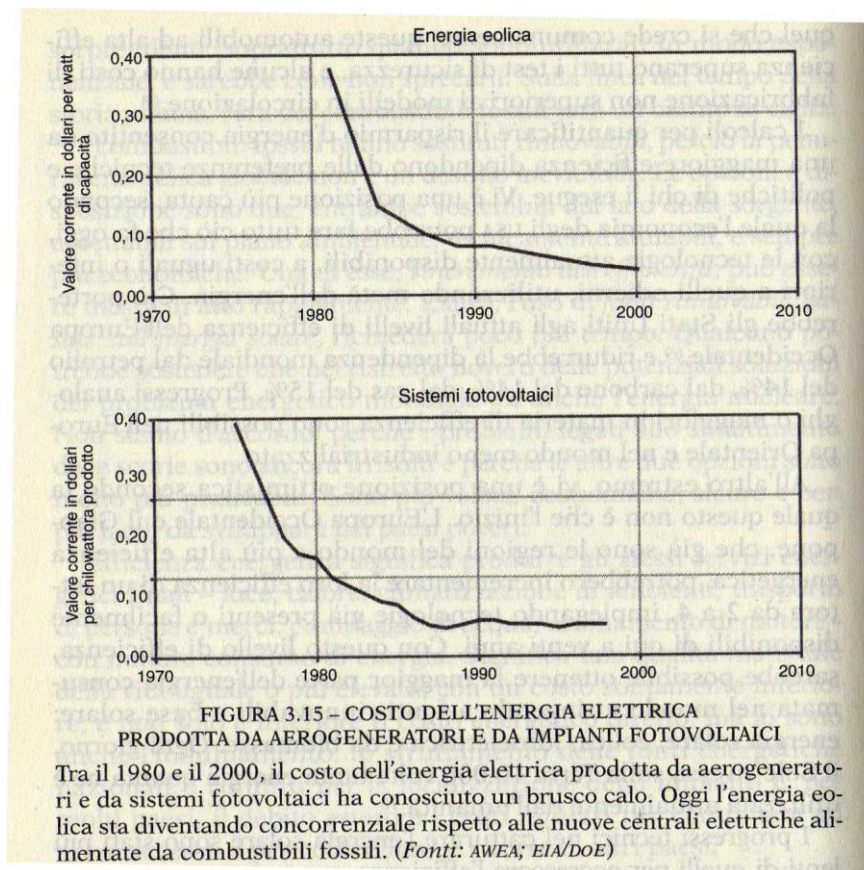


FIGURA 3.17 – CONSUMO DI ACCIAIO NEL MONDO

Il consumo di acciaio nel mondo mostra una curva di crescita a forma di S.
(Fonti: Klein Goldewijk e Battjes; US Bureau of Mines; USGS; US CRB)

Costi energia da fonti rinnovabili



Diminuzione della contaminazione

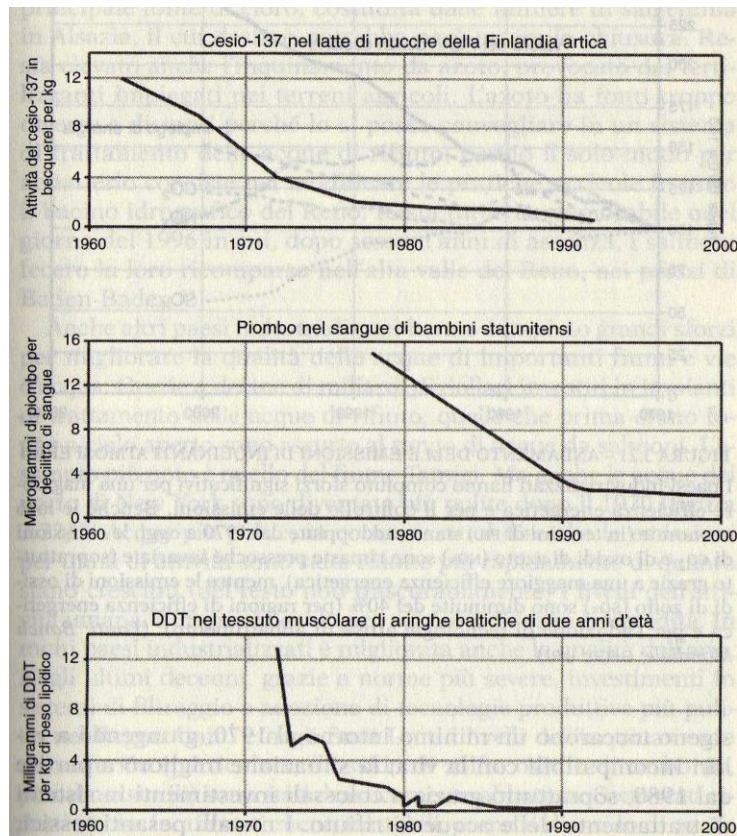


FIGURA 3.20 – DIMINUZIONE DELLA CONTAMINAZIONE UMANA E AMBIENTALE

I livelli di alcuni inquinanti sono andati diminuendo negli ultimi decenni in diverse aree geografiche. I miglioramenti più marcati sono stati prodotti dalla proibizione assoluta di sostanze tossiche quali il piombo usato nella benzina e il pesticida DDT, ma anche dalla messa al bando dei test nucleari nell'atmosfera. (Fonti: *Swedish Environmental Research Institute; AMAP; EPA*)

Le simulazioni con World3

Con il programma World3 sono stati costruiti scenari differenti, simulati fino all'anno 2100, che considerano diverse situazioni riferite a :

- **Popolazione**
- **Prodotto alimentare**
- **Prodotto industriale**
- **Livello relativo di inquinamento**
- **Risorse non rinnovabili restanti**

Dall'andamento di tali parametri derivano:

- **Produzione alimentare pro capite**
- **Speranza media di vita**
- **Beni di consumo pro capite**

e di conseguenza:

- **Indice di benessere umano**
- **Impronta ecologica umana**

Ipotesi e risultati dello scenario 0

Lo scenario 0 illustra una situazione particolarmente ottimistica ma, verosimilmente, di difficilissima attuazione.

Si ipotizza che:

- le risorse non rinnovabili occorrenti per la produzione diminuiscono in modo esponenziale (con un calo del 50% ogni 15 anni);
- l'inquinamento per unità di produzione diminuisce in modo esponenziale del 5% l'anno;
- la resa agricola unitaria aumenta in modo esponenziale del 5% l'anno;
- ognuna di queste conquiste tecniche è applicabile in tutta l'economia mondiale;
- gli insediamenti umani sottraggono terra all'agricoltura a un quarto del tasso normalmente ipotizzato da World3;
- il prodotto agricolo non è influenzato in misura significativa dall'inquinamento.

Ne deriva che:

- la popolazione rallenta la crescita, giunge a 9 miliardi e poi declina gradualmente;
- la speranza di vita media si stabilizza a circa 80 anni;
- nel 2080 la resa agricola media è quasi 6 volte quella del 2000;
- il prodotto industriale sale vertiginosamente fino a uscire dal grafico;
- diminuisce il consumo di risorse non rinnovabili;
- si riducono le emissioni inquinanti di un fattore pari a 8;
- dal 2000 al 2080 il benessere umano aumenta del 25% e l'impronta ecologica si riduce del 40%.

Scenario 0

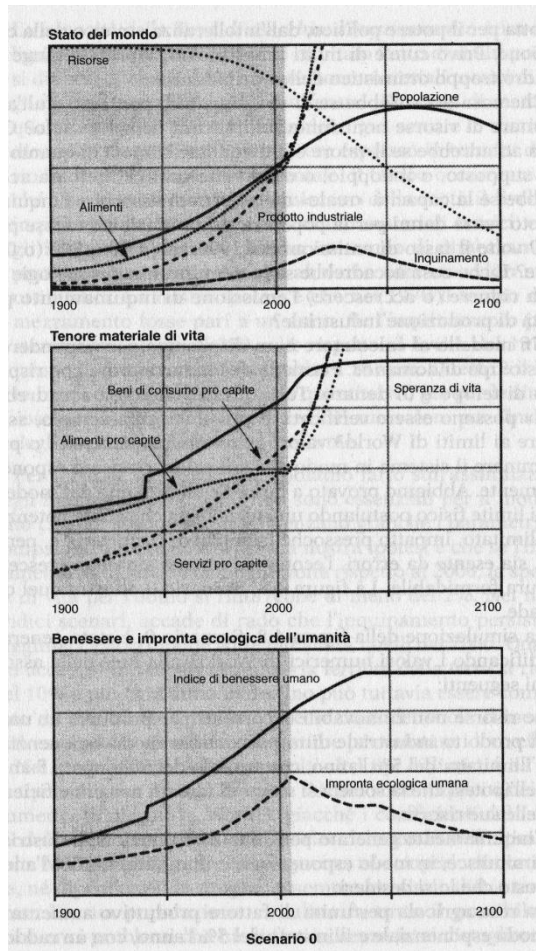


FIGURA 4.8 – SCENARIO 0: INFINITO IN ENTRATA, INFINITO IN USCITA

Se dal sistema World3 si eliminano tutti i limiti fisici, la popolazione raggiunge un picco di quasi 9 miliardi e poi comincia un lento declino attraverso una transizione demografica. L'economia cresce finché nell'anno 2080 il prodotto industriale arriva a un livello pari a 30 volte quello del 2000, pur consumando la medesima quantità annua di risorse non rinnovabili e producendo solo un ottavo dell'inquinamento.

Scenario 1

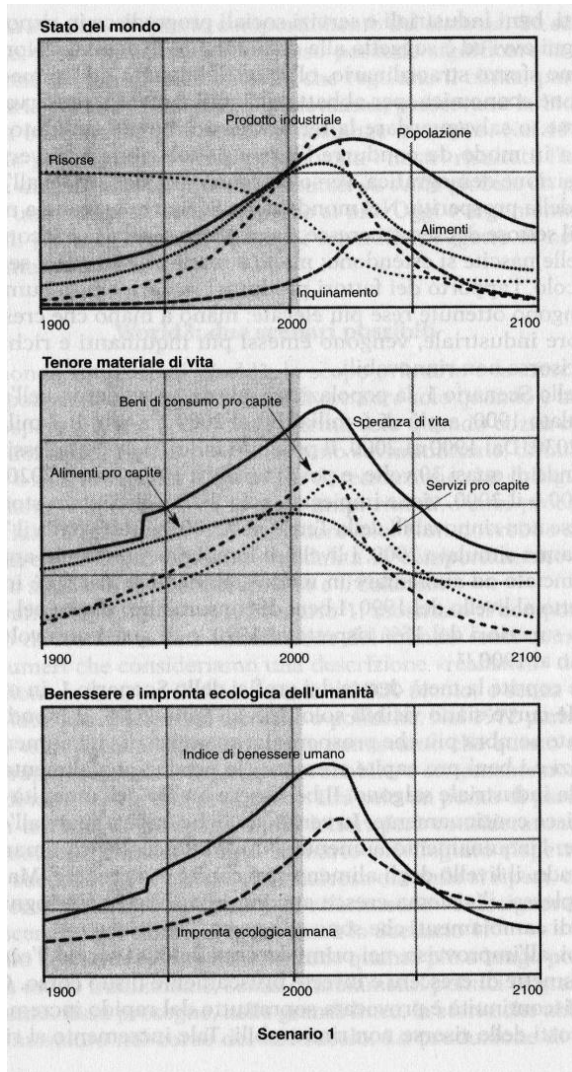


FIGURA 4.11 – SCENARIO 1: IL PUNTO DI RIFERIMENTO

La società globale va avanti senza grandi cambiamenti rispetto alle politiche seguite nel corso della maggior parte del XX secolo. Popolazione e produzione aumentano finché la crescita non è arrestata dalla crescente inaccessibilità delle risorse non rinnovabili. Per mantenere costante il flusso di risorse sono necessari investimenti sempre maggiori. Alla fine, la mancanza di fondi per investimenti negli altri settori dell'economia fa diminuire la produzione di beni e di servizi industriali. Mano a mano che tale produzione si riduce, anche l'alimentazione e i servizi sanitari peggiorano, facendo diminuire la speranza di vita e facendo salire il tasso di mortalità medio.

Scenario 2

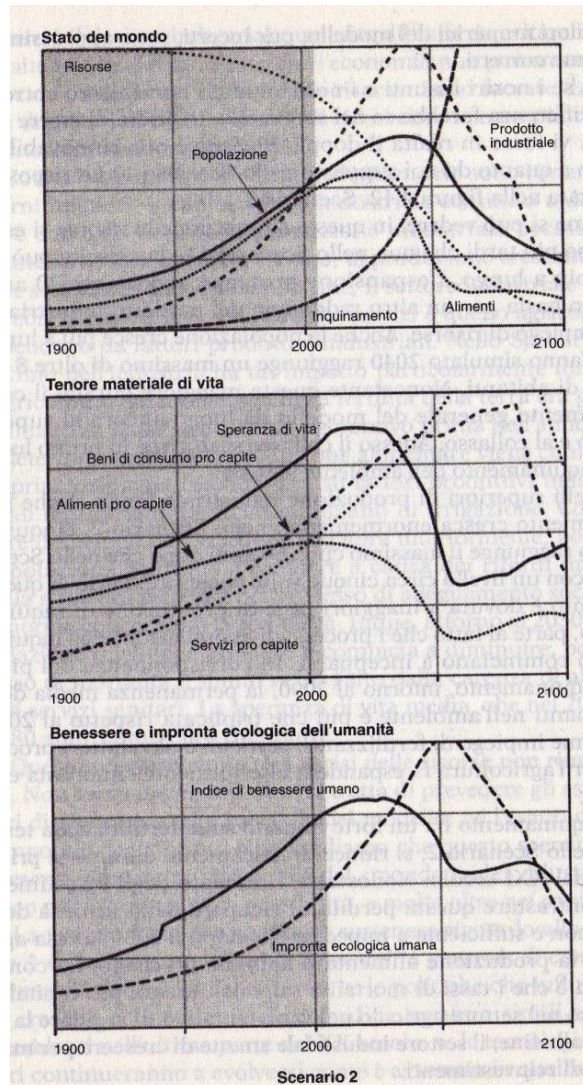


FIGURA 4.12 – SCENARIO 2: RISORSE NON RINNOVABILI PIÙ ABBONDANTI
Se raddoppiamo l'ammontare di risorse non rinnovabili postulato nello Scenario 1, e supponiamo che l'aumento dei costi per l'ottenimento di risorse sia ritardato dai progressi della tecnologia estrattiva, l'industria può crescere per altri 20 anni. La popolazione raggiunge il picco di 8 miliardi nel 2040, con livelli di consumo molto più elevati. I livelli di inquinamento però schizzano verso l'alto (fino a uscire dal grafico), riducendo la resa della terra e rendendo necessari enormi investimenti nel settore agricolo. La popolazione, alla fine, diminuisce a causa della penuria di alimenti e dei danni che l'inquinamento arreca alla salute.

Scenario 3

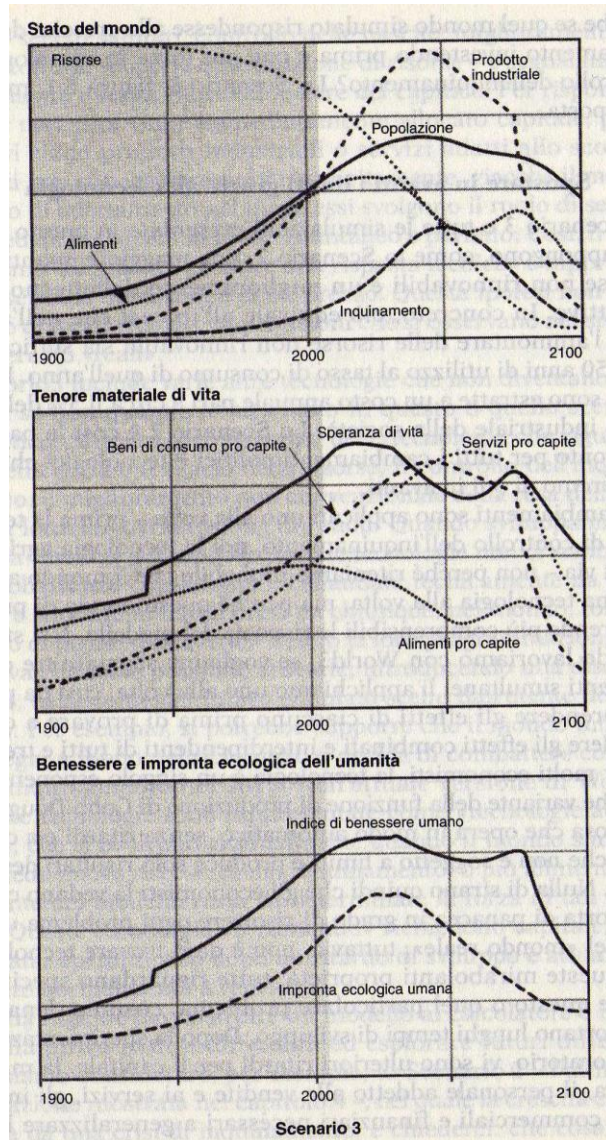


FIGURA 6.1 – SCENARIO 3: RISORSE NON RINNOVABILI PIÙ ACCESSIBILI, TECNOLOGIA DI CONTROLLO DELL'INQUINAMENTO

In questo scenario supponiamo che vi sia la stessa ampia disponibilità di risorse dello Scenario 2, e, inoltre, una tecnologia di controllo dell'inquinamento sempre più efficace, in grado di ridurre la quantità di inquinamento generata per unità di prodotto del 4% l'anno a partire dal 2002. Ciò assicura molto più benessere per più persone dopo il 2040, grazie alla diminuzione degli effetti negativi prodotti dall'inquinamento. Alla fine, però, la produzione alimentare declina, sottraendo capitale al settore industriale e ponendo le premesse del collasso.

Scenario 4

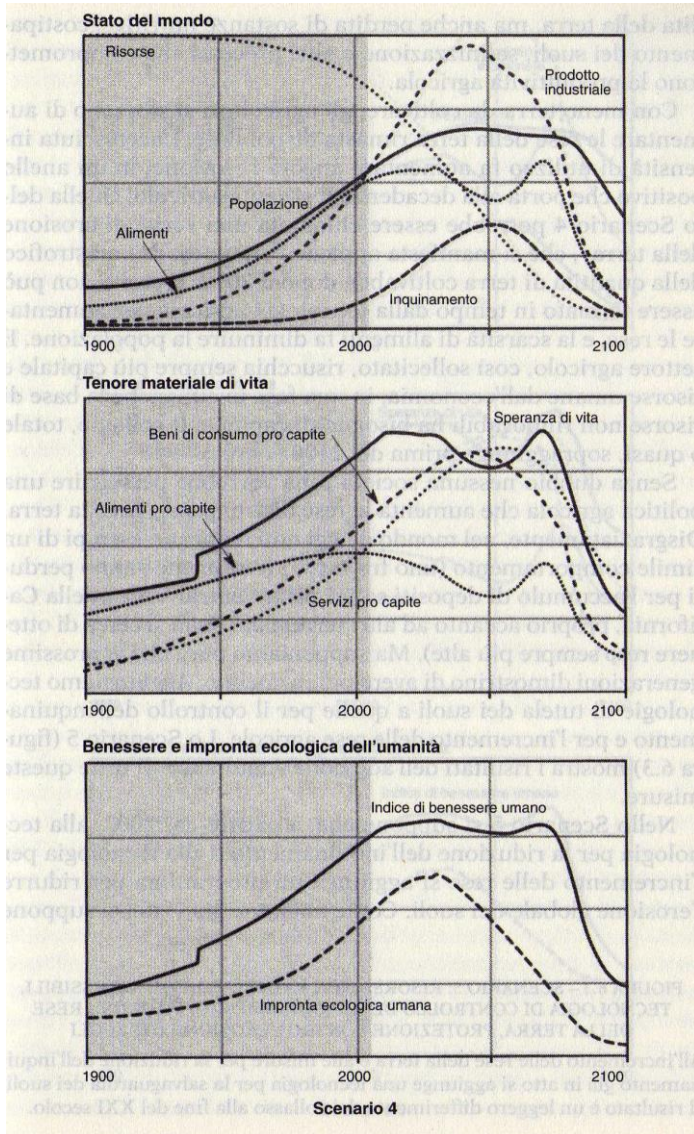


FIGURA 6.2 – SCENARIO 4: RISORSE NON RINNOVABILI PIÙ ACCESSIBILI, TECNOLOGIA DI CONTROLLO DELL'INQUINAMENTO, MAGGIORI RESE DELLA TERRA

Se, nel mondo simulato, alla tecnologia di controllo dell'inquinamento viene aggiunto un complesso di tecnologie in grado di fare aumentare di molto la resa unitaria della terra, l'agricoltura fortemente intensiva accelera la perdita della terra. In tutto il mondo, gli agricoltori si sforzano di ottenere raccolti sempre maggiori da una quantità di terra sempre minore. La situazione che ne risulta è insostenibile.

Scenario 5

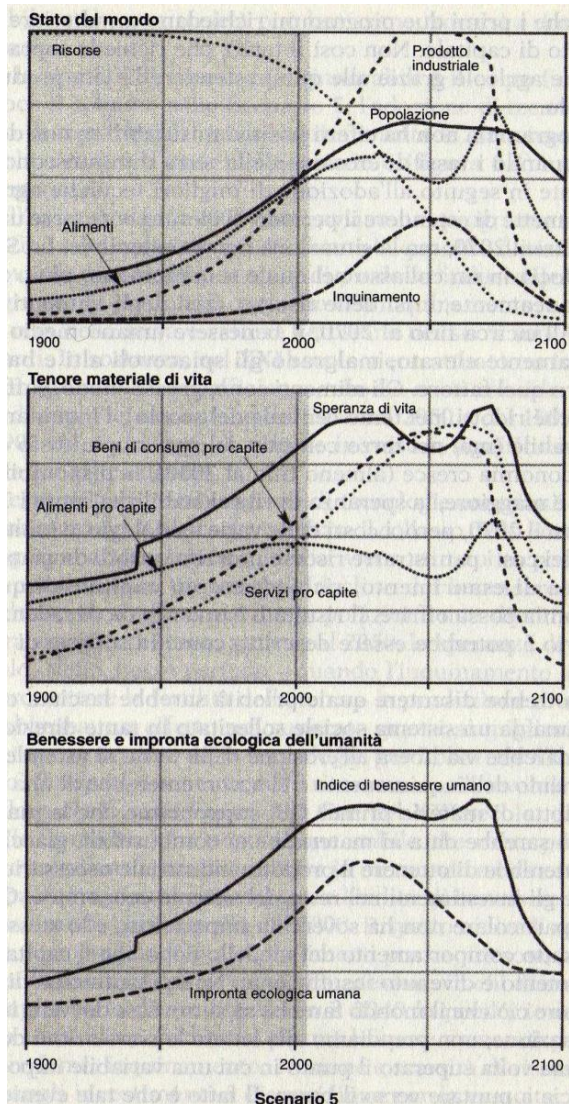


FIGURA 6.3 – SCENARIO 5: RISORSE NON RINNOVABILI PIÙ ACCESSIBILI, TECNOLOGIA DI CONTROLLO DELL'INQUINAMENTO, MAGGIORI RESE DELLA TERRA, PROTEZIONE CONTRO L'EROSIONE DEI SUOLI

All'incremento delle rese della terra e alle misure per la riduzione dell'inquinamento già in atto si aggiunge una tecnologia per la salvaguardia dei suoli. Il risultato è un leggero differimento del collasso alla fine del XXI secolo.

Scenario 6

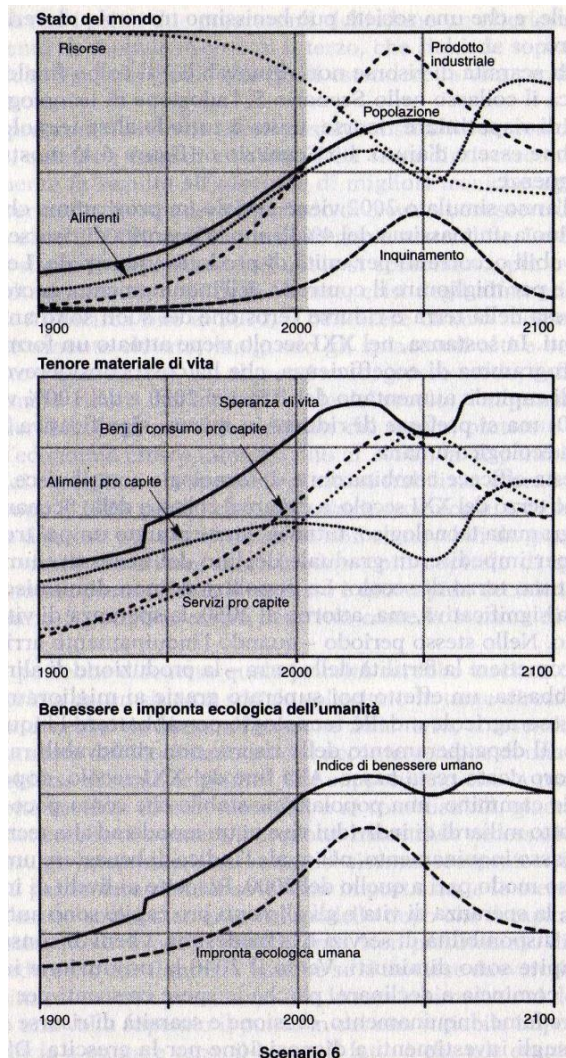


FIGURA 6.4 – SCENARIO 6: RISORSE NON RINNOVABILI PIÙ ACCESSIBILI, TECNOLOGIA DI CONTROLLO DELL'INQUINAMENTO, MAGGIORI RESE DELLA TERRA, PROTEZIONE CONTRO L'EROSIONE DEI SUOLI, TECNOLOGIA PER UN IMPIEGO PIÙ EFFICIENTE DELLE RISORSE

Nel mondo simulato vengono sviluppate efficaci tecnologie che, combinate assieme, permettono di abbattere l'inquinamento, aumentare le rese della terra, salvaguardare i suoli e risparmiare risorse non rinnovabili. Si suppone che queste tecnologie comportino dei costi e richiedano vent'anni per giungere a piena attuazione. Complessivamente, esse permettono al mondo simulato di crescere e prosperare. Alla fine, è a causa dell'accumularsi dei costi di tali tecnologie che il benessere comincia a venir meno.

Scenario 7

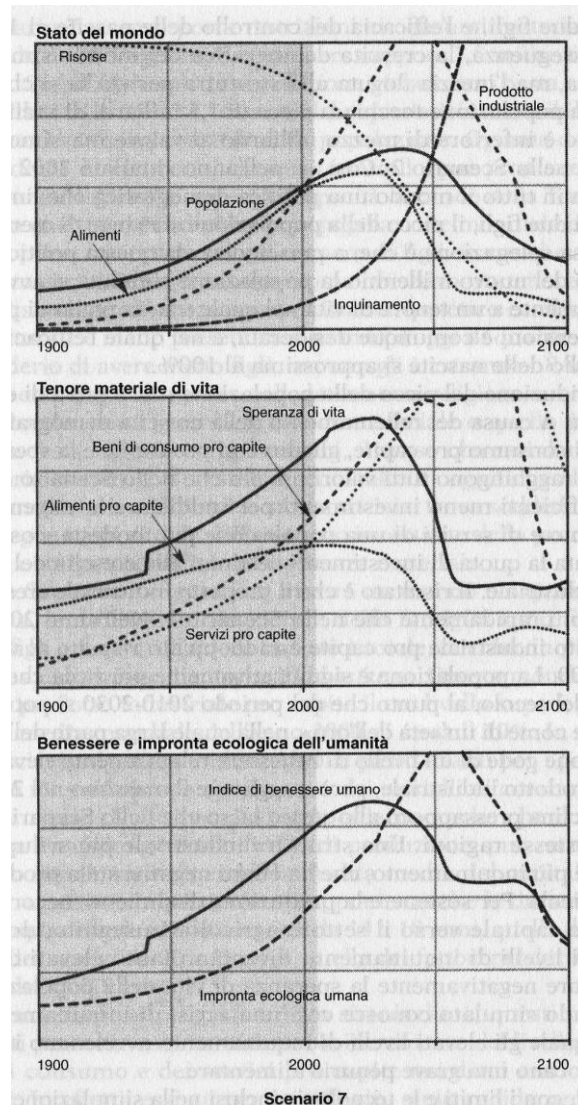


FIGURA 7.1 – SCENARIO 7: IL MONDO CERCA DI STABILIZZARE LA POPOLAZIONE A PARTIRE DAL 2002

In questo scenario supponiamo che dopo il 2002 tutte le coppie decidano di limitare le dimensioni della propria famiglia a due figli, e che abbiano accesso a efficaci tecniche per il controllo delle nascite. A causa dell'inerzia della struttura per età della popolazione, questa continua a crescere per un'altra generazione. Il rallentamento della crescita demografica permette al prodotto industriale di salire più velocemente, finché non viene arrestato dai costi comportati dalla crescita dell'inquinamento (come accade nello Scenario 2).

Scenario 8

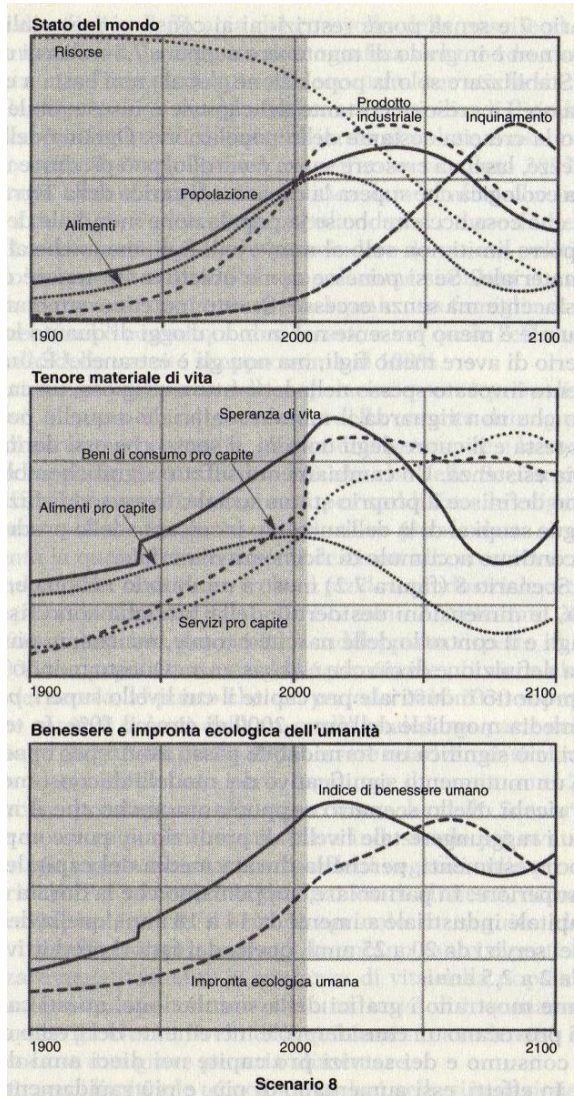


FIGURA 7.2 – SCENARIO 8: IL MONDO CERCA DI STABILIZZARE LA POPOLAZIONE E IL PRODOTTO INDUSTRIALE PRO CAPITE A PARTIRE DAL 2002

Se la società simulata decide di limitare le dimensioni della famiglia desiderata a due figli e adotta un valore prefissato per il prodotto industriale pro capite, può estendere, in qualche misura, il «periodo aureo» di benessere umano abbastanza elevato che nello Scenario 7 andava dal 2020 al 2040. Tuttavia, l'inquinamento incide sempre più pesantemente sulle risorse agricole. La produzione alimentare pro capite declina, facendo scendere, infine, la speranza di vita e la popolazione.

Scenario 9

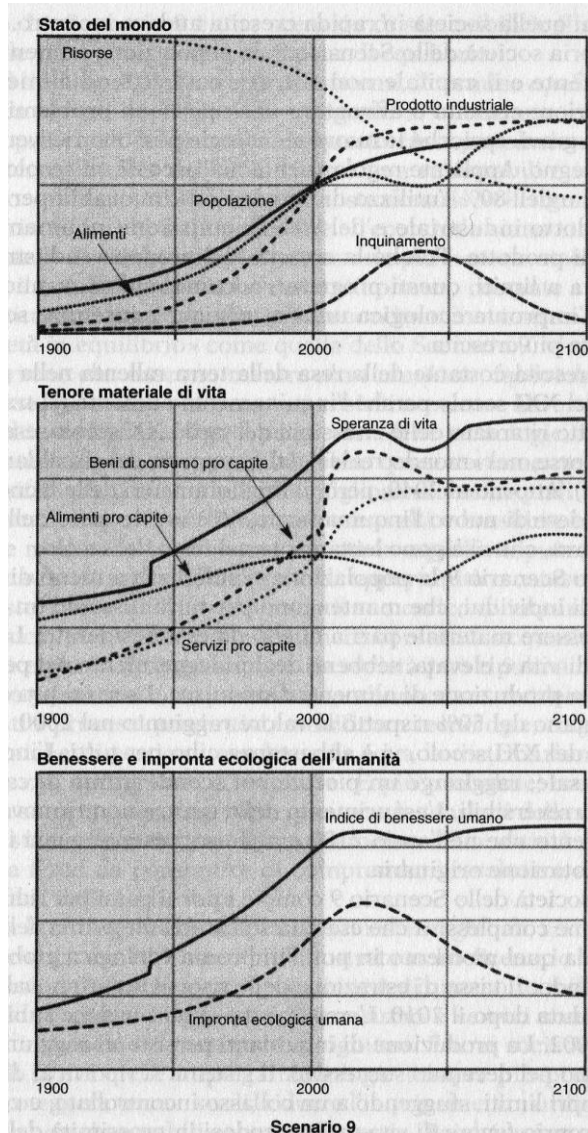


FIGURA 7.3 – SCENARIO 9: IL MONDO CERCA DI STABILIZZARE LA POPOLAZIONE E IL PRODOTTO INDUSTRIALE PRO CAPITE, E SI DOTA DI TECNOLOGIE PER L'INQUINAMENTO, LE RISORSE E L'AGRICOLTURA A PARTIRE DAL 2002

In questo scenario, la popolazione e il prodotto industriale sono sottoposti alle limitazioni della simulazione precedente, e, in più, vengono introdotte nuove tecnologie per abbattere l'inquinamento, tutelare le risorse, accrescere la resa della terra e salvaguardare i suoli agricoli. La società che ne risulta è sostenibile: quasi 8 miliardi di individui per i quali il benessere umano è elevato e l'impronta ecologica è in costante declino.

Scenario 10

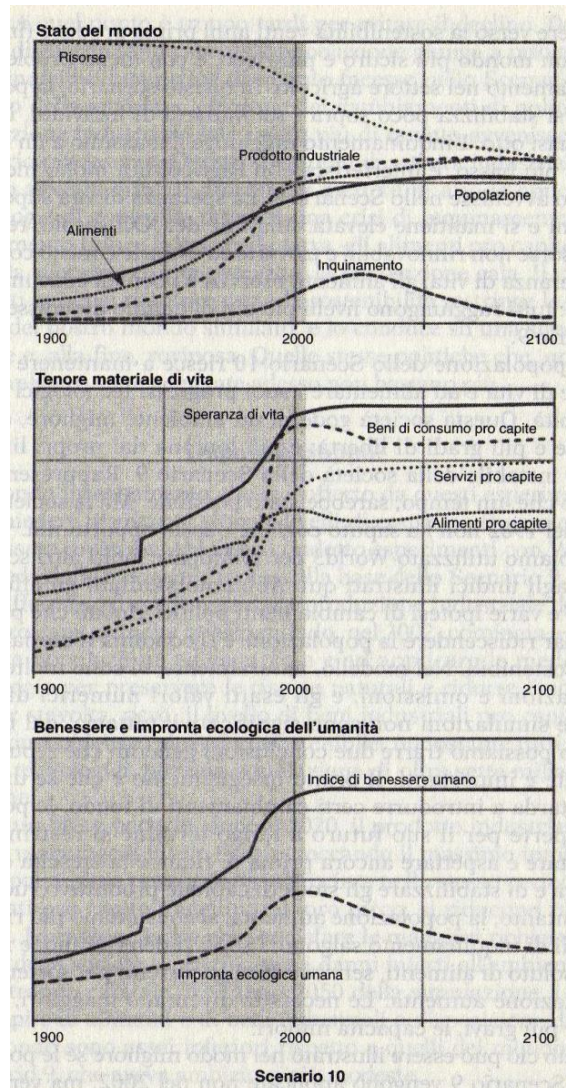


FIGURA 7.4 – SCENARIO 10: LE POLITICHE DI SOSTENIBILITÀ DELLO SCENARIO 9 INTRODOTTE CON VENTI ANNI DI ANTICIPO (NEL 1982)

Questa simulazione include tutti i cambiamenti introdotti nello Scenario 9, ma le politiche sono attuate nell'anno 1982 anziché nel 2002. Compiere questi passi verso la sostenibilità venti anni prima avrebbe comportato una popolazione finale più bassa, meno inquinamento, più risorse non rinnovabili, e un livello medio di benessere leggermente più alto per tutti.

L'obiettivo è raggiungibile?

Ripercorrendo le ipotesi progressivamente introdotte come correttivi
**ci si rende conto che siamo in presenza di situazioni non impossibili,
ma, obiettivamente, di difficile implementazione.**

Pur reputando ciascun correttivo realizzabile, appare molto complicato farlo a scala globale.

Si tratta, però, di condizioni ineludibili.

Possiamo affermare che per alcuni aspetti siamo sulla buona strada, ma il percorso è ancora lungo e irto di difficoltà.

Alvar Aalto

Casa torre a Brema (1958-62)

