

SIPS - SOCIETA' ITALIANA PER IL PROGRESSO DELLE SCIENZE - ONLUS

Frammentazione e ricomposizione di saperi. Il ritorno alla realtà come sistema complesso di rapporti

Prof. Antonio Moroni

Coordinatore
Professore emerito di Ecologia
dell'Università di Parma
Membro della Società Italiana per il
Progresso delle Scienze

Parma, 2007

INDICE

1. Ricerca, industria, ambiente nel secolo XX 5

2. Verso una nuova cultura per il secolo XXI: dalla frammentazione al sistema. La complessità ambientale 6

3. Percorsi del pensiero umano. Un secolo di attività della Società Italiana per il Progresso delle Scienze 7

1. PERCORSI DELLA SCIENZA ATTRAVERSO LA STORIA DELL'AMBIENTE 11

1.1 Dal mito alla rivoluzione scientifica: tracce di un percorso 11

1.2 Dai drammi dell'ambiente la richiesta di ricomporre saperi frammentati 14

2. PERCEZONE PRESCIENTIFICA GLOBALE DELL'AMBIENTE. LA TRANSIZIONE ECOLOGICA. 15

2.1 Percezione, analisi e gestione dell'ambiente nelle società prescientifiche. 15

2.2 L'epoca dell'equilibrio naturale 16

2.3 Gli agricoltori-allevatori hanno alterato la natura 19

2.4. Dal mito alla riflessione filosofica sui grandi problemi della vita 20

2.5. Roma, polo di ricerca giuridica, naturalistica, urbanistica 26

2.6 Il cammino del medioevo 27

2.7 L'avvio delle Università 31

2.8 Secolo XIV: sotto l'influsso del fondamentalismo l'Islam diventa civiltà gregaria e si interrompe l'età d'oro della scienza. 33

2.9 Umanesimo e Rinascimento 35

3. SECOLI XVII-XVIII: LA RIVOLUZIONE SCIENTIFICA: DAL SISTEMICO PRESCIENTIFICO ALLA FRAMMENTAZIONE DEL SAPERE SCIENTIFICO 39

3.1. La cultura scientifica nel quadro della crisi del sapere tradizionale 39

3.1.1 Leonardo da Vinci: un precursore *41*
3.1.2 La rivoluzione astronomica: Niccolò Copernico (1479-1543) *42*
3.1.3 Keplero: dal cerchio alle ellissi (1571-1630) *43*
3.1.4 Galileo Galilei (Pisa 1564 - Arcetri 1642) *43*
3.1.5 Cartesio (Renè Descartes, 1596-1647) *46*
3.2. Quali i sentimenti di chi viveva sul finire del secolo XVII 48
3.3 Accademie e Società nell'età del Rinascimento e nel secolo XVII 49

4. SECOLO XVIII: LE COMUNITÀ SCIENTIFICHE TRA ILLUMINISMO E MODERNITÀ . 51
4.1 Rivoluzione scientifica e rivoluzione industriale 51
4.2 La rivoluzione industriale tra il secolo XVI e XVII 52
4.3 Gli indirizzi di ricerca ambientale nel secolo XVIII 52
4.4 Nuove Società scientifiche nella stagione dell'illuminismo 55
4.5 Newton 56

5. XIX SECOLO: IL TEMPO DI PROGRESSO INDUSTRIALE E DI CULTURE SCIENTIFICHE A CONFRONTO 58
5.1 Il secolo del progresso industriale 58
5.2 Gli indirizzi della ricerca scientifica nel quadro del paradigma del riduttivismo 59
5.3 L'ascesa del pensiero sistemico. L'Indirizzo naturalistico-sistemico: la ricerca dei rapporti tra i fattori 60
5.4 Le Società scientifiche nel secolo XIX: la Società degli Scienziati Italiani e l'avvio della Società Italiana per il Progresso delle Scienze 62

6. IL SECOLO XX: LA SCOPERTA DELL'AMBIENTE: INCROCIO DI PROSPETTIVE 65
6.1 Uno sguardo sulla prima metà del secolo XX 65
6.2 Il fatto della globalizzazione 65
6.2.1 Nascita e strategia della globalizzazione 66
6.2.2 Una valutazione del processo della globalizzazione 68
6.2.3 Globalizzazione e volontariato: dal conflitto all'incontro 70

6.3. Due indirizzi innovativi per la ricerca e la gestione dell'ambiente, delle risorse naturali e dei beni culturali 71

6.3.1 L'indirizzo di ricerca analitico riduttivo 71
6.3.2 L'indirizzo di ricerca naturalistico-sistemica 72
6.4 Nella seconda metà del secolo XX sono comparsi la questione ambientale e la crisi ecologica 75

7. ANNI '90. TEMPO DI RICOSTRUZIONE DI SAPERI: DALLA FRAMMENTAZIONE AL SISTEMA COME REALTÀ TRANSDISCIPLINARE 79

7.1 La riscoperta dell'ambiente come sistema di relazioni. Verso l'innovazione nella ricerca per l'ambiente e la gestione del territorio 79

7.2 La vicenda della cultura ambientale nel tempo della modernità 79

8. LAVORARE CON LA COMPLESSITÀ PER PROGETTARE PER LA REALTÀ 83

8.1 Analisi e gestione di processi e di sistemi ambientali complessi: dalla frammentazione al sistemico 83

8.2 Una riflessione sulla metodologia interdisciplinare 84

8.3 Interventi per la complessità ambientale 86

8.3.1 Un quadro di paradigmi 86
8.3.2 Riflessione sulla complessità 87
8.3.3 Paradigma della complessità 88
8.4 Il sistema delle Scienze Ambientali 91

8.4.1 Scienze ambientali e il paradigma della complessità 91
8.4.2 Discipline per l'organizzazione dell'analisi, della formazione e della gestione delle Scienze Ambientali 92
***8.4.3 Il disegno sperimentale per l'analisi di processi e sistemi complessi*. (Tab. n. 3)** 93

8.4.4 Alcuni esempi di ricerca su temi complessi di Educazione ambientale 97
8.4.5 I Dipartimenti di Scienze Ambientali 98
8.4.6 Curricola formativi in Scienze Ambientali 99
8.4.7 Etica ambientale: consapevolezza e responsabilità nella gestione dell'ambiente 99

9. L'ISTITUZIONE DELLA SIPS 102

La città è qualcosa di più di una congerie di singoli uomini e di servizi sociali, come strade, edifici, lampioni, linee tranviarie e via dicendo; essa è qualcosa di più di una semplice costellazione di istituzioni e di strumenti amministrativi, come tribunali, ospedali, scuole, polizia e funzionari pubblici di vario tipo. La città è piuttosto uno stato d'animo, un corpo di costumi e di tradizioni, di atteggiamenti e di sentimenti organizzati entro questi costumi e trasmessi mediante questa tradizione. In altre parole, la città non è semplicemente un meccanismo fisico e una costruzione artificiale: essa è coinvolta nei processi vitali della gente che la compone; essa è un prodotto della natura, e in particolare della natura umana.

(Park, Burgess, E. McKenzie, R. 1967 La città. Comunità. Milano)

1. Ricerca, industria, ambiente nel secolo XX

Il secolo XX è il periodo di tempo che si snoda ancora nel quadro della modernità

Dal punto di vista della ricerca scientifica e delle scienze umane, è possibile distinguere due indirizzi:

- nella prima metà del secolo la ricerca ambientale è stata pervasa da una metodologia disciplinare specialistica scientifica, analitico-riduttiva, che *ha generato l'espressione culturale della frammentazione. Questo indirizzo si estenderà dalla ricerca alle gestione delle strutture sociali, economiche, etc.;*
- nella seconda metà del '900 il territorio e le sue risorse sono state percorse trasversalmente da una serie di processi del tutto inediti: *l'inquinamento dell'aria, dell'acqua e del suolo, il crollo della biodiversità e la rapida scomparsa della civiltà rurale*. A fronte di questa situazione, le pubbliche amministrazioni si sono rivolte al mondo della ricerca universitaria, che ha risposto con le discipline specialistiche: Fisica, Chimica, Matematica, Biologia, Scienze della Terra, Economia, etc. Ma i problemi non sono stati risolti, Anzi, in qualche misura sono stati aggravati.

La percezione di questi fatti, in alcuni casi drammatici (ne sono esempio l'inquinamento di Seveso, i cambiamenti climatici, etc.), ha provocato lo sviluppo di due indirizzi innovativi nella ricerca: l'indirizzo sintetico-sistemico, che ha trovato nell'*Ecologia funzionale* l'espressione nei *processi del funzionamento dell'ambiente* (*cicli bio-geochimici, flussi energetici e processi omeostatici, bio-demografici e bio-geochimici*) e, più di recente, la *complessità ambientale*.

Tutte queste realtà, in cui le conoscenze sono espresse in una dinamica interattiva, sono coinvolte le discipline interessate a questo o a quel fattore disciplinare, ma solo quel gruppo di conoscenze di esse, che si manifestano necessarie per concorrere alla soluzione di un problema o all'analisi di un sistema ambientale complesso o a valutare la sostenibilità di un ambiente o di un processo ambientale.

In sostanza, l'identità di una disciplina in grado di concorrere a interpretare e gestire realtà ambientali complesse (quali un villaggio, una città, etc.) si snoda in un graduale incrocio di saperi disciplinari, da cui emerge una visione d'insieme, oggi più che mai essenziale, per prendere decisioni.

2. Verso una nuova cultura per il secolo XXI: dalla frammentazione al sistema. La complessità ambientale

Sul finire degli anni '90 la metodologia per la ricerca sulle realtà complesse è calata in un significativo progetto promosso dalle facoltà scientifiche delle Università: l'indirizzo di *analisi, formazione e gestione di sistemi e processi ambientali che ha preso il nome di* ***Scienze Ambientali****, la cui struttura si rifà al* ***paradigma della complessità***[1].

La complessità è una caratteristica che è sempre esistita ed è presente nel mondo naturale ed antropizzato. Ma l'impulso che si è sviluppato verso la cultura delle interazioni, induce a pensare che più che una vera e propria *rivoluzione scientifica, la complessità ambientale rappresenti semplicemente la riscoperta di realtà ambientali naturali* (ne è esempio un lago), o socio-ambientali (ne è esempio una città), *oscurate non dal metodo scientifico, ma da una cultura frammentata della realtà*.

In sostanza il problema che si propone il mondo della ricerca scientifica e delle scienze umane è quello di trasformare la scoperta della complessità in un metodo per l'analisi e la gestione della complessità stessa.

La *metodologia interdisciplinare*, di conseguenza, sta assumendo via via *valore di metodologia strategica* per favorire rapporti tra ricercatori specialisti, un'occasione per mettere in opera una riflessione più operativa fra saperi decisivi, ma dispersi, che la città sapiente non cessa di produrre e di accumulare.

[1] Alcuni elementi per analizzare il paradigma della complessità sono in Kuhn T. S., 1969, *La struttura delle rivoluzioni scientifiche*, Einaudi, Torino

In questo contesto è emersa la tendenza a collegarsi di un crescente numero di conoscenze differenti, in un *processo di integrazione a rete* che, grazie alla metodologia interdisciplinare, ha dato origine a *discipline sintetiche.* Ne sono esempio, in riferimento all'ambiente *l'Ecologia teorica e applicata, l'Etica Ambientale, l'Educazione Ambientale,* etc.[2] In questo quadro concettuale è emerso l'indirizzo della globalizzazione

Lo sviluppo della ricerca scientifica in scienze umane sulla natura della complessità e l'individuazione delle metodologie per la gestione di realtà complesse, costituiscono *la cultura della complessità,* a cui è affidato un *riequilibrio* tra *l'indirizzo riduzionista specialistico* e *l'indirizzo sintetico-sintetico interdisciplinare*, un obiettivo profondamente innovativo, che coinvolge tutti gli indirizzi di ricerca scientifici, socio-culturali, economici, etc., e destinato ad animare, pure tra difficoltà pesanti, la nuova cultura del secolo XXI per la ricerca e la gestione della natura e della città.

3. Percorsi del pensiero umano. Un secolo di attività della Società Italiana per il Progresso delle Scienze

La *Società Italiana per il Progresso delle Scienze* (SIPS), *fondata il 23 settembre del 1907 a Parma*, è stata preceduta da una serie di qualificati *Congressi degli Scienziati Italiani*, che hanno percorso tutto l'Ottocento ed hanno indirizzato il mondo intellettuale verso l'obiettivo dell'unità d'Italia.

Nei primi Congressi la SIPS ha idealmente recuperato gli indirizzi di base, modellandoli in rapporto ai nuovi orientamenti della dinamica culturale e della società.

A Parma il *13-14 novembre 2007 è stato celebrato a Parma il primo centenario di vita e di attività della SIPS.* In questa circostanza, gli studiosi di numerosi settori del sapere hanno riletto quell'autentica avventura di pensiero segnata dallo scorrere dell'evoluzione, attraverso il secolo XX, delle varie aree delle scienze della natura e delle stesse scienze umane. È emerso, per questa via, un rapido succedersi sia di contenuti e di metodi della ricerca, sia del trasferimento dei risultati della ricerca stessa alla gestione delle risorse naturali e dei beni culturali, oltre che al sistema scolastico e al volontariato ambientale. Questi obiettivi sono contenuti in due relazioni che hanno aperto, rispettivamente:

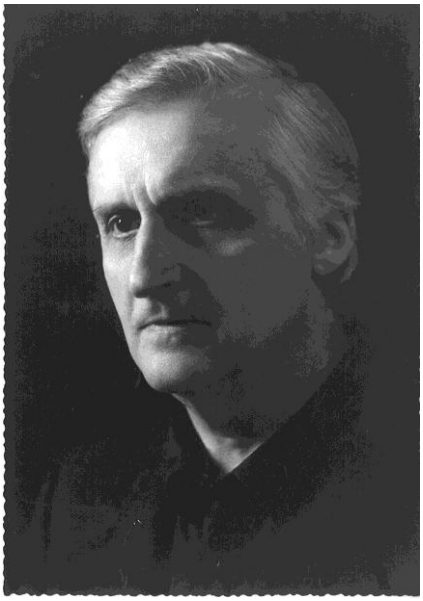
[2] Moroni A., 2008, *Ecologia, riflessioni su una disciplina sintetica*, in Cadelo E., Clini C., 2008, *Idea di natura. 13 scienziati a confronto*, Marsili, Venezia

- *la prima Riunione della SIPS tenuta a Parma nel 1907*, anno della fondazione della Società, con la relazione introduttiva tenuta dal matematico prof. Vito Volterra;
- *la LXIX Riunione della SIPS tenuta a Parma nel 2007* in occasione del primo centenario della fondazione della Società, con la relazione "*Frammentazione e ricomposizione dei saperi. La traccia di un percorso*", tenuta dal prof. Antonio Moroni.

Il rapporto tra l'evoluzione della riflessione sull'ambiente e la struttura del presente testo ha consigliato di iniziarne l'edizione dalla seconda relazione, seguendo la dinamica dell'evoluzione del pensiero naturalistico-culturale, nel quale è possibile individuare tre tappe:

- *la visione prescientifica globalizzante* della natura e della città (indicata dai due filosofi Platone e Aristotele della scuola di Atene di Raffaello): questa cultura rimarrà attiva, informando le grandi culture che hanno caratterizzato la civiltà rurale;
- la seconda fase è quella della *riduzione della complessità ai fattori che la compongono* e alla nascita delle discipline specialistiche che si occupano di ogni fattore (nella coperta questa fase è indicata dalla figura di Galileo), ognuna delle quali riguarda un singolo fattore. È un orizzonte culturale della presenza della quantità sulla qualità. In questo quadro lo sviluppo della scienza e il trasferimento delle acquisizioni di essa alla tecnica ha rivoluzionato vita e valori. Questa visione ha rapidamente mutato la società occidentale, ma anche altre civiltà, quali l'islamica, l'indiana, la cinese, investite anch'esse dalla stessa bufera; la tecnica e la scienza sono due forze che si auto-alimentano, ignorano i confini, le religioni e le ideologie;
- esiste una terza fase, che interconnette le conoscenze specialistiche (elaborate con il metodo *analitico-riduttivo*).

A. M.



prof. Antonio Moroni

Dalla frammentazione al sistema. Il ritorno alla realtà come sistema complesso di rapporti

Relazione del prof. Antonio Moroni al Congresso del primo centenario di vita e di attività della SIPS

(Parma, 13-14 novembre 2007) [3]

[3] **Curriculum del prof. *Antonio Moroni***: professore emerito di Ecologia dell'Università di Parma, fondatore della Società Italiana di Ecologia della quale è stato Presidente, succedendo al prof. Adriano Buzzatti Traverso. Ha compiuto ricerche sugli ecosistemi di acque interne in collegamento con l'Istituto Italiano di Idrobiologia di Pallanza e con Luca Luigi Cavalli Sforza sulla Consanguineità umana. Negli anni '90 ha sviluppato ricerche sulla complessità ambientale traducendone i contenuti nel corso di Laurea di Scienze ambientali di durata quinquennale. Sempre in questo ambito si è occupato di Educazione e di Etica ambientale. Ha collaborato e collabora con il Ministero dell'Ambiente su temi di Educazione e formazione ambientale. È membro dell'Accademia Nazionale delle Scienze (detta dei XL), della Società Europea di Cultura, della Società Italiana per il Progresso delle Scienze, dell'Accademia Nazionale di Scienze Forestali, della New York National Accademy of Sciences.

Con la comparsa dei viventi sulla Terra è nata quella realtà che tradizionalmente è chiamata ***natura***.
Piante, fiori e animali costituiscono questa bella d'erbe famiglia ed animali che sono stati e sono tuttora la chiave di volta del funzionamento dell'***ambiente naturale***.
Con la comparsa della specie umana un altro fattore, la ***cultura***, è entrato in interazione con i fattori naturali.
L'indirizzo biologico ha a che fare con *i geni*, che sono dunque base dell'evoluzione biologica di piante e di animali mentre *l'indirizzo culturale* ha a che fare con le idee. Dall'interazione tra geni e idee trae origine l'evoluzione **bio-culturale**, che costituisce la trama della storia.

L'analisi della vicenda nel tempo della percezione, della ricerca e della gestione umana di realtà complesse, quali sono quelle umane, ha permesso di individuare *tre tappe dell'evoluzione bio-culturale*, che hanno seguito la storia delle popolazioni umane:

- **conoscenza prescientifica dell'ambiente naturale;**
- **l'ambiente nell'età della rivoluzione scientifica: la ricerca riduzionista disciplinare e la cultura della frammentazione (secoli XVII-XX);**
- **anni '90. Dalla frammentazione alla cultura del sistema. Il ritorno alla realtà come sistema di rapporti**

A.M.

FRAMMENTAZIONE E RICOMPOSIZIONE DEI SAPERI.

LA TRACCIA DI UN PERCORSO

1. PERCORSI DELLA SCIENZA ATTRAVERSO LA STORIA DELL'AMBIENTE

> La storia, se fosse considerata come qualcosa di più che un deposito di aneddoti o una cronologia, potrebbe produrre una trasformazione decisiva dell'immagine della scienza dalla quale siamo dominati. Fino ad oggi questa immagine è stata ricavata, anche dagli stessi scienziati, principalmente dallo studio dei risultati scientifici definitivi quali si trovano registrati nei classici della scienza e più recentemente nei manuali scientifici, dai quali ogni nuova generazione di scienziati impara la pratica del proprio mestiere. È però inevitabile che i libri di tal genere abbiano uno scopo persuasivo e pedagogico: ma una concezione della scienza ricavata da essi non è verosimilmente più adeguata a rappresentare l'attività che li ha prodotti di quanto non lo sia l'immagine della cultura di una nazione ricavata da un opuscolo turistico o da una grammatica della lingua.
>
> (*Th. S. Kuhn*)

1.1 Dal mito alla rivoluzione scientifica: tracce di un percorso

La vicenda della evoluzione culturale percorsa nel tempo dall'umanità può essere individuata attraverso le modalità con cui essa ha progettato e gestito con alterne vicende di consapevolezza o di irresponsabilità, le cui tracce sono ancora presenti nel territorio, la natura e il relativo ambiente umano.

Sono state organizzate letture differenti della storia e della gestione umana della natura e dell'ambiente antropizzato. La ricerca ha dimostrato che l'evoluzione dell'ambiente non è avvenuta secondo un puro *accumulo di fatti e di accadimenti*, ma che l'analisi del susseguirsi nel tempo delle modalità di percezione e gestione del territorio permette di individuare alcuni paradigmi qualitativamente differenti, due dei quali più significativi: il *paradigma prescientifico e il paradigma scientifico*, che hanno rappresentato lo spartiacque fra due epoche della cultura umana. Il *paradigma scientifico* si è specificato ulteriormente in tre paradigmi: *riduttivo, naturalistico-sistemico e paradigma della complessità*).

Tentativi di tracciare linee di demarcazione tra paradigmi entro lo scorrere della storia devono essere sempre proposti con grande cautela. Ma una cosa è affermare questo progresso e combattere

rozze contrapposizioni tra due paradigmi e tutt'altra cosa è accettare un'errata *idea "continuista"*, secondo la quale non ci sono mai state rivoluzioni (e, di conseguenza, non si dovrebbe, più parlare, per fare un esempio, di *rivoluzione scientifica*).

In sintesi, analizzando l'alternarsi nel tempo di culture umane e i cambiamenti avvenuti nel relativo ambiente naturale e socio-culturale, permette di distinguere nettamente tra paradigmi che sono segnati da una differente identità, e un paradigma culturale in progress, in cui è possibile individuare una sequenza di ricerche e di tematiche che vanno via via accumulandosi, organizzando un *paradigma in statu nascenti.*

È il caso del *paradigma della complessità*, al quale, peraltro, anche recenti opere di notevole peso scientifico di storia della scienza, dedicano ancora oggi poche righe.

Una seconda problematica riguarda la risposta all'interrogativo se nel caso delle grandi tradizioni matematiche, astronomiche, fisiche, mediche presenti in società presceintifiche del mondo antico e medioevale, si possa parlare di ***scienza***.

In realtà, ciò che oggi viene considerato *scienza* nell'ambito della cultura contemporanea è una emanazione di generi di conoscenza ereditati dal passato, alcuni dei quali possono aver perso oggi il loro significato ed essere addirittura scomparsi con la scomparsa della civiltà che li ha generati, mentre altri sono ancora vitali[4].

[4] Non sembra possibile fornire una risposta compiuta a domande quali "*dove e quando è nata la scienza*" e come *distinguerla da altri generi di conoscenza*. La difficoltà consiste probabilmente nel fatto che la risposta a questa domanda dipende dalla *prospettiva scientifica che si è assunta e sulla base della quale viene affrontato il problema.*

- La scienza come ricerca di ***verità universalmente valide*.** È questa la concezione proposta dai grandi filosofi greci dell'antichità.
- C'è chi nella scienza vede anzitutto la **capacità di una manipolazione efficace degli oggetti**, l'arte che mette l'uomo in grado di dominare il suo ambiente naturale e artificiale.
- **Per altri, invece, la scienza coesiste con l'esistenza culturale dell'umanità perchè ogni comunità ha presentato e presenta tecniche per quanto rudimentali.**
- C'è, infine, chi ritiene che **l'essenza del sapere scientifico consista nel carattere rigorosamente matematico di essa. Egli si riferirà in particolare alla matematizzazione del reale come base per ogni ricerca scientifica. È ormai diffusa l'idea che questo tipo di scienza ha dato origine alla modernità tra il XVI e XVII secolo e alla frammentazione del sapere scientifico**. Butterfield H., 1957, *The origin of modern science*, Bell, London (trad. it. Il Mulino, Bologna, 1962). Rossi P., 1988, *Storia della scienza*, UTET, Torino. Vedere anche nota 12

Con la dissoluzione della visione aristotelica del mondo e dell'uomo, che aveva caratterizzato la cultura del Medioevo e del Rinascimento, si è venuto configurando un nuovo ideale di scienza e una nuova concezione dell'esperienza.

In sostanza, l'irrompere nel secolo XVII della *rivoluzione scientifica* ha provocato il costituirsi di una specifica forma di sapere. Accanto al persistere della *tradizione culturale prescientifica sono comparsi un indirizzo sistemico* (che tra l'altro aveva percorso, pure in un modo più elementare forse, tutta la cultura scientifica nelle sue forme più svariate) e una *nuova cultura scientifica riduttiva*, originata dalla frammentazione del sapere, ad opera di èlites di nuovi intellettuali (matematici, fisici, etc.)[5].

La storia della scienza dimostra che dal *quadro del riduzionismo scientifico* hanno avuto origine, accanto a saperi monodisciplinari, nuovi ambiti di ricerca che si sono espressi in nuovi indirizzi di scientificità e in nuove aggregazioni di scienziati (Accademie, Società scientifiche a *indirizzo multidiscplinare*) che, in prosieguo di tempo, si sono manifestate necessarie per l'interpretazione di nuove realtà a indirizzo complesso.

In questo quadro, al posto della spiegazione dei fenomeni elaborata a partire dall'*esperienza comune*, ossia da ciò che era immediatamente dato dai sensi, è subentrato l'*esperimento*, per mezzo del quale si sono formulate direttamente domande alla natura. *La sostituzione dell'esperimento alla scienza comune* sarebbe stata impossibile se non fosse stata messa in discussione la credibilità ultima del *senso comune*, per il quale l'autorità è l'esperienza ordinaria. Inoltre, la lingua in cui venivano poste le domande e interpretate le risposte divenne quella della matematica e della geometria.

Il crollo della concezione aristotelica del cosmo ha determinato inoltre la sostituzione *dell'idea di un universo finito*, gerarchicamente ordinato, ontologicamente differenziato, in cui ogni essere

[5] Shapin S., 1996, *The scientific revolution*, The Univ. Chicago Press (trad. it. Einaudi, Torino, 2003)
Boas M. H., 1966, The scientific Reinassance, Harper, New York
Rupert Hale A., 1966, *The Scientific revolution*, *The formation of the Modern Scientific Attitude*, Beacon Press, Boston

aveva una sua naturale collocazione, con l'idea di un *universo aperto* e addirittura infinito, della cui unità non decideva la gerarchia degli esseri, ma l'universalità delle leggi che lo governano.

1.2 Dai drammi dell'ambiente la richiesta di ricomporre saperi frammentati

Tra gli anni '50-'60 del secolo XX i progressi realizzati dalla ricerca scientifica e la ricaduta di essi sullo sviluppo tecnologico e industriale hanno offerto alle persone inedite possibilità riguardanti il cibo, la salute, le comunicazioni, e l'avvio a una diffusa disponibilità economica.

Contestualmente, per la prima volta nella sua storia, l'umanità si è trovata a disporre di strumenti tecnologici in grado di incidere, oltreché sulla *struttura*, anche sui *processi del funzionamento della natura*, causando, in assenza di un adeguato patrimonio di conoscenze e di metodologie scientifiche idonee, un'accelerazione del degrado della natura e delle sue risorse e la crisi dello stesso ambiente umano.

Questi accadimenti, del tutto inediti, hanno suscitato problematiche che hanno dato origine a tre risposte differenti.

- I sistemi produttivi e le pubbliche amministrazioni, sotto lo stimolo della società civile, si sono rivolti alle Università per avere una interpretazione dei fenomeni di degrado ambientale del tutto ignoti e suggerimenti per risolverli. Il mondo della ricerca ha risposto con gli strumenti di cui disponeva all'epoca: *le discipline* (Chimica, Scienze della terra, Meteorologia e Climatologia, Botanica, Zoologia, ecc.) che operavano con una *netta separazione l'una dall'altra*. Alcuni problemi più semplici sono stati risolti, ma altri ne sono risultati aggravati[6].
- Una risposta più incisiva è venuta dallo sviluppo *dell'Ecologia* che, nata nella cultura naturalistica prescientifica a indirizzo descrittivo, dopo gli anni '70, a fronte di un crescendo di drammi ambientali del tutto inediti, ha avviato il passaggio dall'*Ecologia descrittiva* all'*Ecologia scientifica*, interessata quest'ultima alla ricerca sui processi del funzionamento

[6] Ravetz J. R., 1971, *Scientific Knowledge and its social problems*, Clarendon Press, Oxford

dell'ambiente (cicli biogeochimici, flussi dell'energia, processi omeostatici) [7]. *L'Ecologia scientifica ha costituito il primo esempio di una disciplina sintetica*, che ha coinvolto nella propria identità varie discipline biologiche, chimiche, fisiche, scienze della terra, etc. *L'ecosistema* ha rappresentato uno dei modelli più dimostrativi di organizzazione della materia.

- Ma sul finire del secondo millennio, la ricerca scientifica che si è fatta carico di fatti sempre più vistosi di degrado ambientale (ne sono esempio i cambiamenti climatici), si è incrociata con una dimensione più profonda della realtà quale è quella della *complessità ambientale* che descrive l'oggetto di studio analizzato con l'approccio sistemico[8]. Di conseguenza i drammi che ne sono emersi hanno richiesto un approccio metodologico del tutto innovativo e che è sfociato in un'ulteriore nuovo indirizzo della rivoluzione scientifica, quale è quello del *paradigma della complessità.* Questo indirizzo stesso (che si rifà a proposte di ricerca suggerite, almeno in alcune linee problemtiche, da *Kuhn Th. S.*[9]), si è espresso in una *ricomposizione di saperi frammentati, finalizzata a ricostruire l'identità di sistemi o problemi complessi quali sono quelli ambientali*[10].

2. PERCEZONE PRESCIENTIFICA GLOBALE DELL'AMBIENTE. LA TRANSIZIONE ECOLOGICA.

2.1 Percezione, analisi e gestione dell'ambiente nelle società prescientifiche.

L'analisi compiuta sulle tappe dell'evoluzione del sinergismo tra natura e cultura è rappresentata dal *modello della transizione ecologica* (*Tab. n. 1*) [11].

[7] L'ecologia ha radici fortemente biologiche, m alla dinamica di essa nel tempo hanno concorso anche le Scienze della terra, la Meteorologia, la Chimica, etc. L'ecologia è dunque esempio classico di ricomposizione dei saperi disciplinari.
[8] Checkland P., 1981,*Systems, Thinking, system practice*, J. Wiley, New York
[9] Kuhn Th. S., 1962, *The structure of scientific revolutions*, Univ. of Chicago Press (trad. it. Einaudi, Torino, 1969)
Alcuni punti di vista di Kuhn sono stati applicati all'analisi della complessità ambientale tramite il S*istema delle discipline che costituisce il Sistema delle Scienze ambientali*.
[10] Il concetto di sapere e il rapporto tra saperi è stato ed è oggetto dell'interesse di ricerca di sociologi, di scienziati sperimentali, di economisti, di studiosi di Scienze Umane e di Scienze Ambientali.
Nella presente riflessione, un sapere corrisponde ad un'ampia area di interessi di ricerca o di gestione. I saperi sono invece parti specializzate di un dato sapere. Ad esempio, per quanto riguarda la biologia, si evidenziano i saperi di biologia animale, biologia vegetale, biologia umane, etc.
[11] Beneldt I. W., 1976, *Ecological transition, cultural antropology and human adaptation*, Pergamon Press UK

Percorrendo i sentieri della storia, si passa da società *prescientifiche preistoriche* a culture di *società prescientifiche ma storiche* (ne sono esempi le culture greca, romana, cristiana, araba, medioevale, rinascimentale.).

Due segni, tra gli altri, hanno caratterizzato le culture prescientifiche:

- *la percezione e la gestione dell'ambiente, che queste popolazione consideravano come realtà globale e viva*, che emergeva dall'interazione dei fattori e dei processi che costituivano una realtà naturale con i primi interventi umani
- La scienza nelle società prescientifiche, come si è visto in precedenza, ha avuto come base lo *strumento dell'esperienza*, a differenza della società scientifica dal secolo XVI in avanti, quando l'esperienza è stata sostituita gradualmente dalla *sperimentazione*.

2.2 L'epoca dell'equilibrio naturale

Le popolazioni umane primitive erano controllate dagli agenti naturali. *I cacciatori raccoglitori* erano *membri della catena alimentare* come qualsiasi altro animale, *non lavoravano la terra* e non alteravano l'ambiente (la natura era considerata come *madre*). Mentre gli uomini cacciavano, le donne erano responsabili dell'approvvigionamento delle risorse vegetali. A tale scopo raccoglievano o estraevano dal terreno in modo selettivo alcune piante o radici preferendole ad altre, perchè ritenute più nutrienti o per un loro gusto più gradevole. Le donne dovettero adottare

Tab. n. 1



misure volte a garantire la sopravivenza e la propagazione delle piante maggiormente apprezzate, ad esempio evitando accuratamente di raccogliere indiscriminatamente tutti i semi per il consumo domestico. Una pratica di questo tipo, per la quale si conoscono un buon

numero di rispondenze etnologiche, implicava evidentemente una buona conoscenza empirica del ciclo biologico di tali specie vegetali: *dispersione dei semi, germinazione, maturazione.*

Undici-diecimila anni fa', sul finire dell'ultima glaciazione, gli uomini che seguivano ancora l'economia dei cacciatori-raccoglitori (quasi un'agricoltura *in nuce*) hanno costruito, nelle *regioni curde della Turchia a Göbekli Tepe*, il primo grande santuario preistorico che constava di una foreste di pietre megalitiche. Nei vari strati non sono mai stati trovati cocci di ceramica, ne' resti di animali domestici o di piante coltivate tipiche del periodo dei cacciatori-raccoglitori[12].

Questa scoperta ha rivoluzionato le precedenti teorie che vedevano la costruzione di templi come il risultato di una evoluzione socio-culturale possibile solo dopo la scoperta dell'agricoltura con la vita in ampi villaggi e la divisione del lavoro. Le popolazioni di

[12] Mellaart J., 1976, *The Neolitic of the Near East*, New York (pagg 114-135). Concepire colonne con capitelli come pezzi unici lisci e perfettamente squadrati, dal peso medio di una cinquantina di tonnellate l'una, con scene di animali scolpiti su di essi, danno l'idea della complessità che hanno dovuto affrontare per il taglio delle pietre, il trasporto, la collocazione, tanto più che di questi pilastri non esistono evidenze che avessero la funzione di sostegno di muri nè di sorreggere un tetto.
La conclusione a cui sono giunti gli scopritori è che i pilastri a T rappresentavano figure umane stilizzate. Gli esseri in cerchio guardano in direzione dei due centrali. Questi ultimi per la loro maggiore dimensione dimostrano uno status di superiorità. Potrebbero essere antenati mitici, forse già vere e proprie divinità con al centro la copia generatrice, circondate da presenze di divinità zoomorfe, in particolare dal dio serpente.
Il progetto concepito 11.000 anni fa' potrebbe essere pensato da un èlites di sciamani o di sacerdoti. Non fu insomma, come è stato notato, una causa esterna, ma una rivoluzione interiore a guidare il progetto del tempio di Göbekli Tepe. Fu forse un segno della scoperta della religiosità del trascendente. Miti e fede resero più forti e positive per l'uomo la sua relazione, ma non facile con l'ambiente naturale. La religione poteva essere stata, dunque, un potente mezzo culturale che dettava obiettivi e comportamenti e valori.
I cacciatori di Göbekli pare abbiano deciso di abbandonare il tempio intorno all'8000 a.C., forzati dal fatto che la necessità di sfamare più persone che qui si riunivano per scopi religiosi, avrebbe portato all'alterazione dell'ecosistema del territorio stesso.
Con ogni probabilità, furono abbattuti alberi e numerosi animali "facili prede di questi cacciatori" furono dispersi. Osservando le sommità brunastre e aride delle colline si desume, infatti, come la terra paradisiaca fosse divenuta una pianura incolta e desolata. È sorprendente, si ripete, come cacciatori seminomadi neolitici abbiano potuto realizzare un'architettura tale da poter assemblare l'aspetto religioso e quello sociale in strutture così raffinate e complesse, qualcosa di ancor più antico degli ormai noti santuari anatolici di *Çatal Hűyűk* che si datano al 6500 a.C. Archeologi biblici avanzano, anche se in modo preliminare, l'ipotesi che la raffigurazione del territorio (*Göbekli Tepe*) non è lontano dalla pianura in cui sorgeva *Harran*, altro centro menzionato nel Libro dei Patriarchi e non sono nemmeno lontani dalla regione dei monti *Tauros e Zacros*, che diecimila anni fa', al termine dell'ultima glaciazione, diventarono alture verdeaggianti, ai cui piedi si estendevano fertili pianure. Potrebbero aver suggerito l'immagine del giardino dell'Eden dell'Antico Testamento (Ez 28, 14) era ubicato su una collina sacra, del tutto simile a Göbekli Tepe. È infine da ricordare la grotta della nascita di Abramo, mitologicamente identificata con un'apertura in una roccia nella città di Urfa, ad appena due chilmentri dal monte con il complesso templare. Da non sottovalutare, poi, il ritrovamento di numerose figurine d'argilla a Nevali Cori, a soli cinquanta chilometri da Göbekli Tepe, una reminescenza del Dio biblico che fa una statuetta d'argilla e vi insuffla l'anima vivente. *Il nome "paradiso", di origine persiana*, forse si può spiegare quando a metà del primo millennio, durante la cattività babilonese, sarebbe avvenuta la stesura di gran parte dell'Antico Testamento. Il narratore avrebbe compiuto un processo di normalizzazione, utilizzando un termine a lui contemporaneo per indicare una realtà geografica ancestrale e stratificata da millenni nella memoria collettiva.

Göbekli Tepe, come anche quelle di *Stonehenge*, non conoscevano l'agricoltura, ma non apparivano certo dei "*non civilizzati*"[13].
La curiosità dell'uomo primitivo per i numeri, le forme e per il calcolo ha avuto origine probabilmente in espressioni di necessità della vita quotidiana e in pratiche rituali primitive.

2.3 Gli agricoltori-allevatori hanno alterato la natura

Nel Neolitico-Mesolitico si è registrato un *addolcimento del clima e, di conseguenza, la fuga delle faune fredde verso Nord*. La natura, che non dava più cibo spontaneamente, è stata percepita come *matrigna*; *le popolazioni umane hanno infranto l'equilibrio naturale* e, alla *fame, hanno costretto la natura stessa a produrlo* per loro attraverso il lavoro (*coltivazione dei cereali, rivoluzione agropastorale*).
Gli *agricoltori-allevatori* hanno *alterato la struttura* (cioè la biodiversità naturale), tagliando piante e uccidendo animali, *ma non i processi del funzionamento della natura* (cicli biochimici, flussi dell'energia, meccanismi omeostatici).
Queste popolazioni hanno qualificato la propria attività seguendo la dimensione temporale: lavoravano la terra secondo i ritmi delle stagioni e realizzavano una vita sociale caratterizzata da feste rituali.
Nel tardo neolitico la stessa *caccia* ha perduto la propria importanza come fornitrice di cibo, *sostituita dall'allevamento e dall'agricoltura.*
Diecimila anni fa' agricoltori allevatori, che convivevano -come le recenti scoperte hanno sottolineato- con i cacciatori raccoglitori di Göbekli Tepe, hanno compiuto un salto notevole anche da un punto di vista dello sviluppo della situazione sociale, dando vita a una vita comunitaria basata su famiglie e villaggi, con codici di leggi e struttura amministrativa, generalmente centralizzata.
La rivoluzione urbana ha favorito la differenziazione delle culture. Nei tempi preistorici, con lo sviluppo di stratificazioni sociali e produttive, si sono formate grandi metropoli, soprattutto nella mezzaluna fertile: *Babilonia* (consistente in un estesissimo complesso abitativo in centro della quale c'era la torre, Babele, zona amministrativa ed economica), *Ninive* (5000 anni a.C.), *Çatal Hűyűk* (6500-5700 a.C.). Cinte murarie difendevano gli insediamenti umani (*Gerico*, 7000 a.C.).

[13] Struik . J., 1948, *Stonehenge Mathematics*, in *Scientific American*, 179, dicembre 1948, pp. 44-49
Seidenberg A., *The Ritual Origin of Counting*, in *Archive for History of Exact Sciences*, 2, 1962, pp. 1-40

La vicenda culturale della grande civiltà egiziana, di cui rimangono i segni nell'architettura, nella tecnologia, nella matematica, rende ragione della grandezza di questa cultura che ha attraversato millenni.

In queste città confluivano attraverso ininterrotti flussi immigratori ed emigratori culture e razze di ogni genere, favorendo un continuo incremento demografico e scambi culturali a livello di tendenze di civiltà[14].

2.4. Dal mito alla riflessione filosofica sui grandi problemi della vita [15]

Il passaggio dal mito ad una elaborazione filosofica del vivere e dell'operare umano pare sia avvenuto nei secoli VII-V a.C. In un gruppo di città dell'Asia minore, il Dodecanneso, primeggiava *Mileto*, città di frontiera, nella quale si mescolavano miti in cui storia e religione si intrecciavano (il riferimento è ad Omero, ad Esiodo, alle allegorie misteriche, all'orfismo, etc.)[16].

La critica storica ritiene che in questi territori abbia avuto origine la civiltà dei greci: la filosofia sarebbe iniziata quando il pensiero è diventato razionale.

Non passò molto tempo che mercanti e uomini dotti, provenienti dalla Grecia, si aprissero una via diretta verso centri egiziani e della Mesopotamia. Qui erano stati elaborati concetti di etica, di teodicea, di matematica e, pare, anche di algebra. I greci assimilarono le conoscenze in maniera così profondamente originale che ognuna di queste indicazioni culturali ha assunto ben presto una propria espressione organica.

A livello di intellettuali, matematici, astronomi, filosofi, medici, hanno sviluppato *una prima riflessione sulla natura del rapporto fra le persone umane e l'ambiente*, espressa con il

[14] Alcune correnti recenti di storiografi della scienza ritengono che le concezioni della natura che si erano affermate nel passato, non fossero, considerate nel loro insieme, meno scientifiche più di quanto lo siano le attuali. *Se queste credenze si devono chiamare miti*, allora i miti possono essere prodotti dallo stesso genere di metodi e sostenuti per lo stesso genere di ragioni che oggi guidano la ricerca scientifica. Se, d'altra parte, essi meritano il nome di scienza, allora la scienza ha incluso complessi di credenze abbastanza incompatibili con quelle che oggi sosteniamo. Date queste alternative, lo storico deve scegliere quest'ultima. Le teorie fuori moda non sono in linea di principio prive di valore scientifico per il fatto di essere state abbandonate (Kuhn Th. S., *op. cit*., pag. 21). Occorre però notare che attualmente l'aggettivo "*scientifico*" è ampiamente limitato alla rivoluzione scientifica, iniziata tra il secolo XVII e il XVIII.

[15] Boyer C. B., 1959, *The Rainbow from Myth to mathematics*

[16] Questo passaggio mito-ragione, espresso in altri termini, si incontra ad ogni tornante della storia della cultura umana. Ne sono esempio, all'inizio della modernità, le grandi tendenze di magia presenti nel Rinascimento, la contaminazione fra magia e scienza, all'inizio della rivoluzione scientifica. Basti citare alcuni nomi: Bacone, Cartesio, Keplero, Leibniz ed, ancora, Newton.

determinismo ambientale: viventi e relativo ambiente esterno formano due sfere separate, l'ambiente esterno determina lo stile di vita e il comportamento dei viventi.

Profili di alcuni di questi studiosi, particolarmente significativi.

A Mileto la matematica era legata più stabilmente con la filosofia, che con altri settori del sapere.

Talete di Mileto (624-548 a.C.) è stato riconosciuto universalmente come fondatore della *scuola ionica*, indicato come il primo vero matematico, fondatore dell'*impostazione deduttiva della geometria*)[17] [18] [19].

Anassagora, egli stesso *filosofo, matematico e naturalista*, attratto dalla vivacità intellettuale di Atene, nella quale dominava un'audace spirito di libera indagine, che però spesso veniva in contrasto con le istituzioni. Anassagora fu imprigionato con l'accusa di empietà, per aver asserito che *il sole non era una divinità*, ma soltanto una grossa pietra incandescente grande come l'intero Peloponneso, e che la Luna era una terra abitata che traeva la sua luce dal Sole. Il suo libro "*Sulla natura*" ebbe una notevole diffusione. Anassagora *concepiva la natura come un tutto ordinato organicamente in cui le singole parti erano in funzione delle altre e dell'intero*[20].

[17] Newgebauer, O (trad.), 1974, *Le scienze esatte nell'antichità*, Feltrinelli, Milano
[18] Health, T. R., 1921, *A History of Greek Mathematies*, Clarendon, Oxford
[19] Lo studio della sostanza iniziò nell'antica Grecia, nel sesto secolo avanti Cristo, quando Talete, Parmenide e altri filosofi si chiesero: Di che cosa è fatta la realtà? quali sono i costituenti ultimi della materia? Qual è la sua essenza? Le risposte a tali domande definirono le diverse scuole dal primo periodo della filosofia greca. L'idea di quattro elementi fondamentali –terra, aria, fuoco e acqua- fu una delle risposte. In tempi moderni essi furono sostituiti con gli elementi chimici, che oggi sono diventati più di cento. Capra F., 1997, *La rete della vita. Una nuova visione della natura e della scienza*, Rizzoli, Milano
[20] Stehr, N., Meja, V., 1984, *The development of the sociology of knowledge*, in *Society and knowledge: contemporary perspectives on the sociology of knowledge* (a cura di N. Sther e V. Meja), New Brunswick, N.J., 1984, pp 1-18

Sono emersi nei secoli seguenti eminenti studiosi, la cui caratteristica era di essere al contempo *filosofi, matematici e naturalisti*[21]. Se ne segnalano alcuni tra i più significati per la presente ricerca:

- ***Pitagora***, egli stesso della scuola di Mileto, nato a Samo nel 570 a.C, appare come figura tra il filosofo e quello di un antico sciamano. Viaggiò in Egitto, a Babilonia e forse anche in India. Durante queste sue peregrinazioni, raccolse non solo informazioni matematiche e astronomiche, ma fece proprie anche molte credenze religiose. Tornato in Grecia, Pitagora lasciò Atene e si stabilì a Crotone nella *Magna Grecia*. Politicamente conservatore, Pitagora seguiva un rigoroso codice di condotta[22]. Lo studio della realtà per Pitagora *consisteva nel ridurla a quantità misurabili* (geometria) e *numerabile* (aritmetica) e situava i risultati di questa analisi in una cultura dove *tutto l'universo presentava un'armonia di opposti e in tali rapporti, simili ai rapporti musicali, sta sia la conoscenza del tutto, sia l'armonia del cosmo.* A Pitagora si deve l'introduzione in Grecia della *teoria della metempsicosi* (l'anima è immortale e alla morte di un corpo la relativa anima trasmigra in un altro)[23].
- ***Eraclito,*** vissuto ad Efeso tra il 540 e il 480 a.C., è rimasto nella storia della filosofia come il filosofo del divenire. "*Non è possibile scendere due volte nello stesso fiume, né toccare due volte una sostanza mortale nello stesso stato*". Al di sotto delle mutevoli apparenze, Eraclito ha intravisto una legge, *un principio unitario*. Questa legge di *interdipendenza dai contrari*, per cui ogni coppia di polarità forma nel

[21] Come la storia di Mileto spiega il fiorire di un certo tipo di indirizzo culturale, così la rovina di Mileto insieme a quella delle città ioniche conquistate dai persiani, si lega il tramonto di questa stessa attività. Questi orientamenti di pensiero assieme alla ricerca per il dominio sulla natura sono stati trasferiti altrove (Italia meridionale e Grecia) con *Pitagora di Samo e Senofane di Colofone.*

[22] I pitagorici svolsero un'azione importante nella storia della matematica. In Egitto e in Mesopotamia gli elementi dell'aritmetica e della geometria consistevano fondamentalmente in esercizi applicati ai procedimenti numerici e a problemi specifici, sia che questi trattassero di birra, o di piramidi, o di eredità terriera. *Mancava un'impalcatura concettuale ed era assente qualsiasi forma di discussione filosofica dei principi.* Si ritiene generalmente che Talete abbia fatto i primi passi in questa direzione, anche se la tradizione parrebbe confermare che il nuovo orientamento dato alla matematica sia stato dovuto principalmente ai pitagorici, presso i quali la matematica era strettamente connessa, più con la l'amore della scienza, che con l'esigenza della vita pratica.

[23] Ancora oggi professata in oriente dalla religioni induista e buddista, la dottrina della metempsicosi era arrivata in Grecia con la setta misterica degli orfici e con l'insegamento di Pitagora. La sua importanza nella storia della filosofia sta nell'essere stata poi assunta da Platone come spiegazione mitico-filosofica dell'anamnesi.

complesso un'inscindibile unità, era il *Logos*, la ragione che governa tutte le cose, ma secondo Eraclito gli uomini, per lo più, sono incapaci di prestarvi ascolto.

- Due filosofi greci, **Platone** (Atene, 427-347) e **Aristotele** (Stagira, 384 – Calcide 322) *hanno proposto indirizzi di pensiero che hanno percorso le società occidentali fino al rinascimento italiano.*

  Platone può essere interpretato come il *filosofo della qualità. Egli muove dalla curiosità e dallo stupore intellettuale* che non si arresta alle apparenze e a conclusioni superficiali e sottolinea che essere desideroso di sapere e di essere filosofo sono la stessa cosa. La condanna ingiusta di Socrate poneva a Platone in modo acuto il problema dello Stato fondato sulla giustizia e la necessità di individuare le condizioni perchè si realizzasse uno Stato giusto. Il ruolo di Platone nella ricerca matematica è stato, soprattutto, ispiratore e guida di altri matematici. Forse è dovuta a lui la distinzione che veniva fatta nella Grecia antica tra *aritmetica* nel senso di teoria dei numeri, e la *logica*, intesa come l'insieme di regole di calcolo[24].

- **Aristotele**: filosofo, attento alla dimensione della natura, dell'ambiente e della società umana.

  Aristotele è stato soprattutto un filosofo e un biologo, ben informato sulle ricerche dei matematici[25]. Egli concepisce il mondo fisico come un mondo materiale formato da *terra, acqua, aria e fuoco* da cui si distingue un quinto elemento (*etere*) che è una materia speciale che costituisce i cieli.

---

[24] Brumbaugh R. S., 1984, *Plato's Mathematical Imagination*, Indiana University Press, Bloomington
I principali temi del pensiero di Platone: la reminiscenza e l'immortalità dell'anima. Il mito della caverna e i quattro gradi del conoscere: opinione e scienza, il bene e la dialettica, l'aspetto morale e l'aspetto teoretico, l'amore, la bellezza e le tra arti dell'anima, la giustizia: l'ordinamento dello Stato e diverse forme di governo, il problema dell'educazione e la condanna dell'arte mimetica, la cosmologia e il mito del demiurgo.

[25] Heath T. L., *Mathematics in Aristotle*, Oxford, 1949.
Contributo fondamentale per Aristotele fu quello di definire le condizioni che permettono la scienza, di cui descrive tre tipi:

- Vi è una scienza teoretica che si divide in 3 parti: *filosofia prima* (metafisica), *fisica, matematica.*
- Nel secondo gruppo di discipline vi sono le scienze pratiche, quelle cioè concernenti l'agire umano (*praxis*): *etica e politica*, in quanto volte a realizzare un fine.
- Un terzo tipo di scienze sono quelle poietiche con azioni volte alla produzione di qualcosa che non era in natura, ma dovuta ad un atto creativo, alla *techne* (= arte).

I quattro elementi materiali sono dotati rispettivamente di moto rettilineo dall'alto al basso (*terra e acqua*) e dal basso all'alto (*aria e fuoco*) a seconda della loro naturale leggerezza o pesantezza. Da questo si distingue il *moto circolare dei cieli*. Tale moto, in quanto non ha nè inizio nè fine, è moto perfetto ed eterno.

I moti circolari avvengono intorno ad un centro e i moti rettilinei sono in relazione a questo stesso centro. Di conseguenza, secondo Aristotele, uno è il mondo, composto dalla zona dei quattro elementi e circondato dai cieli, ultimo dei quali è il cielo delle stelle fisse. *Questo mondo è necessariamente unico perchè unico è il centro cui tendono i corpi pesanti e unico è il centro dei moti circolari dei cieli e tale centro è costituito dalla Terra*. *Procedendo dalla scala dei motori o mobili, si giunge al Primo Motore che muove il cielo delle stelle fisse* (Primo mobile) e che non è mosso da altro. *Questa conclusione ha percorso il mondo romano e il medioevo ed è stata rielaborata nella Summa Theologica di Tommaso d'Aquino*. Il pensiero di Aristotele, infatti, era il modello che più si avvicinava alla descrizione classica, letterale, della creazione del mondo riportata dalla Bibbia, che sarà scardinata da *Galileo, da matematici, da astronomi e da fisici che hanno operato nei secoli XVII-XVIII,* che inaugureranno la fase scientifica del sapere umano[26].

Con la morte di *Alessandro Magno,* di cui Aristotele era stato precettore, e con lo sfacelo del suo impero si è avviato un rimescolamento di culture e l'emergere di due centri di elaborazione del sapere: *Atene*, sede della filosofia e della retorica, *Alessandria* sede del sapere scientifico[27].

[26] Aristotele ha esaminato anche tematiche provenienti dal mondo animale e dal mondo vegetale, però soltanto in modo descrittivo e classificatorio.

[27] Due studiosi hanno dato un importante contributo al futuro della metodologia scientifica: *Archimede* (287-212), ed *Erone di Alessandria* (vissuto nel I sec. a.C.), che ha impostato con successo *la meccanica e i dati dell'esperienza fisica in formule matematiche geometriche,* sì da cogliere le leggi senza di cui non vi sarebbero state le macchine stesse e senza di cui le macchine non si potrebbero realizzare.

Nel Museo di Alessandria venivano coltivate le scienze nell'accezione aristotelica o come *deduzione* da principi evidenti per sè, formalmente veri e tali da dar luogo a un discorso coerente e necessario. Gli studiosi che seguivano questo indirizzo furono chiamati *peripatetici*. Essi hanno dato origine a una scuola filosofica con sede ad Atene e che si rifaceva alla filosofia di Aristotele. Essa fu abolita da Giustiniano nel VI secolo d.C.

Aristarco di Samo (morto nel 230 circa) si è occupato oltre che di *filosofia*, anche di *fisica*. I suoi interessi sono stati volti soprattutto all'*astronomia.* Egli ha determinato con metodo rigorosamente geometrico la distanza del Sole e della Luna e di un certo numero di altri corpi celesti e le relative dimensioni. Per Aristarco, *la Terra posta al centro del mondo, ruota su se stessa in 24 ore, ed essa stessa ruota, in ipotesi attorno al Sole.*
La teoria eliocentrica di Aristarco, *che non fu formulata come una teoria fisica, ma solo come un'ipotesi che servisse a meglio spiegare i fenomeni*, fu ostacolata da altri astronomi, non perchè falsa, ma perchè non si avevano precise esperienze che la potessero giustificare. Molti dei suoi concittadini giudicarono empia la sua dottrina e per questo fu condannato.

Tra gli studiosi che assommavano in sè competenze matematiche, filosofiche e scientifiche, particolare significato assume **Archimede** (287-212 a.C.), che visse e operò a Siracusa, allora centro di studi scientifici e tecnici, in un periodo di notevole attività politica ed economica della città, stroncata dall'invasione di Roma. Per **Archimede** *scienza e tecnica sono connesse*. *La tecnica realizza la scienza, la rende utile, la impegna a servizio dell'uomo, ma essa deve fondarsi sul sapere scientifico*, non solo sulla pratica, e il sapere scientifico richiede un metodo rigoroso, dove invenzione e dimostrazione si integrano.

Eratostene, nato a Cirene intorno al 270 a.C., appartiene alla scuola di Alessandria. Dirigente e bibliotecario del Museo, fu *filosofo* e *matematico* (da ricordare di *crivello di Eratostene*) e

particolarmente versato nella geografia. Raccogliendo le notizie dei geografi che l'avevano preceduto e ricavando dati dalle raccolte del Museo e dai viaggiatori, applicando i risultati della geometria astronomica, compose un *grande trattato di Geografia* e uno sulla misura della Terra. Secondo i calcoli di Eratostene, la grandezza della circonferenza terreste era di 252.000 stadi. In questo contesto Eratostene cominciò a disegnare le carte geografiche, dando avvio alla *Cartografia***.**

2.5. Roma, polo di ricerca giuridica, naturalistica, urbanistica

L'ascesa di Roma e la conquista di tutta la Grecia, rese tributarie di Roma tutte le città greche, tranne Atene e Sparta. L'espansione di Roma e le sue conquiste favorirono la nascita tra il II e I sec. a.C. di *una nuova cultura romana* alla cui formazione giocarono antichi indirizzi che si rifacevano al pensiero greco, ma anche nuovi apporti della *cultura umanistica romana* (diritto, poesia, teatro, oratoria, etc.) oltre a contributi di tipo *naturalistico* con la *Naturalis Historia* in 37 libri di **Plinio il Vecchio**[28] (23-79 d.C.), aspetti di tipo *matematico, geometrico e ingegneristico* (**Vitruvio**, I sec. a.C. architetto e ingegnere con il *De architectura* in 10 libri)[29] [30].

In questo periodo *i primi apporti del cristianesimo*, oltre quelli del pensiero ebraico e di altre religioni orientali entro l'ambito di mutate situazioni storiche e politiche, hanno proposto alla cultura romana nuovi indirizzi che verranno costituendo quella nuova civiltà con cui si concluderà il pensiero antico e *si aprirà la travagliata problematica del pensiero medioevale, una civiltà in statu nascenti.*

[28] G. Plinio Secondo, *Historia naturale* (trad.da Lodovico Domenichi), Gabriel Giolito de' Ferrari, Venezia, 1562
[29] Vitruvio Pollione, *L'Architettura* (trad. da Berardo Galiani), Stamperia Simoniana, Napoli, 1758
[30] Sanchez Perez I., 1949, *La aritmetica en Roma, en India en y Arabia*, Instituto Miguel Asin, Madrid

Con l'editto di Costantino del 313, con cui l'Impero romano ha riconosciuto la legittimità del cristianesimo, è stata avviata la ***rivoluzione cristiana***, che si è espressa con un'antropologia e una concezione della società radicalmente nuove[31].

2.6 Il cammino del medioevo

Il Medioevo avvia il suo tragitto storico in un'epoca di profonda crisi nel mondo antico. L'istituzione del monachesimo occidentale da parte di **Benedetto da Norcia** (480-549) ha concorso sia al salvataggio della cultura antica, grazie alla trascrizione e conservazione degli antichi manoscritti, sia alla ripresa dell'agricoltura.

Cassiodoro (480-575), funzionario di alto rango del regno di Teodorico, diventato monaco, è stato il fondatore nel 540 il monastero di Vivario presso Squillace in Calabria, facendone un riconosciuto centro culturale. Le discipline insegnate furono divise in *trivio* (arti liberali, che restavano sul piano dell'opinione): *grammatica, retorica, dialettica*, e in un *quadrivio* (che comprendeva quattro discipline che poggiavano sul piano del certo): *aritmetica, musica, geometria, astronomia*.

L'opera di Aurelio Cassiodoro segna la fine delle espressioni della cultura classica tra il V e il VI secolo d.C.

Un ricordo merita **Antemio di Tralles**, morto nel 534, un abile matematico che fu anche l'architetto del tempio di Santa Sofia a Costantinopoli. Il suo collega e successore nella costruzione di questo tempio, ***Isidoro di Mileto***, attivo verso il 520, fu anch'egli scienziato

[31] Schematicamente:

- per quanto riguarda la *persona umana* che nella cultura greca e romana, aveva assunto un carattere spiccatamente antropocentrico con una forte differenziazione tra i sessi e i ceti socio-econimici e politi;
- gli esseri umani nel cristianesimo sono tutti uguali e nel lavoro realizzano la propria identità. È difficile attualmente pensare al riflesso che questi due aspetti hanno avuto su intere popolazioni di schiavi e di sfruttati. In 300 anni ha perso mordente la grande cultura greca e la supremazia del dominio di Roma.
- Da un punto di vista della *concezione della natura*, essa viene *laicizzata* e diventa legittima la ricerca sui fattori e sui processi del funzionamento dei sistemi ambientali.

nelle scienze della natura e matematico. A lui si deve la conservazione del testo originale greco delle opere di Archimede[32].

Tra il secolo VIII e il secolo IX si succedono alcuni accadimenti che tendono ad arricchire l'identità culturale di una società occidentale

Tra questi fatti assume particolare rilevanza *la rinascita carolingia*, dovuta a Carlo Magno, e ai consiglieri della sua politica culturale, quali furono *Paolo Diacono e Alcuino di York.* A questi il il re affidò l'istituzione di una *rete europea di scuole nei monasteri e nei vescovadi*, utilizzando lo schema del trivio e del quadrivio e lo sviluppo della cultura araba.

Secolo IX: il periodo dell'egemonia islamica

Dal secolo VIII al XIV l'Islam ha allargato la sua influenza dalla Spagna ai confini occidentali dell'India. Al suo interno si è sviluppata e si è consolidata un'intensa attività di ricerca scientifica definita "l'età d'oro della scienza islamica". Tra gli studiosi vi erano islamici come promotori, ma collaboravano anche alle ricerche cristiani, ebrei e pagani.

La filosofia, la matematica, l'attenzione alle scienze della natura islamiche nascono in stretto rapporto con la rivelazione del Corano, messaggio profetico di Maometto.

La Baghdad del IX secolo d.C. sotto il Califfo o Arun Al Rashid diventa città d'avanguardia. in pochi decenni dalla fondazione si articola come una vasta metropoli commerciale e culturale, dove proprio Al Rashid fonda la "casa della conoscenza" e una biblioteca il cui cui figlio Al Mamun stiperà di migliaia di volumi, in un momento in cui le nostre raccolte

[32] Isidoro di Mileto fu uno degli ultimi capi dell'*Accademia Platonica di Atene*. Questa scuola era durata 900 anni.
Quando nel 527 Giustiniano diventò imperatore d'Oriente, temendo che la cultura pagana dell'Accademia a indirizzo aristotelico inficiasse altre scuole filosofiche di Atene, e costituisse una minaccia per l'ortodossia cristiana, nel 529 chiuse tutte queste scuole e i membri furono dispersi.
A quel tempo Roma non offriva certamente un luogo ospitale per filosofi e scienziati, per cui questi studiosi cercarono rifugio in oriente e *ricostituirono in Persia l'Accademia ateniese in esilio*.
Il 529 segna dunque la fine dello sviluppo della matematica europea nell'antichità.
Occorrerà aspettare alcune centinaia d'anni perchè il mondo latino si dimostri più aperto alla cultura greca.

monastiche arrivavano a malapena a qualche centinaio di testi. In questo contesto matura una duplice rivoluzione: letteraria con lirici "maledetti" come Abu Nuvas, che esalta i piaceri dell'alcool e dell'omosessualità, ma soprattutto scientifica, con le trascrizioni, traduzioni di filosofi greci, l'elaborazione dell'algebra da parte di Al Khuwarizmi, da cui algoritmo, e la fondazione di una scuola astronomica che unisce calcolo speculativo e osservazione. Questa bella Baghdad è, insomma, il nucleo genetico di un connubio tra scienza e Islam che si estenderà fino al XV, connubio in cui si avviano le trascrizioni- traduzioni dei filosofi greci dal siriaco all'arabo.

Baghdad diventa così il centro di raccordo tra scienza e Islam, che durerà fino al XV secolo. Attraverso questi incroci culturali, Baghdad diventa un centro anticipatore di certe rivoluzioni cognitive dell'Europa moderna.

Oltre ad Avicenna ed Averroè, decine di proto-scienziati misconosciuti, ci sono antesignani della biologia evoluzionistica come Al Iahiz, che proprio nell'Iraq del IX secolo parla di "lotta per l'esistenza tra specie animali, preoccupate solo di non essere mangiate e di procreare, o come Muhmmad Al Nakhshabl (Asia centrale di un secolo dopo), che descrive addirittura una scala dei viventi a ritroso, con gli uomini derivati da creature animali e gli animali da vegetali, le piante da sostanze combinate e queste da qualità elementari presenti nei corpi celesti. Oppure ci sono indagatori ossessivi delle leggi biofisiche come Abbas Ibn Firma, sempre nel IX secolo, che nella Cordoba disegna modelli planetari e sperimenta il volo con una macchina pre-leonardesca.

È nel IX-X secolo che si deve il primo studio non metafisico di fisiologia della visione, oppure, ancora salendo di qualche secolo, ci sono geniali medici fisiologi, come Ibn Al Afis, morto a Il Cairo a fine '200 e capace di descrivere il sistema circolatorio, anticipando certe osservazioni del grande William Harvey.

Tra il XIV e XV la sequenza di scoperte si arresta come un ponte interrotto su un abisso, o una foresta che degrada nel deserto. Come si crea questa frattura tra l'Islam e la scienza?

Come si è arrivati ad un presente così opaco, in cui le uniche figure cerniera sono scienziati-canaglia come Ohkan, che ha portato il nucleare a Pakistan, Iran e Corea del Nord? O imbonitori, come il yemenita Abdul Maid Al Zadami, uno dei medici di Bin Laden, assertore di un creazionismo islamico più improbabile o di quello cattolico o di paralleli parafisici come quello sui buchi neri e le porte del paradiso Cranico.

La risposta non è solo intellettuale, ma più estesamente storico-sociale, e rimanda a quella malattia dell'Islam cui un recente autore, Meddeb, ha tributato un libro classico. Passando da civiltà egemone a civiltà gregaria, il mondo islamico si popola –come Meddeb dice- di quelli che Niestzche chiama "uomini del risentimento", di soggetti cioè, che, tesi a verificare l'onta di un processo di invasione e di inversione esteso dalle prime incursioni cristiane alle recenti guerre di liberazione irachena, passando la lunga fase colonialista, incapace di una secolarizzazione che ha lasciato ad altri dopo averla incominciata e preparata. L'uomo islamico si è così costruito l'identità di difesa o di controffensiva, profondamente schizofrenica.

Una *scuola di traduttori*, costituita in ambito islamico a Baghdad nell'832, su iniziativa del *Califfo Mamun*, si occupò della traduzione di opere di autori greci dal siriaco in arabo. Le traduzioni riguradavano soprattutto filosofi come *Platone* e *Aristotele*, ma anche medici (*Ippocrate* e *Galeno*), grandi matematici (*Euclide, Nicomaco di Gerasa, Apollodoro, Erone, Archimede*, etc.)[33].

Avicenna e Averroè avranno grande influenza sul medioevo latino perchè, soprattutto Averroè, aveva commentato le opere di Aristotele. Questi testi, che hanno accompagnato

[33] La grande scuola filosofica araba fu sede di illustri studiosi. *Al Kindi* (secolo IX), vissuto a Bassora e a Baghdad, ha sviluppato il pensiero aristotelico dell'influenza astrologica universale dei corpi celesti.
Al Farabi (872-950), è stato considerato il più grande filosofo musulmano, riconosciuto come il secondo maestro dopo Aristotele. Al Farabi, oltre a uno studio sulle dottrine filosofiche di Platone e Aristotele, di lui si ricorda il testo di classificazione delle scienze (tradotto in latino *De scientiis*).

l'insegnamento universitario dalla seconda metà del secolo XIII, hanno rappresentato un punto di riferimento costante fino a tutto il rinascimento[34].

2.7 L'avvio delle Università

L'impulso conferito dall'Islam alla filosofia e alla ricerca naturalistica e scientifica ha esercitato un notevole influsso sugli studiosi latini, quando da zone di confine dell'Europa, soprattutto dai territori della Spagna sottomessi dai musulmani (es. Andalusia), cominciarono ad affluire, come si è notato in precedenza, le *traduzioni di testi filosofici e scientifici greci, con particolare riferimento ai testi di Aristotele e ai trattati su Aristotele di studiosi arabi.* Queste ed altre opere hanno trovato negli studi di Monasteri, di Vescovadi e di Università istituzioni destinate a fruire di questi contributi e a diventare rapidamente una delle *strutture portanti della cultura e della società europea* nei secoli successivi.

Nel giro di circa un secolo si sono costituite biblioteche di testi di fisica, di matematica, di astronomia, di medicina, di filosofia, di alchimia e di magia prima ignorati, che hanno permesso di scoprire la perduta ricchezza della speculazione aristotelica, ellenistica e araba.

In ogni caso le Università sono diventate la sede della diffusione soprattutto del pensiero di Aristotele, in riferimento alla *Fisica* e alle *strutture dei cieli*, facendo di questi testi dei referenti sicuri in Italia fino all'irruzione della rivoluzione scientifica del secolo XVII. Nel secolo XIII le Università hanno raggiunto un profilo alto, da un punto di vista della fisica prescientifica, della filosofia e delle scienze della natura. Le Università di Bologna, Oxford, Cambrige hanno rivaleggiato con altri centri di studio dell'Europa orientale.

Tra le figure eminenti del secolo XIII si citano:

Alberto Magno (1206-1280), naturalista, filosofo e teologo, che è partito dal suo progetto di ricerca dall'interpretazione della natura fatta da Aristotele ed elaborata dagli arabi. Operando

[34] Hile G. F., 1915, *The development of arabic numerals in Europe*, Clarendon, Oxford, UK
Masood F., 2009, Science and Islam. An history

in questo contesto è maturata in lui una *nuova idea di natura*, priva di trasposizioni e interpretazioni simboliche fuori dalla sfera del sacro, dotata di una propria consistenza ontologica, in rapporto più diretto con la vita quotidiana degli esseri umani.

Roberto Grossatesta (1168-1253*), studioso francescano, fondatore della scuola di Oxford*. Anche grazie ad apporti dei traduttori greci ed arabi, Roberto Grossatesta ha sviluppato interessi nei settori della matematica e della tecnica e sperimentale. *Grossatesta è l'esempio dell'elevato livello raggiunto dalla matematica ne periodo della scolastica.* È possibile –ha osservato il Grossatesta- una *scienza della natura* nel senso aristotelico, perchè nelle scienze naturali vi è minore certezza sulla mutabilità delle realtà naturali. *Radicalmente diverso il valore della matematica*. *Solo nelle matematiche, infatti* –scrive Grossatesta- *si dà scienza e dimostrazione in senso proprio*. Tra le due forme di sapere, la matematica rappresenta la discipline capace di dare all'uomo sicurezza[35].

Per **Ruggero Bacone** (1214-1292), discepolo ad Oxford di Grossatesta, *il sistema scienza-tecnica* rappresenta possibilità capaci di trasformare il sapere in potere e realizzare una profonda riforma religiosa e politica della *res publica christiana*[36].

Si delinea con Bacone il nuovo ideale di una *scientia sperimentalis*, la cui verità si misura sulla sua utilità e il cui fine sta nel cogliere i segreti della natura e quindi rendere le persone capaci di compiere opere meravigliose: l'importanza a tal fine della matematica nella formazione a tutti i livelli. La scienza per Bacone è un conoscere che mette l'uomo in

[35] Crombie A. C., 1953, *Robert Grossteste and the origin of Experimental Sciences*, Clarendon Press, Oxford

[36] Si delinea con Bacone il nuovo ideale di una *scientia sperimentalis*, la cui verità si misura sulla sua utilità e il cui fine sta nel cogliere i segreti della natura e quindi rendere capaci di compiere opere meravigliose. La scienza per Bacone è un conoscere che mette l'uomo in condizione di leggere il futuro negli astri, realizzare prodotti e strumenti che aumentino le su conoscenze e possibilità operative.

condizione di leggere il futuro negli astri, realizzare prodotti e strumenti che aumentino conoscenze e possibilità operative[37].

2.8 Secolo XIV: sotto l'influsso del fondamentalismo l'Islam diventa civiltà gregaria e si interrompe l'età d'oro della scienza.

Il mondo islamico è stato all'avanguardia delle scienze sperimentali e filosofiche. Baghdad rappresenta il nucleo genetico di un connubio tra scienza e Islam che si estenderà fino al secolo XV. Era famoso, ancora sul finire del '500, l'osservatorio astronomico di Istanbul (nota 100 Masood, E., Science and Islam, Icon Books).

Questo susseguirsi di scoperte si arresta come un ponte interrotto su un abisso o una foresta che degrada nel deserto. Come si è creata questa frattura fra l'Islam e la scienza? La risposta non è solo intellettuale, ma più estesamente storico-sociale, e rimanda a quella "malattia" dell'Islam che uno storico tunisino Meddeb (101, La malatie de l'Islam, seuil), passando da civiltà egemone a civiltà gregaria, il mondo islamico si è popolato di quelli che Nieschtze chiamava "uomini del risentimento", di soggetti cioè tesi a vendicare l'onta di un processo di invasione o di inversione, esteso dalle prime incursioni cristiane alle recenti guerre di liberazione irakene, passando attraverso una lunga fase colonialista. Incapace di una secolarizzazione che ha lasciato ad altri, dopo averla incubata e preparata, l'uomo islamico si è costruito un'identità di difesa o di controffensiva. Sul versante si è ripiegato su un ambiguo arcaismo dell'interpretazione coranica e su su fino al radicalismo di Abd Al Wahhab settecentesco, padre fondatore della religiosità saudita e dei waabiti, a cui si riferisce Al Qaida.

Su un altro versante si è aperto all'esterno con filtri deformanti, accogliendo la modernità, ma non la visione occidentale che ne è alla base e soprattutto la tecnologia, ma non la scienza che

[37] Farrington, B., 1949, *Francis Bacon, Philosopher of Industrial Science*, H. Schuman, New York

ne rappresenta la premessa, per non rischiare che si aprano crepe nel marmo del dogma cranico. Il risultato è una comunità islamica che vede coesistere turbanti e cellulari, sessuofobia e video porno, autoritarismo e paraboliche. È stato osservato che diversi Paesi islamici iniziano a rilanciare le facoltà scientifiche e la ricerca. Ma forse il segnale più forte è simbolico, prima che concreto. Se infatti rinascendo, dopo essere stata incendiata nel 2003 e a lungo usata come base militare, la nuova biblioteca di Baghdad si tratterà solo dei 400.000 volumi da conservare, ma nei 4000 novità all'anno da acquistare, non solo di custodire l'antica scienza e l'antica cultura, ma di progettarne una nuova.

La nuova biblioteca di Baghdad, ricostruendo l'antica casa della conoscenza (102-103 Kaliba G., Islamic Sciente and the malthing in the european renaissance, MIT press)

2.9 Umanesimo e Rinascimento[38]

I secoli XIV-XV hanno segnato il tramonto del Medioevo e l'alba di un nuovo orientamento culturale: *l'umanesimo*. Questo orientamento, di natura profondamente invasiva, si è manifestato come *elaborazione di un nuovo ideale di formazione umana*, mirante a realizzare un individuo compiuto. La certezza che tale disegno potesse essere raggiunto mediante lo studio delle *humanae litterae* favorì la ripresa dello studio dei grandi letterati, filosofi e artisti delle due civiltà classiche, greca e romana. Questo sforzo di diffondere le scienze umane ha ricevuto un insperato sussidio dall'*invenzione della stampa*[39].

Alla caduta di Costantinopoli nel 1453 ha seguito un esodo di studiosi, che portarono anche in Italia manoscritti di opere di notevole rilievo culturale. In Italia, d'altra parte, operavano alcuni scienziati come **Nicolò Cusano** (1401-1464) e **Fibonacci di Pisa** (1541). All'estero **Erasmo da Rotterdam** (1465-1536), ha animato la cultura europea con apporti al rinnovamento religioso[40].

---

[38] Allen G. D., 1978, *Man and nature*, in *Reinaissance*. Cambridge, Mass. (trad. it., Jaka Book, Milano, 1982)

[39] A metà del '400, lungo le rive del Reno, ha preso avvio nel laboratorio di Gutemberg a Magonza *l'era del libro*. Il primo volume, che fu la Bibbia, fu stampato tra il 1454 e il 1455. Quel libro annunciava un nuovo modo di produrre oggetti fatti di parole e di immagini che, grazie alla tecnica di Gutemberg, divennero in breve tempo il veicolo della fruizione culturale in strati sociali sempre più ampi e al tempo stesso lo strumento per un più libero confronto di idee.

La stampa secondo il metodo di Gutemberg fu all'inizio una rivoluzione inavvertita, ma in pochi anni prese terreno, così da conseguire una rapida accelerazione che portò al consolidamento di una tecnica che sarebbe rimasta invariata almeno fino ai primi decenni del secolo XIX, creando un sistema di mestieri e di ambienti di lavoro standardizzati.

L'Italia divenne un punto di forza dell'industria tipografica a partire dal suo esponente più celebre, il veneziano Aldo Manunzio, la cui vicenda editoriale esemplifica la straordinaria e precoce diffusione delle botteghe tipografiche.

Il volgare in luogo del latino e l'uso di illustrazioni, accostarono al libro nuove fasce di lettori che si affiancavano ai lettori professionisti, agli esponenti della cultura umanistica e agli uomini di Chiesa, così da creare di fatto un doppio mercato. E anche se non va sopravvalutato il ruolo che il nuovo mezzo svolse in una società largamente analfabeta, è indubbio che essa costituì uno straordinario strumento di propaganda e di divulgazione, come avvertivano i riformatori religiosi tedeschi.

Viene così sfatata quell'immagine storiografica di largo seguito, secondo cui vi sarebbe stata, soprattutto nel medioevo, una dicotomia tra cultura dotta e cultura popolare o, come si era soliti dire, tra cultura alta e cultura bassa, a vantaggio invece di una concezione che integra le forme espressive, che insiste sugli scambi e sulle contaminazioni, le mediazioni e i legami tra i diversi gruppi sociali.

Murialdi P., 1996, *Storia del giornalismo italiano*, il Mulino, Bologna

Bergamini O., 2006, *La democrazia della stampa. Storia del giornalismo*, Laterza, Bari.

Infelisi M., 2005, *Prima dei giornali. Alle origini della pubblica informazione*, Laterza, Bari.

MacLuhan M., 1976, *La Galassia Gutemberg*, Armando, Roma

[40] Erasmo di Rotterdam, (1509, Londra, ospite di Tommaso Moro), *Elogio della Follia* (trad. it., A. Mondadori, Milano, 1992)

Ulteriori contributi sono venuti anche dai *Comuni italiani* tra la fine del '300 e l'inizio del '400.

Sul finire del secolo XV il periodo dell'Umanesimo si è incrociato con il Rinascimento

Il Rinascimento ha avuto valori e aspetti di notevole rilievo nell'ambito delle arti, delle lettere, della filosofia, dell'educazione. Nel rinascimento anche la matematica ha fatto da supporto ad ampie applicazioni, dai libri di conto, alla meccanica, all'agrimensura, all'arte figurativa (prospettiva), alla cartografia, all'ottica.

Ma a queste *grandi speranze, maturate soltanto a livello di un numero assai ristretto di intellettuali*, ha corrisposto l'amara percezione di un mondo dominato da grandi tragedie sociali e politiche, da pestilenze, guerre e carestie e caratterizzato da un ristagno della vita economica, da una povertà dilagante e dal crescere di intolleranze e di persecuzioni[41].

È nota la frase con cui *Lucien Febvre* ha condensato efficacemente con due parole il sentimento diffuso per l'Europa del '500, nel tempo e nel luogo in cui stava per nascere l'era moderna: "*Peur toujours, peur partout*", paura sempre e ovunque. Una onnipresenza della paura al buio che iniziava appena fuori della porta della casupola, e che avvolgeva il mondo oltre la siepe della fattoria[42].

Nonostante un fondo di diffuso anti-aristotelismo, l'aristotelismo rimane la filosofia ufficiale delle Università e della Chiesa. In questo quadro Dante ha organizzato le sue Cantiche secondo l'astronomia che si rifaceva ad Aristotele[43].

Sul finire del secolo XV, il periodo che è stato chiamato "autunno del medioevo", sono emerse, tra le altre, due figure di studiosi rappresentativi dell'epoca.

[41] Bouwsma W., 2003, *L'autunno del Rinascimento, il Mulino*, Bologna

[42] Febvre L., 1942, *Le Problème de l'incroyance au XVIe siecle*, A. Michel, Paris (trad. it. Einaudi, Torino, 1978)

[43] La profonda crisi della cultura medioevale e il superamento della cultura aristotelico scolastica, la crisi degli indirizzi stessi dell'umanesimo e la scissione della cristianità in varie confessioni religiose, la scoperta di nuovi popoli, , la stessa nuova dinamica politica che rompeva gli schemi politici medievali, tutto ha variamente confluito nel maturarsi di un atteggiamento scettico. Il termine scetticismo nel rinascimento copre atteggiamenti diversi e non lo si può quindi ritenere indicativo di una scuola, ma di un orientamento suggerito da una crisi di fiducia nella ragione, di stanchezza per controversie rivelatesi inutili, e ancor peggio dannose. Atteggiamenti scettici possono trovarsi in ambiti diversi. La critica scettica della scienza e della conoscenza umana, frutto della crisi della teologia aristotelico-scolastica nel '500 e nel '600, è stata utilizzata ad esempio per la rinuncia alla ricerca razionale o per esaltare la fede. Ma d'altra parte può essere utilizzata anche come strumento critico contro una ragione dogmatica (soprattutto contro l'aristotelismo) e divenire quindi premessa per una nuova teoria della ragione.

Michel De Montaigne (1533-1592), che fu considerato come uno dei maestri dello scetticismo nel Sei-Settecento. Critico del fanatismo e del dogmatismo, Montaigne ha sviluppato la polemica contro la presunzione della ragione che crede di poter definire verità valide per tutti e per sempre, ha sollecitato una più critica comprensione delle discordanti opinioni, e ha richiamato alla positività di esperienze culturali diverse da quelle vissute dalla storia europea.

Francesco Bacone (Londra 1561-1626). Bacone ha maturato la consapevolezza di vivere in un momento cruciale per la storia dell'umanità e che occorreva costruire le basi di un'epoca che potrà uguagliare la grandezza della Grecia e di Roma; ma a tal fine però bisogna riformare il sapere[44]. Egli, di conseguenza, ha svolto un'intensissima vita pubblica che ha fortemente influenzato i suoi interessi culturali.

L'applicazione del *metodo induttivo* è stata sviluppata nel *Novum organum* in cui ha proposto la ricostruzione totale del sapere. Tale ricostruzione doveva essere l'argomento dell'*Instauratio magna* di cui il *Novum organum* è il secondo libro. Ma l'*instauratio magna* restò allo stato di progetto.

Più volte è stato affermato che *Francesco Bacone è stato l'iniziatore del metodo scientifico moderno*. In realtà il suo *empirismo è stato lontano dai problemi che stavano al centro dei dibattiti scientifici dell'epoca*, soprattutto quel nesso tra *esperienza e matematica* che si andava rivelando come uno strumento essenziale per la conoscenza della natura[45].

---

[44] Contro le forme tradizionali di sapere aristotelico-scolastico Bacone ha elaborato il programma di un sapere più positivo, la cui validità sarà misurata e provata dalla capacità di operare sulla natura e di modificarla, di affermare così il *regnum hominis* sulla natura. La natura si conosce e si domina solo obbedendole, cioè conoscendola nelle sue strutture, sviluppando una nuova metodologia, una nuova logica di interpretazione della natura stessa. Questo comporta l'abbandono del metodo deduttivo e la scelta di una forma di dimostrazione che sia più legata al senso che sviluppi una conoscenza reale, cioè capace di intervenire e modificare i processi naturali: questa forma di dimostrazione è **l'induzione.** L'induzione che consiste nel trarre e far sorgere gli assiomi dall'esperienza e analizza quello che succede per successione e generalizzazioni e non sale ai principi generali se non dopo aver trovato gli assiomi reali.

[45] Tuttavia Bacone rappresenta ugualmente un momento cruciale nell'origine del pensiero moderno, non solo per la polemica contro la cultura scolastica per l'appello alla conoscenza della natura per aprire all'uomo nuovi orizzonti e liberarlo dal chiuso cerchio dei principi d'autorità, ma anche per la consapevolezza dei fini terreni e mondani del sapere, per l'esigenza di costruire una scienza produttiva di opere le quali trovano nell'utilità la loro verifica per la richiesta di un metodo che fosse inventivo, interpretativo della natura, quindi capace di penetrare nei suoi segreti per modificarla. E infine un appello per la collaborazione tra tutti gli scienziati, perchè unicamente da un'opera comune e non dall'isolato disinteressato contemplare di uno solo potevano nascere nuovi progressi e dischiudersi quella nuova età di cui egli si sentiva imminente l'avvento.

Fino a questo punto la scienza aveva come paradigma l'accumulo delle conoscenze. Nuovi elementi sono stati aggiunti a un deposito già precedentemente curato dalla comunità scientifica.

3. SECOLI XVII-XVIII: LA RIVOLUZIONE SCIENTIFICA: DAL SISTEMICO PRESCIENTIFICO ALLA FRAMMENTAZIONE DEL SAPERE SCIENTIFICO

3.1. La cultura scientifica nel quadro della crisi del sapere tradizionale

Il termine "*rivoluzione scientifica*" trae origine e contenuti da un profondo *mutamento culturale* avvenuto nell'Europa occidentale tra il secolo *XVII* e la fine del secolo *XVIII*. I 150 anni che separano il *De revolutionibus orbium coelestium* (1543) di Copernico dai *Philosophia naturalis principia mathematica* (1687) di Newton, sono unanimemente considerati *i termini entro cui prende corpo l'identità della rivoluzione scientifica.*

Il termine "*rivoluzione scientifica*", coniato e pubblicato nel 1939 da *A. Koyrè*[46], è stato ulteriormente discusso da *C. Crombie*[47], che ne ha individuato le radici socio-culturali, economiche, politiche.

Non c'è dubbio che in questo periodo il pensiero europeo ha conosciuto un cambiamento profondo provocato dall'uso di teorie e di modelli che hanno innescato *nel mondo intellettuale* un deciso processo di distruzione del vecchio sistema delle dottrine aristoteliche e delle certezze scolastiche che erano presenti ancora sul finire del Rinascimento[48]. Ne è nato un *nuovo paradigma culturale* che si è diffuso faticosamente, anche in polemica con il sapere tradizionale di matrice aristotelica, quale era insegnato nei monasteri e nelle università, e si era creato proprie istituzioni e un suo specifico linguaggio.

In sostanza, *la rivoluzione culturale*, *prodotto della rivoluzione scientifica*, è consistita nel passaggio:

---

[46] Koyrè A., 1957, *From the closed word to the infinite Universe*, Baltimora

[47] Crombie C., 1963, in *Scientific Change: Historical Studies in the Intellectual, Social and Technical Conditions for Scientific Discovery and Technical Invention, from Antiquity to the Present*, London and New York

[48] Quel sapere congiunge insieme le teorie e gli esperimenti, le sensate esperienze e le certe dimostrazioni. Trova le sue specifiche forme istituzionali, elabora i suoi specifici linguaggi. Assume pure nella varietà degli atteggiamenti e delle dottrine comuni, comuni riferimenti a valori tipicamente moderni. Rossi, P., 1988, *Storia della scienza*, UTET, Torino.

- da un punto di vista dei contenuti, da una *visione qualitativa* propria della vecchia civiltà rurale ad una cultura basata sul *quantitativo*;
- da un punto di vista del metodo, da *una concezione sistemica avanti lettera* ad una *metodologia della frammentazione e del riduzionismo scientifico*.

La rivoluzione scientifica, condizione che ha reso possibile la nascita dell'ideale moderno della scienza di ispirazione galileiana, *ha sostituito il mondo delle qualità sensibili* (quello in cui gli uomini vivono, sentono e pensano) *con un mondo di quantità e di forme*, eliminando progressivamente dalla scienza ogni antropomorfismo, ogni *argomento fondato su valori e sul senso immanente del mondo.* In quasi tre secoli di sviluppo della scienza sulla base di questa concezione di sapere è stato scavato un abisso nuovo e sempre più profondo, tra il *mondo dei fatti* e il *mondo dei valori*, che la scienza non poteva più spiegare con le proprie categorie e di cui tuttavia non poteva liberarsi definitivamente. La frase kantiana "*il cielo stellato sopra di me, la legge morale dentro di me*" esprime la drammatica coscienza di questa lacerazione, che la sintesi newtoniana ha messo pienamente in luce e che accompagna gli esseri umani fino ad oggi.

La conoscenza non nasce più ora da ciò che è immediatamente dato, astraendone indirizzi qualitativi, ma da teorie matematiche dalle quali si deducono ipotesi che guidano le operazioni dei soggetti. Fu anche per questa via che l'inventore medioevale si trasformò nell'ingegnere moderno. È nata la scienza attiva, non una scienza suscettibile di applicazioni pratiche, ma una scienza capace di trasformare profondamente la pratica stessa.

La nozione di rivoluzione scientifica, concretamente applicata agli indirizzi elaborati dei secoli XVI-XVII, non indica solo l'emergere di novità, di scoperte nei singoli settori della scienza, ma disegna anche una serie di mutamenti profondi attraverso i quali venne a costituirsi una *specifica forma del sapere destinata, tra l'altro, a condurre all'identificazione dell'attività di ricerca scientifica con una professione.*

3.1.1 Leonardo da Vinci: un precursore

L'originalità di Leonardo (Vinci, 1452 – Amboise, 1518) emerge da un confronto con gli indirizzi che avrebbero caratterizzeranno in seguito il pensiero di Galileo.

L'eredità culturale di base di Leonardo è stato *l'operare per la qualità*; Galileo, invece, ha operato per una cultura della quantità.

Leonardo non ha frequentato Università, ma botteghe di grandi artigiani fiorentini.

In migliaia di fogli Leonardo ha tracciato disegni di macchine, ha fissato in disegni l'anatomia del corpo umano e quella composizione di piante e di fiori che costituiranno quei panorami in cui sono situati capolavori quali la Leda del cigno e la Vergine delle Rocce[49].

Il suo sapere, al quale non era certo aliena la matematica, non era caratterizzato dalla quantità, ma era orientato a modelli e a forme fino a giungere alle funzioni. Ha scritto di Leonardo Frityof Capra: "voleva ritrarre la natura, non ha paura dei confini delle discipline tradizionali, saltando dalle rocce agli umani, agli uccelli ai fiori, mentre Galileo si concentra sulla materia e sulle tecniche per misurarla. L'approccio in Leonardo è globale"[50].

Destinato a perdere la partita –come è stato osservato- con la cultura del riduzionismo scientifico, che sarebbe in seguito stata sviluppata da Glielo, Leonardo si è preso la rivincita nel XXI secolo, diventando, in qualche modo, precursore avanti lettera della complessità.

Nei suoi appunti è presente una persistente affermazione che *la sapienza è figlia di quell'esperienza* che un dato artigiano ha compiuto. Di qui l'esaltazione del valore delle arti meccaniche, che ponendo a diretto contatto con i processi naturali, rendono possibile una chiara conoscenza di essi. E l'annotazione che la natura è retta da *ragioni*, cioè da *leggi della natura che sono ragioni matematiche necessarie.*

Ma questa posizione di Leonardo resterà isolata. Egli non ha mostrato alcun interesse a elaborare *un corpus di dottrine* per trasferire agli altri le proposte teoriche. Occorrerà

[49] *La botanica di Leonardo. Un discorso sulla scienza della qualità*, Aboca Edizioni
[50] Capra, F., _____

attendere la fine del ‘500 e gli inizi del ‘600 perchè si costruisca quella *disciplina fisica* in cui la *connessione tra esperienza e matematica risulterà evidente*.

3.1.2 La rivoluzione astronomica: Niccolò Copernico (1479-1543)

Il *De rivolutionibus orbium celestium*, pubblicato da Copernico nel 1543 (anno della sua morte) segna la fine di quell’*universo geocentrico* i cui fondamenti metafisici e matematici erano stati elaborati sulla base dell’aristotelismo e che per quasi due millenni avevano rappresentato la *vera immagine del mondo*.

L’universo aristotelico tolemaico era stato universalmente accolto perchè sembrava che esso corrispondesse a rigorose osservazioni assieme a considerazioni filosofiche. La constatazione del moto quotidiano dei cieli e dell’immobilità della terra erano espressioni della concezione teologica della creazione e della storia cristiana che faceva della terra il luogo unico e privilegiato creato in cui si realizza la storia biblica.

La tesi centrale del *De rivolutionibus orbium celestium* era che i pianeti ruotano intorno al Sole e non intorno alla Terra, la quale ha come suo satellite la Luna. La Terra quindi non ha una posizione unica e privilegiata al centro del cosmo, ma è un pianeta come tutti gli altri[51].

Notevole è stato l’apporto di Copernico alla trigonometria con la pubblicazione del testo “*De lateribus et angulis triangulorum*”.

Copernico fino alla morte continuò a concepire il suo sistema del mondo come *reale e non come puro ipotetico*, come altri volevano che lui pensasse.

[51] Il postulato del moto circolare uniforme adottato dai pitagorici doveva dominare il pensiero astronomico per oltre duemila anni, e Copernico, quasi duemila anni più tardi, accettava ancora questo postulato senza discuterlo: fu proprio ai pitagorici che Copernico si rifece per mostrare che la sua dottrina del movimento della Terra non era, dopotutto, così nuova o rivoluzionaria.

3.1.3 Keplero: dal cerchio alle ellissi (1571-1630)

A livello più tecnico fu Keplero ad affermarne la piena verità fisica dell'interpretazione del sistema copernicano. Secondo Keplero i pianeti non si muovono intorno al Sole secondo perfetti moti circolari, ma con orbite ellittiche.

La ricerca astronomica di Keplero, le definizioni delle leggi e dei rapporti matematici che regolano i moti celesti rispondono al suo desiderio di *dare una visione unitaria dell'universo* da cui emergesse la divina armonia del tutto, secondo suggestioni che *affondavano le loro radici nel rinascimento e nella riscoperta degli antichi testi pitagorici e platonici*[52].

Una conclusione. Parlando delle dottrine scientifiche di Copernico e di Keplero, è d'obbligo tener presente il complesso sfondo metafisico e teologico sul quale si inseriscono le loro teorie matematiche ed astronomiche. Di qui viene spontanea la considerazione di quanto il percorso del loro *pensiero scientifico sia stato faticoso e spesso tortuoso*.

Attraverso la rivoluzione astronomica di Copernico e di Keplero si realizzava non solo il capovolgimento di un vecchio sistema (*la Terra centro dell'Universo*), ma si è usciti decisamente fuori dall'orizzonte fisico e metafisico di Aristotele.

Ciò non significa che il sistema del mondo di Aristotele non continuasse ad essere insegnato nelle scuole e difeso dagli aristotelici delle varie correnti, come dai teologi, sia cattolici che protestanti e, tra questi ultimi, da Lutero, Melantone e Calvino.

3.1.4 Galileo Galilei (Pisa 1564 - Arcetri 1642)

Tra i svariati temi elaborati da Galileo Galilei alcuni sono particolarmente interessanti per la presente ricerca.

- Nel *Saggiatore* è indicata una delle *più importanti teorie galileiane, quella relativa alla distinzione tra qualità oggettive e soggettive dei corpi*. *Le qualità matematiche*

[52] Koyrè A., *Etudes galiléennes* cit., vol. I, pp. 46-51; e dello stesso autore, *Galileo and Plato*, "Journal of the History of Ideas", IV (1943), pp. 400-428

e geometriche, le uniche soggette a possibilità di misurazione, esauriscono da sole la struttura della materia. *Le qualità sensitive come sapore, colore, odore, suono, bellezza, sentimento, emozioni*, invece, non sono inerenti ai corpi, ma semplice risultato della momentanea relazione del soggetto senziente e l'oggetto materiale.

Con questo indirizzo Galileo rompeva con la fisica e la scienza naturale aristotelico-scolastica che aveva assunto come *reali e oggettive le qualità sensibili* e le aveva concepite come manifestazione di forme o sostanze e insieme *aveva ignorato l'uso dello strumento matematico*, che era stato considerato irrilevante per la conoscenza naturale.

Si operava così un vero capovolgimento nel campo della comprensione del mondo. L'adozione di un *modello matematico-meccanicistico* escludeva dal campo della vera conoscenza *l'indagine degli aspetti qualitativi*, sulle cause finali, e ogni forma di indagine oggetto proprio della metafisica tradizionale.

- *La matematizzazione della fisica e l'emarginazione degli aspetti qualitativi ha favorito la formulazione della definizione delle realtà naturali come sommatoria di dati quantificati e misurabili* e quindi alla definizione del *fenomeno come unico elemento di legittimo ambito della conoscenza scientifica*. In una valutazione del pensiero galileiano è stato sottolineato che "*fra l'universo della fisica e quello dell'esperienza sensibile si è aperto nell'età moderna un abisso molto più profondo di quello immaginato dalle teorie scettiche*".
- Una terza importante dottrina galileiana è quella riguardante *la natura*, che, pur producendo i suoi effetti in maniera sconosciuta, *reca al suo interno un ordine e una struttura armonica di tipo geometrico*. La filosofia è scritta in questo grande libro dell'universo che continuamente sta davanti agli occhi delle persone umane, ma che non si può percepire se prima non si impara a intenderne la lingua matematica, la sola atta a conoscere i caratteri nei quali è essa scritta.

> In sostanza, secondo Galileo, la scienza non deve limitarsi a formulare ipotesi, discorsi coerenti, ad analizzare fenomeni, ma essa è in grado di dire qualcosa di vero sulla costituzione delle parti dell'universo.

La forza innovatrice di questa *nuova concezione di natura* poneva in crisi ad un tempo scienze umane, teologia, esegesi dei testi biblici e, nel complesso, una mentalità etica e religiosa legata ad un cosmo organizzato secondo una gerarchia di essenze e di perfezioni. Dall'attività di Galileo emerge con chiarezza la sua convinta difesa del sistema copernicano. Con ulteriori acquisizioni concettuali Galileo ha contribuito alla distruzione della cosmologia aristotelica, suscitando forti discussione tra i teologi e gli esegesi della Bibbia, sia cattolici che protestanti[53].

Forse la più comprensiva espressione del pensiero di Galileo è condensata nella sua frase che scrisse a Benedetto Castelli, il suo allievo preferito, "*La Scrittura ci dice come si va in cielo, non come è costruito il cielo*". [54]

Una conclusione. La *rivoluzione scientifica* è stata all'origine di un *indirizzo culturale radicalmente nuovo* che ha trovato nel *metodo scientifico di ispirazione galileiana un proprio indirizzo metodologicamente coerente*: per studiare una realtà non vivente e/o vivente occorre scomporla *cioè ridurla ai fattori che la compongono e analizzare ognuno di questi fattori con una disciplina specifica*.

---

[53] Nelle comuni convinzioni l'ostacolo maggiore per i copernicani doveva tuttavia risultare la sistematica e suggestiva cristianizzazione del cosmo aristotelico elaborata nel sec. XIII da san Tommaso. Superando le iniziali diffidenze verso il pensiero di Aristotele, che presentava non poche dissonanze con la Bibbia, le autorità ecclesiastiche erano giunte a riconoscere il tomismo come dottrina ufficiale della Chiesa. nella fusione delle dottrine cristiane e aristoteliche realizzata dal Dottore Angelico, le sfere celesti e la posizione della Terra assumevano un preciso significato religioso e politico. Nella Divina Commedia, com'è risaputo, la descrizione dell'universo ricalcava lo schema tomistico.

[54] La condanna, che fu firmata da sette giudici su dieci, non colpiva soltanto Galilei, non troncava solo le sue speranze e le sue illusioni. Dava un colpo mortale anche alle speranze di quanti, all'interno della Chiesa, avevano creduto non solo alle verità della nuova astronomia, ma anche alla possibilità, per la stessa Chiesa, di esercitare una funzione positiva nel mondo della cultura. Nella storia delle idee e in quella della scienza, il 1633 resta comunque un anno decisivo. Pochi mesi dopo la condanna (il 10 gennaio del 1634) Descartes scriveva a Mersenne di rinunciare a pubblicare il suo trattato sul mondo perchè gli era giunta notizia della condanna di Galilei. Assumeva come sua divisa *bene vixit qui bene latuit* (bene visse chi bene si nascose) e confessava di avere la tentazione di bruciare tutte le sue carte.

Queste riflessioni sul metodo stanno alla base della nuova *rivoluzione disciplinare* che si è affermata soltanto a partire dal XVIII secolo e si rifletterà sulla *frammentazione di sistemi complessi in saperi disciplinari*. *La specializzazione disciplinare diviene una condizione del progresso delle conoscenze*. Questo *procedimento analitico-riduttivo* (o *riduzionismo tout court*) ha esercitato una straordinaria influenza sullo sviluppo del pensiero umano. Positiva è stata una grande ricaduta dei risultati della ricerca sull'*avvio dello sviluppo tecnologico*, e della *rivoluzione industriale***,** sulla promozione della salute pubblica, sulla produzione di cibo, su modelli sempre più veloci di comunicazione, sullo sviluppo della ricerca e dell'alfabetizzazione.

A una tradizione epistemologica che considerava oggetto di scienza ciò che era chiaro e immutabile, *si contrapponeva il metodo sperimentale*, che assumeva come oggetto i fenomeni e come strumento di conoscenza l'esperienza.

Il metodo scientifico, proponendo l'analisi dei singoli fattori di cui sono composte realtà complesse, ha avuto il merito di rappresentare per la società un invito alla *razionalità nell'interpretazione della natura e dei suoi processi*.

3.1.5 Cartesio (Renè Descartes, 1596-1647)

È classica la *definizione di metodo* proposta da Cartesio: "*per metodo intendo le regole certe e facili, osservando le quali esattamente nessuno mai darà per vero ciò che sia falso e senza consumare inutilmente alcun sforzo della mente, ma gradualmente aumentando sempre il sapere perverrà alla vera cognizione di tutte quelle cose di cui sarà capace*" [55].

[55] Descartes, R. 1628 *Regulae ad directionem ingenii* in *Opuscola postuma fisica et mathematica*, AeU, Amsterdam, 1701 (trad. it. In Opere, Laterza, Bari, 1967)

Cartesio ha recato contributi importanti all'evoluzione della scienza, alcuni dei quali rimangono ancora attuali[56].

Nelle *Regulae* ha delineato *quattro criteri per la ricerca su problemi o su sistemi*[57]. Rifiutando il procedimento sillogistico deduttivo, ha superato il metodo aristotelico:

1. evidenza: "*Non accogliere mai come vera nessuna cosa che non conosci con evidenza esser tale (...) e non includere nei miei giudizi nulla di più di quello che si presentava così chiaramente e distintamente al mio spirito da escludere ogni possibile dubbio*".

Il primo passo del metodo consiste, dunque, nel non rassegnarsi a non descrivere tutto, a non ritenere tutto, ma a scegliere degli aspetti sufficientemente chiari e distinti. Questa *strategia di riduzione*, così lunga e faticosa da acquisire, determina deliberatamente l'oggetto della scienza in questo campo come un fatto di cui è bene sottolineare e precisare il *carattere straordinariamente astratto*, se si vuole comprendere a fondo in cosa impegna il metodo.

2. analisi: "*Dividere ognuna delle difficoltà che io esaminassi in tante parti quante fosse possibile e richiesto per meglio risolverle*". In sostanza, si tratta di scomporre, ad esempio, un processo ambientale nei fattori da cui è composto, ed esaminare ognuno di essi con una disciplina congrua.

3. sintesi: "*Condurre per ordine i miei pensieri cominciando dagli oggetti più semplici e più facili a conoscere per ascendere a poco a poco come per gradi alla conoscenza dei più composti*". In sintesi, si procede all'inverso, dal semplice al sistemico, al fine di cogliere i nessi coesivi del tutto, ricomponendo l'ordine attraverso una serie di ragionamenti rigorosamente deduttivi come quelli geometrici.

4. enumerazione: "*Fare dappertutto delle enumerazioni così complete e delle revisioni così generali da esser certo di nulla omettere*".

[56] Koyrè A., 1957, *From the closed world to the infinite universe*, Hopkins J. Univ. Press, Baltimore (trad. it. Feltrinelli, 1970)
[57] Watson R. A., 2002, Cogito, ergo sum: the life of Renè Descartes, _____, Boston

Cartesio nella regola IV, che racchiude a suo avviso il principale segreto dell'arte, ha formulato la norma della *scomposizione analitica dei complessi in parti semplici*.

Queste riflessioni sul metodo stanno alla base di quella nuova rivoluzione disciplinare, già avviata da Galileo, che si è affermata a partire dal secolo XVIII con la formazione delle singole discipline.

Nel definire le regole del metodo Cartesio ha in mente, in sostanza, due aspetti: *il metodo matematico e il metodo della riduzione* dei fenomeni che la percezione isola nell'esperienza vissuta, traducendola in schemi astratti[58] [59] [60].

3.2. Quali i sentimenti di chi viveva sul finire del secolo XVII

58 Un secondo tema riguarda il dualismo tra ***res cogitans*** e ***res extensa***.
Con il passo "*io sono una cosa che pensa*" (res cogitans), cioè un essere spirituale e libero, Cartesio imprime una svolta decisiva alla filosofia moderna, che non è più da intendersi come scienza dell'essere, ma come dottrina della conoscenza (gnoseologia). È il trionfo del soggetto umano, della coscienza razionale cha ha trasparenza di sè e si manifesta in modo unitario nei diversi rami del sapere: l'uomo non deve ammettere altre verità che non siano quelle chiare e distinte o dedotte da queste, senza preoccuparsi di altre giustificazioni.
Gli irrisolti problemi del dualismo cartesiano si faranno evidenti nel cartesianesimo del '600. Scrive: "*Come certissima ed evidentissima esperienza, perchè noi sperimentiamo continuamente la forza che l'anima ha di muovere il corpo e il corpo di agire sull'anima, causando i suoi sentimenti*".

La sintesi fu raggiunta nel corso del secolo XVI attraverso l'individuazione dell'universo-macchina, una concezione meccanicistica del creato, fortemente debitrice sia verso il mondo degli artigiani, degli ingegneri e delle loro costruzioni, sia verso la grande tradizione fisica matematica di Archimede, rimeditata in termini originali da Galileo e Cartesio. A queste due tradizioni è necessario fare riferimento se si vuol tentare di comprendere un fenomeno grandioso e capace nella sua complessità di modificare in profondità il modo di vedere la realtà da parte di scienziati, medici, artisti, filosofi e perfino ecclesiastici e uomini politici.
Nei *Principia* del 1644 Cartesio sanciva tale evento affermando che non si dà alcuna differenza tra le macchine che costruiscono gli artigiani e i diversi corpi che la sola natura compone. Alcuni studiosi hanno preferito indicare nella matematizzazione della natura il vero e unico momento costitutivo del **meccanicismo**
Galileo amava sostenere che il gran libro della natura era scritto in lingua matematica. I caratteri sono triangoli, cerchi, altre figure geometriche.
Nell'indeterminatezza delle sue teorie conoscitive, il **meccanicismo** e la suggestiva immagine dell'universo macchina che vi si connetteva esercitarono un fascino straordinario in ogni settore della vita intellettuale. In breve tempo questa visione scientifica che eliminava alle radici ogni forma di antropomorfismo, estesa la sua influenza da discipline come la meccanica e l'astronomia alla medicina e alla letteratura, alla morale, alla religione, alla politica, fornendo strumenti nuovi nell'interpretare non solo fenomeni naturali, ma anche la vita sociale e il funzionamento delle strutture istituzionali dello Stato moderno.
59 In sostanza, *il metodo analitico di Cartesio* è stato uno degli aspetti essenziali del pensiero scientifico moderno. Nell'approccio analitico, o riduzionistico, *le parti stesse non possono essere analizzate oltre se non riducendole in parti ancora più piccole*.
60 Un commento sulla destinazione delle ossa di Cartesio, che in parte furono coinvolte nell'abbattimento della chiesa in cui il corpo era stato sepolto.
Perrier E., 1912, *Sur le* _____, Academie de Sciente Gauthier-Villars, Paris
Russel S., 2009, *Le ossa di Cartesio*, Longanesi, Milano

La rivoluzione scientifica ha originato un indirizzo di ricerca scientifica e una proposta articolata di un'evoluzione socioculturale diffusa in un ambiente in cui gravava il vuoto lasciato dalla caduta di un sistema di valori tradizionali, del principio di autorità e di antiche certezze culturali che per secoli avevano dato un indirizzo alla cultura europea. Non c'è dubbio che la *rivoluzione scientifica*, che si è connotata in una sequenza di raffinati paradigmi scientifici e con forti novità astronomiche, abbia avuto un *effetto devastante sulla crisi del sapere tradizionale, favorendo nuovi indirizzi per società moderna*[61].

È significativa la decisione di un qualificato gruppo di intellettuali di scendere in campo a difendere la cosmologia tradizionale. Questo fatto ha messo ben in evidenza la difficoltà che *il mondo religioso, sia cattolico che protestante, che fruiva degli indirizzi aristotelici e scolastici dell'interpretazione delle scritture, ha evidenziato a fronte delle innovazioni che la rivoluzione scientifica proponeva.*

Non c'è dubbio, infatti, che si sia aperto nel secolo XVII *uno dei problemi più complessi* e ancora oggi vivo (anche perché mal posto) dei rapporti *tra scienza e fede*.

3.3 Accademie e Società nell'età del Rinascimento e nel secolo XVII

Nel Rinascimento le *Accademie letterarie* erano frequenti nelle corti signorili e rappresentavano una continuazione dell'elaborazione culturale che avveniva nelle *botteghe artigiane medioevali*. È questo il periodo in cui si avvia l'affermazione della *rivoluzione scientifica.*

Un'altra innovazione importante del secolo XVII nell'ambito della rivoluzione scientifica e dell'illuminismo è stata la *fondazione di Accademie scientifiche a indirizzo multidisciplinare*, sia in Italia che in Europa, con l'obiettivo di intrecciare rapporti con studiosi di ogni Paese, legandosi agli elementi universalistici e alla volontà di fondere il sapere scientifico. *L'Accademia dei Lincei* fu fondata a Roma nel 1603 da *F. Cesi* per lo studio delle scienze

[61] Schmitt B., 1983, *Aristotle and Reinassance*, Harvard University Press, Cambridge (Mass.)

fisiche e matematiche. Nel 1623 pubblicò " *Il saggiatore*" di Galileo. Per questo, dopo la condanna di Galileo, ne venne sospesa l'attività.

Dopo la soppressione dei Lincei, fu istituita a Firenze nel 1657 *l'Accademia del Cimento*, di ispirazione galileiana, fondata dal cardinale Leopoldo dei Medici. Questa Accademia annoverò trai suoi soci Viviani, Borelli, Malagotti, Redi ed altri.

Accanto all'Accademia ha avuto notevole ruolo la *stampa* e la *diffusione di periodici specializzati* diffusi anche a livello europeo.

4. SECOLO XVIII: LE COMUNITÀ SCIENTIFICHE TRA ILLUMINISMO E MODERNITÀ

4.1 Rivoluzione scientifica e rivoluzione industriale

La rivoluzione scientifica si situa tra due periodi storici: il declino del Rinascimento e lo sviluppo dell'Illuminismo, in un clima culturale caratterizzato dallo sviluppo di indirizzi di ricerca scientifica innovativa e sempre più complessa, sviluppati dalle classi colte, ricche di fermenti e progressivamente sempre più ostili a tradizionali modelli etici e morali.

Il Settecento appare come il secolo in cui i fattori determinanti della cultura mostrano una particolare accelerazione con cui essi si vengono realizzando nel corso della storia.
Sono operativi *un rivoluzionario modo di pensare e di vedere la natura*, un progressivo e impetuoso *processo della secolarizzazione* che ha fatto parlare addirittura di nuovo paganesimo, la diffusione di uno spirito di tolleranza e di una accresciuta attenzione ai diritti delle persone: *sono questi indirizzi che hanno concorso a formulare un'interpretazione di quel complesso crogiuolo di idee che hanno riguardato vari settori (politico, sociale, religioso) e al quale è stato dato il nome di illuminismo*[62].

Un secolo che *si è aperto con la riflessione sulla storia* di Vico e che si è concluso con la filosofia di Kant. Quando poi si valuta con attenzione il retroterra culturale di uomini come Galileo, Keplero, Cartesio, Newton risulta evidente la forte incidenza che le loro teorie scientifiche hanno esercitato sulle dimensioni culturali, etiche e religiose della società, avviando quel dibattito tra gli intellettuali dell'epoca che ha connotato *la modernità* [63] [64].

[62] Ashton, S. T., 1966, *The industrial revolution, 1760-1830*, Oxford Univ. Press, London (trad. it., Laterza 1998, Bari). Kant ha definito l'illuminismo: "l'illuminismo come capacità di valersi del proprio intelletto senza la guida di altri (scuola, Stato, Chiesa), «abbi il coraggio di servirti della tua propria intelligenza»."
[63] L'illuminismo ha propugnato alcuni concetti basilari, profondamente innovativi nel panorama culturale, che hanno rappresentato la bandiera politica del "partito" dei Lumi: la ragione, prima di ogni altro, e poi la felicità, la libertà, la tolleranza.
Prosperi A., Viola, P., 2000, *Dalla rivoluzione inglese alla rivoluzione francese*, Einaudi Torino
[64] Nota 269 a pag. 116… Di quale testo?

4.2 La rivoluzione industriale tra il secolo XVI e XVII

La ricaduta dei risultati della rivoluzione scientifica sullo sviluppo delle tecnologie e delle economie ha costituito le *radici della rivoluzione industriale*. In un quadro in cui l'attenzione all'ambiente si esplicitava nello sfruttamento delle risorse abiotiche, biologiche e dei beni culturali come fonte di ricchezza. I mercati delle merci si rifacevano, come radici, alle grandi esplorazioni che le potenze europee avevano promosso. Se si pensa all'esplorazione dell'America, i primi esploratori hanno trovato popolazioni che, pure in un livello di civiltà di agricoltori-allevatori, avevano sviluppato espressioni culturali altissime e una concezione molto alta della bellezza, delle regole per abitare insieme, etc., a differenza di quanto era stato per l'Africa. I conquistatori si impossessarono delle risorse abiotiche, quali oro, argento, pietre preziose, biologiche (legni pregiati con il depauperamento di foreste millenarie, etc.).

Ma la crisi economica del secolo XVI toccò anche l'Europa occidentale ed ebbe senza dubbio come cause fattori demografici e fattori monetari. Ne fu conseguenza il rafforzamento dell'assolutismo nella maggior parte dei Paesi del continente e il consolidamento dell'oligarchia commerciale dei Paesi Bassi. Ma solo l'Inghilterra creò un sistema politico entro il quale il capitale commerciale e quello industriale si svilupparono liberamente, spianando la strada a forti innovazioni per quanto riguarda la rivoluzione industriale del secolo XVIII, in anticipo sul resto del mondo. In questo quadro si sono create le condizioni per quel raro equilibrio tra popolazione e risorse, che ha reso possibile la rivoluzione industriale (1760-1830)[65].

4.3 Gli indirizzi di ricerca ambientale nel secolo XVIII

[65] Mokyz J., 1993, *The british industrial revolution*, Boulder, Westview Press

Nel Settecento si fa più chiara la pluralità di metodi di analisi della realtà: l'*indirizzo prescientifico* e i *due indirizzi scientifici (il riduttivo e il sintetico).* Il *primo* continuerà ad essere presente in ciò che sarebbe rimasto della civiltà rurale, fin quasi agli anni '60 del secolo XX.

I due paradigmi scientifici emergenti, ancorchè non teorizzati, corrispondenti a due scuole pensiero, hanno recato un proprio significativo contributo alla conoscenza dei processi che regolano il territorio e le sue risorse.

- **Il metodo scientifico *riduttivo*** trae le sue radici dal pensiero scientifico e filosofico del secolo XVII. Importante è stato in questo periodo il ruolo della matematica con i contributi dati da *Newton*, dalla famiglia *Bernoulli*, *Jacques* (1654-1705) e *Johann* (1667-1718), da *Eulero* (1707-1783) che ha sviluppato la meccanica razionale, della chimica di *Lavoiser* (1743-1794). Significativi gli studi sull'elettricità di *B. Franklin* (1705-1790) e, nel campo della biologia, di *L. Spallanzani* (1729-1799).

Attraverso discussioni e verifiche è stato sviluppato quell'intenso processo tipico della scienza moderna, cioè il *disgregarsi della scienza come sistema unitario e al suo specializzarsi in campi disciplinari diversi*. Queste discipline, pur mantenendo tra loro la metodologia scientifica di base, si mostrano caratterizzate da contenuti e da ordini di problemi, da ambiti applicativi, da linguaggi tecnici e da procedure sperimentali sempre più distinte e specifiche.

- **Le ricerche naturalistiche** hanno sviluppato due indirizzi: *l'indirizzo di sistematica botanica e zoologica* (*C. Linneo, 1707-1778)* e una ricerca naturalistica descrittiva di

territori e loro caratteristiche (*A. Humbold, 1769-1859*) che ha dato origine alla nuova disciplina della *Biogeografia*[66].

I risultati di queste ricerche, sia riduttive, sia naturalistico sistemiche hanno valicato i confini delle relative nozioni e si sono aperti agli intellettuali europei nel '700. Sono state organizzate delle *reti di soci corrispondenti, anche grazie alla stampa*.

Nel secolo XVIII *a fronte della tradizionale e prevalente concezione speculativa della scienza*, come produttrice di teorie, si viene riproponendo *l'indirizzo baconiano ed empirista* del significato pratico della scienza stessa, del suo valore applicativo, cioè della sua capacità non solo di interpretare la natura e le sue leggi ma, sfruttando queste stesse leggi come modelli d'azione, di intervenire su di essa per fruirne delle potenzialità con strumenti e macchine a beneficio della società umana. La promozione della *scienza applicata è stato uno dei maggiori contribuiti dell'illuminismo al radicale mutamento della civiltà europea che si è concretata nella rivoluzione industriale*[67].

Questo progressivo *articolarsi della scienza in una molteplicità di scienze teoriche e pratiche ha aperto la questione*, non ancora individuata a livello di ricerca, *della loro possibile riduzione ad unità*[68].

---

[66] Dear P., 1995, *Discipline and Experience: The mathematical Way in the Scientific Revolution*, University of Chicago Press, Chicago

[67] Milward A., Saul S. B., 1973 *The economic development of continental Europe*, 1780-1870, London, Allen and Unwin (trad. it., Il Mulino, Bologna, 1977)

[68] *Riduzione* da un punto di vista epistemologico equivale a interrogarsi sulla *validità delle tendenze unificatrici del cosiddetto "pensiero meccanicista"* e cioè se i principi meccanici prodotti per l'astronomia e le scienze fisico-matematiche valessero anche per le scienze naturali e per il mondo organico, tanto da dover considerare queste ultime come semplici derivazioni delle prime e ad esse riconducibili o riducibili (atteggiamento detto poi riduzionista). Il riduzionismo si qualifica come meccanicistico, proprio perchè era stato lo sviluppo della meccanica e dei suoi principi a suggerire l'idea che il mondo della ***res extensa***, cioè tutto l'universo dei corpi materiali, non importa se organici o inorganici, era considerato da studiarsi come una grande macchina, formata da tante parti, ognuna delle quali con una sua identità.
Si affrontava in questo quadro il contrasto assai sentito in età illuministica, e che si accentuerà in età romantica, tra la libera genialità dell'intelletto che crea e scompone e inventa il nuovo e la necessità per la ragione di generalizzare e conservare un ordine al patrimonio di conoscenze acquisite: un modo quindi per combinare assieme il contenuto inventivo o analitico della scienza e quello sistematico o sintetico. Ma questa impostazione detta *esprit du sistem* rimane fin negli anni '60 del secolo XX, intaccata dalla cultura della frammentazione.

Nel Settecento *i risultati delle ricerche sono rimasti chiusi tra le persone colte* e ben di rado è stato fatto qualche tentativo di trasferire alla gente i risultati che avrebbero potuto essere interessanti. Questo processo del trasferimento comincerà con le *Gazzette* di informazione, presenti assai frequentemente nel secolo XVIII con la stampa popolare e, soprattutto, nella seconda metà del secolo XX con i programmi di informazione scientifica rivolti alle scuole, alle Pubbliche amministrazioni, al mondo produttivo, al volontariato.

4.4 Nuove Società scientifiche nella stagione dell'illuminismo

Nel secolo XVIII un'altra iniziativa importante nel quadro tra *rivoluzione scientifica* e *illuminismo* è stata la fondazione di un gruppo di *Accademie Scientifiche a indirizzo multidisciplinare* in Italia e in Europa, con l'obiettivo di allacciare rapporti con studiosi di ogni Paese, legandosi agli elementi universalistici e alla volontà di diffondere il sapere scientifico.

In Italia la ***Società Italiana di Scienze***, fondata nel 1782 a Verona dal matematico e ingegnere idraulico *Antonio Maria Lornia*, col concorso di alcuni illustri scienziati (*R. Boscovich, L. Lagrange, L. Spallanzani, A. Volta*, etc.). Lornia scriveva a questi illustri corrispondenti: "*Questa è la prima volta che si veggono gli italiani confederarsi nella scienza. Con quanta semplicità si conduce questa nascente macchinetta dell'unione degli italiani, dotti e divisi, in un solo corpo*". E proseguiva: "*La bella e gloriosa risurrezione degli italiani a formare un corpus scientifico nazionale, finalmente dopo tanta separazione che pareva minacciasse di perpetuare l'oscurità del nome d'Italia*".

Dopo qualche anno, nel 1786, apparve la prima costituzione dell'Accademia, che fissò il numero di quaranta soci, tratti dagli illustri scienziati di ogni parte d'Italia, che avrebbero poi eletti essi stessi i loro successori. Alla morte del Lornia, l'Accademia prese il nome di

"***Società Italiana delle Scienze, detta dei XL***". Napoleone, che aveva conquistato la Lombardia, ne trasferì d'autorità la sede da Modena a Milano. La caduta di Napoleone e la restaurazione portarono alla confisca di beni mobili ed immobili della Società Italiana delle Scienze, che perdeva altresì la sua dotazione annuale necessaria alla sua attività e alla stampa delle memorie.

Si deve alla capacità del nuovo presidente, il celebre matematico e medico Paolo Ruffini, l'aver ottenuto dal duca Francesco IV di Modena d'Este i mezzi per il sostentamento della Società Italiana delle Scienze, che malgrado tutto rimaneva italiana e non diventava modenese.

Dopo la proclamazione di Roma capitale d'Italia, l'Accademia trasportò la sua sede a Roma nel 1875

Il governo italiano **riconobbe e finanziò la Società Italiana** che successivamente prese il nome di "***Accademia Nazionale delle Scienze, detta dei XL***" e venne eretta in ente morale.

Accanto alle Accademie ha avuto una notevole importanza *la stampa e la diffusione di periodi specializzati, diffusi anche a livello europeo*[69] [70].

4.5 Newton

L'attività di ricerca di ***Isaac Newton*** (Woolsthorge 1642 - Londra1727) *può considerarsi la fase conclusiva della rivoluzione scientifica avviata nel '600*. Il suo pensiero definisce con il massimo rigore matematico e la più attenta verifica sperimentale la *fisica classica*, che ha costituito l'orizzonte di tutto il pensiero scientifico fino agli inizi del '900 quando la teoria della relatività e la teoria dei quanti ha sottoposto a revisione critica alcuni capisaldi della fisica newtoniana.

[69] Marini, Bettolo G. B., *Lo Stato e i Quaranta, Documenti. Dal generale Bonaparte ai tempi odierni*, Roma
[70] Benso G., 1978, *Scienziati italiani e unità d'Italia, Storia dell'Accademia Nazionale dei Quaranta*, Bardi, Roma

In dialogo o in polemica con tutti gli scienziati del suo tempo in Inghilterra e sul continente, Newton attraverso ricerche empiriche e con l'elaborazione di una sempre più raffinato metodo matematico, è riuscito a creare un corpo di conoscenze che costituisce uno dei massimi capolavori della storia del pensiero: *I principi matematici della fisica naturale*. La lucidità razionale della costruzione matematica e fisica di Newton costituirà in tutto il '700 il modello e il prototipo dello scienziato nell'età dei Lumi.

Nella prefazione dei *Principi* Newton precisa il compito che si è prefisso: *la riduzione dei fenomeni della natura a leggi matematiche, secondo i principi della meccanica razionale*. La meccanica razionale procede, secondo Newton, mediante accuratissime descrizioni fondate sulla geometria che non è altro che quella parte della meccanica universale che propone e dimostra l'arte di misurare accuratissimamente[71].

Il carattere matematico e sperimentale della fisica newtoniana, il *rifiuto* di una ricerca di cause di ordine metafisico per spiegare i fenomeni *non significa negazione* di prospettive teologiche, perchè autosufficiente come costruzione matematica di un sistema del mondo, la fisica newtoniana trova la sua collocazione in una prospettiva teistica[72].

[71] Westfall R. S., 1980, *Never at Rest: a biography of Isaac*, Cambridge Univ. Press., Cambridge
Christianson G. E., 1984, *In the Presence of the Creator: Isaac Newton and his times*, Free Press, New York

[72] Ha scritto Newton: "*Questa elegantissima compagine del Sole, dei pianeti e delle comete non potè nascere senza il disegno e la potenza di un ente intelligente e potente. E se le stelle fisse sono centri di analoghi sistemi, tutti questi, essendo costruiti con un identico disegno, saranno soggetti alla potenza dell'Uno. (...) Egli regge tutte le cose non come anima del mondo, ma come Signore dell'universo".* Occorre a questo punto fare chiarezza fra tre termini: scienza sperimentale, ragione (filosofia) e fede.
Nota 264 a pag. 114 di quale testo???

5. XIX SECOLO: IL TEMPO DI PROGRESSO INDUSTRIALE E DI CULTURE SCIENTIFICHE A CONFRONTO

5.1 Il secolo del progresso industriale

L'Ottocento è stato descritto come il secolo che ha visto un forte sviluppo della ricerca scientifica e, di conseguenza, della ricaduta di innovazioni messe a punto sulle nuove tecnologie e sull'industria. In Europa per secoli, prima che avesse inizio l'industrializzazione, la storia di gran parte del territorio era stata gestita da comunità agricole stanziali. Si trattava di cultura "secca", che consisteva in una combinazione di cerealicoltura e di allevamento e che non richiedeva estesi interventi di irrigazione. Di solito queste comunità rurali erano autosufficienti e producevano abbastanza anche per mantenere una classe dominante di proprietari terrieri.

Questa situazione, però, fu modificata nel periodo immediatamente precedente l'industrializzazione, il cosiddetto periodo pre-industriale, che fu testimone di importanti trasformazioni strutturali nell'agricoltura che passò da agricoltura di sussistenza ad agricoltura di mercato.

L'organizzazione del capitalismo industriale e di un mercato mondiale immise nuove iniziative perturbatrici e innovatrici nel seno di società che erano caratterizzate da differenti forme e livelli di sviluppo. E qui si trovano le radici di ciò che seguito sarà chiamata la "modernità".

Diventano sempre più evidenti le ripercussioni mondiali della rivoluzione industriale, come fattore determinante del mondo moderno. In particolare le differenze a livello tecnico ed economico tra i Paesi sviluppati e le aree del mondo ad economia agricola, di sussistenza, hanno condotto all'asservimento politico ed economico di queste ultime ai primi.

Le zone abitate dagli europei che, per prime, hanno visto il sorgere della industria moderna, sono diventate così dominanti per un intero periodo storico.

In sostanza, le ripercussioni mondiali della rivoluzione industriale hanno rappresentato uno dei fattori determinanti del mondo moderno, assieme allo sviluppo della scienza in ogni campo, dalla matematica, alla fisica, alla chimica, alla biologia. La scienza e le sue applicazioni diventano attraverso la tecnologia strumento di progresso, si costruiscono le prime ferrovie, le prime fabbriche per la produzione di sostanze chimiche e si migliora la produzione dell'acciaio. Nelle città i Politecnici seguono queste evoluzioni, formano i giovani sulla base della nuova acquisizione della scienza. Si forma così un gruppo sempre più efficiente di tecnici da un lato, e dall'altro di docenti ad ogni livello. Alcuni rimangono presso le università, attratti dal piacere e dalla curiosità della ricerca[73] [74].

5.2 Gli indirizzi della ricerca scientifica nel quadro del paradigma del riduttivismo

Nel secolo XIX, seguendo gli indirizzi della rivoluzione scientifica, si sono moltiplicate le discipline specialistiche nell'alveo della frammentazione del sapere, discipline ritenute strumenti validi attraverso le quali era possibile interpretare tutta la realtà.

- *L'indirizzo riduttivo*, che considera soltanto *l'aspetto matematizzabile della realtà,* non ha attribuito alcuna importanza ai *rapporti che non si vedono, ma si sentono* e che *determinano la qualità della vita di ogni vivente* (piante, parchi, animali, persone, città)[75]. L'analisi *dei soli fattori quantitativi*, certamente essenziale, come prima fase della ricerca, quella riduttiva, *non è risultata sufficiente* però quando si ha avuto a che

[73] Kemp T., 1998, *L'industrializzazione in Europa nell'800*, Il Mulino, Bologna
[74] Marini Bettolo G. B., Capasso R., 1991, *Gli scienziati italiani e le loro riunioni (1839-1847)*, Roma
[75] Al mondo della ricerca naturalistica è stato attribuito l'interesse per l'armonia dei paesaggi naturali, per la protezione della natura, dell'attenzione alla dimensione della qualità, della bellezza e di altri aspetti della cultura naturalistica ed umanistica.

fare con realtà complesse, quali sono quelle ambientali nelle quali *oltre ai fattori* occorre anche considerare i *rapporti che questi fattori* legano tra loro.

È diventato evidente *il limite della rivoluzione galileiana.* Quando si ha a che fare con realtà complesse essa *appare incompleta,* mancando –come si è detto- *l'analisi dei rapporti.*

- *La cultura della frammentazione*, che per due secoli è stata retaggio di scienziati e di filosofi, negli ultimi decenni è diventata comportamento generalizzato della società ed ha alimentato la crisi del rapporto tra gli esseri umani e l'ambiente.

  Entro le discipline naturalistiche biologiche, soprattutto botaniche e zoologiche, hanno preso corpo alcuni *nuclei di conoscenze caratteristiche* dei sistemi viventi naturali: *individui, popolazioni, comunità.* Nella medicina, l'impiego di tecnologie innovative ha sviluppato la *microbiologia*, la *vaccinazione* e l'impiego di strumenti come lo stetoscopio, i processi come l'anestesia e i raggi X. La *chimica*, poi, supera l'alchimia e si apre a sviluppi di straordinaria rilevanza.

In questo indirizzo di ricerca, il risultato dell'analisi di un problema o di una realtà complessa si configura come *somma di discipline* (concezione *multidisciplinare*). (**Tab. n. 4**)

5.3 L'ascesa del pensiero sistemico. L'Indirizzo naturalistico-sistemico: la ricerca dei rapporti tra i fattori

- *La storia naturale fino alla fine del secolo XVII è stata sviluppata su un indirizzo descrittivo*. Dal secolo XVIII, *parallelamente al paradigma riduzionista*, negli studi naturalistici è stato sviluppato un indirizzo di ricerca innovativo teso all'*individuazione della rete dei rapporti tra i fattori che costituiscono la struttura dei sistemi viventi*. Basta ricordare i grandi naturalisti *Buffon G.L.* (1707-1788), *Lamark J.B.* (1744-1829).

- Tra le proposte che hanno *concorso a conferire valore scientifico all'indirizzo naturalistico* particolarmente importanti sono state le ricerche sviluppate da C. Darwin (1805-1892), al quale si deve l'elaborazione nella seconda metà del secolo XIX di due concetti che hanno costituito la base *dell'Ecologia scientifica moderna*:
  - *il vivente e il relativo ambiente sono realtà legate da rapporti inscindibili (viene superato in tal modo il determinismo ambientale);*
  - *il recupero della dimensione temporale che riveste un ruolo strategico nella dinamica di ogni sistema vivente*.

Ma è stato soltanto sul finire del secolo XIX che è stato compiuto un balzo in avanti per avviare lo studio dei processi del funzionamento della natura. Lo zoologo tedesco *E. Haeckel*, allievo di *Darwin*, ha enucleato una prima definizione di una scienza nuova, *l'Ecologia* (1866).

> *L'Ecologia è lo studio dell'economia della natura e delle relazioni degli animali con l'ambiente inorganico e organico, soprattutto dei rapporti favorevoli e sfavorevoli, diretti o indiretti con le piante e con gli animali; in una parola, tutta quell'intricata serie di rapporti ai quali Darwin si è riferito parlando di condizioni della lotta per l'esistenza*.

Per la prima volta nel 1909 dal biologo estone *Jakob von Uexküll*, uno dei padri dell'Ecologia, è stato usato il termine *Umwelt* per "ambiente" [76].

[76] Sono state date varie definizioni di *ambiente*. In lingua inglese l'alternativa sta fra i due termini *Ecology* e *Environment*. Ma la si ritrova praticamente uguale nelle lingue germaniche (*Oekologie* e *Umwelt* del tedesco; *Ecologie* e *milieu* dell'olandese) così come di quelle romanze (*Ecologie* e *environment*- ma anche *milieu*- del francese; *ecologia*, *ambiente* dell'italiano e dello spagnolo).
Nel caso dell'Italia si è avvertito fino a molto di recente una notevole fungibilità di due termini: *ambiente* ed *ecologia*. Attualmente si sta andando verso una chiarificazione. L'ambiente è il contenitore degli oggetti di studio dell'Ecologia che è una disciplina scientifica. Ambiente può essere un lago, può essere una città, può essere un bosco. Ognuno di questi ambienti ha una sua struttura, una sua dinamica con propri processi di funzionamento e una vicenda temporale. Sono questi i processi che rappresentano il contenuto dell'identità dell'Ecologia.

5.4 Le Società scientifiche nel secolo XIX: la Società degli Scienziati Italiani e l'avvio della Società Italiana per il Progresso delle Scienze

Le Accademie, soprattutto quelle scientifiche, hanno svolto di solito sotto la protezione munifica dei sovrani nei secoli XVII-XVIII il ruolo insostituibile, accogliendo scienziati di varie discipline, consentendo loro di realizzare esperienze e soprattutto di discutere i risultati anche tra specialisti di varie aree della scienza. Alla loro azione di promozione della ricerca e di tutela dell'immagine del ricercatore scienziato si deve soprattutto il progresso scientifico e tecnologico esploso al principio del XIX secolo[77].

Le Accademie hanno un loro limite, le loro regole sono stabilite da rigidi statuti: il numero dei soci è limitato, i nuovi accessi sono retti da un sistema di cooptazione sulla base dei titoli scientifici che ne fa dei templi del sapere. Tuttavia il loro carattere elitario le distacca dal progresso della società contemporanea che le scoperte e l'impegno dei singoli Soci hanno saputo suscitare.

Oramai il progresso scientifico e tecnologico non è solo il risultato, come nel secolo precedente, dell'iniziativa e della curiosità di un manipolo di scienziati, ma anche di una serie di operatori, dai professori degli istituti di insegnamento di ogni livello, ai tecnici ed agli esperti presso le amministrazioni civili e militari dei vari Stati.

Da coloro che progettano ponti e strade a quelli che devono sovrintendere al genio militare o provvedere agli eserciti, artiglierie sempre più perfezionate. A questi si aggiungono gli studiosi della natura, anche, spesso, sotto le vesti di viaggiatori, esploratori, commercianti, che penetrano sempre più nelle zone meno note della terra.

I cultori delle scienze sono ormai troppo numerosi per esporre e dibattere i propri risultati nell'ambito di un'Accademia. Non è loro nemmeno sufficiente essere ammessi ai cenacoli delle varie società scientifiche, perché spesso di tratta di fare cultura, più che scienza,

[77] Marini Bettolo G.B., Capasso R., 1991, *Gli scienziati italiani e le loro riunioni (1839-1847),* Accademia Nazionale delle Scienze, Roma

attraverso un dibattito interdisciplinare, ma soprattutto mediante contatti personali con colleghi lontani, conosciuti tramite pubblicazioni e casuali incontri.

In Italia, dove coesistevano con i domini della Casa d'Austria, lo Stato della Chiesa, il Granducato di Toscana, il Regno di Sardegna e alcune Repubbliche, gli interessi stranieri non permettono nemmeno una forma associativa tra i vari Stati. Ma un gruppo di scienziati italiani, di fronte ai risultati così promettenti delle riunioni degli scienziati tedeschi, aperte anche agli ospiti stranieri, prende l'iniziativa di seguire questo esempio e do convocare a Pisa per l'autunno 1839, la prima di queste riunioni, chiamata "*Società degli Scienziati Italiani*", a indirizzo multidisciplinare[78].

Nel 1907 la *Società degli Scienziati Italiani* ha confluito nella nuova *Società Italiana per il Progresso delle Scienze.*

[78] Le *Riunioni scientifiche* della nuova *Società*, tenute peregrinando da uno Stato all'altro della Penisola tra il 1839 e il 1847, avevano due obiettivi: anzitutto il confronto tra scienziati delle ricerche che avevano compiuto, e in secondo luogo un desiderio di dare un contributo per l'unificazione del Paese.
Dopo la riunificazione d'Italia tra il 1861 e il 1907 la *Società degli Scienziati italiani* ha tenuto solamente 4 riunioni, ma di un certo interesse per l'identità della Società stessa.
Nel Congresso straordinario del 1862, celebrato a Firenze con 255 partecipanti, il Presidente *Matteucci* ha messo bene in rilievo che la *Società degli Scienziati Italiani* doveva dare al Paese l'esempio di un'istituzione che sa conservarsi e crescere indipendentemente dall'ingerenza e dal soccorso governativo. E da un punto di vista sociale, la *Società degli Scienziati Italiani doveva curare di diffondere il gusto per la scienza in quelle classi della società che non potevano passare tutto il loro tempo sui banchi delle scuole o nelle biblioteche*.
Con questa riunione è stata interrotta la catena di Congressi unicamente riservati agli studiosi di Scienze naturali, matematica e medicina ed è stata proposta una sezione di *Scienze umane, morali e sociali*, comprendente 5 classi (*Archeologia e Storia*, *Filologia e Linguistica*, *Economia*, *Politica e Statistica*, *Filosofia e Legislazione*, *Pedagogia*).
Nella riunione del 1873 tenuta a Roma, poi, è stata posta una questione ancor oggi viva. In quella sede, infatti, gli studiosi, sostennero che l'*avanzamento delle scienze aveva parcellizzato ed estremamente specializzato i contenuti delle discipline scientifiche*, a tal punto che i congressi basati sul sistema delle discipline avevano gradualmente perduto la loro ragion d'essere.
In sostanza, con le parole di Mamiani, la Società ha riconosciuto il dramma della frammentazione del sapere, ma non ne è stata indicata la metodologia per la ricomposizione dei saperi disciplinari per affrontare realtà e problemi complessi. Ma in questa stessa sede *Terenzo Mamiani*, Presidente allora della Società, propose che le riunioni di essa continuassero come era in origine, con Sezioni e Classi di discipline, perchè solo così sarebbe stato possibile *mirare a ricondurre a unità concettuale e metodologica l'universo delle scienze*. Si richiamava al motto "*viribus unitis*" per sottolineare l'estrema utilità dello scambio diretto delle opinioni e delle conoscenze per superare la frammentazione del sapere. La mozione di Terenzo Mamiani fu approvata.
Sotto la presidenza di Mamiani fu approvato inoltre dai soci un protocollo di *ricostituzione dei Congressi generali degli scienziati*, per mezzo di *un'istituzione permanente, denominata per la prima volta Società Italiana per il Progresso delle Scienze*. Ma la realizzazione di questa decisione rimase solo ai soci.
Nella Riunione di Palermo del 1885 le donne furono ammesse a pieno titolo come soci. *Da questa data fino al 1907 l'attività della Società ha taciuto*.

La percezione di una crescente complessità di problemi riguardanti l'ambiente evidenzia ogni giorno di più l'urgenza di nuovi metodi di ricerca per affrontare, da un punto di vista teorico, formativo ed educativo, i complessi problemi del degrado della natura e delle sue risorse, dei beni culturali e dell'ambiente umano.

In questo contesto la celebrazione del *II Centenario di Fondazione della SIPS* offre un'occasione particolarmente significativa alla società di riappropriasi di una delle tematiche più discusse da gruppi avanzati del mondo scientifico attuale, quale è quella del *percorso storico, in prospettiva di futuro, del rapporto tra sapere e saperi*. Si tratta infatti di ripensare in modo critico e propositivo a metodologie idonee per la ricomposizione di saperi frammentati, quale è richiesta dall'analisi e dalla gestione di problemi complessi.

6. IL SECOLO XX: LA SCOPERTA DELL'AMBIENTE: INCROCIO DI PROSPETTIVE

6.1 Uno sguardo sulla prima metà del secolo XX

L'identità del '900 sembra sempre più corrispondere alla descrizione che ne è stata data dallo storico *E. J. Hobsbawn* nell'opera "*Il secolo breve*", anche se, analizzando il succedersi degli avvenimenti, non appare condivisibile fino in fondo il tragico finale che lo studioso ha preso a prestito da T. H. Elliot ("*il mondo finisce non con il rumore di un'esplosione, ma con un fastidioso piagnisteo*")[79].

Il secolo XX, descritto come il secolo del ferro e del fuoco, come il secolo dei totalitarismi e della violenza, è aperto con lo scoppio della prima guerra mondiale (1914-1918) e si chiuderà con il crollo del sistema dell'equilibrio mondiale, con la nascita dell'Unione Euopea, con una diffusa cultura della globalizzazione, con le grandi migrazioni, con l'apparire sulla scena, non solo politica, ma anche economica, di due nuove grandi potenze, Cina e India, con la nascita del nuovo peso socio-culturale e religioso assunto dall'Islam, con un impressionante allungamento della vita umana nei Paesi sviluppati, con un'accelerata mutazione climatica globale, con la diversa considerazione della condizione femminile.

In sostanza si assiste ad una comparsa di visioni discordanti del mondo, in un contesto assimilabile alle guerre di religione che *Huntington S.*, in una significativa opera, ha denominato "*Scontro di civiltà"*[80].

6.2 Il fatto della globalizzazione

[79] Hobsbawn E. J., 1994, *Age of Extremes. The short twentieth century 1914-1991* (trad. it., BUR Storia, Rizzoli Milano, 2004)
[80] Huntington S., 1997, *Lo scontro delle civiltà e il nuovo ordine mondiale.* Garzanti, Milano

6.2.1 Nascita e strategia della globalizzazione

Il secolo XX è il tempo della comparsa e dello sviluppo della globalizzazione, intesa come espansione potenzialmente a tutto l'universo di attività non soltanto economiche, ma anche socio-culturali, politiche, etiche, religiose, etc.[81] [82].

Nel bene e nel male il processo della globalizzazione, che sembra venuto dal nulla, si è diffuso rapidamente, da quando il mercato è diventato l'indirizzo che governa il mondo. La globalizzazione è, di conseguenza, diventata raffigurabile nel quotidiano grazie alla creazione e all'interconnessione dei networks mediatici operanti su scala mondiale, alla diffusione degli strumenti di comunicazione di massa, alla rivoluzione digitale[83], alla diffusione della scienza e dell'innovazione tecnologica[84].

Si può pensare di collocare i primi inizi dell'età globale tra la fine degli anni '60 e l'inizio degli anni '70, la prima volta in cui fu mandato in orbita un sistema satellitare efficiente, rendendo possibile la comunicazione istantanea fra due punti qualsiasi della Terra. La diffusione generalizzata di internet, che risale alla seconda metà degli anni Novanta, ha dato ulteriore slancio a questo processo. Molti aspetti della vita socioeconomica dei Paesi dell'Unione Europea –e di altri Paesi- sono stati influenzati da questi sviluppi. L'emigrazione, per esempio, ha cambiato natura, perché gli emigranti ora hanno la possibilità di tenersi in contatto quando credono con chi è rimasto nel loro Paese d'origine.

[81] "Con Alessandro Magno nel IV secolo a.C. i Greci giungono fino alla pianura del Gange. L'impero romano unifica terra e mare dalla penisola Iberica alla Persia, dalla Britannia al Mar Rosso. A partire dalla fine del XV secolo gli europei si impadroniscono degli Oceani e delle Americhe. La Russia si espande fino all'Alaska e alla Mongolia. India, Africa, Estremo Oriente, Australia sono spinti all'interno dei domini coloniali europei". In Severino E., 1998, *Il destino della tecnica*, Rizzoli, Milano.

[82] La globalizzazione non è nata su di un progetto, ma è divenuta necessità per individuare mercati sempre più vasti dove allocare nuove risorse finanziarie e merci che, rimanendo chiuse in spazi angusti e in mercati saturi, gradualmente avrebbero inaridito le fonti del guadagno. Stiglitz J. E., 2002,*La globalizzazione e i suoi oppositori*, Einaudi, Torino

[83] Si potrebbe dire che la visione del *villaggio globale* ha partorito il neologismo, gli *atomi-bit*: la materia si è ibridata con il digitale divenendo un flusso della rete connettiva, descritta da Derrick De Kerckhove, direttore del Programma McLuhan di cultura e tecnologia all'Università di Torino

[84] Perrot E., 2001, *Le ambiguità della globalizzazione*, Concilium 37 5: 21-30

La globalizzazione ha assunto il carattere di una omogeneità progressiva, al punto che i concetti di Paese o di Nazione sembrerebbero destinati a perdere buona parte del loro significato[85].

Il punto critico di questo processo proposto in funzione di un aumento di ricchezza collettiva, sta nel fatto che esso ha favorito maggiormente coloro che in varia quantità detengono capitali, ma ha escluso gli strati sociali e i Paesi sottosviluppati più deboli[86] [87]sottoposti a ingiustizie e a sfruttamento intensivo e, inoltre, si sono sostenute dittature governative o oligarchiche[88] [89] [90].

È altrettanto sbagliato considerare la globalizzazione come un processo che associa e riunifica. Al contrario, la globalizzazione sembra generi piuttosto frammentazioni e nuove forme di disuguaglianza internazionale che, a loro volta, producono conflitti globali (basti pensare, ad esempio ai disastri ambientali causati dall'industria).

Accanto a questi fatti, occorre evidenziare le iniziative prese dalle grandi Conferenze Internazionali dell'UNESCO sull'ambiente, a iniziare da quella di Stoccolma e dalle organizzazioni delle Nazioni Uniti sopra la sanità (WHO) e sul mercato. Da ricordare anche

---

[85] Dahrendorf, 2003, *Quadrare il cerchio. Benessere economico, coesione sociale, libertà politica*, Laterza, Bari

[86] Okure T., 2001, *La globalizzazione e la perdita di identità culturale in Africa.* Concilium 37, 5: 85-96, Brescia

[87] Gonzales Butron M. A., 2001, *Effetti della Globalizzazione neoliberita sulla vita delle donne*, Concilium 37, 5: 55-64

[88] Giddens A., 2007, *L'Europa nell'età globale*, Laterza, Bari

[89] Il processo di globalizzazione governato dal capitale e il conseguente incremento dell'omogeneità ha un limite. *Oggi le crepe che sono rilevate nel processo della globalizzazione sono legate al destino della tecnica che ha altri scopi rispetto al capitale*

La separazione dela tecnica dagli altri valori dell'Occidente non è accidentale in quanto se è vero che il capitale si serve della tecnica per la sua sopravvivenza e per incrementare il profitto, la tecnica si serve del capitale per se stessa, per incrementare la quantità di potenza a disposizione dell'uomo. La scienza moderna e la tecnica da essa guidata nascono dalla crisi della tradizione occidentale. La globalizzazione della tecnica è la globalizzazione della forma più radicale di specializzazione e di parcellizzazione.

[90] *L'ottimismo che la globalizzazione aveva suscitato per tanti anni sembra ormai sulla via del tramonto*. Oggi essa appare piuttosto come un sogno infranto. Sembra di essere piuttosto dinanzi a un'esperienza conclusa che in passato non aveva prodotto soltanto effetti negativi ma anche benefici, come ad esempio in Cina, India e nelle cosiddette "Tigri asiatiche". Infatti, in tanti Paesi del mondo, la globalizzazione ha assicurato una vita più lunga, un maggiore livello di istruzione, una più ampia disponibilità dei beni materiali, e ha diffuso tecnologie straordinarie, anche se le potenzialità di queste appaiono oggi fortemente indebolite. Valutando complessivamente il processo di globalizzazione, possiamo dire che al suo interno i meccanismi di crescita risultano mutati e meno efficaci. Mentre al suo esterno si rafforzano difficoltà e opposizioni. Le cose, insomma, non sembrano essere andate secondo le previsioni: dall'inquinamento alla diffusione di malattie, dall'invecchiamento all'aumento degli squilibri di reddito, tante questioni hanno trovato largamente impreparati società e governi. Sicchè da un gioco a somma positiva, la globalizzazione sembra si stia avviando a un gioco a somma zero.

gli incontri internazionali degli Stati più industrializzati (è facile per noi richiamare alla memoria i G8 di Genova e de L'Aquila).

I campi nei quali attualmente si svolgono in modo preferenziale i processi globalizzati *sono le comunicazioni, l'informazione, la finanza, le produzioni industriali, il commercio, le migrazioni, le religioni.*

Non sembrano ancora globalizzati *i diritti, la democrazia, l'etica, i valori civili, il rispetto della dignità della donna, i bisogni di cultura, i diritti dei bambini e degli anziani e il rispetto dell'ambiente*[91].

6.2.2 Una valutazione del processo della globalizzazione

La globalizzazione è un processo rivoluzionario, che cambia radicalmente aspetti consolidati della cultura umana, perché frantuma la corrispondenza che sino a ieri esisteva sul territorio in tutte le sue differenti partizioni, sovranità politica, governo dei processi economici e finanziari e manifestazioni socio-culturali.

Contrastare il processo in atto della globalizzazione sembra oggi un'impresa destinata alla sconfitta. La globalizzazione va piuttosto guidata e governata per potenziarne gli aspetti positivi e ridurne gli aspetti negativi[92].

Si tratta in sostanza di operare gradualmente all'interno della globalizzazione, *globalizzando la sostenibilità, l'equità, la solidarietà, la diversità*[93].

---

[91] Beck V., 2008, *Costruire la propria vita*, Il Mulino, Bologna

[92] Severino E., 2001, *Dall'Islam a Prometeo*, Rizzoli, Milano

[93] Si è instaurata una problematica complessa relativamente ai vari indirizzi della **globalizzazione**, con cui le persone, soprattutto i giovani di tutto il mondo, sono sollecitati a familiarizzare. La globalizzazione sembra distruggere le culture locali, aumenterebbe le disparità a livello mondiale e peggiorerebbe la situazione dei più poveri. Le statistiche, infatti, a questo proposito sono spaventose. La quota di reddito globale del quinto più povero della popolazione mondiale è crollata dal 2,3 all'1,4 per cento fra il 1989 e il 1998; la percentuale incamerata dal quinto più ricco è invece aumentata. In molti dei Paesi meno sviluppati, inoltre, la legislazione in materia ambientale e di sicurezza è scarsa o inesistente, e in certe imprese transnazionali vi esportano merci di scarto o bandite nei Paesi industriali: farmaci scaduti, pesticidi devastanti o sigarette dall'alto contenuto di catrame o nicotina. Più che un villaggio (village) globale, si potrebbe allora parlare di un saccheggio (pillage) globale.
Questo poi non vale solo per le nazioni nella loro globalità.

Importanti per la responsabilizzazione dei Governi e per la formazione dei responsabili delle pubbliche amministrazioni, dei sistemi produttivi e del volontariato sono state le **Conferenze Intergovernative mondiali sui temi dell'ambiente:**

- 1982, Rio De Janeiro, dove furono approvati vari documenti, tra cui l'"**Agenda 2**1", che prevedeva la possibilità di finanziamenti ai Paesi deboli, al fine di risanare gli ambienti degradati, il ricorso al riciclaggio e l'utilizzo di energie pulite per ridurre l'inquinamento, la protezione della biodiversità e l'uso più accorto di prodotto chimici in agricoltura per ridurre l'inquinamento di suoli e dell'acqua.
- dal 1993 al 1996 ben altri cinque appuntamenti internazioni hanno toccato temi relativi **alla globalizzazione e ai suoi effetti sulla sostenibilità e sui temi ambientali**: Vienna 1993 sui **Diritti umani**, Il Cairo 1994 su **popolazione e sviluppo**, Copenaghen, 1995 sullo **Sviluppo sociale**, Pechino 1995 **sulla donna**, Instanbul 1996 **sull'habitat** e a Roma nello stesso anno **sull'alimentazione**. Nel 1997 un nuovo appuntamento sul tema dei **cambiamenti climatici si ebbe a Kyoto in Giappone**. In quell'occasione fu siglato il famoso protocollo, noto come "protocollo di Kyoto" con un preciso e ambizioso obiettivo da raggiungere: la riduzione dell'emissione di gas inquinanti del 5% rispetto ai livelli del 1990.
- Nel 2001 circa 170 Paesi si sono ritrovati a Marrakech per definire **le regole per applicare i principi esposti nel protocollo di Kyoto.**
- La Conferenza intergovernativa del 2002, che fu tenuta a Joannesburg in Sudafrica ha riguardato tre punti fondamentali:
    - ***il problema della penuria di risorse a scala mondiale,***

Ovunque volgiamo lo sguardo, vediamo *istituzioni che sembrano le stesse di sempre, che portano gli stessi nomi, ma che al loro interno stanno diventando qualcosa di completamente diverso*. Continuiamo così a parlare di *nazione, famiglia, lavoro, tradizione, natura*, come se fossero uguali a ciò che erano in passato, anche se non lo sono più: *rimane l'involucro esteriore*, ma dentro sono mutati, non solo negli Stati Uniti, in Inghilterra, Francia, ma pressoché ovunque. Questi esempi rientrano nel novero di quelle che chiamo "*istituzioni-guscio*", ossia istituzioni divenute inadeguate a far fronte ai compiti che vengono loro richiesti. Nella misura in cui diventano sempre più consistenti, questi cambiamenti creano qualcosa che non è mai esistito prima, cioè una società globale cosmopolita: noi siamo la prima generazione a vivere in questa società, i contorni della quale riusciamo a distinguere a malapena (da Giddens A., 2000, *Il mondo che cambia*, il Mulino, Bologna)

- ***la cooperazione mondiale,***
- ***l'assunzione di responsabilità nel conciliare interessi economici e salvaguardia dell'ambiente.***

Il governo della globalizzazione richiede indirizzi politici istituzionali e valori etici. Tra questi valori il primo è che la persona viene prima delle merci[94].

6.2.3 Globalizzazione e volontariato: dal conflitto all'incontro

Giovani, donne, il mondo delle istituzioni culturali, religiose e del volontariato si sono opposti alla politica di globalizzazione di puro mercato. Si tratta di Movimenti con una composizione variegata da un punto di vista della cultura, dell'appartenenza politica, sociale e religiosa. Questi *no-global* (parola sintetica per denominare quei nuovi Movimenti che erano critici verso il processo della globalizzazione) hanno individuato nell'Organizzazione Mondiale del Mercato (WTO) e in varie conferenze mondiali di capi di Stato i referenti responsabili di una non accettabile spartizione delle ricchezze del pianeta.

In seguito, accanto a queste attività, si sono sviluppate le Conferenze del volontariato (i **Forum**), che hanno riflettuto sui bisogni dei Paesi in via di sviluppo, tema su cui le varie Organizzazioni internazionali avevano discusso in precedenza. In sostanza i no global *non si sono posti contro la globalizzazione, ma contro i danni che una concezione-prassi primitiva della globalizzazione era ed è destinata a produrre.*

[94] In un documento sullo sviluppo umano pubblicato dalle Nazioni Unite nel 1990 si legge: "*la vera ricchezza di una nazione è la sua gente. E l'obiettivo fondamentale dello sviluppo è la realizzazione di un ambiente che consenta alla gente di godere di una vita lunga, sana e creativa. Questa può apparire come una verità elementare, ma spesso viene dimenticata dall'urgenza di accumulare beni e ricchezze*". Nell'opinione corrente, anche se non lo si dice espressamente, gli uomini sono considerati mezzi per produrre merci o, per dirla più crudamente, merci per produrre altre merci. Ed in effetti la ricchezza di un Paese viene ordinariamente misurata dal prodotto interno lordo e non dal tasso di scolarità, da quello di mortalità infantile, dalla percentuale di poveri, dall'accesso di cure per i non abbienti, dagli indici di disuguaglianza sociale.
Occorre rovesciare questa cultura. Le merci servono agli uomini e non viceversa; occorre contrapporre al governo per le merci il governo per le persone. Non è utopia, è esercizio responsabile delle funzioni politiche.

Il problema fondamentale attualmente posto ai Capi di Stato e alle varie Organizzazioni della società civile a livello globale è stato ed è quello di cercare di realizzare una globalizzazione in cui siano contemplati *vantaggi economici e dimensione sociale.*

6.3. Due indirizzi innovativi per la ricerca e la gestione dell'ambiente, delle risorse naturali e dei beni culturali

6.3.1 L'indirizzo di ricerca analitico riduttivo

Nella prima metà del secolo XX risorse ambientali, abiotiche, biologiche e beni culturali sono state *analizzate con la metodologia riduttiva analitica* come già si era iniziati a fare nel secolo XVI) e a *gestirle con la cultura della frammentazione.*

Sono stati elaborati nuclei sempre più consistenti di conoscenze sui processi della dinamica e sistemi marini e di acque interne e terrestri.

Il merito di molti tra gli ecologi più eminenti è stato quello di aver dato una sistemazione organica a nuclei di conoscenze, le più disparate, messe a punto da altri (un indirizzo che sarà una costante nell'evoluzione di altre *discipline sintetiche*). Tra gli ecologi tre meritano particolare menzione:

- *Elton C.***,** nei due testi *Animal Ecology* (1927) e *Animal Ecology and Evolution* (1931) ha curato l'organizzazione dell'Ecologia come disciplina scientifica a *indirizzo biologico*, sviluppando insieme ad altri autori la teoria degli *individui*, delle *popolazioni* e delle *comunità*. Ancora ad Elton si devono i concetti di *catene alimentari*, della *nicchia ecologica*, dei *livelli trofici*[95];

[95] Elton, C. 1931 *Animal ecology and evolution.* Oxford Univ. Press, New York

- *Tansley A.G.*, nel 1935 ha teorizzato il *rapporto abiotico-biotico* per un'Ecologia che fino agli anni '30 era ritenuta disciplina puramente biologica e ha concettualizzato questo sinergismo nel termine *ecosistema composto da biotopo e da biocenosi*[96];
- *Lindemann R.L.***,** nel 1942 ha individuato *nelle relazioni trofo-energetiche entro l'ecosistema il collegamento funzionale tra la materia e l'energia, sistema tendente all'equilibrio.* A questa aquisizione di *Lindemann* è legata la termodinamica dell'ecosistema come realtà vivente (un processo di cui il fisico *Schrodinger* ha gettato le basi nel 1945). Il salto di qualità tra la concezione ecosistema di *Tansley* e quella di *Lindemann* sta nel fatto che per *Tansley* l'ecosistema è un *insieme di biocenosi e di biotopo,* per *Lindemann* invece l'ecosistema nasce dall'*interazione tra biotopo e biocenosi*, e forma un sistema complesso[97] [98].

6.3.2 L'indirizzo di ricerca naturalistico-sistemica

All'inizio del secolo XX i ricercatori naturalisti hanno sviluppato ricerca ecologica sugli ecosistemi e in questa prospettiva si sono occupati prevalentemente di processi e di ambienti nella loro globalità senza approfondire la riflessione sui fattori dai quali questi processi e ambienti erano generati[99]

Un contributo fondamentale alla conoscenza ***dell'ecosistema*** è stato dato da *Odun E. P*. Il testo *Principi di Ecologia,* da lui compilato, ancorché non presenti uno specifico impianto teorico innovativo, ha assunto un valore di nuovo quadro culturale per i ricercatori, per gli studiosi di Scienze Ambientali, per gli operatori dell'ambiente e per gli stessi membri dei gruppi del volontariato ambientale (**Tab. n. 2**).

[96] Tansley, A.G. 1935 *The use and abuse of vegetational concept and terms.* Ecology 16: 284-307
[97] Lindemann, R.L. 1942 *The trophic dynamic aspect of Ecology.* Ecology 23. 399-418
[98] Lindemann è morto l'anno seguente alla pubblicazione di questo importantissimo lavoro scientifico ed è stato per questo che tra gli ecologi a indirizzo riduttivo il lavoro di Lindemann non ha avuto subito una grande eco nell'immediato dopoguerra.
[99] Odun E. P., 1953, *Fundamentals of Ecology*, Phildelphia, Saunders

Il *pensiero* ecosistemico ha rappresentato e rappresenta, infatti, quello *spazio ecologico* nel quale i *fattori abiotici e biotici* dell'ambiente non rappresentano più *due settori differenti*, ma si *interconnettono a formare realtà complesse*. Nell'analisi e nella gestione di un ecosistema, di conseguenza, si *avrà il sinergismo tra metodologia riduzionista e metodologia interdisciplinare*[100].

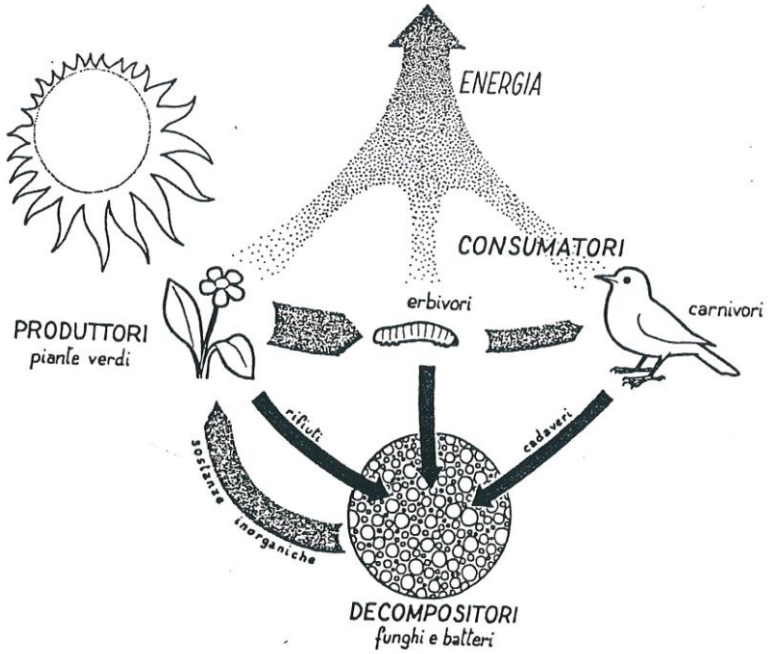
Il confronto tra i due metodi nella ricerca scientifica sull'ambiente ha avuto una propria storia e il rapporto tra di essi non è mai stato agevole: lo si è dimostrato nella sua asprezza nel 1974 quando queste due anime si sono duramente scontrate nel primo Congresso Internazionale di Ecologia[101].

Sembra di poter concludere (riprendendo i contenuti dell'Ecologia che sono prevalentemente biologici, ma anche abiologici) che l'aggettivazione di disciplina sintetica attribuita all'Ecologia è chiaramente dimostrata.

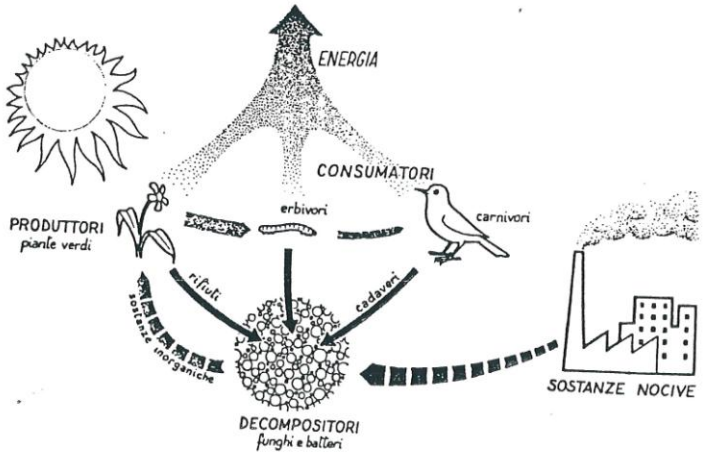
[100] La grande sorpresa della scienza del ventesimo secolo consiste nel fatto che non è possibile comprendere i sistemi per mezzo dell'analisi. le proprietà delle parti non sono proprietà intrinseche, ma possono essere comprese solo nel contesto dell'insieme più ampio. In questo modo il rapporto fra le parti e il tutto è stato rovesciato. Nell'approccio sistemico le proprietà delle parti possono essere comprese solo studiando l'organizzazione del tutto. Di conseguenza, il pensiero sistemico non si concentra sui mattoni elementari, ma piuttosto sui principi di organizzazione fondamentali. Il pensiero sistemico è "contestuale", cioè l'opposto del pensiero analitico. *Analisi significa smontare qualcosa per comprenderlo; pensiero sistemico significa porlo nel contesto di un insieme più ampio.*

[101] Dobben WH, Love Mc Cornel (eds) 1974 *Unifing concepts in ecology.* Junk BV Pub. The Hague

Tab. n. 2



- Un ecosistema in natura: struttura e processi del funzionamento.



- Impatto tra sostanze inquinanti e funzionamento di un ecosistema antropizzato.

6.4 Nella seconda metà del secolo XX sono comparsi la questione ambientale e la crisi ecologica

Negli anni ’60 la concezione prescientifica globale d’ambiente si è rapidamente dissolta nella cultura scientifica riduttiva e sono scomparse la *percezione dell’ambiente come realtà viva e globale* e quel *sistema* di valori che aveva animato per secoli la civiltà rurale.

Si è assistito alla diafanizzazione del calendario, allo sfuocarsi del ritmo delle stagioni e dunque al crollo di una natura percepita nella cultura prescientifica come realtà organica viva e fragile sostituita da una cultura frammentata che ha profondamente trasformato le stesse modalità dell’agricoltura[102].

La mancanza di una conoscenza diffusa dei meccanismi della gestione delle risorse naturali e dei processi della dinamica dell’ambiente (*cicli bio-geochimici, energetica, e soprattutto processi omeostatici*) ha fatto sì che queste realtà complesse siano state alterate nel loro funzionamento dalla *cultura della frammentazione.* Si sono materializzati fatti del tutto inusuali: *l’inquinamento dell’aria, dell’acqua e del suolo, il crollo della biodiversità, e l’aumento della percezione della difficoltà del rapporto tra esseri umani e relativo ambiente di vita*, percepiti e interpretati dalle persone *come indicatori di un disagio di vita inedito rispetto al territorio.*

Gradualmente *l’attenzione all’ambiente è diventata parte della percezione che, attraverso i sistemi educativi, è entrato nel comportamento delle persone*.[103]

La crescente difficoltà del rapporto tra persone, natura e città è stato indicato come *crisi ecologica*.

[102] Merchant C., 1980, *The Death of Nature: Women, Ecology and Scientific Revolution*, Harper, San Francisco (trad. it. Garzanti, Milano, 1988)
[103] Moroni A., 2007, *Ecologia: riflessioni su una disciplina sintetica*, in *Cosa è la natura*, Marsilio

Le persone hanno attribuito erroneamente al termine *crisi* un significato unicamente negativo come di fatale impotenza per intervenire a risolvere le problematiche oggetto della crisi stessa[104] [105].

Un ecologo americano *White L.*, di estrazione sociologica,[106] ha capovolto questa impostazione proponendo un modello che si è dimostrato di notevole valore interpretativo.[107] White ha individuato un sistema di tre cause della crisi ecologica: *ambientale* (realtà complesse ambientali analizzate componendo in vari fattori ed esaminando ognuno con una disciplina specializzata: metodo riduttivo) , *antropologica* (supremazia dell'uomo su tutto quanto riguarda i viventi e i non viventi), *economica* (crescita economica illimitata)[108].

In questa situazione di profonda e crescente compromissione del rapporto tra la società e il suo contesto ambientale, naturale ed umano si è fatta viva una domanda: *quale cultura alternativa era necessaria, a fondamento di una consapevolezza ambientale capace di risolvere con lucidità e responsabilità i danni provocati dall'intreccio tra le tre radici della crisi ecologica?*

La prima risposta organica a questi interrogativi è stata data dalle *grandi conferenze intergovernative promosse dall'UNESCO*[109].

Ricercatori specializzati in problemi ambientali, dal canto loro, hanno messo a punto un sistema organico di proposte, *organizzato in risposta alle tre cause della crisi ecologica* eè nata *l'identità di una nuova cultura d'ambiente come base soprattutto per la formazione di persone, di cittadini liberi e consapevoli e dunque responsabili della gestione della natura e della città*:

---

[104] *In realtà il termine crisi deriva dal verbo greco "crino" che tra i tanti significati ha anche quello di vederci chiaro, come precondizione per "farci qualcosa" per risolvere una situazione a rischio*.
I cinesi descrivono il termine crisi assemblando due altre parole: *danno* e *occasione*.

[105] Di Castri F., 1990, *Environment: les paradoxes d'une crise*, La Recherche, 21 882-884:

[106] Il saggio di White L. *(Historical Roots of our Ecologicall Crisis. (Le radici storiche della nostra crisi ecologica)* è apparso nel 1967 sulla rivista *Science* vol.155: 1203-1207 trad. it "*Il Mulino*" nel 1969)

[107] Blackstone W.T 1974 *Philosophy and environmental crisis*. Univ. Geogia Press. Athens USA.

[108] Whyte A., 1984, *Intégration des sciences naturelles et sociales dans le programme*, MAB, 93: 439-455

[109] Elenco conferenze UNESCO

- *il passaggio da una ricerca promossa da un riduttivismo scientifico-metodologico ad una conoscenza scientifica della natura dell'ambiente come sistema vivo, fragile e complesso di rapporti;*
- *il passaggio dal comportamento di dominio-sfruttamento all'Etica della partecipazione, del coinvolgimento, di una saggia amministrazione del capitale delle risorse naturali e dei beni culturali;*
- *il superamento di una concezione economica basata sull'irrealtà, qual'é la crescita economica illimitata, valutata soltanto con parametri quantitativi*. Una profonda revisione degli indirizzi economici e una corretta gestione dell'ambiente ha preso il nome di *sviluppo sostenibile*[110];

[110] "*Sostenibile è lo sviluppo capace di soddisfare i bisogni della presente generazione senza compromettere il soddisfacimento dei bisogni delle future generazioni*" (rapporto Bruntland, 1987)
Preliminarmente occorre far chiarezza sulla natura del rapporto che, entro questa definizione, lega i due termini *sviluppo* e *sostenibilità* che nell'accezione comune sembrano rivestire un significato antitetico.
Infatti il *concetto di sostenibilità* implica la persistenza nel tempo di condizioni ecologiche, economiche e sociali in grado di offrire buone condizioni di vita senza alterare i processi del funzionamento dell'ambiente. Lo *sviluppo*, invece (che ancora oggi è concepito, generalmente parlando, come *crescita economica illimitata*) richiede l'impiego di una sempre maggiore quantità di risorse naturali ed economiche. Ciò può comportare cambiamenti anche pesanti passando da semplici alterazioni fino alla rottura di equilibri naturali e sociali di difficile ripristino.
Questa contraddizione è presente nello stesso rapporto Bruntland quando vi si indicano tra le strategie per la realizzazione dello sviluppo sostenibile:

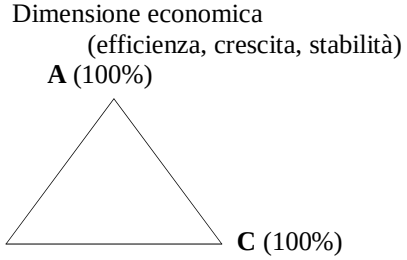
- la rivitalizzazione della crescita
- il cambiamento della qualità della crescita
- il soddisfacimento dei bisogni essenziali per il lavoro, il cibo, l'energia, l'acqua e la sanità
- il mantenimento di un livello sostenibile di popolazione
- il ripristino e la conservazione delle risorse di base
- la promozione di un sinergismo tra l'ambiente e l'economia nelle decisioni.

Alcune di queste proposte non sono del tutto coerenti con la promozione di uno sviluppo ecologicamente sostenibile. Ad esempio "la rivitalizzazione della crescita" e "la conservazione il miglioramento delle risorse di base" sembrano in conflitto.

Nell'ultimo decennio è stato potenziato il *dialogo tra economisti ed ecologi* per risolvere le incertezze concettuali presenti nel rapporto Bruntland, e per sviluppare una ricerca sperimentale sui fondamenti scientifici, socioculturali, economici e metodologici della sostenibilità per *farla passare da imperativo etico* ad *applicazione diffusa come alternativa ad una cultura irreale e atemporale* (ma ancora praticata, ne è esempio il PIL) *della crescita economica illimitata.*
Si tratta, in sostanza, di individuare le condizioni concrete oer soddisfare il bisogno delle persone (occupazione, accesso alle risorse, miglioramento della salute, gestione della libertà, etc.) senza che ciò possa costituire una limitazione dell'opzione di scelta nella gestione delle risorse e del territorio da parte delle generazioni future.
Risulta evidente che *lo sviluppo sostenibile rappresenta non un equilibrio statico, ma dinamico non raggiungibile naturalmente*. Per la realizzazione di questo obiettivo, inoltre, non è sufficiente *l'impiego di tecnologie innovative*, ma l'acquisizione di *una nuova cultura d'ambiente*, alternativa a quella che ha causato la crisi ecologica.

- *il passaggio da una globalizzazione economica* e di mercato ad una *globalizzazione della solidarietà*, rispettando e rivalutando le culture locali;
- *lo sviluppo di una costante attenzione alle varie espressioni della qualità della vita e ai bisogni immateriali* presenti nella società, sollecitando le persone a sollecitare in modo responsabile una cultura del territorio, atta ad arricchirlo con le opere delle proprie mani e del proprio cuore;
- *la presenza di un programma avanzato di formazione sulla realtà dell'ambiente indirizzato alla formazione di operatori nei corsi universitari, all'Educazione ambientale ad ogni livello del sistema scolastico e, ancora, alla formazione degli operatori della Pubblica Amministrazione dei sistemi del volontariato ambientale.*

La realizzazione di un corretto rapporto tra esseri umani e ambiente nel quadro della sostenibilità ambientale richiede il sinergismo di tre fattori: **l'ambiente, la società, l'economia**.
Questa acquisizione è *chiaramente alternativa alla cultura della frammentazione*, ancora predominante oggi, che considera questi tre *fattori in isolamento l'uno dall'altro* con le conseguenze drammatiche del degrado ambientale. È stata proposta una rappresentazione grafica di questi concetti di importanza strategica per avviare la sperimentazione di esempi di sostenibilità ambientale



(Girard e Nigkamp 1992)

Il grafico evidenzia i differenti possibili approcci: quello dell'economista interessato alla crescita, quello dell'ambientalista indirizzato alla tutela, e quello del sociologo interessato all'equità intergenerazionale. Il triangolo dice che i tre fattori sono portati avanti da soggetti diversi il cui sinergismo richiede:che si riducano i conflitti e si cerchi un compromesso tra istanze, valori, obiettivi molteplici ed eterogenei e potenzialmente conflittuali, sviluppando cooperazione tra le parti per procurare beni e servizi senza alterare i processi del funzionamento dell'ambiente. *Non c'è sviluppo sostenibile se non si riesce a trovare integrazione fra queste tre dimensioni della sostenibilità: ecologica, sociale ed economica.*

7. ANNI '90. TEMPO DI RICOSTRUZIONE DI SAPERI: DALLA FRAMMENTAZIONE AL SISTEMA COME REALTÀ TRANSDISCIPLINARE

Abbiamo sempre pensato di poter descrivere la natura con delle funzioni molto semplici; ora non crediamo più in questa visione, perché abbiamo scoperto una insospettabile complessità, le strutture più importanti che osserviamo nell'universo sono generate da processi di non equilibrio.

E.Prigogine

7.1 La riscoperta dell'ambiente come sistema di relazioni. Verso l'innovazione nella ricerca per l'ambiente e la gestione del territorio

Negli anni '50-'60 la civiltà rurale e la relativa cultura pre-scientifica sono crollate sotto gli stimoli di un indirizzo di ricerca che ha trovato le sue radici nella cultura della modernità, nello sviluppo della scienza e della tecnologia.

La domanda che si sono rivolti gli studiosi interessati all'ambiente è se nel mondo quale si presentava all'inizio degli anni '80, frammentato e segnato dalla cultura del riduzionismo e da una ricerca strettamente disciplinare e specialistica, il *mercato* e il *consumismo* potessero essere ancora additati come referenti per organizzare indirizzi socio-culturali ed economici atti a *promuovere qualità, oltre a quantità*, per le comunità umane o non potesse essere individuato un obiettivo, un sistema di valori, un'inedita metodologia di ricerca che avesse rispondenza in tutti gli strati della società, nei Paesi industrializzati e in quelli emergenti.

Le persone più attente all'evolversi dello società e allo sfaldarsi di una cultura millenaria hanno avuto la sensazione che, al di là della retorica del terzo millennio, si stesse veramente assistendo al rapido passaggio tra due sistemiculturali.

7.2 La vicenda della cultura ambientale nel tempo della modernità

Il contenuto del moderno consiste nel senso di rottura con il passato, e in questo quadro nasce la coscienza della modernità. Nel corso delle grandi svolte della storia (ancorchè chi le vive non ne abbia, molto spesso, la percezione) sono state registrate varie fasi della modernità.

Il termine *moderno* è stato usato, ad esempio, già nel caso della *rinascita carolingia* da parte di intellettuali dell'epoca, che hanno determinato l'età di Carlo Magno, "*saeculum modernum*".

In un senso più attuale la modernità ha avuto inizio nel '600 con la *rivoluzione scientifica* e si è caratterizzata come modello universale che considerava tutte le altre culture come primitive, convinta com'era di poter dimostrare che il vantaggio da essa acquisito attraverso una forte elaborazione culturale presentasse fondamenti oggettivi assoluti di validità universale, validato anche da uno sviluppo sempre più pervasivo della tecnologia e dei sistemi produttivi[111].

Dalla convinzione della superiorità della modernità è derivata la concezione del dominio culturale, politico ed economico dell'Europa, ma qui stanno anche le radici che, dopo la seconda metà del secolo XX, hanno provocato la crisi della modernità nel momento che pareva fosse del suo maggior fulgore.

Si ha attualmente viva la sensazione che stia per concludersi l'età moderna che era stata ricca di scoperte, di proposte, di progetti, ma che negli ultimi decenni ha diffuso una cultura riduzionista nella quale il crollo dell'attenzione alla qualità e ai rapporti ha esercitato un'incidenza drammatica sulla qualità della vita naturale e sul tessuto sociale.

L'operatività delle comunità post-industriali pare si caratterizzi *per l'insicurezza, la frammentazione e la mancanza di punti autorevoli di riferimento nel quadro di un indirizzo multiculturale, multietnico e multireligioso*[112].

[111] La transizione dell'area del moderno si applica ormai a tutti i livelli: economia, politica, vita quotidiana, mentalità. La modernità è stata recentemente definita come *cultura della vita quotidiana e come cultura di massa*.

[112] Bauman, Z., 1999, *La società dell'incertezza,* Mulino Bologna

Ha scritto E. Husserl: "*la scienza moderna ha raggiunto i suoi straordinari successi al prezzo di una perdita del suo significato per la vita. La sua razionalità ci ha messo in grado di esercitare un dominio vasto sulla terra, ma nulla ci dice sul senso di questo dominio, sulle sue conseguenze. E alla fine ci abbandona a noi stessi proprio in ciò che è decisivo per la nostra esistenza e il suo successo: le scelte di vita e i fini ultimi. Il moderno ideale dell'oggettività scientifica si raggiunse così al prezzo di ridurre alla sola teoria l'antico ideale della conoscenza, abbandonando la prassi alla volontà di potenza*"[113].

È in questo contesto che è emersa la realtà dell'ambiente con le sue problematiche, la sua complessità, ed è emerso il compito difficile, ma strategico di chi, oggi, manager, Pubblico Amministratore, ricercatore si occupa di temi legati all'ambiente, di aprirsi alla responsabilità di individuare nuclei di conoscenze delle Scienze della Natura, delle Scienze Sociali e Tecnologiche, dell'Etica e dell'Economia e dell'interazione tra di esse, per programmare con idonei strumenti metodologici una cultura d'ambiente che risponda a bisogni profondi della società, presenti ma non ancora esplicitati per mancanza di un'adatta cultura ambientale di base.

La modernità è caduta anche sul fatto, tra l'altro, di essersi fossilizzata sul paradigma riduttivo e di non aver riconosciuto che, in concreto, la *fase riduttiva* in un'analisi o della gestione di una realtà ambientale complessa è *necessaria, ma non sufficiente*[114].

---

[113] Husserl E., *La crisi delle scienze europee.* Il saggiatore, Milano

[114] L'importanza di familiarizzarsi con alcuni di quei tratti che caratterizzano il postmoderno. Da qualche anno parole e idee quali democrazia, socialismo, stato sociale, integrazione dei Paesi in via di sviluppo sono quasi sparite, sostituite da altre quali ambiente, inquinamento, buco dell'ozono, effetto serra, carestia, tecnologia, quantità.

- La società postmoderna presenta una seconda caratteristica: *il consenso come valore strategico* soprattutto in riferimento alle pubbliche decisioni per interventi per l'ambiente o per l'accettazione della normativa ambientale. Questa gestione del consenso richiede si adottino nelle comunità efficaci indirizzi di comunicazione e di Educazione ambientale.
- L'economia delle conoscenze che guida dal postmoderno all'era digitale non ha ancora elaborato valori condivisi, sistemi di trascinamento di massa verso le nuove modalità di convivenza. Il passaggio dalla partecipazione passiva al coinvolgimento attivo di ogni persona nel mondo a rete, in cui tutto forse è ancora da inventare, non è indolore. Troppo spesso infatti il digitale non viene inteso come rottura col passato, un nuovo mondo, ma semplicemente come una ulteriore protesi tecnologica ai sistemi esistenti. Ma sappiamo che così non è.

È sentire comune, ormai, che la ricerca sopra i problemi suscitati da una gestione umana non ecologicamente corretta dei processi e dei sistemi ambientali e la necessità di promuoverne la qualità abbia favorito la riscoperta dei *profondi legami tra sistemi naturali e sistemi sociali*. Il *sistema ambiente* ha acquisito la stessa rilevanza oggettiva e lo stesso ruolo interpretativo della realtà di altri temi, emersi dopo una lunga gestazione, quali la *libertà personale*, la *democrazia*, etc.

Sotto lo stimolo di questa sollecitazione pare si stia componendo una *cultura postmoderna* nel quadro della quale pare che un numero sempre maggiore di cittadini, soprattutto giovani, richiedano obiettivi, informazione in un contesto nel quale percepiscono un graduale impoverimento dei rapporti sociali[115].

Da qualche anno parole e idee come *socialismo, stato sociale,* i*ntegrazione dei Paesi in via di sviluppo* appaiono sempre meno negli organi di informazione, sostituite da altre quali *ambiente, inquinamento, buco dell'ozono, effetto serra, carestia*.

Un'ulteriore caratteristica positiva della società postmoderna è rappresentato dal valore strategico che ha assunto il *consenso*, soprattutto in riferimento alle pubbliche decisioni per interventi per l'ambiente o per l'accettazione della normativa ambientale. Si possono presentare progetti bellissimi, dove è evidente anche l'aspetto economico, la messa a punto di vantaggi per la gente, etc., ma se la popolazione dice di no per motivi a volte irrazionali, è "no". Anche su questo occorre riflettere per sviluppare efficaci interventi a livello di Comunicazione e di Educazione ambientale delle comunità.

- Suggestiva è l'ipotesi futuristica di De Rosnay: un microrganismo planetario costituito dal complesso degli uomini e delle macchine, organismi, reti, nazioni…Un microrganismo ancora allo stato embrionale, che cerca di vivere in simbiosi con l'ecosistema planetario. De Rosnay, J. *L'uomo, Gaia e il Cibionte* Edizioni Dedalo. Bari

[115] Touraine A., 2008, *La globalizzazione e la fine del sociale*, Il Saggiatore, Milano

8. LAVORARE CON LA COMPLESSITÀ PER PROGETTARE PER LA REALTÀ

8.1 Analisi e gestione di processi e di sistemi ambientali complessi: dalla frammentazione al sistemico

È singolare il percorso delle idee che ha condotto ad una scoperta dell'ambiente e della complessità di esso, cui è stato risposto con nuove metodologie di analisi.

Riveste valore strategico approfondire preventivamente le tappe culturali che le varie conoscenze e metodologie hanno percorso nei secoli per affrontare le tematiche ambientali (**Tab. n. 1**).

Nel momento in cui l'Ecologia è balzata alla ribalta degli interessi della società *i due paradigmi analitico-riduttivo e naturalistico-ecosistemico* si sono autoreferenziati ognuno come "*nuova Ecologia*" e hanno operato in una sostanziale contrapposizione fino agli anni '80.

L'avvio a una nuova prospettiva di ricerca per l'analisi di tematiche ambientali complesse, consistente nel **sinergismo *tra questi due paradigmi stessi***, è stato individuato nella seconda metà degli anni '80 sotto la spinta dell'allarme suscitato da fatti quali il cambiamento climatico, la rarefazione dell'ozonosfera, la compromissione della biodiversità, ma anche la difficile gestione della sicurezza nelle megalopoli e i problemi del tutto inediti della società multietnica.

In questo quadro, il mondo della ricerca ambientale ha percepito *l'insufficienza dell'Ecologia naturalistica a intervenire in modo esaustivo per risolvere questa problematica, ripristinando la qualità di processi e di sistemi ambientali per loro natura complessi che ne erano interessati.* Per fare ciò, infatti, era necessario disporre, oltre che di nuclei di discipline *abiotiche e biotiche* (tratte dalle scienze della natura), anche di c*onoscenze socio-economiche, giuridiche, tecnologiche, demografiche, etiche*.

A fronte della qualità compromessa di processi e sistemi ambientali naturali od umani complessi, è stata messa a punto *una nuova organizzazione del sapere di cui è esempio l'indirizzo delle Scienze ambientali.*

Sul finire degli anni '90 questo modello è calato in un *progetto di analisi, formazione e gestione di sistemi e processi ambientali complessi*, che ha preso il nome di "*Scienze ambientali*", la cui struttura si rifà ad un inedito *paradigma della complessità*.

8.2 Una riflessione sulla metodologia interdisciplinare

La rivoluzione scientifica dei secoli XVII-XVIII, che ha originato la frammentazione del sapere, ha avuto vari effetti importanti: partendo dal mondo occidentale ha pervaso e pervade la cultura scientifica ed ha favorito ininterrottamente l'aumento del numero di settori di conoscenze disciplinari e il progresso dell'identità di discipline scientifiche specialistiche.

Sul finire degli anni '60, in occasioni sensibili della vita della società (quali ad esempio violenza urbana, perturbazioni climatiche, distruzione della biodiversità, etc.) gli studiosi hanno formulato una risposta partendo da discipline specialistiche, di cui però ben presto hanno percepito l'insufficienza dell'agire di esse *in solitudine* quando si trattava di analizzare e gestire realtà complesse quali quelle ambientali.

Si è tentato, di conseguenza, di affrontare queste situazioni *rivalutando il metodo dell'interdisciplinarità*, che non godeva buona letteratura presso gli specialisti.

Si sa per esperienza che la *metodologia interdisciplinare* pone problemi di vario ordine, teorici e applicativi e che urta contro difficoltà *tecniche*, *psicologiche* e *istituzionali*.

Queste difficoltà sono radicate nel *modo di pensare disciplinare*. Certo non è possibile l'interdisciplinarietà senza la disciplinarietà, ma l'idea di disciplina è stata caricata di connotazioni che emergono da un ricco passato. I paradigmi disciplinari dominano ancora

oggi la cultura umana, plasmando la mentalità di ricercatori, del mondo politico, di cittadini[116].

È paradossalmente nella *cultura interdisciplinare* che si disvela l'utilità di una singola disciplina, *che contribuirà alla soluzione di un dato problema o processo ambientale non con tutta se stessa*, ma con un *nucleo di idonee conoscenze* che sono proprie di un dato statuto disciplinare: ciò potrebbe sembrare un contributo modesto alla soluzione di un problema complesso, ma, incrociandolo con uno o più altri idonei nuclei di discipline differenti, può diventare pietra angolare di una *nuova struttura concettuale*, rappresentata dal *prodotto* che emerge dalla fase conclusiva del procedimento transdisciplinare (**Tab. n. 4**).

L'avvenire di un sapere per interpretare l'ampiezza e la completezza della realtà, di un villaggio, di una città, *dipende da un graduale incrocio di saperi disciplinari*. *Una visione d'insieme è oggi più essenziale che mai per prendere decisioni*. *Il processo di ricerca interdisciplinare non coinvolge –si ripete- le discipline convocate nella loro interezza, ma solo quel gruppo di conoscenze che si manifestano necessarie per concorrere o alla soluzione di un problema o all'analisi di un sistema ambientale complesso*.

L'interdisciplinarità sta assumendo via via valore di metodologia strategica per favorire rapporti tra specialisti, un'occasione per mettere in opera una riflessione più operativa tra saperi decisivi, ma dispersi, che la città sapiente non cessa di produrre e di accumulare[117].

Nella ricerca ambientale è stata constata la tendenza a collegarsi di un crescente numero di conoscenze differenti, discipline specialistiche, dando origine a *discipline sintetiche* attraverso un processo di integrazione di rete, grazie alla metodologia interdisciplinare.

[116] Basti pensare che le lezioni nelle stesse scuole dell'infanzia e nelle scuole primarie prima degli anni '80 erano tenute da un solo docente che rappresentava plasticamente attraverso l'interdisciplinarità l'unitarietà del sapere, mentre attualmente gli insegnamenti sono distinti e sono impartiti da due-tre docenti sia nelle scuole materne che nelle scuole dell'educazione primaria. Eppure le abitudini contratte nell'infanzia sono più resistenti degli insegnamenti universitari.

[117] Kavaloski V. C., 1974, *Interdisciplinarity and Humanity Aspiration in Interdisciplinarity and Higher education*, Ed. Kockamans

8.3 Interventi per la complessità ambientale

8.3.1 Un quadro di paradigmi

Nell'evoluzione della ricerca sui rapporti uomo-ambiente nel tempo si sono susseguite alcune fasi più significative alle quali è stato attribuito la denominazione di *paradigmi*.

- Il ***paradigma prescientifico*** (espressione delle culture preistoriche e storiche, quali greca, romana, medioevale, rinascimentale, nel quadro della quale tutta la realtà era percepita in modo unitario).
- Al paradigma prescientifico sono seguiti già sul finire del secolo XVI e per tutto il XVII i nuovi indirizzi sviluppati da Galileo, Cartesio e da altri filosofi che erano anche fisici, matematici, naturalisti, e hanno proposto il ***paradigma scientifico analitico-riduttivo***, che si è espresso nella *frammentazione della realtà* (è stato questo il paradigma della modernità) e *nell'organizzazione delle discipline specialistiche*.
- Parallelamente ha continuato l'attività del ***paradigma classico naturalistico-sistemico***, che descriveva la dinamica dei sistemi complessi naturali ed umani.

Queste tre espressioni metodologiche hanno camminato per alcuni secoli parallele.

Riassumendo. Negli anni '50 e '60 lo sviluppo della ricerca scientifica ha avuto una forte ricaduta sullo sviluppo tecnologico e industriale. La mancanza di conoscenze sui processi propri del funzionamento della natura (flussi dell'energia, cicli biochimici, processi omeostatici) ha provocato i drammi di una improvida gestione che, una volta superato il limite detto "**capacità portante**" (cioè la capacità di metabolizzare le sostanza inquinanti), si sono espressi in fenomeni, sempre più frequenti ed estesi, di inquinamento idrico, atmosferico e del suolo, di violenza urbana, di impoverimento della diversità, sia biologica che culturale.

Per avviare interventi di riqualificazione qualitativa di queste risorse, le Pubbliche Amministrazioni si sono rivolte anzitutto agli Istituti di Chimica, di Biologia, di Scienze della

terra, ma questi interventi disciplinari hanno avuto uno scarso risultato nella soluzione dei problemi posti.

Migliore risultato ha avuto la risposta che è venuta dall'Ecologia naturalistica, la scienza dei processi del funzionamento dei sistemi ambientali, analizzati nello spazio e nel tempo e in condizioni normali e alterate, e alla cui identità di disciplina scientifica hanno concorso e concorrono discipline abiotiche e biologiche.

Ma, come è stato evidenziato sopra, per analizzare e gestire realtà complesse è stato necessario mobilitare anche nuclei di conoscenze giuridiche, economiche e sociali, seguendo il modello delle *Scienze Ambientali*.

8.3.2 Riflessione sulla complessità

La complessità è una caratteristica che è stata sempre presente nel mondo naturale e antropizzato e più che una vera e propria rivoluzione scientifica, lo sviluppo della scienza della complessità sembra *costituire una riscoperta della varietà della realtà,* che era stata *oscurata dal metodo scientifico,* il cui fondamento era la frammentazione di realtà nei fattori che la costituiscono e l'analisi di ognuno di questi con una disciplina specialistica.

Più recentemente è stata formulata una definizione della complessità, che recupera le ricerche fatte sui sistemi ambientali: *la complessità è lo studio interdisciplinare dei sistemi complessi adattativi e dei fenomeni emergenti ad essi associati*.

Trattandosi di analisi e di gestione dei sistemi ambientali, che sono per loro natura complessi, sembra corretto notare che la complessità non è una caratteristica di questo o di quel sistema, ma piuttosto è una *proprietà del modello messo a punto dai ricercatori. In sostanza, la complessità emerge – si sottolinei l'importanza di questo verbo- come realtà dal sistema delle relazioni tra i fattori che lo costituiscono*[118].

[118] AA. VV., 1986, *Science et pratique de la complexité: Actes du colloque de Montpellier 1984*, Paris

È stato notato che la interrelazione di un nucleo di conoscenze di una disciplina con altri nuclei rende la complessità un terreno di studio molto diverso da quello nel quale la modellistica deterministica o probabilistica ha abituati i ricercatori.

Se si organizza una ricerca su una realtà complessa è importante tener conto della *dimensione temporale* di essa. A caratterizzare il paradigma della complessità non è il cambiamento in sé, quanto il *ritmo del cambiamento*, *la complessità delle interrelazioni*, di cui è formato un dato processo o un dato sistema complesso.

La reazione di fronte alla complessità può essere quella di rifiutarla, ma in realtà è saggio e realistico imparare a convivere con essa in modo creativo[119].

8.3.3 Paradigma della complessità

Una rivoluzione scientifica corrisponde, secondo Kuhn, alla transizione da un paradigma fondamentale a un altro. Ne costituisce un chiaro esempio il passaggio dal *paradigma prescientifico al paradigma scientifico*.

Gli scienziati delle discipline specialistiche, sia di indirizzo naturalistico, sia –se del caso- di scienze umane coinvolte nella soluzione, ad esempio, di un problema di inquinamento idrico, usando il metodo interdisciplinare, potranno avviare la strutturazione di un nuovo paradigma scientifico: quello della complessità.

Bocchi G., 1985, Ceruti M., (a cura di), *La sfida della complessità*, Milano

Löfgren L., 1977, *Complexity descriptions of systems: a foundational study* in *International journal of general systems*, III, pp. 197-214

Luhmann N., 1984, *Soziale Systeme: Grundriss einer allgemeinen Theorie*, Frankfurt a. M. (trad. it.; *Sistemi sociali*, Bologna, 1990)

Rosen R., 1977, *Complexity as a system property*, in *International journal of general systems*, III, pp. 227-232

Simon H. A., 1962, *The architecture of complexity*, in "*Proceedings of the American Philosophical Society*", CVI, pp. 467-482

Weaver W., 1948, *Science and complexity*, in "*American scientist*", XXXVI, pp. 536-544

[119] Trattando di complessità e di discipline specialistiche che concorrono a questo processo, è bene distinguere tra

- *scienze strutturali*, scienze astratte di cui è *prototipo la matematica*. In senso più stretto la teoria dell'informazione e la cibernetica
- e scienze empiriche che descrivono sistemi naturali reali, sistemi mentali reali, etc.

Ricercatori specialisti nell'analisi della complessità hanno individuato, attraverso varie ricerche, alcune caratteristiche comuni ai sistemi complessi.

- Tanto più numerosi sono i fattori disciplinari che concorrono alla formazione si un sistema complesso, tanto più sarà complesso il sistema nella sua globalità.
- Le componenti interagiscono passandosi le informazioni (sotto forma di flussi di energia, di cicli bio-geochimici della materia, e di processi omeostatici).
- La quantità di connessioni tra le conoscenze disciplinari assicurano l'omeostasi del sistema e aumentano la complessità del sistema stesso.
- In altri temi il sistema è tanto più complesso quanto più numerose sono le componenti presenti in una realtà complessa in esame e le attività di connessione tra di essi che influiscono sul suo adattamento all'ambiente.
- Ai sistemi complessi vengono associati i cosiddetti *fenomeni emergenti* (vita, mente, organizzazione sociale, etc.).
- I sistemi adattivi evolvono *verso una regione intermedia tra l'ordine e il caos*: il cosiddetto "*margine del caos*". Il margine del caos è lo stato ottimale posto tra i due estremi di un ordine rigido, incapace di modificarsi senza essere distrutto, come lo stato dei cristalli e di settori socio-culturali, quali sono i totalitarismi.
- Quando un sistema si trova al margine del caos, una perturbazione imposta dall'esterno può: *o non avere conseguenze, oppure condurre il sistema verso la resilienza, o, ancora, verso il caos*[120].
- Non esiste una dimostrazione certa del fatto che i sistemi complessi adattivi evolvono necessariamente verso il margine del caos; tuttavia, *se* la congettura si dimostrerà vera in generale, *allora* avremo la certezza che *tutti i sistemi umani si trovano in uno stato*

[120] Esistono dei componenti essenziali che assicurano la stabilità *latu sensu* degli ecosistemi: la prima, *statica*, chiamata "stabilità" in senso stretto, indica le condizioni di resistenza alle perturbazioni degli ecosistemi; la seconda, *dinamica*, detta "resilienza" descrive la capacità degli ecosistemi a ritornare in uno stato di equilibrio dopo una perturbazione. Holling C. S., 1973, *Resilience and stability of ecological systems*, Annu. Rev. Ecol. Syst. 4: 1-23

di equilibrio instabile, tra loro e con l'ambiente, e che anche la più piccola perturbazione potrebbe farli precipitare in un caos irreversibile.

- A fronte di questa ipotesi alcuni teorici della complessità hanno deciso di dedicarsi al problema dello "*sviluppo sostenibile*", cioè al problema dello "*sviluppo al margine del caos*"; si tratta indubbiamente di una delle implicazioni pratiche più importanti della teoria della complessità: *individuare le condizioni che possono rendere compatibile lo sviluppo globale della società umana con il suo precario equilibrio al margine del caos.*
- Quando un sistema complesso adattivo si trova al margine del caos, *la complessità del sistema stesso di auto-organizza spontaneamente*. Sembra chiaro che l'auto-organizzazione sia possibile esclusivamente al margine del caos. Solo l'equilibrio al margine del caos ha le caratteristiche propizie di un'organizzazione spontanea.

Lo sviluppo della teoria della complessità è stato tumultuoso, disordinato, multidisciplinare. Ne è esempio il caso di un processo ambientale inquinato che per sua natura è complesso, e alla cui soluzione collaborano fisici, matematici, informatici, biologi, filosofi, letterati, economisti, studiosi di management e quant'altro, integrati tra loro da numerose connessioni non lineari tra i fattori che li costituiscono.

Naturalmente variazioni nel comportamento anche di un singolo fattore nella struttura di un ecosistema può generare effetti inimmaginabili. Gli studiosi di complessità si riferiscono a questo fenomeno con il nome di *effetto butterfly*, preso in prestito dalla meteorologia: il battito di una farfalla in Cina può generare un tifone negli Stati Uniti. Come in una grande ragnatela, in cui tutto è interconnesso[121].

[121] Ciascuno di noi è un sistema complesso, costituito da numerosi e diversi elementi in relazione tra di loro. Sistemi complessi sono anche l'azienda in cui lavoriamo e le associazioni che frequentiamo. Internet è un sistema complesso. Cellule, organismi, cervello, economia, reazioni chimiche, fluidi,…

Il margine del caos è come «una zona di conflitto, di scompiglio, dove il vecchio e il nuovo si scontrano in continuazione».

Il margine del caos è là dove la vita ha abbastanza stabilità da sostenersi e creatività sufficiente da meritare il nome di vita. Solo mantenendo il passo dell'evoluzione, solo cambiando, i sistemi complessi possono rimanere se stessi. Il margine del caos è pertanto il luogo del cambiamento, dell'innovazione, della discontinuità, della creazione di novità, della creatività[122]. Tutti i sistemi complessi per evolvere si trovano in delicato equilibrio tra ordine e disordine[123].

8.4 Il sistema delle Scienze Ambientali

8.4.1 Scienze ambientali e il paradigma della complessità

Prima di riflettere sulla *ricerca riguardante un nuovo paradigma per l'analisi della complessità*, pare importante formulare una riflessione preliminare sull'identità e sull'impiego del *concetto di paradigma* usato nell'analisi dell'intersecarsi di aree quali, ad esempio, il rapporto tra scienze della natura e scienze della cultura. Kuhn nel testo *Le strutture delle rivoluzioni scientifiche*, ha sottolineato –come già è stato notato- che i paradigmi non sono una fotografia della natura, ma il prodotto di scelte di orientamenti metodologici che di solito competono tra loro nella storia delle comunità scientifiche.

[122] È altrettanto interessante notare come alcuni fatti storici importantissimi vengano interpretati come diretta conseguenza di questo ordine dinamico. Il crollo del comunismo nell'ex Unione Sovietica, ad esempio, ricorda la stabilità e lo sconvolgimento all'orlo del caos. La Guerra Fredda come lungo periodo di stabilità, tanti piccoli sconvolgimenti che non creano una valanga di proporzioni importanti, fino a quando una valanga di portata rivoluzionaria porta con sé il suo carico di distruzione e creazione: la caduta del muro di Berlino. Altri studiosi hanno interpretato numerosi cambiamenti storici come risultato di dinamiche complesse all'orlo del caos.

[123] Nei secoli che sono seguiti la cultura prescientifica si è dissolta nel paradigma della cultura scientifica specialistica riduzionista e disciplinare, che non interpreta una realtà che sta diventando sempre più complessa. Nel momento che sta emergendo, la complessità è una condizione irriducibile quanto ineluttabile, anche se da un parte genera confusione e incertezza, dall'altra ci offre nelle attuali trasformazioni sociali, economiche, politiche e culturali, la possibilità di ripensare noi stessi in modo nuovo".

In secondo luogo, o*ccorre ulteriormente specificare la dinamica del paradigma della complessità nel quadro del sistema delle Scienze ambientali.*

A fronte della richiesta di analizzare e gestire realtà ambientali complesse che richiedono l'intervento di discipline sia naturalistiche, che di scienze umane e di scienze strutturali, risulta sempre più evidente *l'attuale difficoltà del sistema universitario ad organizzare una ricerca che vada al cuore del problema.* Di solito ci si limita soltanto alla *sola fase riduttiva e disciplinare o all'aspetto naturalistico-sistemico,* quando in realtà in un sistema complesso intervengono:

- lo smontaggio del sistema nei fattori che lo compongono e ognuno di questi è analizzato con un'idonea disciplina (*fase analitico-riduttiva*);
- la ricerca dei rapporti tra le conoscenze disciplinari che sono state elaborate per ricostruire, nei limiti, la complessità di partenza del sistema in esame (*fase sintetico-ecosistemica*).

Questa metodologia così organizzata costituisce il *paradigma della complessità*.

La rivoluzione scientifica della complessità, che si esprime nel *paradigma della complessità*, è solo all'inizio, ma è già possibile pensare ad alcune conseguenze per le prospettive che apre alla nuova cultura d'ambiente per la società

Questo sembra essere, fondamentalmente, il compito del Sistema delle *Scienze Ambientali* nei suoi interessi di ricerca, formazione e gestione di processi ambientali.

8.4.2 Discipline per l'organizzazione dell'analisi, della formazione e della gestione delle Scienze Ambientali

All'analisi, alla formazione e alla gestione di processi e di sistemi ambientali, che per loro natura sono complessi, concorrono varie discipline:

- *discipline specialistiche di base*: sia empiriche (Fisica, Chimica, Biologia, Scienze della terra, ecc., e se si tratta di ambiente umano, sono convocate discipline umanistiche: Filosofia, Demografia, Sociologia, Diritto ed Economia ambientale, Etica ambientale) sia strutturali (Matematica, Informatica, etc.);
- *Ecologia, la disciplina che studia i processi del funzionamento dei sistemi ambientali nella dimensione spazio-tempo e nella condizione normale e alterata*;
- *Metodologie (multidisciplinarità,* interdisciplinarità, transdisciplinarità) (**Tab. n. 4**).

Si ritiene necessario sottolineare di nuovo come le singole discipline empiriche concorrano alla soluzione dei problemi dei sistemi ambientali (che per loro natura sono complessi): nel concreto ogni disciplina è sollecitata di volta in volta ad individuare e mettere a disposizione nuclei di conoscenze proprie di esse, utili a risolvere un dato tema problemi ambientale complesso.

8.4.3 Il disegno sperimentale per l'analisi di processi e sistemi complessi. (Tab. n. 3)

Un'inedita epistemologia relativa a una ricerca scientifica complessa (qual è quella dell'analisi e della gestione di un *processo o di un sistema ambientale*) è organizzata in sei fasi.

- Nella prima fase chiamata "*analitico-riduttiva*" (che si rifà alla metodologia proposta da Galileo e da Cartesio) il sistema complesso è scomposto nei fattori che concorrono alla sua identità e ognuno di questi fattori è analizzato con una disciplina specialistica.

Si forma un *gruppo multidisciplinare di ricerca*, si riduce la complessità alla *somma dei fattori che la compongono, si perdono i rapporti tra i fattori* (i rapporti non si vedono, ma si sentono), *si individuano i fattori critici* (o limitanti).

- La seconda fase, detta *naturalistico-sistemica*, è la fase del *recupero dei rapporti* che in *natura legano i vari fattori tra loro*. Un semplice concorso di specialisti di differenti settori di ricerca non garantisce la riuscita di una ricerca che coinvolge svariate discipline. Viene usato il *metodo interdisciplinare* (**Tab. n. 4**). *Il gruppo interdisciplinare* che si costituisce si occuperà dell'*integrazione dei nuclei di conoscenze disciplinari* proprie dei fattori critici individuati nella prima fase.

  Di conseguenza, come si è più volte sperimentato, in un'operazione interdisciplinare:

  - non si realizza una fusione totale delle differenti discipline;
  - ma si ottiene un *prodotto transdisciplinare* che non è certamente una addizione pura e semplice dei nuclei disciplinari, *ma emerge dalle interazioni di questi stessi nuclei di conoscenze*.

  In sintesi, i ricercatori delle aree disciplinari implicate, lavorano insieme nel gruppo interdisciplinare alla ricerca di quei rapporti che legano i nuclei disciplinari individuati.

  Occorre essere persuasi che il problema fondamentale che pone l'interdisciplinarità è *il dialogo e la comunicabilità tra differenti livelli del linguaggio scientifico.*

  Ciò che emerge dal dialogo non è un semplice prodotto di una sintesi, ma –si ripete- un nuovo prodotto che emerge dal lavoro collettivo, che è stato co-prodotto, che deriva da un nuovo sistema di sapere instaurato attraverso la pratica interdisciplinare.

  Dalla realizzazione di questo sinergismo e grazie all'impiego del modello di analisi della complessità (*metodologia interdisciplinare)* si acquisisce la capacità di entrare nel gioco dell'analisi e delle prospettive di gestione di processi di sistemi e di problemi ambientali anche notevolmente complessi.

- Una terza fase ha *carattere transdisciplinare* e consiste nella ricomposizione di un processo di inquinamento o di un sistema ambientale in esame. Questa fase non si identifica con nessuna delle discipline specialistiche interessate all'analisi dei fattori, ma presenta un'identità nuova (*co-prodotto transdisciplinare*).
- In una quarta fase ci si occupa del *trasferimento dei risultati ai fruitori*: Pubbliche Amministrazioni, sistemi produttivi, sistemi formativi, volontariato, etc.
- La quinta fase, è quella *dei prodotti della ricerca*:
    - *prodotti immateriali* (l'acquisizione della capacità di saper organizzare e produrre ricerche sulla complessità ambientale),
    - e *prodotti materiali* che sono quelli che vengono richiesti dai fruitori.

Tab. n. 3

ARTICOLAZIONE SINTETICA DEL DISEGNO SPERIMENTALE PER L'ORGANIZZAZIONE DI UNA RICERCA SUI PROCESSI, SISTEMI, PROBLEMI COMPLESSI SECONDO IL PARADIGMA DELLA COMPLESSITA'

FASE 1 — SCELTA DEL TEMA DELLA RICERCA

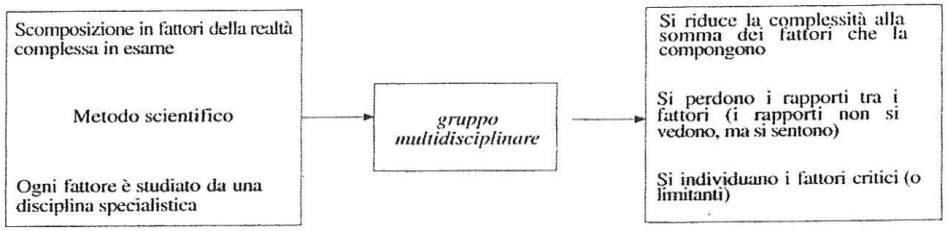
FASE 2 — RICERCHE PRECEDENTI

Inquadrare, attraverso la ricerca su articoli, libri e interviste sulle fonti di dati, lo stato dell'arte (ciò che è stato e ciò che rimane da fare)

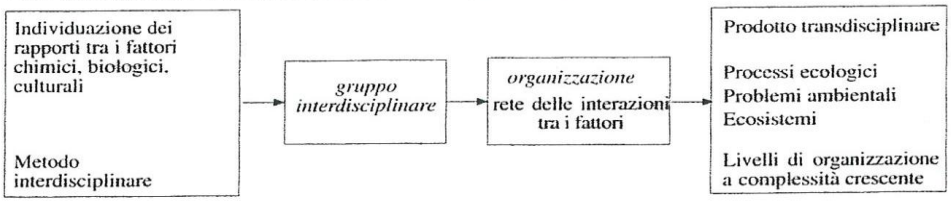
FASE 3

Evidenziare le due fasi necessarie per fare ricerca su un sistema complesso

Fase analitico riduttiva:
individuazione dei fattori che costituiscono la struttura della realtà complessa in esame



Fase di integrazione di nuclei di conoscenze disciplinari: sintetico-sistemica



FASE 4 — DISCUSSIONE DEI RISULTATI E CONFRONTO CON LE RICERCHE PRECEDENTI. INTEGRAZIONE CON I PRINCIPI DELL'ETICA AMBIENTALE

FASE 5 — TRASFERIMENTO DEI RISULTATI AI FRUITORI

Il tema del trasferimento, che assume oggi una particolare rilevanza, è rivolto a coloro che hanno promosso la ricerca, ma anche, se è possibile, alle varie forze della società civile (educazione ambientale nella scuola, nei parchi, nelle università per anziani, ecc.)

FASE 6 — PRODOTTO DELLA RICERCA

Prodotto immateriale:
l'acquisizione culturale di alto profilo e innovativa della capacità di saper organizzare e condurre una ricerca sulla complessità ambientale

Prodotti materiali

8.4.4 Alcuni esempi di ricerca su temi complessi di Educazione ambientale

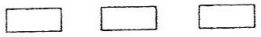
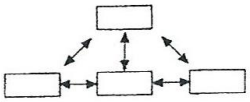
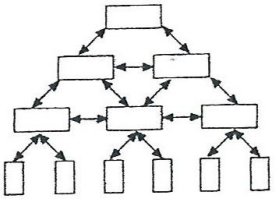
La metodologia che usa il paradigma della complessità è stata sperimentata in un gruppo di ricerche su vari ordini e gradi di scuole e nell'extrascuola, su tematiche di educazione ambientale, tenendo conto delle differenti condizioni psicologiche e culturali legati all'età e allo stato occupazionale[124].

Si è voluto dimostrare con queste sperimentazioni che il disegno sperimentale per l'analisi, la formazione e la gestione di temi complessi può essere applicato ad ogni ordine e grado di scuole, alla formazione del personale delle Pubbliche Amministrazioni, dei sistemi produttivi e del volontariato ambientale.

[124] Si indicano alcune di queste ricerche compiute.

- A. Murcio Maghei, *I piccoli vivono la complessità. Un progetto di Educazione Ambientale sulla percezione della complessità ambientale nelle scuole materne. Progetto pilota*.
  In Moroni A., 1998, *Educazione Ambientale, un obiettivo per il Duemila. Dall'interesse alla natura alla scoperta del ruolo sociale dell'educazione ambientale*
- M. Valenti e A. Murcio Maghei, *Cercatori di felicità. Gli scolari delle elementari si interessano alla complessità.*
  In Atti S.It.E 1997, 18: 649-652
- Dir. F. Grisafi, N. Rizzoli, *Da abitante di un paese a cittadino di una valle. Progetto di Educazione Ambientale scolastica della scuola secondaria di primo grado*.
  In Atti S.It.E 1997, 18: 653-655
- A Bachiorri, S. Mutti, *Stiamo cercando i costruire un buon rapporto con l'ozonosfera. Scuola secondaria di secondo grado.*
  In Atti S.It.E 1997, 18: 657-659

Tab. n. 4

I PASSAGGI PER L'ANALISI DI UNA REALTA' COMPLESSA			
	Idee generali	*Tipo di processo*	*Configurazione del sistema*
MULTIDISCIPLINARITA'	Un insieme di discipline, relativo all'analisi di una realtà complessa, opera senza rendere esplicite le possibili relazioni tra di esse.	Ogni disciplina analizza un fattore, nessuna cooperazione tra le discipline. *fase analitico-riduttiva*	
INTERDISCIPLINARITA'	Le discipline, relative ai fattori della realtà complessa in esame, si propongono l'obbiettivo di interagire tra loro per ricostruire il sistema dei rapporti che, nella realtà, costituisce l'organizzazione di un processo, di un sistema, di una problematica ambientale complessa.	Coordinamento da parte del livello superiore. *fase sintetico-ecosistemica*	
TRANSDISCIPLINARITA'	Transdisciplinare è il prodotto che si ottiene attraverso l'attività interdisciplinare.	Coordinamento verso una finalità sistemica comune. *prodotto transdisciplinare*	

8.4.5 I Dipartimenti di Scienze Ambientali

Si tratta di strutture di ricerca e di formazione, aperte alle Scienze empiriche (Scienze della Natura e Scienze umane, Etica compresa), a Scienze strutturali e metodologiche, entro cui realizzare progetti interdisciplinari di ricerca sull'epistemologia della complessità di sistemi ambientali naturali ed antropizzati.

8.4.6 Curricola formativi in Scienze Ambientali

Il compito professionale specifico (*profilo professionale*) dell'ambientalista è di essere un *analista e un gestore di realtà ambientali complesse*.

La formazione a questa identità rappresenta l'obiettivo strategico intorno al quale deve convergere l'intero curricolo formativo dell'ambientalista.

La formazione alla capacità di analizzare e gestire realtà ambientali complesse rappresenta il momento in cui le discipline, le metodologie e le abilità acquisite sono usate dallo studente e dal laureato in Scienze ambientali per analizzare un temi reali di natura complessa.

La tesi di laurea rappresenta da un lato, parlando in modo figurato, quale "*capo-lavoro*" con cui l'allievo dell'antica bottega artigiana concludeva il suo ciclo formativo e veniva licenziato come maestro d'arte e dall'altro il momento più significativo e realistico della trasmissione culturale operata dai docenti nel quadro del Corso di Laurea in Scienze Ambientali.

Se l'ambientalista non potesse compiere questa esperienza entro il percorso formativo del Corso di Laurea in Scienze ambientali avrebbe perduto un'occasione irripetibile[125].

In sintesi, *l'ambientalista non è indirizzato a diventare un esperto in un'area disciplinare specialistica* (ancorchè debba saper leggere gli elaborati che gli specialisti produrranno su dati fattori o processi di un sistema complessa da esaminare, ma in una metodologia di approccio all'analisi e alla gestione di realtà ambientali complesse.

8.4.7 Etica ambientale: consapevolezza e responsabilità nella gestione dell'ambiente

La crisi dei grandi sistemi ideologici e dei principi etici che la civiltà rurale aveva universalmente accettato, unito al crollo delle istituzioni conchiglia (es. la famiglia, la scuola, etc.), ha creato una situazione di *mancanza di referenti* con il rischio che, soprattutto i giovani, *non sappiano più cosa è bene e cosa è male*.

[125] Moroni A., 1996, *Il Corso di laurea in Scienze ambientali*, S.It.E., Atti 17: 937-944

Si avverte la necessità di *ricostruire regole per chiarire il rapporto tra esseri umani-ambiente* attraverso una nuova Etica come base di un comportamento degli esseri umani in grado di sollecitare il coinvolgimento di ogni persona e della società nel suo complesso nella dinamica della natura e della città.

Due elementi caratterizzano un'Etica ambientale:

- *il rifiuto di concezioni tradizionali che pongono l'uomo fuori e sopra la natura*: viene rifiutato un *antropocentrismo assoluto* che trascende la natura e fa uscire l'uomo dal tempo biologico;
- l'estensione dell'ambito delle considerazioni etiche, che fino a ora erano riservate agli uomini, anche a *realtà non umane* presenti in un determinato quadro ambientale. *In sostanza sono soggetti di attenzione da parte degli esseri umani non soltanto piante, animali, microrganismi, ma anche realtà abiotiche: aria, acqua, suolo, pietre, etc., come compagni preziosi delle persone nelle strade della vita.*

In quest'ottica, in alternativa alle due posizioni radicali di biocentrismo assoluto e la posizione di superiorità assoluta dell'uomo sulla natura, viene proposto un equilibrato antropocentrismo, espresso da un atteggiamento di *custode-amministratore accorto e responsabile*, del capitale di risorse naturali e dei beni culturali di cui gli esseri umani dispongono nel corso della loro vita.

Il comportamento di dominatore-sfruttatore non corrisponde, in alcun modo, a quel ruolo responsabile e costruttivo che gli esseri umani rivestono nel quadro della natura e della società.

Agli esseri umani è chiesto di adottare uno *stile aperto di partecipazione e di gratuità*, come alternativa all'*homo homini lupus*. Di fronte al dramma della feroce competizione-predazione che caratterizza i rapporti delle specie animali entro la rete alimentare (e sui quali si basa il funzionamento stesso dell'ambiente), all'uomo è chiesto di superare l'atteggiamento della

predazione e della competizione. Il freddo egoismo, la politica di potenza, la solitudine del dominio e dello sfruttamento. Ciò richiede che gestori, decisori e tutti i cittadini dispongano di conoscenze ecologiche sul funzionamento degli ecosistemi naturali ed umani sufficienti per poter sia formulare un corretto giudizio di valore su una data realtà ambientale, che individuare un coerente comportamento etico al momento della programmazione, della gestione e del governo di essa.

9. L'ISTITUZIONE DELLA SIPS

Nel *primo Convegno* (Parma, 1907) presieduto dal prof. Vito Volterra la gloriosa *Società degli Scienziati Italiani* si era fusa con la nuova *Società Italiana per il Progresso delle Scienze*, assumendone la denominazione.

IL ministro della Pubblica Istruzione, Rava, Presidente della prima assemblea della nuova Società, ha accennato con toni preoccupati ad una *deriva verso la cultura della frammentazione del sapere scientifico*.

Nel discorso di apertura della stessa Riunione SIPS di Parma (conservato presso l'Archivio Storico comunale di Parma), il *Presidente Volterra* ha rivolto ai congressisti, sono stati sottolineati quattro temi fondamentali:

- La prima parte è stata dedicata a una descrizione propositiva del progresso e della scienza che ne è il motore[126]
- Nella seconda parte Volterra ha proposto un'analisi del clima culturale da cui era emersa la domanda di una *Società scientifica a indirizzo multidiciplinare*[127].

[126] *Quei moderni portentosi ed immani edifici, non fumanti e strepitosi come le antiche officine, bensì luminosi e tranquilli, ove le dinamo, giganteschi monumenti dell'epoca presente, compiono rapide e silenziose l'opera loro, rievocano per l'augusta, solenne ed austera grandiosità i monumenti di un'altra epoca: le vetuste cattedrali che ergono al cielo le loro mirabili guglie. Sotto le aeree arcate, che l'arte del medesimo elevò, l'anima si riempie di una commozione solenne che ci fa sentire le aspirazioni e i palpiti dei lontani secoli.Una commozione altrettanto grande e profonda invade chi penetra nel loco sacro dell'industria moderna ed ei sente suscitarsi nel cuore un'onda di fiero compiacimento e un sentimento di serena fiducia che gli fa guardare sicuro in faccia all'avvenire.*
Ma il valore della scienza non consiste solo nella sua pratica utilità né la forza di essa ed il suo punto di appoggio stanno solo nel pubblico che si giova dei suoi risultati e ne intuisce con ammirazione le vive sorgenti.
Del recente movimento della scienza verso le pratiche applicazioni l'Italia forse si giovò meglio di ogni altro paese, ond'è che quel sentimento scientifico a cui poc'anzi alludevo, sebbene qui più tardi che altrove sviluppato, fa sotto i nostri occhi sempre più rapidi e lusinghieri progressi.
Ne reca testimonianza l'esposizione di Torino del 1884
Era non son molti anni ben triste le nostre condizioni economiche: ma per virtù di uomini e di cose essa risorse in modo mirabile ed inaspettato: una fonte inattesa di ricchezza scaturì abbondante dall'industria che si credeva negata al nostro paese dalla stessa natura.

[127] *La crisi interiore che agita e trasforma tante dottrine rende necessaria l'ampia libera e diretta discussione fra gli studiosi, determina in essa l'urgenza di manifestarsi personalmente i pensieri che li occupano, i dubbi che li tormentano, le difficoltà che li arrestano, , le speranze che li sospingono. I libri e le memorie non servono, ne mai potranno servire a tal fine: il bisogno sta precisamente nel dire e nell'apprendere quello che non si sa ancora di pubblicare o che non si pubblicherà mai.*
Le antiche accademie sono un campo troppo chiuso, gli istituti di insegnamento hanno già altri intenti determinati, le singole società scientifiche sono un terreno troppo ristretto per prestarsi a questi scopi; solo

- Nella terza parte della prolusione affrontava due problemi che ad avviso di Volterra stavano provocando la crisi delle discipline scientifiche e del pensiero filosofico che le informava[128].

- Il presidente Volterra ha concluso il proprio discorso con queste espressioni:

"Nel terminare, il pensiero mi corre spontaneo al raffronto, cui poc'anzi accennai, fra l'epoca presente e il periodo del Rinascimento. Allora nel mirabile rinnovellarsi di tutte le attività intellettuali, l'Italia divenne il centro del pensiero scientifico universale. Io lancio oggi l'augurio che destino non men grande ci sia riserbato oggi che il sorgere ed il plasmarsi della schietta e genuina anima italiana han ravvisato tutto il nostro pensiero e ci hanno restituita l'antica patria".

---

possono conseguirsi in seno ad una vasta associazione che raccolga i cultori di tutte le discipline, qual è quella che noi oggi inauguriamo.

Ebbene, tutto ciò che il pubblico non può apprendere né dai libri né dai discorsi, si paleserà quando esso assista e si mescoli alle discussioni degli uomini di scienza, giacché son le dispute spontanee e vivaci che mostrano sotto la luce più naturale e più viva il germogliare e l'esplicarsi di quei pensieri che di solito un troppo sapiente artificio divulga.

Solo dinanzi ad una Associazione come la nostra la quale aperta e liberale accoglie le più diverse categoria di uomini, tali quistioni che tanto interessano la scienza e la pratica, potranno essere efficacemente poste, giacchè il porlo soltanto richiede necessaria la cooperazione delle varie tendenze. Ai laboratori ed agli istituti scientifici spetterà poi il compito di maturarle e risolverle.

[128] La prima causa ha due radici in contrasto tra loro:

- *il bisogno di raggiungere un'abilità tecnica rende necessaria la specializzazione e la divisione del lavoro scientifico, giacché un'intera vita è in taluni casi appena sufficiente per acquistare quelle attitudini senza le quali nessun progresso positivo è possibile.*
- *dall'altro le diverse discipline si sono talmente compenetrate, che non si comprende al dì d'oggi come si possa avanzare nell'una senza conoscere, e profondamente conoscerne molte altre e non quelle sole che si ritenevano or sono pochi anni affini, ma anche delle nuove, rivelatesi ora strettamente connesse.*

Il lavoro collettivo che si manifesta più intenso e diffuso nelle scienze maggiormente progredite, come l'astronomia, la creazione di grandi scuole che si aggruppano attorno ad uomini di genio, come avviene nei paesi più avanzati, tendono bensì a coordinare e disciplinare le individuali energie, ma l'equilibrio da cui solo potrà scaturire benefica quella economia di sforzi a cui tutti aspiriamo, è ben lungi dall'essere raggiunto.

La seconda causa della crisi è di origine filosofica

Che le ipotesi sono un mezzo e non un fine nella scienza, che si può abbandonare domani quella che oggi fidenti abbracciamo, è antica persuasione; tanto antica che già per gli astronomi greci ogni ipotesi cosmica era accettabile, purché potesse servire a calcolare la posizione degli astri.

Ma il periodo storico attuale si differenzia da quelli che precedettero perché, non solo le singole ipotesi, ma anche i grandi principii, taluni dei quali non si discutevano più ed erano universalmente accettati e quasi come dogmi insegnati, sono divenuti subitamente oggetto di discussione e di critica, mentre vecchi sistemi che sembravano da lungo tempo e per sempre seppelliti ad un tratto inaspettatamente risorgono.

Questa crisi si riverbera su tutte le scienze della natura: ed intanto così in cielo come in terra, mille cose si rivelano che la filosofia non sognava: dall'azione della luce sul movimento degli astri, alle nuove fonti del calore terrestre.

Ma dal 1907 al 1973 la SIPS ha ripreso la struttura organizzativa a base di sezioni e di classi disciplinari e su questo metodo sono state organizzate le Riunioni fino al 1972[129].

Nel Congresso di Padova del 1973 *la divisione per discipline è stata abolita* e la motivazione è stata così formalizzata: "*in considerazione dell'esistenza di Associazioni scientifiche specifiche, la SIPS non prevede più di suddividersi in Sezioni e Classi, divenute anacronistiche, anche per il frequente e complesso mutare degli interessi scientifici, specialmente oggi che la Società è chiamata ad assumere un suo ruolo insostituibile, per attuare una vasta e seria opera di informazioni in materia di problemi tecnico-scientifici ed ambientali*". [130]

[129] Da sottolineare che in questo periodo la SIPS ha dato origine a diverse strutture scientifiche importanti, di valenza nazionale, il *Comitato glaceologico italiano per gli studi dell'Alto Adige*, l'*Istituto per gli studi legislativi*, etc.

[130] Dal 1973 al 2006 sono state realizzate 18 Riunion SIPS sui seguenti temi:

- I trasporti e i loro riflessi sociali ed economici (con appendice didattica: I sistemi audiovisivi) Padova, 1973;
- elaborazione elettronica e sue applicazioni nel mondo moderno (con appendice didatticaNuove esperienze di insegnamento delle scienze) Pisa, 1975
- Risorse ambientali della nutrizione (Scienza e formazione) (con appendice didattica: Funzione della scuola nella formazione dei tecnici nel settore alimentare) Brescia 1977
- Le scienze per la qualità della vita (con appendice didattica: Didattica delle scienze per la qualità della vita) Torino, 1979
- La città come sistema (con appendice didattica: La città come sistema ecologico) Lecce 1981
- Scienza, industria e politica di fronte ai problemi della società (con appendice didattica: Nuove esperienze metodologiche nella didattica delle scienze) Ancona, 1983
- Evoluzione demografica e prospettive ambientali (con appendice didattica: Didattica delle scienze e informatica) Parma, 1985
- Il mare nella vita dell'uomo, Genova, 1987
- L'età della Rivoluzione e il progresso delle scienze, Bologna, 1989
- L'acqua: situazione attuale e prospettive, Catania, 1991
- Aspetti innovativi nel progresso delle scienze biologiche (con appendice didattica: Nuovi strumenti e nuovi metodi nella ricerca biologica e loro applicazioni all'insegnamento secondario) Viterbo, 1993
- L'uomo tra natura e cultura, Urbino, 1995
- La scienza per i beni culturali, Roma, 1997
- Le biotecnologie: situazione attuale e scenari futuri, Cassino, 1999
- Ruolo delle società scientifiche in Italia, Roma 2001
- Personaggi e istituzioni scientifiche nel Mezzogiorno dall'Unità d'Italia ad oggi, Avellino, 2003

Altre pubblicazione e attività della SIPS

- Convegno "La disinformazione in campo scientifico e tecnico", CNR, 1996
- Giornata di studio "Inquinamento atmosferico e degrado di monumenti e ambienti storico-artistici", Accademia Nazionale dei Lincei, 14 gennaio 1997
- Convegno "Accumulo di energia e celle a combustibile", Università di Roma La Sapienza, 11 settembre 1997
- Ricerca "Ruolo delle società scientifiche in Italia", Roma, 12-14 settembre 2001
- Giornata di studio "Dolore e creatività", Arezzo, Camera di Commercio, 27 settembre 2002

La più parte, come è stato notato, è stata organizzata su *problemi ambientali*, alcuni dei quali di rilevante interesse, sia socioeconomici, sia scientifici. A queste Riunioni ha aderito un numero mediamente contenuto di partecipanti[131].

Intanto cambiava il clima culturale. Entrava nella cultura la tematica della *globalizzazione* e il modo della ricerca aveva sempre più a che fare con la percezione e la gestione della *complessità* dei problemi soprattutto ambientali e socioeconomici.

La realizzazione del secondo centenario della SIPS può rappresentare l'occasione per cercare di individuare le occasioni del mancato interesse da parte di Società scientifiche a struttura multidisciplinare (es. l'Accademia Nazionale dei Lincei, il CNR e la stessa SIPS) a organizzare una specifica *riflessione su metodologie avanzate e innovative per l'analisi e la gestione di realtà complesse*.
Ciò spiega perchè in occasione della programmazione della riunione del 2007 la Presidenza e il Comitato scientifico della SIPS *non abbiano puntato sul grande numero di partecipanti* (rievocando in questo senso i fasti del 1907), ma abbiano fatto appello ai Presidenti delle Società scientifiche e a persone particolarmente rappresentative di questa o di quell'area del sapere, o partecipanti al mondo della domanda (es. la Pubblica Amministrazione, l'industria, il mondo del volontariato, dell'informazione, etc.), esortandoli ad approfondire i temi dell'elaborazione di nuove metodologie di ricerca e di formazione, in rapporto alle problematiche complesse che attraversano *l'ambiente naturale, socio-culturale, economico e politico del Paese.*

- Giornata di studio "Chimica ed Ecologia: un rapporto controverso", Istituto dell'Enciclopedia Italiana, Roma, 2003
- Ricerca "Personaggi e istituzioni scientifiche nel Mezzogiorno dall'Unità d'Italia ad oggi", Avellino, 28-29 novembre 2003
- Convegno "Basi genetiche dell'antropologia criminale", Frosinone, 23 ottobre 2004
- Giornata di studio "Le scienze storiche, giuridiche, e tecnico-sperimentali per la conservazione dei beni culturali", Fondazione Cassa di Risparmio di Rimini, 10 maggio 2005
- Riunione a Trento, Trento, 2006

[131] Non consta dagli atti che siano state affrontatele in modo critico e propositivo le motivazioni di questa contrazione di interesse nella partecipazione all'elaborazione culturale delle riunioni dei temi SIPS.