

Giulia Rispoli

*Tektologia:
energia e cosmo-evoluzione nel pensiero
sistemico russo*

*A Roberto Cordeschi,
per il suo prezioso sostegno*

Introduzione

Panoramiche sistemiche

Il campo di studi interdisciplinare oggi noto come *Systems Science* presenta una eterogeneità e una complessità di fondo per cui l'idea di mappare un'articolazione storica e geografica lungo la quale intercettare il cammino che specifiche teorie sistemiche hanno intrapreso può rivelarsi epistemologicamente proficua. Il significato e l'elaborazione stessa del concetto di “sistema” variano considerevolmente lungo il Novecento e presentano differenti applicazioni in paesi considerevolmente distanti entro brevi intervalli di tempo. Prospettive di successo come la Teoria Generale dei Sistemi (1969) formulata dal biofisico viennese Ludwig von Bertalanffy, critiche nei confronti dell'epistemologia riduzionista, hanno insistito sulla necessità di comprendere i sistemi intesi come entità biofisiche “aperte” al passaggio di energia e materia, entrando in polemica con il carattere “chiuso” dei sistemi cibernetici elaborati e implementati dagli scienziati americani. Altre, come la teoria *autopoietica* dei cileni Humberto Maturana e Francisco Varela, insistendo su un diverso tipo di chiusura sistemica, quella operativa – legata, cioè, a quei processi che rendono un sistema autonomo – hanno concentrato maggiore attenzione sulle capacità fisiologiche che sono intrinseche ad esso e ne assicurano auto-sussistenza e conservazione. Altre ancora, meno fortunate in alcuni casi, come la teoria *Tectologica* dello scienziato russo Aleksandr Aleksandrovich Bogdanov, a lungo censurata a causa degli antagonismi interni all'ambiente politico post-zarista e neo-bolscevico, hanno assegnato un peso determinante al concetto di *organizzazione* inteso

come processo di continua evoluzione dei “complessi” piuttosto che dei sistemi, grazie all'interazione assimilativa e dissipativa che vi intercorre continuamente. Ma cosa accomuna differenti prospettive rendendole a pari titolo sistemiche?

Nel presente lavoro non si intende fare un resoconto delle teorie che nel corso del Novecento si sono allineate ad una visione sistemica o l'hanno forgiata. Piuttosto, ho cercato di estrapolare alcuni parametri storico-epistemologici entro cui orientarsi nella comprensione di differenti correnti scientifiche in cui la nozione di sistema, e di “sistema cibernetico”, si è rivelata talmente influente da porsi come snodo paradigmatico alla base di più direzioni di ricerca. Questa operazione ricostruttiva si rende, però, possibile solo a costo di prestare particolare attenzione alla dimensione culturale e storico-geografica contestuale al radicamento di queste traiettorie, in cerca quindi di un'espansione dell'assetto e del contesto intorno ai quali si articola lo sviluppo di quelle direzioni di ricerca che in parte mutarono il corso della scienza del Novecento. Mi sono soffermata in particolare sugli aspetti storici ed epistemologici relativi alla nascita della cibernetica e delle teorie sistemiche nel XX secolo tra Oriente e Occidente, tratteggiando nella prima parte del lavoro le tendenze epistemologiche principali e gli approcci metodologici caratteristici del paradigma occidentale, sviluppatosi in Europa e negli Stati Uniti, e di quello russo e sovietico. Ho cercato di illustrare il modo in cui queste teorie si sono evolute verso elaborazioni teoriche e impieghi sperimentali che risentivano di una differente cornice culturale e storico-politica.

Nei primi due paragrafi ho evidenziato il legame tra la fondazione della cibernetica di primo ordine, il nuovo assetto della ricerca scientifica americana, messo in atto dalla commissione Bush per dare impulso al

lavoro di interdisciplinare e di “squadra”, e l'ineludibile necessità di assoggettare la ricerca scientifica alle richieste del settore militare, in un'epoca turbata dal secondo conflitto mondiale e dalle sue drammatiche conseguenze. L'incrocio di questi tre fattori porterà alla nascita della prodigiosa scienza del controllo cui si associa la pervasività del concetto di interazione impiegato nei settori scientifici più disparati. Ma se la potenza euristica del principio di interazione e la diversità di contesti in cui può essere applicato forniscono una chiave di lettura inequivocabile per intendere quanto la cibernetica fosse per sua natura una scienza trasversale, sistemica, in grado di dare risposte nei campi più disparati, questa diramazione disciplinare che investe sia il sapere scientifico sia quello umanistico, in Unione Sovietica è ben visibile quando sul finire degli anni '50 Axel' Ivanovich Berg fonda la sua *Cibernetica a servizio del Comunismo*. Lo è meno, forse, negli Stati Uniti dove la scienza del controllo, sorta sotto le urgenze dell'ingegneria bellica, riesce a fatica a sganciarsi dal suo retroterra, finendo con lo scatenare una serie di effetti collaterali che porteranno lo stesso Wiener a ripudiare la sua creatura, seppur non scoraggiando nuovi sviluppi teorici. La “cibernetica della cibernetica”, infatti, prenderà le mosse proprio da quella americana di primo ordine, facendovi confluire nuove e rivoluzionarie considerazioni sul ruolo inclusivo dell'osservatore nei processi di controllo e rimarcando la componente costruttivista della relazione che intercorre tra *sistema osservato* e *sistema osservante*. In questo passaggio è insita la rivalutazione del ruolo soggettivo che i processi cognitivi e percettivi svolgono nel ritagliare, direzionare e costruire raffigurazioni mentali di eventi esterni che, altrimenti, si ridurrebbero ad un mero scambio di segnali senza contenuto – ciò che Heinz von Foerster, padre della cibernetica della cibernetica, definiva scambio di *bip bip* senza alcun significato, anziché di

vera e propria “informazione” cui sono legati necessariamente dei contenuti. Ma per interpretare il mondo in modo nuovo bisognava elaborare prima di tutto nuove teorie e modelli che meglio adeguassero la realtà a nuovi schemi percettivi. In questo ambito la visione sistemica trovò terreno fertile soprattutto in psicologia della *Gestalt* che rappresentò significativamente il bacino culturale da cui presero avvio le ricerche di molti studiosi interessati alle relazioni fenomeniche tra l'io psichico e il corpo esterno tra cui proprio il biologo austriaco che fondò la Teoria Generale dei Sistemi, Ludwig von Bertalanffy.

L'opera di Bertalanffy incarna opportunamente la prima fase del paradigma sistemico che inaugura un approccio basato sulla compresenza di più sguardi disciplinari. Fisico, biologo e filosofo, Bertalanffy si era formato al Circolo di Vienna – uno degli ambienti intellettuali più fecondi della prima metà del Novecento – seguendo gli insegnamenti del fisico e filosofo Moritz Schlick. Lavorò primariamente all'elaborazione di una visione unificata della scienza partendo dall'idea di “interdisciplinarietà”. Bertalanffy si opponeva alla concezione meccanicista e riduzionista che paragonava gli organismi a *robot*, fornendo esempi in cui la vita si rivela capace di rigenerare se stessa e i propri tessuti proprio perché dotata di caratteristiche che la distinguono dagli artefatti. In maniera tacitamente vitalista, egli si appellava al concetto di autorganizzazione come esclusiva prerogativa dei sistemi biofisici e non delle macchine, per quanto sofisticate fossero, ma il sottaciuto desiderio di superare Wiener ponendosi in testa ad una rivoluzione ancora più pervasiva, che non si limitava principalmente alla sfera tecnologica e ingegneristica, non lo abbandonò mai. La Teoria Generale dei Sistemi rimase figlia del suo tempo, sostenuta dalla fede nelle possibilità di controllo del comportamento dei sistemi biofisici e legata a concetti,

quali stabilità ed equilibrio, che perderanno in seguito di efficacia. Mancava a Bertalanffy quel respiro transdisciplinare che, invece, caratterizzava la proposta sistemica di uno scienziato russo, Aleksandr Bogdanov, elaborata già un ventennio prima, nella Russia dei primi del Novecento, e con cui probabilmente Bertalanffy era venuto in contatto. La teoria bogdanoviana, cosiddetta *tectologica*, era incentrata su un'idea di organizzazione maggiormente partecipe, rispetto a quella del biologo austriaco, dei processi di evoluzione emergente e co-evoluzione dei sistemi che caratterizzeranno gli sviluppi successivi del paradigma sistemico, incluse le direzioni di ricerca che hanno come oggetto i sistemi ecologici e le scienze della terra. Ma se Bertalanffy vedeva sistemi ovunque, Bogdanov vedeva ovunque “complessi organizzati”. La nozione di complesso era da lui preferita rispetto a quella di sistema utilizzata nelle teorie moderne sistemiche. A suo giudizio, la parola “sistema” descriveva, piuttosto semplicisticamente, un *set* di elementi in interrelazione che si legava ad una raffigurazione piuttosto statica dell'attività sistemica. Complesso, al contrario, rendeva l'idea di un movimento dinamico, che inglobava la nozione strutturale di cambiamento, suggerendo lo svolgersi di un processo piuttosto che l'ipostatizzarsi di un fenomeno. Così una cellula si mantiene in vita solo grazie allo scambio e conversione di materia ed energia proveniente dall'ambiente esterno alla cellula e, tuttavia, interno all'organismo. E allo stesso modo, la biosfera mantiene un suo equilibrio in virtù dei continui cicli di materia che la attraversano, per esempio, l'acqua evapora dai mari e viene restituita ad essi per mezzo della pioggia. Gli organismi svolgono ruoli energetici fondamentali attraverso questi passaggi, mantenendo l'atmosfera stabile e vantaggiosa alla loro esistenza. Questo modo di concepire la complessità (anche evolutiva) della nozione di sistema

rendeva, con ogni probabilità, l'opera di Bogdanov più adatta a coprire una seconda fase del paradigma sistemico, quella a crocevia di focus disciplinari maggiormente estesi, che contemplavano l'intersezione di complessi di elementi e reti di complessi di elementi posizionati a differenti scale. Se, infatti, il principio di organizzazione era *universale* nella natura – come Bogdanov affermava – allora l'indagine sistemica poteva essere ampliata a dismisura, fino a comprendere i complessi viventi, i loro ambienti e le reti di interazioni microscopiche e macroscopiche che sono unite dai continui processi di scambio di materia e circolazione dell'energia.

Proprio il paradigma *energetista* stava vivendo un grande fermento in Russia tra gli anni '20 e '30, e godeva di una tradizione portentosa che risaliva alla seconda metà dell'Ottocento grazie alla riflessione in ambito termodinamico del medico ucraino Sergey A. Podolinskij. Animato da una multiforme curiosità intellettuale, Podolinskij si era dedicato alle scienze naturali e all'economia, indagando il rapporto che sussiste tra risorse e sfruttamento. Lo studio sulla distribuzione dell'energia di cui si fece portavoce si poneva in modo originale come nuova teoria del lavoro in rapporto all'energia compresa nei suoi flussi ecosistemici situandosi al crocevia tra ecologia, biologia, scienze della terra e antropologia umana.

Introdotta la figura di Podolinskij definito “un innovatore scientifico dimenticato”, la quarta e ultima parte del lavoro è rivolta alla comprensione delle nozioni di *biosfera* e *noosfera* che emerge dal pensiero di un altro scienziato russo, Vladimir I. Vernadskij, affermato specialmente in relazione ai suoi studi pionieristici in biogeochimica e nell'ambito dell'analisi delle risorse minerarie della Russia che, in parte, lo legano alle applicazioni della cibernetica sovietica. Egli intervenne a delineare, già nel 1920, un paradigma cibernetico ed energetista che

prendeva le mosse dall'analisi ecologica dei cicli di trasformazione degli elementi sulla crosta terrestre. Nell'opera *Le Géochimie* (1924), Vernadskij partiva dall'osservazione che l'energia assume un'importanza centrale in rapporto alla vita che non è in nessun modo dissociabile dalla materia inorganica: vita e materia inerte formano un unico e inscindibile sistema. Vernadskij introduceva, così, una serie di concetti, come quello di materia vivente e *bioinerte* – oltre che un approccio integrato allo studio dei fenomeni che avvengono sulla biosfera – che porrà le basi per la nascita dell'ecologia globale, disciplina questa che acquisirà maggiore scientificità e notorietà con il lavoro di George E. Hutchinson e, attraverso di lui, James Lovelock.

In Unione Sovietica la ricerca scientifica relativa allo studio della biosfera integrava diversi livelli di indagine e relativi approcci; dalle teorie eco-evoluzioniste fino a quelle exobiologiche e cosmo-evolutive che erano collegate allo studio complesso e transdisciplinare del sistema terra.

In queste ricerche veniva adottato non solo un punto di vista, per così dire, interno, ovvero rivolto allo studio dei meccanismi biogeochimici che interessano la superficie terrestre, ma veniva contemplata anche la relazione che sussiste tra la biosfera e il suo ambiente esterno, cosmico, poiché è dal sole che la terra riceve l'energia fondamentale che la materia organica utilizza e trasforma in modo tale da favorire la sua esistenza e il suo sviluppo. Il ruolo della vita è stato dunque cibernetico poiché ha retroagito sulle condizioni atmosferiche della biosfera contribuendo a modificarne alcune condizioni fisico-chimiche in modo tale che potesse trasformarsi in un ambiente ancora più accogliente per la sua proliferazione. E così, un'analisi che ha come oggetto la biosfera non può dimenticare che la vita è indissociabile dal rapporto cosmo-evolutivo che la lega all'energia del sole e all'ambiente cosmico che contribuisce a

modificare con la sua continua attività di scambio. Questa relazione venne approfondita in modo particolare da alcuni ecologi e cosmologi russi e ciò fu possibile anche in seguito agli avanzamenti scientifici resi disponibili grazie alle imprese spaziali, animate, sul versante teorico, dalle filosofie cosmiste. L'interesse per l'esplorazione spaziale ampliò considerevolmente la conoscenza dei processi che si verificano sulla biosfera offrendo, inoltre, nuove occasioni per riflettere sull'influenza delle attività dell'uomo sui delicati equilibri ecosistemici e rivalutare l'importanza di un sano utilizzo delle risorse ambientali.

La ricerca alla base di questo lavoro si colloca al crocevia di differenti aree disciplinari al fine di esaminare l'origine e lo sviluppo della nozione di sistema privilegiando un'ottica esternalista, ovvero avversa all'idea di evoluzione cumulativa della scienza intesa come prodotto disinteressato di una comunità scientifica neutrale e culturalmente incontaminata (Kuhn, 1969). La storia delle teorie sistemiche mostra, in effetti, uno sviluppo discontinuo ed euristico configurandosi, dal punto di vista epistemologico, come uno spazio estremamente ramificato in cui differenti punti di vista competono o si ibridano, sfuggendo ad una razionalità cronologica. La difficoltà nel tracciare uno sviluppo lineare che vada da una teoria meno sofisticata ad una più sofisticata si accompagna ad un'ambiguità di fondo dalla quale emergono interrogativi significativi. Quali condizioni storiche hanno portato all'emergere delle teorie sistemiche? Quali elementi hanno determinato il successo di una teoria piuttosto che di un'altra? Perché le teorie sistemiche e quelle cibernetiche vengono spesso associate? In cosa si distinguono le teorie dei sistemi complessi? Perché alcune prospettive sono rimaste nell'ombra mentre altre sono state decisive per lo sviluppo di questo settore inaugurando una vera e propria rivoluzione scientifica?

Il lavoro si inserisce all'interno di un dibattito molto vivo in storia e filosofia della scienza che mira a prendere in esame alcuni approcci e le loro applicazioni intrecciando specialmente 3 ambiti: le scienze biologiche, l'ecologia dei sistemi, e la scienza della terra. Si intende, quindi, contribuire allo stato della letteratura esistente fornendo supporto all'idea secondo cui le teorie sistemiche russe, esplicitamente collegate alla tradizione energetista, si siano espresse in maniera significativa nella comprensione della biosfera e dell'evoluzione della vita nel cosmo la cui relazione viene considerata indissociabile. In tal senso, la presenza di una rappresentazione ecologica e cosmologica dei fenomeni sistemici che interessano il pianeta e l'approccio storico-narrativo hanno costituito – nella formulazione di questo paradigma – gli aspetti epistemologici di maggior rilievo.

Desidero esprimere la mia più sincera gratitudine a Elena Gagliasso, supervisore principale di questo lavoro, e a Maria Serena Veggetti che ha svolto insieme a Roberto Cordeschi, e poi a Mirella Capozzi, il ruolo di correlatore esterno di tesi che è stato per me fondamentale. Un ringraziamento significativo va a Silvano Tagliagambe che ha creduto in questo progetto e lo ha sostenuto con la sua impagabile dedizione e a Leo Caves le cui infinite conversazioni al Centro sullo studio dei sistemi complessi di York mi hanno permesso di fare chiarezza su un tema la cui complessità, inizialmente, mi spaventava.

Grazie alla mia famiglia per tutto l'amore e la fiducia che costantemente irrorano la mia esistenza e al mio compagno i cui commenti da non addetto ai lavori hanno saputo darmi di più di qualunque altra persona capace di riflessioni sui massimi sistemi.

I parte

Alle origini della Cibernetica: comunicazione, controllo e retroazione

1. 1. L'alba della cibernetica americana

*We often find a message contaminated by extraneous disturbances which we call
background noise¹*

L'anno in cui il matematico americano e professore del MIT Norbert Wiener (1894-1964) pubblica *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machines*, imprimendo un segno indelebile nella storia, nella scienza e nella filosofia del XX secolo, è forse una delle tappe più opportune da cui partire nel trattare l'origine e lo sviluppo della cibernetica come prospettiva sistemica. Il volume, che uscì contemporaneamente a Parigi presso l'editore francese Herman e a New York presso l'americano John Wiley, scatenò un interesse trasversale da parte della comunità scientifica mondiale, ponendosi come manifesto di una vera e propria rivoluzione scientifico-tecnologica.

Nell'introduzione Wiener rendeva noto che *Cybernetics* rappresentava l'esito cui avevano condotto lunghi anni di ricerche alle quali aveva collaborato con Arturo Rosenblueth nell'ambito di un ciclo di seminari presso l'Harvard Medical School e l'Istituto Nacional de Cardiologia del Mexico. E tali ricerche sarebbero sfociate di lì a qualche anno nell'elaborazione di un paradigma interamente basato su un nuovo

¹

Wiener, 1948, p. 17

“metodo scientifico” (1948).

Al cuore del programma di ricerca di Wiener e Rosenblueth vi era la convinzione che la scienza avrebbe beneficiato da una più attenta esplorazione di quelle “aree-limbo” che separano le discipline scientifiche, ma che purtroppo vengono spesso sottovalutate nella ricerca. Wiener credeva che più la scienza proseguiva lungo il suo cammino più essa tendeva ad essere esclusivo appannaggio degli specialisti, prestandosi a crescenti e ristrette dipartimentalizzazioni. Nell'introduzione a *Cybernetics* scriveva:

A man may be a topologist or an acoustician or a coleopterist. He will be filled with the jargon of his field and will know all his literature and all its ramifications, but, more frequently than not, he will regard the next subject as something belonging to his colleague three doors down the corridor and will consider any interest in it on his own part as an unwarrantable breach of privacy (Wiener, 1948, 8).

A suo giudizio gli spazi interstiziali che separano le discipline, autorizzandone l'autonomia e la legittimità scientifica, si rivelano le zone più fruttuose al loro progresso. Ogni campo di studi si sviluppa, infatti, invadendo nuovi territori che a loro volta vengono espugnati da altre scienze. Similmente a ciò che accade quando un paese o un territorio vengono invasi da più stati simultaneamente e i confini geopolitici vengono ridisegnati, espansi o dominati dagli occupanti vittoriosi, allo stesso modo, le terre di nessuno della ricerca scientifica – come Wiener le definiva – dovevano essere esplorate da più angolazioni disciplinari ricevendo contemporaneamente l'attenzione specialistica di più settori. Ciò che derivava da questo incrocio di prospettive era di assoluta importanza per la scienza. Considerate sino a quel momento “no man's land” (1948), si sarebbero trasformate in seguito in nuovi e consolidati

oggetti di indagine. Ciò non solo avrebbe permesso l'avanzamento del sapere lungo direttrici fino allora inesplorate, ma avrebbe reso soprattutto possibile il superamento delle barriere che occludevano la ricerca scientifica. Si passava infatti da un lavoro individualistico e dedito al rispetto della *privacy*, ad un lavoro cooperativo e di squadra².

Questo era l'obiettivo a cui miravano i seminari organizzati da Wiener e Rosenblueth quando al centro dell'agenda vi era la questione fondamentale del metodo e della strada da percorrere per un suo stravolgimento. Nasceva così, nell'America degli anni '50, un modo nuovo di concepire la ricerca scientifica che era da più di un decennio nella mente del matematico che lavorava a Boston, e che avrebbe avuto uno dei suoi maggiori e ufficiali esiti con la pubblicazione di *Cybernetics*.

We had dreamed for years – egli scriveva – of an institution of independent scientist working together in one of these backwoods of science, not as subordinates of some great executive officer, but joined by the desire, indeed by the spiritual necessity, to understand the region as a whole and to lend one another the strenght of that understanding (1948, p. 9).

Ma il fattore decisivo che rese realmente possibile il concentrarsi sul passaggio da un modo di praticare la scienza ad un altro fu sostanzialmente uno per Wiener – la guerra – e nell'ambito di questa, due fattori che le erano pertinenti: il lavoro di Yuk Wing Lee³

² Come Wiener indica a proposito della collaborazione interdisciplinare: «If a physiologist, who knows no mathematics, works together with a mathematicians who knows no physiology, the one will be unable to state his problem in terms that the other can manipulate, and the second will be unable to put the answers in any form that the first can understand» (Wiener, 1948, p. 9).

³ Professore di ingegneria elettrica al Massachusetts Institute of Technology, ebbe un ruolo di primo piano insieme a Wiener, di cui era stato prima allievo e poi collega, nell'ambito della teoria statistica della comunicazione. Una teoria matematica che era in grado di regolare la progettazione di ogni sistema di comunicazione, dalle reti telefoniche ai ripetitori posti sui satelliti, fino alle reti di calcolatore per uffici (Heims, 1994, p. 8)

sull'implementazione di *network* elettronici e il programma di ricerca sulle macchine computazionali portato avanti da Vannevar Bush, a quegli anni uno degli uomini più potenti della ricerca scientifica statunitense. Vice presidente del MIT e già eletto nel 1938 direttore della Carnegie Institution, organo di estrema rilevanza nel campo dell'istruzione americana, Bush divenne direttore dell'ufficio sulla ricerca scientifica e lo sviluppo⁴, arrivando a coordinare le attività di più comitati istituzionali che lavoravano alla difesa degli Stati Uniti durante la Seconda guerra mondiale. Bush ebbe un ruolo di primo piano anche nella supervisione del progetto Manhattan il cui scopo, come è noto, era la realizzazione *top secret* delle prime armi atomiche. Coordinava circa 6000 scienziati americani che «lavoravano fianco a fianco, esattamente nel modo proposto da Wiener, in gruppi ristretti, mobili e multidisciplinari, che risolsero un problema spinoso dopo l'altro finché la guerra non fu vinta» (Conway et al, 2005, p. 153). La guerra, in effetti, rappresentava il bacino in cui confluivano le operazioni che Bush presiedeva e alla cui base vi era un convinto supporto allo sforzo bellico, lo stesso che avrebbe sostenuto e alimentato il lavoro di Norbert Wiener al MIT. Ma ciò che quest'ultimo ritenne di estrema importanza nell'ambito della messa in atto di nuovi e più veloci sistemi di comunicazione era “l'analizzatore differenziale”, un congegno creato da Bush che necessitava, a giudizio di Wiener, di alcune sostanziali modifiche (Wiener, 1948). Si trattava di un computer analogico progettato negli anni '30 che veniva utilizzato nella sfera militare al fine di risolvere equazioni differenziali. Il congegno eseguiva calcoli per analogia ovvero misurando fisicamente dischi metallici la cui posizione variava in base alle grandezze considerate. Wiener considerava il prototipo già obsoleto al tempo in cui era stato ideato: bisognava che ottimizzasse i tempi di reazione, che fosse più veloce e, soprattutto, che

⁴ The Office of Scientific Research and Development, OSRD.

fosse capace di rappresentare le funzioni per cui era stato progettato includendo più di una variabile simultaneamente⁵. Solo una volta soddisfatti questi requisiti l'analizzatore sarebbe diventato realmente utile in guerra. Bush avrebbe dunque dovuto dedicare i suoi sforzi alla produzione di congegni più d'avanguardia, che utilizzassero dispositivi ottici o elettronici come quelli impiegati per la corrente televisiva o nei circuiti telefonici di ultimissima generazione a cui Wiener stava lavorando. Egli specificò tutte le modifiche da apportare all'analizzatore in una lettera indirizzata al suo inventore nel settembre del 1940 e corredata dal desiderio di servire come scienziato nella ricerca militare, in caso se ne fosse presentata l'urgenza⁶. Wiener aveva ben chiaro in mente quale sarebbe stato lo stadio “più intelligente” della macchina di Bush e, in verità, ne aveva già intravisto un esemplare⁷.

Il rapporto tra il matematico prodigio e lo zar della tecnologia americana fu sempre di grande rispetto e ammirazione. Bush ammise addirittura che «non avrebbe mai immaginato “che un ingegnere e un matematico potessero spassarsela così tanto insieme”» (Conway, Siegelman, 2005, p. 109). La ricerca di un dialogo interdisciplinare cui Wiener aspirava con Rosenbluth sin dal tempo dei seminari fu anche, e significativamente, la cifra distintiva del suo lavoro al fianco di Bush che si esprimeva nella tendenza alla collaborazione, visibile nel desiderio di unire le scienze alla matematica e alla comunicazione, che era alla base della rivoluzione scientifica che avrebbe scatenato nel '48 (Conway,

⁵ Le modifiche che Wiener suggeriva di apportare all'analizzatore differenziale di Bush sono riportate nella sua Introduzione a *Cybernetics* (1948, pp. 10, 11).

⁶ Desideroso di servire la patria nelle operazioni militari, Wiener scriveva a Bush il 20 settembre del 1940: «I...hope you can find some corner of activity in which I may be of use during the emergency» (Galison, 1994, p. 228).

⁷ Si trattava del calcolatore per numeri complessi inventato da un matematico che lavorava per la compagnia telefonica e telegrafica Bell, George R. Stibitz. Egli aveva messo a punto un congegno elettronico digitale – il primo nel suo genere – che operava su quantità discrete e non continue: un prodigio del calcolo automatico. Wiener avrebbe voluto proseguire in quella direzione ed era ben conscio che avrebbe avuto le competenze per farlo.

Siegelman, 2005). Ma il sodalizio umano e professionale che li legava non bastò a procurare a Wiener il permesso a procedere nella costruzione di un calcolatore elettronico-digitale; Bush riteneva che al momento non fosse una priorità. Avrebbe richiesto, inoltre, uno sforzo troppo avanzato da parte dei ricercatori impegnati, come era evidente, in operazioni più urgenti ad un anno dallo scoppio del secondo conflitto mondiale. Senza contare che si trattava di una macchina “troppo in anticipo sui tempi” (Wiener, 1973). Contrariamente, Wiener riteneva che il perfezionamento dell'analizzatore differenziale non solo avrebbe trovato una consacrata applicazione in guerra tanto da permettere enormi miglioramenti nel controllo delle operazioni belliche ma, con ogni probabilità, sarebbe stato estremamente utile anche in un altro settore di ricerca: quello relativo al sistema nervoso – un ambito che stava riscuotendo sempre più attenzioni tra i suoi colleghi. In effetti, le idee che si diffusero durante questo periodo e successivamente, nel dopoguerra, imposero un nuovo assetto disciplinare a cavallo fra le branche più avanzate della ricerca occidentale, in particolar modo in ingegneria, biologia e scienze sociali (Conway, Siegelman, 2005). E di lì a poco, la cibernetica avrebbe trasformato irreversibilmente ogni singolo aspetto della produzione scientifica e industriale in ogni angolo della conoscenza.

1. 2. Sistemi radar, controllo del tiro e A.A. Predictor

La guerra era il contesto di sfondo che aveva reso necessario il prodursi un nuovo metodo scientifico giustificato dalla necessità di dare vita ad un impulso congiunto di più attori verso l'oggetto d'indagine. Wiener immaginava una strategia di ricerca e sviluppo bellico che prevedesse «l'organizzazione di piccole squadre mobili di scienziati di campi diversi» che avrebbero potuto insieme affrontare i problemi «per poi trasmettere il loro lavoro a un gruppo di sviluppo e passare compatti al problema successivo» (Conway, Siegelman, 2005, p. 152). L'idea di un'interazione disciplinare, in ragione della risoluzione di problemi complessi, nacque sulla scorta di un sentimento comune per i ricercatori americani: l'orgoglio di servire nelle operazioni militari in difesa del proprio paese. Wiener individuò immediatamente il suo angolo di ricerca privilegiato. Benché fino a quel momento avesse concentrato i suoi sforzi sulla progettazione del calcolatore elettronico digitale (non riuscendo però a convincere Bush della sua applicabilità) adesso il suo maggior desiderio era quello di dedicarsi al controllo del fuoco dell'artiglieria antiaerea, un settore in cui avrebbe potuto far confluire tutti gli studi che aveva portato avanti sino a quel momento. E fu questa missione che lo condusse in meno di 8 anni all'elaborazione della rivoluzionaria scienza del controllo, ormai alle porte della guerra fredda.

I moderni aerei militari rendevano le operazioni antiaeree ben più complesse di come lo erano in passato⁸. L'estrema rapidità dei velivoli poneva necessaria la progettazione di strumenti con tempi di reazioni

⁸ «I tempi della Prima guerra mondiale, quando per l'artiglieria si potevano prevedere traiettorie semplici e puntamenti verso obiettivi paragonabili ad anatre appollaiate o tartarughe erano passati; i nuovi, agili aerei da guerra della Seconda guerra mondiale erano pilotati da assi addestrati a compiere azioni elusive» (2005, p. 158). Ormai, si trattava di imparare a colpire l'ala di un'anatra in volo, come Wiener stesso suggerì (1973).

ancora più veloci e in grado di prevederne lo spostamento. Calcolati al millesimo, tali strumenti dovevano essere talmente precisi da riuscire ad individuare ogni singolo segmento della traiettoria di un aereo per sopraggiungervi in anticipo e poi colpire.

Le loro rotte a zig zag non mancavano solo di linearità, ma erano anche altamente irregolari e non davano prove certe sulla posizione futura dell'aereo – come il volo di un calabrone o il percorso di un ubriaco che attraversi un campo da gioco. Con ogni manovra, il pilota nemico virava in una traiettoria del tutto imprevedibile, e ogni traiettoria rendeva parimenti possibili non una, ma molte posizioni future. (Conway, Siegelman, 2005, p. 158).

Si trattava, dunque, di misurare con opportuni calcoli statistico-probabilistici la gittata del mezzo, la sua velocità in progressione e il tempo necessario ad azionare la contraerea, senza contare le difficoltà relative alla mira. In altre parole, bisognava intercettare e prevedere il bersaglio in modo tale che quando l'aereo si fosse trovato nella posizione esattamente calcolata, esso si sarebbe scontrato con il fuoco antiaereo. A fare le opportune previsioni era proprio Wiener: «it is exceedingly important to shot the missil, not at the target, but on such a way that missile and target may come together in space at some time in the future. We must hence find some method of predicting the future position of the plane» (Wiener, 1948, p. 11). Egli lavorava già da tempo alla formulazione di una matematica statistica in grado di compiere calcoli predittivi complessi. E a sua disposizione aveva apparecchi molto sofisticati che erano da poco apparsi anche in Gran Bretagna, i *radar*. Strumenti ad alta tecnologia, i *radar* permettevano la rilevazione e la misurazione delle onde radio ed erano in grado di individuare in modo abbastanza certo la posizione di un oggetto sia immobile che in

movimento e, in parte, anche la sua velocità. Per farlo sfruttavano le onde elettromagnetiche che segnalavano la presenza di oggetti metallici una volta che vi si imbattevano, quindi catturavano le vibrazioni, processandole, e poi trasmettevano l'informazione precisa sulla collocazione dell'oggetto attraverso un sistema di coordinate. Dunque, le onde riflesse del *radar* potevano essere sfruttate «e convogliate per predire con ottime probabilità la posizione futura di un aereo da guerra per poi essere abbinata elettronicamente a un meccanismo di puntamento della contraerea, che avrebbe preso la mira e sparato al cuore dell'obiettivo – automaticamente» (Conway, Siegelman, 2005, p. 159). Fu nel 1940 che l'idea venne approvata e Wiener cominciò, in tutta segretezza, ad occuparsi del suo progetto militare. Trattandosi della costruzione di congegni bellici le operazioni erano ovviamente segretate dalle autorità statunitensi. Wiener era costretto a non condividere le sue idee con nessuno e questo era l'aspetto più frustrante del suo lavoro negli anni della guerra. Rimase a lavorare in silenzio fino al '41, anno in cui gli venne affiancato un promettente e lucido matematico, Julian Bigelow che divenne stretto collaboratore di Wiener al MIT proprio in quell'anno. I due si unirono nella progettazione di un congegno che doveva eseguire precise operazioni sulla base di una nuova matematica, quella a cui Wiener stava lavorando ormai da vent'anni. Si trattava di un puntatore automatico flessibile e veloce, che avrebbe risposto al problema spinoso del controllo del tiro che implicava, di conseguenza, anche quello della previsione della posizione futura dell'aereo nemico. Bigelow era stato inviato al MIT presso il dipartimento di Wiener da Warren Weaver che comprese da subito il suo talento e la sua adeguatezza al nuovo progetto ingegneristico⁹. All'epoca Weaver era il direttore del Rockefeller Institute

⁹ «I found my self engaged in a war project, in which Mr. Julian Bigelow and my self were partners in the investigation of the theory of prediction and of the construction of apparatus to embody these theories» (Wiener, 1948, p. 13).

di New York nonché grande matematico dedito alla ricerca sulla creazione di un linguaggio automatico che superasse i problemi dell'incomprensione linguistica proprio perché standardizzato, logico e macchinizzabile (Weaver, 1948). Sapeva che Bigelow avrebbe seguito le argomentazioni tecniche di Wiener senza alcun affanno e sarebbe stato l'uomo giusto per portare a termine quella missione (Conway, Siegelman, 2005). Per Wiener, il problema del controllo del tiro era collegato ad un calcolo di carattere sia matematico che geometrico: «La posizione futura di un aereo deve essere stimata in relazione alle posizioni passate osservate, quel che si definisce un problema di *estrapolazione*» (Wiener, 1973, cit. in Conway, Siegelman 2005, p. 162). E per estrapolare tale informazione – egli proseguiva – occorreva fissare opportunamente, secondo precise equazioni, due punti nello spazio e poi connetterli¹⁰. Ma l'inaffidabilità della trasposizione del problema su base lineare si palesava per il fatto che l'aereo, piuttosto che procedere in direzione lineare, era continuamente soggetto a sobbalzi e a cambi di rotta improvvisi che in parte derivano dalle strategie elusive dei piloti, in parte erano la diretta conseguenza del colpo incassato proveniente dall'artiglieria antiaerea. Come Wiener scriveva in *Cybernetics*: «by the time the first shell has burst, other things are not *equal*, and the pilot will probably zig-zag, stunt, and in some other way take evasive action» (1948, p. 12). Ciò rendeva estremamente complicato il calcolo sulla posizione futura di un aereo. Wiener lavorò assiduamente ad una matematica statistica che ridimensionasse questo problema, servendosi anche di studi sull'aerodinamica, ma non di rado cedeva il passo alla rassegnazione:

Forse questa difficoltà è nell'ordine delle cose, e per me non c'è modo di superarla

¹⁰ Wiener riportava il suo ragionamento sulla lavagna innanzi a Bigelow; procedeva a disegnare i due punti, rispettivamente il punto precedente e il punto successivo nella traiettoria dell'aereo, e a congiungerli tracciando una linea retta.

[...]. Forse abbiamo qui un altro esempio di quella sorta di malignità di natura che trapela dal principio di Heisenberg, che proibisce di dire precisamente e simultaneamente dove si trovi e a che velocità si stia muovendo una particella. (Wiener, 1973, cit. in Conway, Siegelman, 2005, p. 165).

L'impossibilità di governare con assoluta precisione il succedersi dei fenomeni, non riuscendo quindi a soddisfare pienamente gli obiettivi che la ricerca tecnologica gli poneva innanzi, per Wiener rappresentava una frustrante ammissione di impotenza e gli procurava frequenti esaurimenti nervosi. La risaputa tendenza al pessimismo e l'enfasi tragica delle sue riflessioni intime ha avuto un peso indiscusso sull'attività quotidiana di scienziato e matematico in cui era coinvolto e, naturalmente, ha inciso significativamente anche sulla reputazione di cui godeva presso la comunità scientifica. Una lotta che non risiedeva solo nei problemi di natura scientifica che egli tentava di risolvere, ma primariamente nel suo animo all'interno del quale oscillavano ansia e quiete, disturbo e linearità (Pushkin, Ursul, 1994; Conway, Siegelman, 2005).

Bisognava simulare più verosimilmente possibile le continue e depistanti irregolarità del moto di un aereo, benché fortunatamente il raggio di azione del pilota fosse limitato da condizioni fisiche ineludibili che Bigelow non aveva mancato di notare e che restringevano considerevolmente il campo delle "acrobazie" possibili¹¹ (Conway, Siegelman 2005). Presa consapevolezza di ciò, Wiener si convinse di poter sfruttare le condizioni di incertezza delle manovre di pilotaggio; in effetti «the pilot does not have a completely free chance to maneuver at his will» (1948, p. 12). Non avendo un controllo preciso e assoluto del mezzo, il pilota era piuttosto costretto a sottostare ai tempi di reazione

¹¹ «Bigelow sviluppò un sistema in grado di tracciare la traiettoria di un aereo per 10 secondi e prevederne l'azione a distanza di 20 secondi» (Rotolo, Primiero, 2005, p. 75).

della macchina¹², senza contare che una mossa troppo brusca avrebbe potuto portare a conseguenze gravi per la sua incolumità. Tali ritardi dovuti a slittamenti psico-percettivi e ai tempi di differita tra il comando del pilota e l'avvenuta reazione del velivolo potevano essere approssimativamente misurati dal punto di vista fisico, tradotti nel linguaggio matematico e infine utilizzati per anticipare la posizione dell'aereo in volo e controllare il tiro¹³. Wiener aveva già incontrato questo genere di problemi, in particolare, al tempo in cui cercava di risolvere in termini matematici il moto disordinato di miriadi di particelle che lo scozzese Robert Brown nel 1827 aveva descritto come movimento agitato e casuale del polline in acqua. Wiener infatti si era dedicato allo studio della modellizzazione matematica del moto browniano che aveva risolto su base statistica e che, a distanza di vent'anni, gli sarebbe servito ampiamente nel mettere a punto il funzionamento del suo nuovo strumento. Adesso però la missione si presentava maggiormente complessa ed era sicuramente una ragione in più per immergersi con profonda dedizione nel suo progetto bellico.

Over the next few years Wiener's attention focused increasingly on the problem of destroying enemy airplanes. His early efforts at computation and antiaircraft fire coalesced in a remarkably ambitious calculating device that he called the "Antiaircraft predictor (AA)" designed to characterize an enemy pilot's zigzagging flight, anticipate his future position and launch an antiaircraft shell to down his plane. [...]. Finally, the AA predictor, along with the associated engineering notion of feedback systems and black boxes, became, for Wiener, the model for a cybernetic understanding of the

¹² Wiener «afferrò molto bene il problema del controllo di tiro; se stai pilotando un aereo e decidi di cambiare direzione, la dinamica del velivolo stesso limiterà la velocità con cui puoi farlo. Prendi una decisione istantanea, una funzione a gradini, ma l'aereo risponde con un certo ritardo e si ha un'attenuazione di quel processo di cambiamento dovuto alla dinamica delle correnti d'aria intorno alla scocca e ai limiti di controllo del mezzo» (Wiener, 1973 cit. in Conway, Siegelman, 2005, p. 163).

¹³Un calcolo, questo, in cui bisognava risolvere equazioni differenziali a più variabili, che includevano fattori che potevano cambiare continuamente e in modo repentino.

universe itself (Galison, 1994, p. 229).

Oltre ad essere l'impiego più importante a cui Wiener si dedicò, la costruzione del Predittore antiaereo, *AA predictor*, come nota Galison, divenne la chiave per eccellenza della nuova scienza del controllo. Tutti gli ostacoli che il matematico aveva cercato di superare per portare a termine l'apparecchio rappresentarono il terreno di coltura da cui la cibernetica emerse. I punti essenziali che venivano discussi in *Cybernetics* erano sostanzialmente frutto di una spirale di problemi che muovevano dalla sperimentazione ed implementazione delle tecniche di affinamento del fuoco antiaereo, prima fra tutti la questione del *feedback* che era cruciale per azzardare qualunque previsione sulla posizione che il velivolo avrebbe raggiunto¹⁴. Il problema infatti sembrava riguardare l'intervallo di tempo che intercorreva tra azione e reazione, tra causa ed effetto; e tale relazione doveva opportunamente tenere in conto il problema del *feedback*. Non solo bisognava prendere in considerazione il *gap* tra l'innescò della contraerea e la reazione dell'aereo colpito oppure, tra la manovra di controllo del pilota, al fine di evitare il colpo, e l'effettivo spostamento dell'aereo ma anche, e ancora più significativamente agli occhi di Wiener, era necessario contemplare l'intervallo di tempo tra il riflesso fisiologico del pilota, una volta percepito il colpo in arrivo, e la sua velocità psicomotoria nel cercare di azionare sul pannello di controllo i comandi opportuni a sviarlo. Si trattava quindi di trovare un modello che fosse in grado di tener in conto, incastrandole, di più retroazioni separate da qualche millesimo di secondo, che si situavano su diversi livelli del processo complessivo. La neonata teoria basata su un approccio statistico al controllo del tiro descritta nel "Pericolo Giallo"¹⁵ ridefiniva,

¹⁴ «Mr Bigelow and I came to the conclusion that an extremely important factor in voluntary activity is what the control engineers term *feedback*» (Wiener, 1948, p. 13).

¹⁵ Il suo progetto bellico Wiener lo descrisse e racchiuse in un documento tecnico che inviò

dunque, il concetto di controllo chiarendo ai suoi colleghi che «una rivoluzione tecnologica, se non una rivoluzione scientifica *tout court*, era a portata di mano» (Conway, Siegelman, 2005, p. 171). Così, Wiener vedeva nel puntatore automatico non solo il prototipo della mente del pilota nemico, ma anche dello stesso militare americano suo alleato fino ad includere una vasta gamma di sistemi regolati da complessi anelli di *feedback* percettivi, propriocettivi ed elettro-fisiologici assunti come caratteristiche della mente umana in generale (Galison, 1994). Vi era dunque un'immagine del nemico e una percezione delle sue potenzialità che non aveva avuto precedenti nella storia. Durante la Seconda guerra mondiale il nemico – suggerisce Galison – diviene una figura “meccanizzata”, la stessa che veniva generata nei dipartimenti del MIT e delle università statunitensi e inglesi. Fu proprio la cibernetica ad alimentare lo sviluppo di questa nuova immagine automatizzata dell'uomo ormai concepito esclusivamente come avversario¹⁶. Per questo motivo Wiener attribuiva al progetto, costruito insieme a Bigelow, carattere primariamente psicologico oltre che fisico-matematico o ingegneristico. Ed è anche per questo motivo che si rivolgeva di frequente a Rosenblueth per ottenere delucidazioni sulla fisiologia del sistema nervoso e della sua meccanica¹⁷.

Per Wiener la cibernetica doveva illustrare le regole per la previsione

nel 1942 al consiglio per la difesa (NDRC). «Le 120 pagine del manoscritto recavano per titolo un criptico scioglilingua: “L'extrapolazione, l'interpolazione e la perequazione delle serie temporali stazionarie”. Appena giunto al capo della D-2 Warren Weaver, prontamente il rapporto fu segretato, rilegato in giallo e distribuito, con le dovute misure di sicurezza, a un gruppo selezionato di scienziati e ingegneri impegnati nelle ricerche di guerra. Ben presto, tutti cominciarono a riferirsi al “pericolo giallo” di Wiener» (Yellow Peril). (Conway, Siegelman, 2005, p. 170).

¹⁶ In effetti, non era tanto importante la previsione degli spostamenti del sistema fisico dell'aereo in traiettoria di volo, quanto l'attenzione a quello che era il comportamento psicologico e riflessologico del pilota che lo manovrava.

¹⁷ Wiener ritenne il medico e fisiologo messicano Arturo Rosenblueth (1900-1970) un fautore della cibernetica, di cui era stato pioniere, almeno quanto lui. Il volume pubblicato nel '48 con il titolo di *Cybernetics or Control and Communication in the Animal and the Machine* recava inoltre una dedica proprio indirizzata a Rosenblueth.

del comportamento futuro di qualunque sistema, a prescindere dalla sua natura¹⁸. Ossessionato dall'impossibilità di calcolare con esattezza lo stato futuro di un oggetto in movimento, egli era consapevole che esso dipendeva dal suo stato precedente che, a sua volta, era il risultato di una serie di variabili da stabilire sulla base della posizione ulteriormente precedente dell'oggetto. Tale catena di relazioni causa effetto, era difficile da dirimere con precisione matematica. Solo un lavoro che indicasse i principi del controllo dal punto di vista scientifico, e coinvolgendo diverse prospettive disciplinari, poteva consentire una stima, se non esatta, almeno verosimile della posizione futura che l'oggetto avrebbe occupato nello spazio.

«Wiener saw clearly the AA predictor, even before it was ready to shoot down a plane as a prototype of a new behaviourist understanding of the nervous system itself» (Galison, 1994, p. 229); scrisse infatti a John Haldane che tale apparecchio sarebbe stato in grado di predire il futuro come una sfera di cristallo. «Finally the AA predictor, along with its associated engineering notion of feedback systems and black boxes, became, for Wiener, the model for a cybernetic understanding of the universe itself» (Galison, 1994, p. 229). Come si evince da queste affermazioni, Wiener e Bigelow diedero particolare enfasi al concetto di *purpose*, ponendolo alla base di un'analisi behaviorista del comportamento che, a loro giudizio, era ugualmente applicabile al mondo vivente e agli automi. Nel 1945, inoltre, tre anni prima della pubblicazione di *Cybernetics*, ebbe luogo il primo *meeting* del neonato gruppo denominato *Teleological Society*¹⁹. Di fondamentale importanza per i suoi membri era

¹⁸ «Wiener points out that their equipment is probably one of the closest mechanical approaches ever made to psychological behaviour. Parenthetically the Wiener predictor is based on good behaviourist ideas since it tries to predict the future actions of an organism not by studying the structure of the organism but by studying the past behaviour of the organism» (Woodworth, 1931, in Galison, 1994).

¹⁹ Composto tra gli altri da Wiener, John von Neumann e Howard Aiken, il gruppo doveva

la convinzione, in questo caso espressa primariamente da Wiener e Rosenblueth, che l'uomo e gli altri organismi fossero “macchine” dal punto di vista scientifico. Il modo più fruttuoso per lo studio del comportamento umano e animale prevedeva, infatti, l'applicazione dei medesimi metodi nello studio degli oggetti inanimati. Bisognava enfatizzare che inteso come oggetto di indagine scientifica l'uomo non si distingueva per nulla affatto da una macchina²⁰. In un certo senso, laddove Darwin avvicinava il regno degli animali a quello dell'uomo, Wiener compiva una operazione “meccanomorfista”, avvicinando il regno dell'uomo a quello delle macchine²¹ (Galison, 1994).

Il posizionamento mentale degli scienziati appartenenti alla *Teleological Society* – posizionamento che come è noto influenzò profondamente l'approccio scientifico della ricerca americana del dopoguerra – confinava la scienza ad una pratica a servizio degli sforzi di difesa militare e, in questo specifico caso, essa veniva impiegata per approfondire il paragone sempre più stretto tra piloti e bombe, computer e cervelli e, quindi, tra uomini e macchine. Infondo, «If humans did not differ from machines from the “scientific standpoint” it is because the scientific standpoint of the 1940s was one of the man-machines at war»²² (Galison, 1994, p. 252).

essere necessariamente privato e mantenere quella segretezza che i tempi di guerra richiedevano (Galison, 1994).

²⁰ Secondo Wiener nella storia del pensiero scientifico possono essere distinte tre epoche dominate da un determinato *target* ingegneristico. Nell'epoca dell'astronomia rinascimentale si colloca una forma di “ingegneria mercantile”; nel 700 e nell'800 l'ingegneria è quella dei motori a vapore ovvero la “steam engine” dove Newton, Huygens o Keplero lasciano il posto a Carnot e Joule. Infine, la nuova era si apre con gli strumenti di guerra elettromeccanici di informazione e controllo che, da Kelvin e Gauss, hanno trovato il loro compimento nei laboratori e nelle fabbriche dei sistemi *radar* (Galison, 1994, p. 253).

²¹ Continua Galison: «Edward Boring found Wiener's suggestion that all the functions of the brain might be duplicated by electrical system very attractive (1994, p. 247).

²² «The man-airplane-radar-predicator-artillery is a closed one in which it appeared possible replace man by machines and machines by man» (Galison, 1994, p. 252).

2. 3. Quel ronzio va eliminato!

La nascita della Cibernetica e il mito di Prometeo

Fu di nuovo a Rosenblueth che Wiener e Bigelow si rivolsero per ottenere delucidazioni sul problema incontrato con il loro prototipo: l'oscillazione e il dondolio da un estremo all'altro che spingeva la finta torretta di tiro a sbagliare mira (Conway, Siegelman, 2005). Rosenblueth li informò che ciò poteva avere a che fare con un tremore incontrollabile e involontario che coglie l'uomo nel momento in cui svolge anche il più semplice dei gesti come afferrare un oggetto distendendo il braccio. Wiener era ansioso di sapere se questo disordine fisiologico poteva essere in qualche modo evitato, ed entusiasmandosi per la grandiosa somiglianza tra la fisiologia del sistema nervoso e i fenomeni oscillatori che si verificano negli oggetti meccanici, giunse a stabilire alcune connessioni tra diversi tipi di retroazione, quella tecnologica, quella fisiologica e quella concernente i circuiti elettrici del sistema nervoso (Conway, Siegelman, 2005). In suo aiuto non venne solo Rosenblueth: anche Walter Cannon contribuì significativamente alla chiarificazione del fenomeno della retroazione a livello neurologico e fisiologico²³. Medico presso l'Università di Harvard, Cannon dichiarò di aver avuto due importanti influenze intellettuali nella sua carriera scientifica: Charles Darwin e Claude Bernard e, impiegandole entrambe, le aveva fatte confluire nella sua teoria dell'“omeostasi”, termine da lui coniato nel saggio *The Wisdom of the Body* pubblicato nel 1932. In tutto simile al concetto di auto-regolazione biologica, Cannon considerava l'omeostasi un adattamento evolutivo frutto della selezione naturale volto alla

²³ Cannon aveva a lungo studiato le cause dello shock fisiologico che portavano i soldati al delirio psichico e poi alla morte dopo aver subito gravi ferite in guerra (Hagen, 1996).

preservazione dell'organismo. A differenza di Bernard, egli era convinto dell'indubitabile validità della teoria dell'evoluzione a cui affiancava la distinzione tra ambiente interno e ambiente esterno che Bernard aveva posto in essere e da cui era rimasto profondamente affascinato. Le ricerche di Cannon indagavano la natura dell'equilibrio che il corpo riesce a mantenere al suo interno nonostante le condizioni esterne varino continuamente²⁴. Era dunque giunto alla conclusione che l'ambiente interno, o *Milieu intérieur* per dirla con Bernard, forma una specie di cuscinetto protettivo che attutisce gli urti provenienti dai cambiamenti dell'ambiente esterno. Una forma di *buffering*. L'omeostasi si manifestava dunque come una tendenza naturale al raggiungimento della relativa stabilità interna delle proprietà chimico-fisiche dell'organismo. Tale stato di equilibrio si manteneva nel tempo, anche al variare delle condizioni esterne, per mezzo di specifici meccanismi autoregolatori. Wiener trovò il concetto di auto-regolazione formulato da Cannon estremamente importante per i suoi studi sul controllo dei meccanismi di retroazione. Frequentò infatti molti dei suoi seminari, cercando continue conferme a sostegno della tesi che il fenomeno di auto-regolazione fosse applicabile indistintamente agli organismi viventi e alle macchine (Hagen, 1996). Ma di importanza capitale per la nascita della cibernetica fu soprattutto la teoria dell'informazione alla quale si stava dedicando Claude E. Shannon, dottorando del MIT da poco assunto al controllo del tiro con il team di Wiener. Shannon aveva affrontato l'argomento in un articolo che divenne un pilastro dei nuovi studi in ingegneria e teoria della comunicazione. Il suo lavoro ebbe un'influenza enorme su quello di Wiener benché quest'ultimo fosse ansioso di stabilire un indiscutibile

²⁴ Un esempio di sistema omeostatico utilizzato di frequente nella letteratura scientifica è rappresentato dal termostato. Come indica Wisdom: «A thermostat affords one very simple example of feed-back in everyday use. When the temperature rises too high, the extra heat operates in such a way as to cut off the source of heat, which reduces the temperature» (1951, p. 1).

primato sulle ricerche che avrebbero condotto alla cibernetica²⁵. L'articolo di Shannon, oltretutto, era stato pubblicato proprio nello stesso anno di *Cybernetics*. Si intitolava “A Mathematical Theory of Communication” ed analizzava l'origine dei disturbi di linea dei circuiti radiofonici, proponendo possibili soluzioni derivanti da una conoscenza più precisa della struttura del messaggio originale e della sua destinazione finale:

The fundamental problem of communication is that of reproducing at one point either exactly or approximately a message selected at another point. Frequently the messages have *meaning*; that is they refer to or are correlated according to some system with certain physical or conceptual entities. These semantic aspects of communication are irrelevant to the engineering problem (Shannon, 1948, p. 1).

Tali ricerche furono estremamente importanti per la cibernetica che come è noto nacque sullo sfondo dei nuovi studi sulle comunicazioni elettriche, meccaniche e nervose alle quali veniva applicata la rivoluzionaria matematica statistica e probabilistica. L'informazione poteva finalmente essere misurata da un punto di vista quantitativo, ma il dato fondamentale non era tanto la quantità di messaggi che venivano scambiati, quanto la qualità della comunicazione che si riusciva ad ottenere poiché la trasmissione dei segnali doveva avvenire in assenza di disturbi di linea ovvero doveva essere “noiseless” come aveva specificato Shannon nel suo saggio. Norbert Wiener fu dunque il primo a percepire l'essenza della nuova materia nota come informazione (Conway, Siegelman, 2005), lavorando alla costruzione delle prime macchine

²⁵ Inizialmente, appena lo conobbe, Wiener era molto gentile con Shannon e si tratteneva a discutere con lui per ore. In seguito però cambiò atteggiamento, fino a lamentarsi sempre più spesso delle sue ingerenze. Affermava addirittura che Shannon “gli saccheggiasse il cervello” e non aveva voglia di vederlo probabilmente per paura che gli rubasse le idee (Conway, Siegelman, 2005).

intelligenti da impiegare nell'industria bellica, attingendo simultaneamente non solo dalla matematica o dall'ingegneria, settori privilegiati nel suo lavoro, ma anche dall'epistemologia, dalla neurofisiologia e dalla medicina. Fu infatti la biologia, come egli ammise, il settore da cui ricavò più dati fondamentali per l'edificazione della scienza del controllo. Dal greco *Kubernêtês*²⁶, “arte del pilota o del timoniere” (*steersman*), (Wiener, 1948), Wiener aveva scelto questo termine perché a suo parere «there is not in the literature any adequate term describing the general study of communication and the related study of control in both machines and in living beings» (Wiener, 1950, p. 2). E, infatti, la cibernetica doveva occuparsi primariamente del controllo dell'informazione misurabile quantitativamente e analizzabile, perciò, su base statistica. Inoltre, doveva stabilire la misura dell'ordine e del disordine dei sistemi termodinamici, anch'essi indagabili e misurabili in termini di quantità di entropia presente nel sistema che è al massimo in uno stato di completo disordine cibernetico potendo, da questo punto in poi, solo aumentare e mai diminuire (Wiener, 1950). L'informazione corrisponde alla misura della quantità di ordine del sistema e quindi dovrebbe essere in grado di abbassare la sua entropia²⁷. Come afferma Wiener (1966), gli interessanti passi avanti fatti dalla teoria dell'informazione, che fu indubbiamente fondamentale per l'affermarsi della cibernetica, derivavano proprio dal fatto che si fosse riusciti a riconoscere l'origine dei disturbi di linea, quel ronzio che ne inficiava la corretta trasmissione, e ad assoggettare il “caso” mediante tecniche

²⁶ Il termine venne usata nel medesimo contesto, come espressione del controllo sulla comunicazione, da Ampère nel 1824, ma fu Platone ad utilizzare il termine cibernetica per la prima volta con il significato di colui che sa guidare un governo e porsi al suo controllo allo stesso modo di come un timoniere conduce la sua imbarcazione.

²⁷ Al contrario, Shannon credeva che la misura di entropia e l'informazione hanno un valore equivalente e dunque l'informazione non corrisponderebbe all'ordine mentre l'entropia al disordine. Shannon non era d'accordo con Wiener che credeva che maggiore è l'incertezza, minore è l'informazione (Conway, Siegelman, 2005).

matematiche probabilistiche. Queste quantità, che determinano l'uno o l'altro stato, venivano misurate mediante algoritmi.

Nel '48 Wiener era ufficialmente pronto per annunciare la nascita della nuova rivoluzionaria scienza unificata della comunicazione. E identificò

l'unità elementare di quella scienza, il messaggio, composto della nuova sostanza statistica che chiamò informazione; inquadrò il suo quintessenziale processo di retroazione in uno scenario concettuale più ampio; e stabilì un collegamento tra i processi di comunicazione viventi del sistema nervoso umano e le operazioni fondamentali delle moderne telecomunicazione, del calcolo e dell'automazione (Conway, Siegelman, 2005, p. 188).

E aggiunse, come monito, che l'informazione non era né materia né energia, ma solo *informazione*, e che qualunque materialismo che avesse voluto seriamente essere preso in considerazione avrebbe dovuto prenderne atto. L'accusa era senz'altro rivolta ai materialisti dialettici marxisti che sullo sfondo dell'engelsiana Dialettica della Natura (1883) avevano inteso la realtà circostante come composta esclusivamente di materia ed energia, non governata da nessun “timoniere” esterno, possedendo a titolo di immanenza i principi stessi della propria organizzazione.

Furono questi, dunque, i territori disciplinari privilegiati da cui la cibernetica emerse e sui quali retroagì modificandone l'assetto scientifico e le potenzialità tecniche. Ma le aree limitrofe, ad essi orbitanti, e tra cui si aprivano spiragli riflessivi – o aree-limbo – che il nuovo metodo scientifico, nell'ottica di Wiener e Rosenblueth, avrebbe dovuto quantomeno considerare, erano numerose. La psicologia, l'antropologia, la sociologia, le scienze cognitive, la medicina, la neuro-fisiologia, le

teorie dei sistemi o l'ecologia, avevano nutrito e informato la cibernetica e, a loro volta, avevano beneficiato dal nuovo approccio relazionale che essa promuoveva. La multidisciplinarietà invocata da Wiener sin dagli anni '30 – fondamentale per la realizzazione dei congegni elettrici implementati sulla base di una metodologia di lavoro cooperativa, seppure nella massima segretezza – si rivelava adesso fruttuosa ai fini dell'avanzamento di ogni singolo settore della ricerca americana, anche in ambiti disciplinari che non necessariamente avevano servito in modo diretto la ricerca bellica. Wiener ebbe indubbiamente un ruolo importante nella difesa dell'interdisciplinarietà nelle scienze, ma non fu l'unico: vi era una folta cerchia di scienziati e umanisti che a partire dalla Seconda guerra mondiale sino agli anni '60 aveva celebrato e arricchito il cammino della cibernetica, dedicandosi con convinzione al dialogo e allo scambio interdisciplinari come nuova metodologia alla base della ricerca scientifica e tecnologica. Le *Macy Conferences*, cicli di seminari tenuti a New York presso la Fondazione Josiah Macy, ai quali partecipavano studiosi provenienti da numerosi dipartimenti americani, erano proprio indirizzate alla collaborazione degli scienziati tra campi di ricerca disparati, nel tentativo di recuperare una maggiore unitarietà nelle scienze e risolvere problemi complessi grazie all'adozione di molteplici punti di vista in dialogo. I partecipanti²⁸ erano chiamati a discutere su

²⁸Tra i membri e gli ospiti delle conferenze Macy che avevano come tema generale la cibernetica e il suo rapporto con le altre scienze si contano tra gli altri: Harold Alexander Abramson, Ackerman, Vahe E. Amassian, William Ross Ashby, Yehoshua Bar-Hillel, Gregory Bateson, Alex Bavelas, Julian H. Bigelow, Herbert G. Birch, John R. Bowman, Henry W. Brosin, Yuen Ren Chao, Jan Droogleever-Fortuyn, Lawrence K. Frank, Ralph Waldo Gerard, William Grey Walter, Molly Harrower, George Evelyn Hutchinson, Heinrich Klüver, Lawrence S. Kubie, Paul Lazarsfeld, Kurt Lewin, J. C. R. Licklider, H. S. Liddell, Donald B. Lindsley, W. K. Livingston, David Lloyd, Rafael Lorente de Nó, R. Duncan Luce, Donald M. MacKay, Donald G. Marquis, Warren S. McCulloch, Turner McLardy, Margaret Mead, Frederick A. Mettler, Marcel Monnier, Oskar Morgenstern, F. S. C. Northrop, Walter Pitts, Henry Quastler, Antoine Remond, I. A. Richards, David McKenzie Rioch, Arturo S. Rosenblueth, Leonard J. Savage, Claude Shannon, John Stroud, Hans-Lukas Teuber, Mottram Torre, Gerhardt von Bonin, Heinz von Foerster, John von Neumann, Heinz Werner, Jerome B. Wiesner, Norber Wiener, Jerome B. Wiesner, John Z. Young.

tematiche che riguardavano argomenti di volta in volta differenti, fornendo ciascuno il proprio particolare contributo all'oggetto del dibattito. I temi di discussione erano di vario genere e comprendevano, per esempio: l'auto-regolazione, i meccanismi teleologici, l'apprendimento nei computer, le reti neurali, le disfunzioni percettive che seguono a danni cerebrali, la psicologia della *Gestalt*, il rapporto tra etica e scienza, l'evoluzione del linguaggio, la psicologia infantile, le analogie tra modelli psichici e digitali, il connessionismo neuronale, la teoria dei giochi, le unità semantiche dell'informazione, le relazioni tra neuro-fisiologia ed epistemologia, la complessità dell'organismo come misura dell'informazione, il rapporto tra la cibernetica e la microbiologia o i processi biochimici, gli scacchi o, ancora, il rapporto tra omeostasi e apprendimento²⁹. La cibernetica, dunque, si faceva spazio tra quelle “terre di nessuno” che rappresentavano il terreno più fertile per il progresso della scienza (Wiener, 1948), innalzando il concetto di retroazione a meccanismo universale della natura. La retroazione si poneva infatti come meccanismo centrale dei rapporti di controllo tra sistemi artificiali o viventi, fungendo da meccanismo che “informava” il sistema della presenza di fattori ed eventi esterni ad esso, e aiutandolo nell'apprendimento di variabili transitorie. Il *feedback* poteva essere sia negativo che positivo. Nel primo caso esso tendeva a rallentare il processo di accrescimento del sistema contrastando le variabili esterne e promuovendo una tendenza all'equilibrio; nel secondo caso tendeva invece a produrre una condizione di instabilità accelerando i processi di trasformazione dell'energia fino a generare situazioni di cambiamento irreversibile.³⁰ Il *feedback* non aveva solo un ruolo applicativo nei sistemi

²⁹ Sui report delle conferenze sponsorizzate dalla Fondazione Macy, in particolare per ciò che concerne la cibernetica, si vedano von Foerster, H., Mead, M., & Teuber, H. L. (eds.). (1951, 1952, 1953).

³⁰ In base alla definizione di Wisdom per esempio: «The feed-back is 'negative' because

cibernetici, ma era un elemento fondamentale nel dialogo interdisciplinare che i seminari cercavano di realizzare ai fini della circolazione della conoscenza scientifica tra sfere distinte della ricerca. Un approccio che le *Macy Conferences* non solo suggerivano e promuovevano, ma cercavano anche di istituzionalizzare.

Per Wiener le parole d'ordine della nuova scienza erano almeno 4: comunicazione, controllo, scopo e retroazione, ma furono numerose le definizioni che essa assunse, soprattutto dopo il 1948. Come indica Helvey, se Wiener definì la cibernetica «the science which studies the communication and the process of control in living organism and machine» (Wiener 1948, cit. in Helvey, 1971, p. 6), Serghey L. Sobolev, noto matematico sovietico descrisse la cibernetica nel '58 come una scienza del processo, della trasmissione e dell'immagazzinamento dell'informazione, adottando una definizione ancora abbastanza vicina a quella data dal suo pioniere. Più tardi, nel '61, il filosofo tedesco George Klaus la definiva una teoria dell'interrelazione di possibili sistemi dinamici con i loro sub-sistemi capaci di auto-regolazione. La nozione di “dynamic systems” che Klaus utilizzava negli anni Sessanta, difatti, appariva coerente con uno stadio più avanzato della cibernetica rispetto alla prima fase wieneriana. Più la cibernetica si distanziava dalle applicazioni che aveva avuto ai suoi esordi, più comparivano al suo fianco nuove nozioni come quella di sistema. Secondo Alfred Dietz, pedagogista e studioso dei sistemi di apprendimento, la cibernetica era un

the work done by the feed-back mechanism opposes the working of the main driving force. Positive feed-back is also possible. Suppose, for instance, that instead of having a balloon in the gas pipe of the incubator, we have one outside, fixed in such a way that, as it expands through being heated, it pushes a lever of a tap, thus partially opening the tap. This will increase the heat of the incubator, and warm the balloon still more, so that the tap will be opened further; and so the process will continue.» [...] «the negative feed-back mechanisms – governors, escapements, thermostats – are simply devices for re-directing some of the energy supplied by the source of power against the rest of that energy, and the positive feed-back mechanisms redirect some of the energy towards increasing the energy supplied by the source of power – towards removing a blockage in fact. Both negative and positive types here described may be referred to as "simple feed-back mechanisms"» (Wisdom, 1951, p. 4).

campo di studi che doveva rimanere ristretto a quei processi che hanno luogo nei sistemi dal controllo automatico, in particolare per misurare l'informazione utilizzata in queste macchine con determinati scopi. Ma la definizione che Helvey preferisce è quella data da lui stesso nel '71 in *The Age of Information*:

Cybernetics describes an intelligent activity or event which can be expressed in algorithms. Algorithms, in turn, refer to a system of instructions which describes unambiguously and accurately an interaction which is equivalent to a given type of flux of intelligence and a subsequent, controlled activity. The development of cybernetics aims, among other things, at the design and reproduction of functions which are peculiar to intelligent organisms. (Helvey, 1971, p. 6).

Qualche riga dopo Helvey ridimensiona la sua argomentazione sostenendo che la cibernetica, tutto sommato, può essere racchiusa nella più breve definizione di “scienza delle interazioni”, una scienza che ha adottato un approccio interdisciplinare nei confronti delle altre scienze con cui si interfaccia di continuo. Nel ventennio che segue agli anni '50, la cibernetica sembra trasformarsi in una scienza sempre più multiforme e versatile, che perde l'aderenza al contesto della ricerca bellica americana nel quale Wiener la concepì e diviene un nuovo approccio scientifico che delinea un nuovo sguardo sul mondo. L'idea che la cibernetica fosse da intendere più sinteticamente come una scienza delle interazioni si basava sull'assunto, non del tutto wineriano, che sistemi completamente statici non possono esistere nella realtà. Tutto ciò che ci circonda rientra in un complesso dinamico composto da innumerevoli sottosistemi dinamici che si scambiano informazione. Anche in una sedia – oggetto che appare del tutto statico agli occhi di un osservatore – scorre ovunque al suo interno un moto molecolare che non è mai identico a sé stesso essendo

continuamente sottoposto al cambiamento, seppure impercettibile, per effetto degli agenti esterni (Helvey, 1971). Un'osservazione simile era stata compiuta dal filosofo e medico russo Aleksandr Bogdanov in un libro pubblicato a San Pietroburgo nel 1899 e intitolato *Elementi fondamentali di una concezione storica della natura*³¹. In esso Bogdanov spiegava che benché una pietra venga da chiunque identificata come un oggetto materiale, immobile e immutabile, in realtà, ad un'indagine più attenta si può notare che «nella pietra, in diverse regioni al suo interno e in mezzo a queste, avvengono numerose attività meccaniche di mutuo scambio di relazioni chimiche» visibili per esempio già al microscopio (Bogdanov, 1899, p. 16). Ciò dimostra che la pietra è un oggetto tutt'altro che statico se si considera il suo stato termico. Suscettibile di continue trasformazioni, la temperatura della pietra dipende dall'incontro di fattori atmosferici esterni con il movimento atomico che avviene al suo interno. E tale fenomeno ha senz'altro un'influenza sulla sua forma e sulle condizioni di esistenza della pietra anche se non visibile ad occhio nudo.

Il nuovo sguardo sul mondo inaugurato dalla cibernetica si accompagna alla ricerca di una maggiore autonomia concettuale della stessa come disciplina scientifica che, infatti, sembra sganciarsi dalla matrice militare e ingegneristica che aveva caratterizzato la sua fase iniziale per estendersi lungo un arco temporale e geografico che la porrà a contatto con una serie di ulteriori sviluppi scientifici ed epistemologici. Ma a questo movimento postbellico di potenziamento e, in molti casi, di correzione della Cibernetica, Norbert Wiener non parteciperà in qualità di protagonista. Dopo il '45 e il tragico lancio della bomba atomica egli visse un periodo di profondo sconforto e rigetto per le operazioni militari

³¹ Bogdanov A. A., *Osnovnye Elementy istoričeskogo vzgliada na prirodu*, "Izdatel", San Pietroburgo.

che lo portarono a distaccare il più possibile la sua cibernetica dalle applicazioni tecnologiche cui aveva lavorato nell'implementazione dell'*AA predictor*³². Wiener si rese conto delle implicazioni che la scienza del controllo da lui battezzata aveva scatenato, implicazioni che avevano un peso morale enorme per la società del tempo, e finì con il ripudiarla pubblicamente³³: «giurò di chiamar fuori se stesso e la sua tecnologia da qualunque coinvolgimento nei conflitti successivi: anche se questo avesse dovuto significare l'abbandono della matematica e della scienza nel loro complesso» (Conway, Siegelman, 2005, p. 352). E queste prese di posizione, pur stupendo i suoi colleghi e lasciando una traccia indelebile nel mondo accademico e istituzionale americano, mutarono irreversibilmente il corso della sua carriera. Wiener aveva stabilito che l'uso della scienza in America era socialmente dannoso e contemporaneamente si era avvicinato ai sindacati, avvertendo i lavoratori del pericolo tecnologico incombente. Il suo coinvolgimento nei congressi delle organizzazioni industriali in difesa degli operai nelle fabbriche destò crescenti preoccupazioni da parte dell'*establishment* americano. Il clima di sospetto che aleggiava intorno alla figura di Wiener e i suoi continui drammatici pronostici non impedirono al suo volume, *The human use of*

³² Nel tentativo di concepirla come una filosofia astratta e sovradisciplinare, Wiener si accostò in modo particolare alla filosofia monadistica di Leibniz che, una volta trascorsa la guerra, rivestiva per lui un valore ancora più importante, che avrebbe nobilitato il suo lavoro (Galison, 1994).

³³ «Fin dalla fine della guerra ho notevolmente rimpianto la percentuale di sforzo scientifico di questo paese messo al servizio della preparazione della prossima calamità. Sono di conseguenza assai gratificato nell'apprendere che i miei documenti non sono disponibili per chi costruisce missili controllati. Non posso naturalmente darle alcun consiglio su dove trovarli» (Conway, Siegelman, 2005, p. 355). Queste le parole scritte in una lettera indirizzata ad un ricercatore della Boeing di Seattle che chiedeva a Wiener una copia del suo "Pericolo Giallo". Ma un articolo ancora più provocatorio che portava come titolo "Uno scienziato si ribella" apparve sull' "Atlantic Monthly" di Boston, e rendeva ancora più esplicito il suo furioso distacco da qualunque attività di ricerca avesse a che fare con la guerra. «Non mi aspetto di pubblicare alcun lavoro futuro [...] che possa arrecare danno laddove lasciato nelle mani di qualche guerrafondaio irresponsabile. Mi prendo la libertà di portare questa lettera all'attenzione di altre persone impegnate nell'attività scientifica. Credo sia opportuno che ne vengano a conoscenza, al fine di prendere decisioni autonome nel caso in cui dovessero trovarsi in situazioni analoghe (*Ibidem*, p. 356).

human beings, pubblicato nel 1950 ormai alle porte della guerra fredda, di vendere moltissime copie, rivelandosi un successo editoriale clamoroso. In esso Wiener introduceva la cibernetica e le questioni urgenti cui bisognava badare per la sicurezza nazionale e mondiale, fino a sfiorare principi di un'universalità biblica³⁴. Con la megalomania che lo contraddistingueva, Wiener si dipingeva come l'artefice di una rivoluzione tecnologica che se dapprima aveva fornito agli uomini i prodigi della tecnica per innalzare il loro potere sul mondo, in seguito li avrebbe distrutti soffocandoli sotto il peso stesso del suo progresso. Più in veste di profeta che di scienziato, Wiener aveva presagito questa sciagura – esattamente come Prometeo, donò agli uomini il fuoco che avrebbe scatenato l'ira degli dei.

³⁴ Con l'irrequietezza degli ultimi anni di lavoro, quando ormai alternava momenti di lucidità, a periodi di malumore psichico, depressioni e angoscia per il futuro, Wiener dichiarava che, dopo tutto, egli stesso e coloro che avevano preso parte al progetto di costruire *cyborg* non erano così diversi dall'essere degli dei. In ultima analisi, egli non riteneva di essersi concesso troppa libertà nell'aver intitolato un suo libro, *God and Golem* (Galison, 1994).

1. 4. Schiavi di ferro

L'umanità doveva fare i conti con una nuova tecnologia. Wiener era convinto che al timone, ormai, non ci fosse più lo scienziato, ma la macchina. Le sorti dell'umanità sarebbero passate nelle mani di automi progettati per svolgere compiti che fino ad allora erano stati assegnati all'uomo³⁵. Nell'*Introduzione alla cibernetica*³⁶ scriveva:

La macchina automatizzata non è spaventosa per il rischio che assuma il controllo autonomo sull'umanità. Il suo pericolo reale è piuttosto diverso: queste macchine, per quanto di per sé inermi possono essere usate da un essere umano o da un blocco di esseri umani per aumentare il loro controllo sul resto della razza umana non per mezzo delle macchine stesse, ma attraverso tecniche talmente restrittive e indifferenti agli esseri umani da poter, di fatto, essere state concepite meccanicamente (Wiener, 1966, p. 203).

E qualche pagina dopo:

Qualsiasi macchina costruita per indicare delle decisioni, se non possiede la facoltà di imparare, agirà sempre in conformità di uno schema meccanico. Guai a noi se la lasceremo decidere della nostra condotta senza aver prima studiato le leggi che governano il suo comportamento, e senza sapere con certezza che questo

³⁵ «In 1960, dissenting with AI pioneer Arthur Samuel, Wiener envisaged “disastrous consequences” from the action of automatic machines operating faster than human agents, or the action of learning machines abstracting their own behavioral rules from experience. Wiener tapped from his specialized knowledge to make public opinion aware of dangers connected to military applications of adaptive machines, and to undermine intelligent weaponry rhetoric» (Cordeschi, Tamburrini, 2005, p. 2).

³⁶*Introduzione alla cibernetica: l'uso umano degli esseri umani*, (1966) Torino, Bollati Boringhieri

comportamento sarà basato sui principi che noi possiamo accettare!³⁷ (Wiener, 1966, p. 228).

Ben presto si diffuse l'idea che Wiener lavorasse come informatore per i servizi segreti sovietici³⁸. A sostegno di ciò si rese noto che aveva ospitato al MIT alcuni scienziati russi per tenere seminari di astronomia³⁹; che era intimo amico del biologo marxista inglese J. B. S. Haldane, tra i primi ad aver importato la cibernetica nelle sue ricerche in biologia e genetica e con cui aveva discusso in varie occasioni delle relazioni tra scienza e marxismo e, *dulcis in fundo*, che suo padre, Leo Wiener, era nato in Russia ed era un noto professore di slavistica (Conway, Siegelman, 2005). I numerosi indizi portavano le indagini nella direzione sperata: Wiener era palesemente comunista e il sospettoso clima politico della guerra fredda non lavorava che a favore di un rafforzamento di queste congetture. Fu probabilmente per una serie di fortunate contingenze storiche se nella ricerca forsennata da parte dell'FBA di eventuali colleghi e ispiratori russi delle teorie del matematico di Boston – indizi che non necessariamente dovevano essere in accordo con i fatti – le autorità americane non incapparono nel nome di Aleksandr Bogdanov. Similmente a Wiener, Bogdanov si era interrogato sulla direzione che il progresso tecnologico stava seguendo,

³⁷ «D'altra parte con il genietto della bottiglia, la macchina che può imparare e può prendere decisioni sulla base di tale conoscenza acquisita, non sarà in alcun modo obbligata a decidere nello stesso senso in cui avremmo deciso noi stessi, o perlomeno in modo a noi accettabile. Per colui che non avrà coscienza di ciò, addossare il problema della propria responsabilità alla macchina vorrà dire affidare la propria responsabilità al vento e vedersela tornare indietro fra i turbini della tempesta» (Wiener, 1966, p. 228).

³⁸ Insieme a Dirk Van Der Stuck.

³⁹ In un dispaccio confidenziale del servizio esteri, informazioni spedite in copia alla CIA, si leggeva che in occasione di una Conferenza in India, Wiener si fosse trovato particolarmente a suo agio in compagnia dei delegati sovietici che avevano preso parte al meeting. Wiener dialogava amabilmente con i sovietici seduto a loro tavolo tanto è vero che questi avevano ricevuto ammonimenti dalle autorità governative per il fatto che chiacchierassero con lui in inglese, quando era loro concesso di parlare esclusivamente in russo (Conway, Siegelman, 2005).

una direzione che con ogni probabilità avrebbe portato l'uomo ad un rapporto sempre più stretto con le macchine, fino ad affidare ad esse l'intera gestione del suo lavoro. Nella *Tectologia*, la sua maggiore opera scientifica, Bogdanov scriveva che:

Nella produzione meccanizzata l'attività del lavoratore consiste nella direzione e nel controllo del suo “schiavo di ferro”, la macchina, [...] ma quando la macchina si perfeziona diventa più complicata e si avvicina sempre di più a un tipo di “meccanismo automatico”, auto-attivante, dove l'essenza del lavoro consiste nel controllo vivente [...] Questa combinazione si completerà del tutto quando apparirà un tipo di macchina ancora superiore il meccanismo auto-regolatore (Bogdanov, 1988, p. 40).

Lo scienziato russo aveva fatto queste osservazioni diversi anni prima, tra il 1914 e il 1924, eppure sembravano riecheggiare, se non l'enfasi provvidenzialistica delle parole di Wiener, quantomeno la sua lungimiranza nel prospettare la direzione che lo sviluppo scientifico avrebbe intrapreso⁴⁰. Riflettendo sul ruolo che la scienza può e deve avere nel direzionare questo sviluppo, Bogdanov commentava:

we also observe a tendency towards the automatic type of machine. Following this we observe an even higher type – not only an automatically acting, but an *automatically regulating* machine. Its beginnings lie on the one hand in the increasing application of mechanical regulators to present day machine, and on the other in the few mechanisms of this type already created by military technique (e.g. Self-propelling submarines and air torpedos). Under capitalism these will hardly find application for peaceful production [...]. (Bogdanov, 2011, p. 8).

⁴⁰ «It may seem that science has no right to speak of what has not yet arrived and of what experience has not provided us with any exact example. But that is erroneous. Science exists precisely for the purpose of *foretelling* things. Of what has not yet been experienced it cannot, of course, make an exact forecast, but if we know generally what exists and *in what direction it is changing* then science *must draw* these conclusions in order that men may adapt their actions to circumstances, so that instead of wasting their efforts by working against the future and retarding the development of new forms, they may consciously work to hasten and assist such development» (Bogdanov, 2011, p. 7).

Egli sembrava intuire le missioni tecnologiche che la cibernetica perseguirà due decenni più tardi, ma i tempi non erano abbastanza maturi all'epoca di Bogdanov per approfondire l'analisi dell'interfaccia uomo-macchina e valutare il pericolo della pervasività della tecnologia moderna nella vita dell'uomo. Benché Bogdanov dedicatesse intuitive osservazioni allo sviluppo del campo oggi noto come “intelligenza artificiale” – riferendosi alla capacità di auto-organizzazione programmata di cui saranno presto capaci i macchinari della nuova era industriale – la Tectologia precedeva la Cibernetica di più di un trentennio, essendo stata concepita prima della rivoluzione del '17, e abbracciava un ventaglio disciplinare per certi aspetti ancora più vasto (Setrov, 1967; Gorelik, 1984). Il discorso sull'efficienza che le nuove macchine auto-regolatrici avrebbero raggiunto si legava, in Bogdanov come in Wiener, alle nuove tecniche di comunicazione ormai più avanzate, in grado cioè di veicolare rapidamente nuovi progressi nel campo della telegrafia e della telefonia. Ma se Wiener era convinto che ciò avrebbe reso il dominio delle macchine un fenomeno incontrollato e del tutto simile allo schiavismo, dando alla razza umana un'efficace collezione di schiavi meccanici che svolgono il suo lavoro (Wiener, 1948); lo scienziato russo credeva, invece, che un mondo in cui il lavoro veniva svolto da macchine sempre più sofisticate avrebbe potuto portare all'emancipazione dell'uomo anziché alla sua schiavitù. In effetti – egli rifletteva – con il passaggio alle macchine “regolatrici”, il lavoro di un semplice operaio si avvicinerebbe a quello di un ingegnere. Egli imparerebbe a supervisionare le varie fasi di lavoro della macchina verificando la correttezza dello svolgimento di ciascuna operazione. Questo nuovo approccio produrrebbe maggiore flessibilità mentale nel

lavoratore e accrescerebbe la sua esperienza, mettendolo nelle condizioni di svolgere due ruoli: quello di “esecutore” e quello di “organizzatore”. L'utilizzo delle macchine automatiche, poi, avrebbe richiesto uno sforzo ancora minore nel controllo di queste da parte dell'operaio, aumentando al contempo le sue capacità tecniche per il fatto di gestire istruzioni e codici sempre più sofisticati. Bogdanov vedeva in questa rivoluzione tecnologica la possibilità di un superamento delle barriere tra coloro che impartiscono ordini e coloro che li ricevono. L'utilizzo dello “schiavo di ferro” avrebbe assottigliato questa separazione di ruolo assegnando agli operai più specializzati la funzione di dirigenti, ed evitando così di dover affidare l'amministrazione della produzione a quadri appartenenti alla borghesia ed estranei, perciò, ai compiti e a gli scopi del proletariato.

Ad ogni modo, era l'impianto generale della cibernetica e il metodo “relazionale” che inaugurava ad essere potenzialmente utile per stabilire un collegamento diretto tra Wiener e Bogdanov, piuttosto che la somiglianza delle osservazioni da loro compiute riguardo l'avvento delle macchine auto-regolatrici, pronte ad invadere ogni settore della vita umana. Bogdanov aveva elaborato una prospettiva scientifica ed epistemologica, che lui definiva *Tektologiya*, molti anni prima della nascita della cibernetica, ma ad essa molto affine dal punto di vista filosofico. La tectologia aveva la funzione di concepire tutte le scienze e l'intera cultura come strumenti per l'organizzazione di un unico processo lavorativo sociale, cui si deve dare una forma incondizionatamente unitaria, di fare cioè di questi strumenti un'unità armoniosa, di elaborare metodi e punti di vista generali, che colleghino tra loro tutte le scienze particolari. Da questo punto di vista, il tentativo di Bogdanov era simile a quello cui avrebbero aspirato Wiener e Rosenblueth, ovvero il tentativo di costituire un nuovo metodo scientifico che unificasse differenti aree

disciplinari partendo dalle loro zone di confine. Ma la prospettiva di Bogdanov non ebbe vita facile in Russia, dovendo attendere gli anni '80 per essere risolleata dall'oblio ideologico in cui era stata sepolta sin dall'avvento dello stalinismo. La cibernetica, al contrario, non dovette aspettare questa data per fiorire ufficialmente in URSS. In ragione di quelle fortunate contingenze storiche per cui il nome di Bogdanov non comparve nei registri americani, la cibernetica si ritrovò a vivere una seconda nascita in Unione Sovietica, come in America implicitamente legata alle richieste del settore militare, ma consacrata al Comunismo.

1.5. L'insediamento della cibernetica in URSS: Axel' Berg e la Cibernetica a servizio del Comunismo

L'interesse nei confronti della cibernetica in Unione Sovietica – disciplina inizialmente accusata di provenire dalla borghesia accademica occidentale – esplose non appena se ne intravidero le potenzialità nell'ambito della pianificazione economica della Russia. Questa disciplina, infatti, poteva mostrare rilevanti applicazioni sul piano economico, permettendo di mantenere la selettività dell'informazione e il relativo controllo su un'ampia classe di fenomeni presenti nel paese (Graham, 1987). I sovietici se ne convinsero a tal punto che «il perfetto compimento di una società che sfruttava appieno i metodi della cibernetica, in fondo, si poteva attuare solo in un paese comunista» (Graham, 1987, p. 272).

La figura fondamentale che ha rappresentato l'insediamento e lo sviluppo di questo settore di ricerca fu Axel' Ivanovich Berg (1893–1979), fondatore del Consiglio Scientifico sulla Cibernetica e i Computer dell'Accademia delle Scienze dell'URSS (Medvedev, 1979). Riabilitato all'età di 60 anni dalla prigionia cui era stato condannato da Stalin, Berg venne riammesso in servizio solo quando Khrushchev, salito al potere con l'intenzione di porre fine almeno in parte al rogo della cultura, liberò milioni di vittime della repressione politica e ideologica. Berg era stato temporaneamente rilasciato nel 1940 quando su volere di Stalin, interessato allo sviluppo delle neonate tecnologie *radar*, era stato scelto per ricoprire l'incarico di consigliere per l'elettronica dell'URSS. Nonostante ciò egli ebbe la possibilità di lavorare ufficialmente allo sviluppo della radiotecnica, e poi della cibernetica, solo dal '55, quando

dall'altra parte della cortina di ferro i progressi tecnologici avevano portato alla costruzione di congegni già troppo sofisticati perché potesse stabilirsi un'equilibrata competizione. I computer americani erano di due generazioni più avanzati rispetto a quelli russi e tale *gap* sarebbe emerso in tutta chiarezza non appena l'Unione Sovietica fosse uscita da quell'isolamento che ne proteggeva l'aspetto mascherandone, però, l'arretratezza tecnologica in cui era rimasta drammaticamente intrappolata fino al '53. Oltretutto, i nuovi progressi tecnologici spaventavano le autorità russe. Come sostiene Susiluo: «The Party ideologists were embarrassed by these inventions, especially computers, and tried somehow to integrate them into the conceptual system of Marxism-Leninism» (2009, p. 90). Nel '59 il consiglio scientifico sulla cibernetica venne pienamente riconosciuto a livello statale e al fianco di Berg, che ne era a capo, si unì presto un folto gruppo di accademici tra cui il noto fisiologo Pyotr Anokhin che diede decisivi contributi, già dal 1935, al campo della cibernetica congiunto alla neuropsicologia (Erofeev, 2012).

Come ricordano alcuni dei suoi allievi, Berg fu un un uomo unico (Fet, 2010). Presiedette il consiglio delle Cibernetiche all'Accademia delle Scienze fino agli anni '70, non soltanto portando ad un vigoroso successo lo sviluppo della scienza e della tecnologia sovietiche. Prima di tutto, il suo lavoro rappresentò un'impegno di carattere sociale – un movimento che in un certo senso si oppose alle tendenze stagnanti del suo tempo (Fet, 2010). Egli definì la cibernetica nel senso più ampio possibile, indicando con essa l'aumento nell'efficienza del lavoro dell'uomo in tutti i casi in cui ha bisogno di operare un controllo sui fenomeni che lo circondano (Fet, 2010). La sua energia e il suo carisma furono tali da attrarre numerosi ricercatori provenienti da differenti

istituzioni educative, pronti a dare il loro contributo al campo degli studi cibernetici nei vari congressi che il Consiglio periodicamente organizzava e che non avevano granché da invidiare alle conferenze Macy. L'opera che, con ogni probabilità, consacrava l'adesione ufficiale dell'URSS alla cibernetica, intitolata *Kibernetiku na sluzhbu Kommunizmu*⁴¹ e da lui edita, mostrava gli avanzamenti delle ricerche in campo fisico, biologico, medico, fisiologico, neurologico, psicologico, pedagogico, documentaristico, semiotico e legislativo dei quali si erano fatti portavoce gli esponenti russi che collaboravano con Berg. E non era cosa da poco visto che negli anni '60 e nei primi anni '70, la cibernetica conobbe un prestigio in Unione Sovietica incomparabile a qualunque altro paese del mondo (Graham, 1987). Negli anni '80 l'URSS vantava la più grande comunità scientifica di ingegneri, superando del 20-30% quella americana (Graham, 1998). Ingegnere e ammiraglio, Berg si era formato specificatamente nel settore della radiotecnica e della comunicazione elettronica, ma già dalla sua introduzione al volume, emerge chiaramente l'impianto interdisciplinare di una scienza pronta a servire questioni di varia ampiezza e natura.

Nel nostro tomo si discute di questioni collegate all'idea e ai metodi della cibernetica, da un lato, in rapporto ai compiti che emergono nello studio dei processi originari della natura vivente e dall'altro in rapporto ai problemi collegati con l'uomo. Il libro contiene l'esposizione sufficientemente chiara dei risultati ottenuti dagli scienziati sovietici in rapporto alle questioni principali di bio-cibernetica, cibernetica umanistica, cibernetica matematica e nella concezione sistemica anche collegata a "fattori umani". Si noterà che il campo che va sotto il nome di cibernetica biomedica non si limita ai problemi di sua pertinenza, ma si espande fino ad occuparsi di evoluzione organica e origine della vita, utilizzando un approccio orientativamente logico che ha permesso di fare grandi passi avanti nel campo della biogenesi.

⁴¹

La Cibernetica a servizio del Comunismo.

Ulteriori avanzamenti sono stati compiuti anche in merito ai sistemi biologici da un punto di vista evolutivo (Berg, 1981, p. 5).

In questo lavoro Berg indica come la cibernetica si dissemini in tutti i campi del sapere. Non solo nelle scienze, ma anche nelle lettere, e si sviluppa rivolgendo la stessa attenzione sia al progresso tecnologico che a quello umanistico. Egli introduce così tutti i risultati significativi che essa ha permesso di ottenere in diverse discipline. In fisica, la cibernetica è riuscita a fare maggiore chiarezza sul fenomeno dell'iperciclo; in biologia si è soffermata sui meccanismi di selezione operanti sulle varianti del codice biologico, mettendosi dalla parte della biologia sistemica e del pensiero evoluzionistico. La cibernetica ha trovato applicazione anche nel settore delle tecnologie dell'aviazione dove ha dimostrato che alcuni parametri strutturali e funzionali sono conformi a principi energetici comuni al mondo naturale. Lo studio degli esseri viventi dal punto di vista dei processi termodinamici di cui partecipano, ha permesso – secondo Berg – di impostare criteri fondamentali da utilizzare nell'esplorazione della natura ad un livello generale. Grazie al supporto della matematica, poi, è stato possibile raggiungere risultati importanti nella modellizzazione dei processi morfogenetici e catalitici di interesse della bio-cibernetica. L'utilizzo di modelli matematici occupa, infatti, un ruolo fondamentale in biologia, dove vengono impiegati in varie sottodiscipline come la genetica delle popolazioni, la biologia sistemica e le teorie sull'origine della vita. O ancora, in bio-energetica che studia i fenomeni di trasporto – attraverso le membrane – delle scissioni cellulari, la morfogenesi, la differenziazione delle cellule e le catalisi fermentative (Brajnes, 1981). Questioni, dunque, che rientrano senz'altro nell'orbita dell'indagine bio-cibernetica.

In medicina l'ausilio della cibernetica si è espresso sulla

differenziazione dei processi fisiologici e patofisiologici relativi al sistema circolatorio, vascolare e cardiaco. Inoltre, è accorsa in supporto all'oncologia nei rimedi chemioterapici contro i tumori e le malattie infettive. Lo studio del sistema reticolare, di circolazione del sangue, ha permesso in modo particolare di fare progressi nella sperimentazione di un cuore artificiale, mentre l'utilizzo di modelli matematici ha influito ancora e, significativamente, sulla comprensione delle strategie di azione degli antibiotici e sulle cause alla base della resistenza ad essi dei microorganismi patogeni. Più le relazioni che intercorrevano tra i diversi settori venivano a rafforzarsi, più la corroborazione dei dati ne usciva arricchita svelando importanti connessioni tra fenomeni prima considerati slegati e appartenenti a sfere disciplinari distinte. A giudizio di Berg, non è esagerato sostenere che sulle prospettive donate da questi risultati risiede la realizzazione della medicina concreta, della classificazione delle patologie e l'evoluzione dei metodi diagnostici, grazie soprattutto ai nuovi macchinari elettronici dotati di sensori. In effetti, in Russia – prosegue Berg – l'applicazione della cibernetica alle scienze della vita, in modo particolare alla medicina, rappresenta l'utilizzo più proficuo e intensivo che di essa è stato fatto⁴² (Berg, 1981; Graham, 1987). Questa disciplina ha avuto un valore inestimabile, inoltre, sullo sviluppo della teoria neuronale e, in generale, sullo studio dell'attività cerebrale. Anche la psicologia, infatti, ha tratto profondi vantaggi dalla simulazione dei processi nervosi operata dalle macchine intelligenti. Ma soprattutto la cibernetica è stata fondamentale per la formazione di un approccio sistemico ai fenomeni psicologici e pedagogici il cui principale esponente

⁴² I modelli cibernetici hanno offerto soluzioni insostituibili in oncologia, nelle ricerche sui disturbi circolatori del sangue, nelle tecniche di trasporto dell'ossigeno, nella comprensione delle reazioni del sistema immunitario e in farmacocinetica. Infine, la cibernetica ha reso possibile la costruzione dell'elettrocardiostimolatore con isotopi a fonte energetica e ha consentito di procedere alla ricerca sulla costruzione di protesi e organi artificiali.

fu B. F. Lomovym⁴³ seguendo una linea inaugurata precedentemente in Russia da esponenti del pensiero storico psico-pedagogico come Lev Semenovich Vygotskij.

Dal punto di vista umanistico – come si accennava – negli studi semiotici e in culturologia la cibernetica ha fornito grandi contributi legati alla formalizzazione dei codici linguistici e simbolici di differenti culture, elaborando una sistematica sincronica e studiando questi fenomeni anche da una prospettiva storico-evolutiva. Berg sottolineava la necessità di raccogliere i risultati epistemologici che derivano dall'utilizzo della cibernetica in qualunque tipo di attività intellettuale. E, alla luce di questi risultati, osservare le nuove ricerche indirizzate alla comprensione dei rapporti tra l'uomo e la macchina, al passaggio dell'informazione e all'automazione. Quest'ultima, intesa tutt'altro che come “soppiantamento” dell'uomo, era un ausilio alla soluzione di problemi legati al controllo della produzione industriale.

La cibernetica in Unione Sovietica ha permesso avanzamenti importanti anche nelle scienze sociali, nelle arti e nella storia: ambiti del sapere che non dovevano essere lasciati a margine solo perché, apparentemente, non direttamente collegati al progresso tecnologico. Come ricorda Graham (1987), in Urss negli anni '60, era abbastanza comune trovare articoli scientifici sull'applicazione della cibernetica in campi sorprendenti come la musicologia o l'industria del pesce. Nelle scuole per l'infanzia di Mosca venivano addirittura impartiti programmi specifici di apprendimento a figli di genitori desiderosi di far intraprendere ai loro piccoli la carriera di cibernetico. L'esuberanza della cibernetica trovava posto nei campi più disparati della conoscenza e fu grazie a Berg che si riuscì a realizzare tutto questo (Fet, 2010).

⁴³ Per un approfondimento si veda: Podgot. E. V. ; Shorokhovoi, B. F.; Lomovym, A. G., (1976) *Psikhologicheskie problemy sotsial'noi reguliatsii povedeniia*, (Zhuravl-evym *et al.*, Otv. Ed. E. V. Shorokhova, M. I. Bobneva); An SSR, In-t psikhologii, Moskva: Nauka.

L'ambiente in cui era cresciuto e la cultura eclettica della sua famiglia avevano giocato un ruolo importante nella formazione di questo scienziato. Intorno alla sua dimora si potevano udire musicisti suonare, gente conversare in lingue straniere ed osservare giovani artisti intenti a dipingere sulle loro tele il paesaggio naturale circostante (Birykov, 2010). Egli combinava mentalità aristocratica e allo stesso tempo democratica, formazione enciclopedica, ampio spettro di interessi scientifici, sete di sapere, doti morali e intellettuali (Netushil, 2010). Fu con questo spirito che Berg accolse la cibernetica e ne fece la missione della sua vita arrivando a coordinare i rapporti di più di 30 settori disciplinari che sperimentavano linee di convergenza e un approccio integrato nella comprensione delle questioni scientifiche. Del resto, negli anni '40, gli scienziati cominciavano a realizzare che le discipline avanzavano non solo sulla linea della differenziazione specialistica, ma anche su quella della sintesi, dando impulso all'idea di un'interazione scientifico-tecnologica dei saperi nella quale la cibernetica assolveva al ruolo di scienza guida.

Definita una disciplina che si occupa della direzione dei sistemi dinamici complessi presenti nella natura e nella società umana, la cibernetica di Berg mostrò sin da subito un carattere sociale, storico ed internazionale (Fet, 2010). Egli intraprese una lotta contro i filosofi sovietici che continuavano a screditare le origini statunitensi ed europee di questo paradigma, accusandone senza tuttavia proporre alternative, i presupposti epistemologici figli della politica economica borghese (Vorobëv, 2010). Fu, infatti, ben oltre la morte di Stalin – tra il '57 e il '60 – che la cibernetica cessò di essere oggetto di aspre critiche. Una volta ammesso che molti fenomeni legati al paese e in precedenza dichiarati incontrollabili, potevano essere opportunamente amministrati, la cibernetica guadagnava credito come disciplina che poteva garantire le

basi per una loro pianificazione. I processi economici erano i candidati migliori a divenire oggetto di questa crescente attenzione. In termini generali, per mezzo della cibernetica si doveva trovare il modo di neutralizzare l'entropia che interessava i fenomeni complessi e a difendere così il sistema dal disordine. In questo modo il grande vantaggio che la cibernetica poteva recare era il mantenimento del controllo centralizzato e al contempo della selettività dell'informazione che, a sua volta, garantiva il controllo delle operazioni locali. Fu proprio questa la lezione che i sovietici cercarono di mettere in pratica. Come spiega Graham: «if Moscow knew everything occurring in its factories in Omsk, it would be “neurotic” as indeed it was when it attempted to do so. Cybernetics taught the lessons of *selectivity* of information and relative *decentralization* of control» (1987, p. 270). Si ambiva così a regolare la complessità dell'economia nazionale, come Berg e Chernjak ammisero nel loro articolo *Informatsja i upravliene* e a cui Graham fa riferimento nel suo volume dell'87.

Come si accennava, prima che la cibernetica potesse venir lodata come scienza in grado di razionalizzare le funzioni direttive del governo, negli anni '50, furono numerosi gli articoli che non le rendevano onore, attaccandola apertamente. In essi veniva ridicolizzato in modo particolare il tentativo dei cibernetici di simulare i processi vitali e i comportamenti degli organismi per mezzo di modellini artificiali. Nel '53, ad esempio, in un articolo comparso sul giornale *Literaturnaja gazeta*, la cibernetica veniva definita una “scienza dell'oscurantismo” (Graham, 1987) poiché irrispettosa anche nei confronti del materialismo dialettico. Si sosteneva che la cibernetica, ambendo a ridurre la complessità della natura vivente a congegni elettronici programmati per compiere calcoli matematici, non si accordava al principio dialettico che postulava l'irriducibilità dei livelli

qualitativi della materia nel loro sviluppo progressivo (Graham, 1987). Ernst Kolman, filosofo e matematico ceco naturalizzato moscovita, fu uno dei primi che insieme a Berg e al noto fisico sovietico Petr Kapitsa, intorno al '54 difese la cibernetica dagli attacchi dei materialisti leninisti mostrando, al contrario, le grandiose potenzialità insite in questa scienza (Günther, 2001; Susiluoto, 2009). Günther riporta per esteso la riflessione di Kapitsa apparsa in un articolo pubblicato nel 1962 con il titolo *Teoriya, eksperiment, practica*. Il fisico sovietico commentava nel modo seguente l'atteggiamento censorio dei filosofi nei confronti della cibernetica e il valore che invece quest'ultima mostrava per lo sviluppo scientifico contemporaneo.

[...] There is a discipline which is conventionally called: Cybernetics. What this name means and which enormous part cybernetics play in the modern social life is known to many people. Nevertheless one can read in the fourth edition of the "Philosophic Dictionary" about it: "Cybernetics (from the Greek word for steersman) is a reactionary pseudo-science which originated in the United States after the second world war and which also received wide dissemination in other capitalistic countries; a form of modern mechanizism". It is a fact that this statement about cybernetics in book which has been written 8 years ago; and in the meantime the mistake has been corrected. On the other hand it is the task of the philosophers to predict the development of natural science and not just to take cognizance of a way which has already been covered. If our scientists had listened to the philosophers and taken the above definition (of cybernetics) as valide for the future development of this disciple the conquest of space – which we are justly proud of and for which we are honored in all the world – would not have happened. Space-ship cannot be controlled without cybernetic machine» (2001: 325).

Eppure, nonostante i suoi detrattori legati alla zavorra dell'ideologia, la cibernetica di Berg contribuiva, con apporti concreti, al controllo e al miglioramento delle condizioni sociali e di salute della collettività. E si

rivelava una disciplina pronta a servire la causa del comunismo, assicurando la completa devozione della ricerca scientifica al benessere dello stato sovietico.

1. 6. Informazione, dialettica e Marxismo

Se tra gli anni '50 e gli anni '60 si guardava alla cibernetica ancora con sospetto e diffidenza, la riconsiderazione dei contributi importanti che questa disciplina poteva fornire portarono immediatamente ad un ripensamento circa il suo valore per l'intera società. Furono in molti, infatti, a rivalutare le loro posizioni e a rivendicare l'importanza della cibernetica e non in ultimo la sua coerenza con il Marxismo (Graham, 1987; Günther, 2001; Susiluoto, 2009). I principi del materialismo dialettico ai quali la cibernetica doveva uniformarsi consistevano di una manciata di postulati generalmente condivisi elencati di seguito:

- 1) tutto ciò che esiste è reale;
- 2) il mondo reale consiste di materia ed energia ed è descrivibile scientificamente;
- 3) il mondo materiale forma un tutto interconnesso;
- 4) il mondo è continuamente in evoluzione e non vi sono entità statiche;
- 5) le leggi che regolano lo sviluppo della materia cambiano in base ai livelli presi in considerazione;
- 6) la materia è infinita nelle sue manifestazioni;
- 7) lo sviluppo della materia è regolato da fattori e meccanismi intrinseci e non si pone la necessità di un motore esterno che la governi.

Tali postulati erano facilmente armonizzabili con la cibernetica che negli anni '50 si distingueva in due branche fondamentali. Quella teoretica, che comprendeva la matematica, la logica, le teorie dell'informazione, i sistemi sociali, l'elettronica, gli studi sulla natura della disinformazione e le origini dell'informazione nociva. E quella

applicata, che comprendeva sostanzialmente la produzione agricola e industriale. Negli anni '60 la cibernetica si estese alla linguistica, alla pedagogia, alla sociologia, al diritto, all'economia e alla scienza dei trasporti (Vorobëv, 2010). Dal punto di vista applicativo e sperimentale, un aspetto centrale era l'amministrazione e la registrazione dei dati scientifici riportati nelle principali attività economico-produttive come l'estrazione mineraria e la conseguente catalogazione delle materie prime indispensabili al paese. Come si accennava, la cibernetica ebbe un enorme utilizzo nel campo economico, venendo da subito associata alla soluzione di problemi che riguardavano la pianificazione industriale della Russia. Fondamentale, in questo senso, fu il contributo di geologi e mineralogisti sostenitori di una ricerca interdisciplinare e che mettesse in stretto rapporto il progresso scientifico e tecnologico con le esigenze sociali del paese. Tra questi vi erano Alexander Karpinskij, Alexander Fersman e soprattutto Vladimir Vernadskij, il biogeochimico che aveva dato profondo impulso allo studio della biosfera e fautore del concetto di *noosfera* (Fersman, 1945). La creazione di un *database* tassonomico dei minerali presenti e dei luoghi in cui si trovano i maggiori depositi della terra fu possibile solo in URSS, non durante l'impero zarista, e solo una volta che si era preso atto del potenziale metodologico e scientifico contenuto nella cibernetica. Essa offrì un mezzo di sistematizzazione della conoscenza scientifica grazie alla possibilità di gestione dei collegamenti tra le branche di studio e tra le singole ricerche degli scienziati. Con grande entusiasmo, ma non senza un pizzico di ingenuità (Graham, 1987), gli scienziati sovietici si erano persuasi di poter controllare in modo razionale l'economia del paese sfruttando le leggi della disciplina del controllo⁴⁴. A tale scopo, la gestione dell'informazione

⁴⁴ L'osservazione dei cibernetici Aleksei Liapunov e Anatolii Kitov, riportata da Slava Gerovitch in *From the Newspeak to the Cyberspeak* – a cui tra l'altro si rimanda per un quadro

e le tecniche di immagazzinamento dei dati facevano emergere tutta l'importanza e l'utilità della pratica di archiviazione. Il “documento” diveniva, così, elemento essenziale di una nuova branca della cibernetica definita “archivistica”. E fu proprio Berg a definire il documento in un articolo del '68 un appunto che può avere qualunque tipo di significato, tanto che può potenzialmente custodire informazioni di importanza capitale per uno storico, ma allo stesso tempo essere completamente inutile per un economista.

In geofisica e scienze della terra, la meteorologia e la climatologia trassero enorme vantaggio dall'approccio cibernetico nel momento in cui migliaia di stazioni riuscivano a comunicare i cambiamenti atmosferici, a prevederne gli spostamenti e indovinare le perturbazioni che si sarebbero propagate di seguito. Da sole queste due discipline – meteorologia e climatologia – avrebbero avuto, poi, enorme importanza per lo sviluppo dell'agricoltura, dell'idrologia e nella navigazione marittima, senza contare quanto l'apporto della cibernetica avrebbe giovato in guerra (Fersman, 1945).

Come hanno notato Pushkin e Ursul, storici della scienza sovietici che hanno tracciato il percorso della cibernetica e delle teorie sistemiche in URSS e lo hanno spesso comparato a quello occidentale, la capacità previsionale, le stime e le nuove indagini statistiche rese possibili grazie ai nuovi modelli computazionali mostravano che la trasmissione dell'informazione era allo stesso tempo *decentralizzazione* dei dati e *controllo centralizzato* dei fenomeni. Ciò era possibile in quanto la comunicazione funzionava in modo bi-direzionale, ovvero di “andata e

approfondito ed estremamente documentato dell'origine e sviluppo della cibernetica in Urss – fa emergere in tutta chiarezza questo aspetto: “The proposed unified automated control system for the national economy would make it possible to fully implement the main economic advantages of communism – centralized control and the planned economy. This would ensure full harmony and match between the political and economic structure of the communist state and the technical means for controlling the national economy.” (2002, p. 253).

ritorno”. Ma un meccanismo cibernetico di questo tipo in molti casi finiva per non valutare correttamente la flessibilità evolutiva del sistema e la sua natura plastica. Si rischiava quindi di forzare il sistema entro categorie di comprensione piuttosto rigide, utilizzando strumenti di simulazione che non erano in grado effettivamente di mappare l'andamento discontinuo, fluttuante e sensibilmente dipendente dall'esito imprevedibile di molteplici relazioni che hanno luogo in un sistema complesso. A loro giudizio,

il sistema dal controllo centralizzato è un sistema rigidamente deterministico. Il suo adattamento ai cambiamenti non si verifica nelle differenti parti, ma solo al punto centrale di controllo. Ciò consente al sistema di vivere in condizioni di stabilità per un tempo più o meno lungo, sopprimendo le perturbazioni casuali. In questo modo, i cambiamenti evolutivi delle parti non influiscono sulla sua organizzazione centrale [...]. Il controllo centralizzato non promuove quindi un aumento delle aspettative del sistema (Pushkin, Ursul, 1994, p. 5).

Secondo Pushkin e Ursul, la cibernetica sovietica doveva svilupparsi in un rapporto di dipendenza reciproca con la scienza dell'informazione che, sebbene avesse radici significative e storicamente meno recenti⁴⁵, solo dagli anni '60 in poi stava progressivamente divenendo un oggetto privilegiato della ricerca accademica in campo sia scientifico che umanistico. Lo testimonia anche il fatto che la teoria dell'informazione di Shannon fu disponibile in Russia sin dal 1956, ben due anni prima di

⁴⁵ La nascita della società dell'informazione, dei sistemi di controllo e gestione della società risalirebbe, secondo alcuni, già all'epoca degli Zar. Come afferma Susiluoto: «The Soviet Union inherited the control system of Tsarist Russia and improved upon them. Even the early Soviet concepts of information society carried with them this authoritarian trends.» (Susiluoto, 2009, p. 90). Questa presa di coscienza divenne utile per screditare l'Unione Sovietica dopo la caduta del comunismo. In tal modo si dava adito all'idea che tutti i progressi tecnologici che la scienza sovietica aveva perseguito e ottenuto erano, in realtà, il frutto glorioso di un'epoca antecedente. Oltretutto: «when the Soviet Union collapsed, Russians could again admit that significant inventions were created in Tsarist Russia and that functioning calculating machines, clocks and electronic equipment were produced.» (2009, p. 91).

Cybernetics di Wiener (Günther, 2001). Come indica Gorelik, «the Soviets made an important step toward theoretical studies in this area by establishing a Section on Theoretical Questions of Organization (STQO) within the Council for Complex Problems of Cybernetics» (1975, p. 345). I risultati di queste ricerche venivano pubblicati in una serie di volumi intitolati *Organizatsiya i Upravleniye* (Organization and Management) che trattavano, appunto, del concetto di informazione, di organizzazione e di tecniche di gestione e controllo dei dati relativi alla società. Gli stessi temi furono alla base di alcuni meeting ai quali parteciparono sovietici e americani che si tennero alcuni anni dopo, sin dal 1983, sia negli Stati Uniti che in Austria, a Vienna, presso l'istituto IIASA (International Institute for Applied Systems Analysis). L'obiettivo di questi appuntamenti i cui principali corrispondenti furono Stuart Umpleby, l'allora presidente della Società americana per la cibernetica, e Vadim Sadovskij dell'Istituto per lo studio dei sistemi di Mosca, era quello di discutere le metodologie di ricerca e il quadro epistemologico di riferimento relativi all'utilizzo delle discipline cibernetiche in entrambi i paesi e, se dal caso, cercare di unificare i percorsi stabilendo metodologia, filosofie e scopi condivisi (Umpleby, 1987). Dai risultati emergeva significativamente che le direzioni di ricerca si mostravano non sempre concordi nei due paesi con evidenti percorsi storici e tradizioni culturali distinti. I principi guida e i concetti fondamentali si distinguevano in relazione ad una diversa raffigurazione sia teorica che pratica delle questioni esaminate. La cibernetica confermava appieno queste divergenze anche in base ad un'idea di società dell'informazione sostenuta da diversi presupposti epistemologici.

L'osservazione di Ilamri Susiluoto è esplicativa a riguardo:

When the Americans started the developments that led to the current information

society in the 1940s, a pragmatic logic directed it: equipment required to aim artillery, the building of calculators, control devices and transformers. Only through the building of equipment, particularly the building of computers, as though after proof in practice, the cumulative development began towards an information society. In Russia all this happened in reverse order. Systems thinking arose as a comprehensive challenge, without automated machines and equipment, without proof, but indeed almost precisely, describing the characteristics of new technology. It contained utopian creative power to change the entire world [...]. While the USA approached the abstract concepts through machines and applications, Russia approached them through philosophy and theoretical concepts (Susiluoto, 2009, pp. 85-86).

In Russia, dunque, l'interesse nei confronti delle scienze dell'informazione e l'euforia che accompagnò la nascita della cibernetica, non erano il riflesso dei progressi tecnico-scientifici che avvenivano in USA. Sin da quando la cibernetica venne resa ufficiale, in accordo al materialismo dialettico, i sovietici avevano seguito una propria traiettoria di ricerca che si distingueva significativamente rispetto a quella americana⁴⁶. Oltre ciò il retroterra culturale e ideologico da cui la cibernetica emerse fu sostanzialmente diverso in Russia dove, secondo Susiluoto, i concetti necessari assunti allo scopo di impostare una "gestione scientifica della società" (che divenne un nuovo slogan negli anni '60) nacquero sostanzialmente dal campo dell'energetica, dalla fisica e dalla matematica (Susiluoto, 2009, p. 90). Ma non solo: anche l'ecologia, le scienze della terra e, in campo epistemologico, le teorie sistemiche che ad esse venivano applicate, ebbero profonda influenza per la concettualizzazione delle questioni cruciali della cibernetica (Graham, 1987). Nel 1960 Berg sosteneva che la cibernetica poteva fornire un

⁴⁶ In particolare, esso sembrava più vicino alle scienze naturali che alle teorie sul calcolo delle probabilità, ai modelli di gestione dell'informazione o alle teorie dei giochi. Nel paese dei Soviet, fu una forma di organicismo e di materialismo energetista, ad essere di impulso per la nascita di una concezione cibernetica che aveva dei caratteri simili per alcuni aspetti a quella americana, ma che era significativamente in contrasto per altri.

contributo decisivo in relazione all'ecologia e alle problematiche di natura ambientale nelle quali il nuovo concetto di “flusso dell'informazione” era ormai una questione chiave. Durante la guerra fredda, per esempio, la dipendenza della tecnologia dai modelli cibernetici ebbe un importante effetto sull'emergenza dell'ambientalismo globale. Questa preoccupazione, negli anni '70 in Unione Sovietica, portò alla costruzione di un sistema computazionale che simulava con l'aiuto di alcuni apparecchi tutte le funzioni della biosfera come sistema complesso integrato. Il prototipo che era stato collocato al Centro Computazionale dell'Accademia Sovietica delle Scienze riproduceva in parte le conseguenze causate dalla guerra e i primi effetti delle armi nucleari sul pianeta (Moiseev, 1998). In questa visualizzazione la cibernetica fu senza ombra di dubbio di grande supporto. Al termine della Seconda guerra mondiale i processi di “mutua civilizzazione” – termine attraverso il quale Nikita Moiseev intende la creazione negli ultimi decenni del Novecento di un paradigma contemporaneo di consapevolezza globale – e la costituzione di corporazioni transnazionali preoccupate per l'economia globale misero in luce che la salute del pianeta era un obiettivo di primaria importanza. A tale scopo, lo studio della terra attraverso un approccio transdisciplinare si poneva come esigenza in cima all'agenda dal momento che il succedersi dei conflitti aveva reso l'umanità ormai consapevole che nessun angolo della terra era immune al disastro ambientale da essi provocato. Il mondo in cui viviamo impiegando pratiche analoghe è comune e richiede, perciò, uno sforzo comune, dichiarava Moiseev (1998). La comprensione globale del sistema terra (*whole Earth*) venne così incapsulata in metafore che divennero popolari, come *Spaceship Earth* e *Mother Earth*, che in qualche modo contribuirono a svelare le connessioni tra nuove tecnologie usate durante la guerra

fredda, esplorazioni spaziali, cibernetica, e la nascita dei primi movimenti globali per la difesa dell'ambiente. Questa presa di coscienza invitò l'uomo a guardare oltre la guerra fredda e ad immaginare un futuro comune per ogni cosa presente sul pianeta (Deese, 2009). Ma quale fu il ruolo che ebbe la cibernetica in questo processo? Come afferma Deese, i nuovi modelli cibernetici cercavano di imitare e replicare i processi naturali allo scopo di progettare sempre più qualificati strumenti ingegneristici, e questo stesso interesse nei nuovi concetti (*input, output, feedback, omeostasi* ecc..) portati alla luce negli anni '50 contribuirono a rivoluzionare il modo stesso in cui gli ecologi decodificavano la natura per comprenderne meglio i suoi processi e il suo funzionamento (2009). Ponendosi come manifesto di una nuova rivoluzione transdisciplinare la cibernetica forniva nuovi principi per indagare i sistemi complessi dal punto di vista della relazione tra *input* – l'informazione proveniente dall'ambiente in direzione del sistema – e *output* – l'informazione rilasciata dal sistema nell'ambiente, laddove i sistemi potevano essere sia naturali che artificiali. La cibernetica si legò quindi all'emergenza di un paradigma ecologico globale, ma ciò non vuol dire che il modo di interpretare e implementare i risultati della cibernetica da entrambi i lati della cortina di ferro non avesse seguite traiettorie distinte e segnate da tradizioni differenti. Secondo alcuni storici della scienza, mentre in America la terra cominciò a venire compresa come un “tutto” solo una volta stabilita la convergenza con i modelli tecnologici utilizzati in cibernetica – ciò che Bryant definisce “sistema tecno-ecologico” per mettere in luce la connessione tra ecologia e tecnologia nel periodo post-bellico americano (2006) – in Unione Sovietica, invece, l'idea sistemica di terra non si sviluppò in seguito alla comparsa della cibernetica, e ciò nonostante la grande tradizione in geologia e geochimica che

contraddistingue sia l'Ottocento che il Novecento russo non fu che di aiuto nel supportare il radicamento della cibernetica applicata allo studio della biosfera da un punto di vista interdisciplinare. Questa si sviluppò con alla base differenti premesse che non erano guidate, come in Wiener, da scopi pratici di costruzione di tecnologie antiaree. Come ha sottolineato Gerovitch, «Soviet cybernetics transcended the domain of engineering and fashioned itself as a science – a systematic study of the laws of nature» (2002, p. 177).

Gli scienziati sovietici vedevano nella cibernetica un carattere di universalità e allo stesso tempo di interdisciplinarietà che si adeguava perfettamente al consolidamento dell'ideologia comunista:

There is no doubt cybernetics has since about 1960 arrived in Marxist countries in full splendor. It has arrived not only as a new special discipline with important technical consequences, but as a basic theory of deep philosophic significance which is about to enforce the re-examination of certain positions of Marxist ideology (Günther, 2001, p. 325).

La cibernetica non mancò di avere un'influenza importante sul consolidamento del marxismo e, allo stesso tempo, sull'evoluzione di alcuni dei suoi concetti chiave⁴⁷. Questa scienza divenne così una disciplina dialettica per eccellenza e questo fu possibile proprio per la sua versatilità di fondo o – come già suggerito da Helvey – per il suo fondarsi sulla nozione di “interazione”. Universalismo e interdisciplinarietà rispondevano sul piano pragmatico ai principi di controllo e decentralizzazione dei fenomeni socio-economici che il comunismo tentava di regolare. Più la cibernetica diveniva compatibile con il marxismo in termini filosofici, più la ricerca scientifica, l'espansione delle

⁴⁷ Nel suo articolo, Günther esplora l'intergioco di queste due dinamiche che segue, e in parte è dovuto, all'ufficializzazione della cibernetica.

conoscenze e l'applicazione della cibernetica a sempre nuovi campi del sapere venivano a rafforzarsi e ad essere giustificati sul piano epistemico. Se Wiener venne condotto da un complesso ingranaggio accademico e istituzionale, quello della ricerca americana, a partorire la sua scienza del controllo che finì con il rinnegare pubblicamente di fronte alle autorità americane, in Russia, Berg affrontò una situazione per certi aspetti inversa. Egli combattè per la legittimità della cibernetica contro l'ottusità dei dogmi sovietici fino a che questa scienza non divenne imprescindibile in ogni aspetto della vita economica, scientifica e sociale del paese. Non sorprende dunque – come nota Günther riferendosi ad una frase di George Klaus – che a qualche anno dalla sua nascita in URSS, la cibernetica rappresentò per molti la più sorprendente conferma del materialismo dialettico.

II parte

Riorganizzare le teorie sistemiche Il posto della Tectologia

2. 1. Oltre la cibernetica

Sebbene gli esiti fossero simili, la cibernetica americana e quella sovietica si legavano a due differenti tappe del cammino scientifico e tecnologico che derivavano da diverse premesse concettuali ravvisabili, a loro volta, in situazioni storico-politiche differenti. Ma in entrambi i casi, in entrambi i paesi, questa disciplina si estesa in direzione di ulteriori sviluppi cui essa diede, e dai quali assorbì, energici impulsi.

La subordinazione della cibernetica al contesto della ricerca militare americana, lungi dal negare che rappresentò il cordone ombelicale al quale era legata nelle sue prime fasi di vita, probabilmente sminuisce la potenza euristica e la capacità di diramazione che di fatto questa disciplina manifestò, come testimoniano per esempio, e in modo, esemplare, le eclettiche *Macy Conferences*. Su questo aspetto “l'ontologia del nemico” difesa da Galison⁴⁸ non renderebbe pienamente giustizia alla cibernetica in quanto motore propulsore di successivi traguardi scientifici che hanno rivoluzionato la scienza, la tecnologia e, in molti aspetti, anche l'epistemologia del Novecento. A giudizio di Kline, «Several studies have

⁴⁸ Dal titolo del suo articolo: “The Ontology of the Enemy: Norbert Wiener and the Cybernetic vision” in cui Galison individua le radici della cibernetica nel Manicheismo di Wiener in cui domina la contrapposizione di bene e male implicati in una guerra incessante. La metafora Manichea si riferisce al contesto delle ricerche di Wiener condotte in difesa del governo degli Stati Uniti durante la guerra, supportate dalla ferma convinzione di dover agire, anche usando mezzi violenti, per il bene dell'umanità contro i detrattori della giustizia. Metafore e frasi allegoriche in cui si evince il peso in Wiener della contrapposizione tra bene e male erano ricorrenti. Anche *Cybernetics* aveva scritto “Il tempo stringe e l'ora della scelta fra il bene e il male è ormai imminente” riferendosi a Bernardo da Cluny.

reduced the complex history of cybernetics to the science of cyborgs by reading the early years of cybernetics through the lens of cyborg studies» (2009, p. 333). In molti casi cibernetica e scienze dell'organizzazione sono state confinate a *cyborg discourse* e poste a servizio di *close-world discourse* che la computerizzazione del mondo americano richiedeva e alimentava durante la guerra fredda⁴⁹ (Kline, 2009). Contro tale, da lui definito, “appiattimento”, Kline rivendica le molteplici interpretazioni che la cibernetica ha avuto in relazione a settori che nulla avevano a che vedere con l'artiglieria militare⁵⁰. E anche all'interno della cibernetica stessa non è stata posta abbastanza enfasi su concetti influenti che ne hanno caratterizzato alcune fasi, indipendentemente dalla costruzione dei *cyborg* che, al contrario, dovrebbe essere relegata ad una tappa minore dello sviluppo di questo paradigma. Si possono identificare, quindi, ulteriori parole d'ordine oltre a quelle consuete in cibernetica, in relazione alle differenti fasi del suo sviluppo:

homeostasis (ca. 1945 to 1960); self-organization (ca. 1960-1985); and virtuality (ca. 1985 to the present). Cybernetics 'was formulated as a discipline' in the first wave, reformulated as the radical epistemology 'second-order cybernetics' in the second wave, and is now central to 'contemporary debates swirling around an emerging discipline known as "artificial life". (Hayles, 1999 p. 6, 16 cit. in Kline, 2009, p. 334).

L'ondata centrale, denominata “cibernetica di secondo ordine”, il cui esponente di spicco fu il fisico viennese naturalizzato americano Heinz

⁴⁹ Kline prosegue questa osservazione riferendosi proprio a Galison: «his argument that a 'cybernetic vision' of the world, based on the ontology of the enemy pilot, extends from World War II to the present, flattens the history of cybernetics. It reduces its many interpretations to a single, decontextualized Manichean vision that replicates itself expansively during the turbulent course of the Cold War. Kay (2000: chap. 3) and Bowker (1993; 2005: chap. 2) also ignore multiple interpretations of cybernetics and analyze it as a uniform discourse.» (2009, p. 333).

⁵⁰ Basti pensare che tra gli anni '40 e gli anni '70 chiunque avesse preso parte almeno una volta alle *Macy Conferences* riteneva le proprie ricerche derivanti dalla cibernetica, un'applicazione della cibernetica o associate in qualche modo alla cibernetica (Kline, 2009).

von Foerster, cercava di estendere il lavoro di Wiener e von Neumann in direzione di un costruttivismo di natura epistemologica al quale lavorava insieme allo psicologo e cibernetico tedesco Ernst von Glasersfeld. Foerster era convinto che la scienza del controllo inaugurata da Wiener fosse ancora incentrata su una polarità strutturale che separava il soggetto percipiente, in questo caso lo scienziato, dall'oggetto da percepire. L'enfasi sulla nozione di controllo già presupponeva un atteggiamento di estraneità rispetto al sistema oggetto di indagine e non sembrava dare il giusto peso al fatto che il soggetto non fosse esterno al sistema, ma al suo interno (Foerster, 1987). Foerster intravedeva nella cibernetica di primo ordine il retaggio di un dualismo filosofico che separava il sistema osservante dal sistema osservato, mentre la descrizione di quest'ultimo dipendeva evidentemente dalle strutture cognitive di comprensione dell'uomo. Era il soggetto – secondo Foerster – a costruire la realtà. Le percezioni infatti partecipano attivamente alla costruzione dell'ambiente esterno; sia che appartengano ad una struttura cognitiva specializzata assimilabile a ciò che indichiamo come cervello, sia che si manifestino sotto forma di recettori che producono nell'organismo accomodamenti fisio-chimici globali, percezione e azione sono due funzioni indissociabili nel processo di esplorazione dell'ambiente da parte dell'individuo. I sensi, oltre a ricevere l'informazione dal mondo esterno e convogliarla nei canali preposti secondo la tipologia di segnali ricevuti, *interrogano* il mondo, cercano cioè risposte specifiche a domande specifiche, selezionando attivamente le porzioni di ambiente da interrogare e procurandosi l'informazione di cui necessitano in quel dato momento (Boncinelli, Giorello, 2007). Posto infatti che la circolarità dei fenomeni cibernetici osservati, siano essi sistemi artificiali, fisici o viventi, è propria anche del sistema nervoso che lo analizza, l'osservatore deve essere considerato

come facente parte attiva nell'universo studiato. L'osservazione, partendo dall'osservatore e ritornando sull'osservatore, stabilisce un cerchio retroattivo, una dialettica, o meglio ancora, una *cibernetica della cibernetica* (Foerster, 1981). All'osservatore va il diritto, però, di decidere su cosa concentrare l'attenzione. Egli può infatti tracciare il confine che separa il sistema dall'ambiente e direzionare così il proprio *focus* verso un oggetto specifico (Bocchi, Ceruti, 2007). Tale operazione mette a nudo la relatività e la precarietà del proprio punto di vista nel momento in cui rende consapevole l'individuo del vincolo ineludibile che lega il suo essere un sistema biologico, psicologico e sociale all'osservazione e alla comprensione del fenomeno esterno, una comprensione che non può mai essere universale ed esatta. Il suo punto di vista, dunque, si scopre vincolato alla condizione parziale e soggettiva di essere umano che lo contraddistingue. La corsa al controllo che caratterizzava le imprese di Wiener, alimentate da un forte desiderio di dominazione delle situazioni sperimentali, lasciavano adesso il posto ad una cibernetica più olistica, che reintroduceva l'atto osservativo, che Wiener aveva ormai lasciato cadere sull'osservato, nella dimensione fisiologica, psicologica e sociale di partenza propria dell'uomo. Foerster era d'accordo con Piaget nel ritenere il sistema nervoso saldamente legato a quello motorio e quindi le possibilità di comprensione di un fenomeno risiedevano principalmente in un'attività piuttosto che in una registrazione passiva. Per quanto riguarda il punto di vista, poi, questi variava in base all'oggetto di investigazione: se era di natura biologica, l'osservatore avrebbe dovuto avvicinarsi ad esso consapevole di essere un organismo biologico, se era di natura sociale, l'osservatore avrebbe dovuto tenere presente prima di tutto il suo essere un animale sociale ecc... In tutti questi casi l'uomo si ritrovava ad osservare se stesso. Foerster, comunque, aveva buone ragioni

per lamentarsi dell'atteggiamento meccanicista che caratterizzava le teorie dell'informazione degli anni '50. Imparentato con Wittgenstein e legato al Circolo di Vienna, egli aveva un'idea chiara dell'importanza del linguaggio e del significato per la comunicazione, probabilmente più complessa dei suoi colleghi dal punto di vista epistemologico. Si lamentò del fatto che «l'informazione, anche in senso tecnico, non poteva essere separata dal significato se non a costo di conseguenze orrende per la comprensione umana» (Conway, Siegelman, 2005, p. 282). Foerster non condivideva il fatto che i cibernetici utilizzassero la parola informazione laddove ciò che veniva trasmesso era nulla più che un segnale e propose perciò di ridefinire la teoria dell'informazione, appunto, “teoria dei segnali” (Conway, Siegelman, 2005). Lo scambio dei *bip bip* eludeva la rielaborazione degli stessi operata a livello mentale e nervoso, perciò la questione sembrava riguardare esclusivamente segnali che rimbalzavano tra loro e non comprendeva il terzo attore che a suo giudizio era colui che attribuiva il significato, la posta in gioco⁵¹.

Insieme a Glasersfeld, ma anche a Gregory Bateson e Margaret Mead per menzionarne solo alcuni, von Foerster operò (principalmente negli anni '70) uno slittamento concettuale che sanciva il passaggio da una “cibernetica dei sistemi osservati”, inaugurata da Wiener, Ashby, von Neumann e McCulloch, ad una “cibernetica dei sistemi osservanti” o “cibernetica della cibernetica” circolando sempre più in prossimità di un altro arcipelago la cui portata rivoluzionaria fu pari a quella espressa dalla cibernetica. L'arcipelago sistemico.

⁵¹ Furono in molti a difendere la posizione di von Foerster, ma in seguito all'influenza progressiva che le nuove tecnologie convogliate dalla scienza dell'informazione ebbero sulla società americana e addirittura sugli appuntamenti Macy, le sue obiezioni passarono sensibilmente in secondo piano (Conway, Siegelman, 2005).

2. 2. Teoria dei sistemi e spazi gestaltici

Fisico, biologo e filosofo al quale viene generalmente attribuita la nascita di una teoria generale dei sistemi, Ludwig von Bertalanffy, fisico, biologo e filosofo, aveva le stesse origini di von Foerster: era austriaco, si era formato al Circolo di Vienna – uno degli ambienti intellettuali più fecondi della prima metà del Novecento – e come von Foerster, si era trasferito in nord America, dapprima in Canada e poi negli Stati Uniti. Le ricerche in biologia cui Bertalanffy stava lavorando sin dagli anni '30 culminarono con la pubblicazione di un'opera che fu tra le più innovative del XX secolo: la *Teoria Generale dei Sistemi* (1968). Essa rappresentava l'esito di più di un ventennio di ricerche da lui condotte in Europa, principalmente in Austria, dove fu professore all'Università di Vienna dal '26 al '48, in Germania e nel Regno Unito. Ma se Bertalanffy rappresentava il padre di una prospettiva che aveva raggiunto compiutezza scientifica nel trattare in modo sistematico e unitario, in accordo ai rigidi parametri accademici, fenomeni sistemici di varia natura, a ben vedere, frammenti di quel ventaglio di sviluppi che oggi giorno va sotto la voce anglosassone di *systems thinking* erano già presenti in Europa, e non si trattò di un panorama uniforme o circoscrivibile cronologicamente. Rappresentò piuttosto un nuovo modo di pensare la realtà circostante (Capra, Luisi, 2014); una tendenza generale a concepire ogni fenomeno come composto di parti in nessun modo isolabili. La visione sistemica, comunque, animò in modo trasversale diverse branche del sapere che all'epoca volgevano lo sguardo verso la complessità dei fenomeni naturali, anziché verso la loro riducibilità a leggi fisiche già note. Ma per interpretare il mondo in modo

nuovo bisognava elaborare prima di tutto nuove teorie e modelli che meglio adeguassero la realtà a nuovi schemi percettivi. E così in psicologia la visione sistemica trovò terreno fertile soprattutto in psicologia della *Gestalt* di cui il filosofo austriaco Christian von Ehrenfels⁵² fu tra i principali promotori. Il termine *gestalt*, dal tedesco psicologia della forma e della rappresentazione (in senso organico piuttosto che formale), venne utilizzato per la prima volta dal fisico e fisiologo austriaco Ernst Mach in riferimento ad una concezione che, lungi dal definirsi onnicomprensiva, doveva imporsi di riconoscere il carattere storico, biologico e psicologico della conoscenza. I maggiori contributi di Mach derivarono dalla fisiologia del sistema nervoso⁵³ e dalla psicofisiologia della percezione. Nell'*Analisi delle sensazioni e il rapporto tra fisico e psichico* egli sosteneva, infatti, che la conoscenza ha origine dalle sensazioni che a loro volta rappresentano il frutto di un adattamento attivo dell'organismo all'ambiente, volto all'appropriazione di una parte del mondo circostante e alla sua difesa (Mach, 1959). La sensazione, per Mach, non riguardava solo gli organismi dotati di strutture psico-cognitive, ma era un fatto globale che interessava qualsiasi organismo indipendentemente dalla sua complessità (Mach, 1959). Le sensazioni, inoltre, operavano secondo il principio della relazione, propagandosi lungo molteplici connessioni sensoriali. Difendendo la sua teoria del parallelismo psico-fisico, Mach prospettava una visione monistica dell'esperienza conoscitiva che traeva spunto dalla fisica, dalla fisiologia e dalla psicologia. Muovendosi con scioltezza tra differenti

⁵²Ma anche Kurt Koffka, Wolfgang Köhler e Max Wertheimer.

⁵³ Motivo per il quale Mach venne spesso definito un neuroscienziato *ante litteram*, titolo al pari posseduto dal filosofo svizzero Richard Avenarius con il quale Mach condivise i tratti fondamentali dell'epistemologia empirista che in lui coincise con la formulazione della teoria del parallelismo psico-fisico, mentre in Avenarius con la formulazione dell'empiriocriticismo. Si veda l'introduzione ad Avenarius di Antonio Verdino e la Prefazione allo stesso volume di Vittorio Somenzi (1972).

settori disciplinari, egli avrebbe contribuito non solo alla nascita del campo di studi noto come “filosofia della scienza” (Szasz, 1959), ma lottò a sostegno di una visione unificata del sapere i cui “pezzi” si legavano assieme poiché innervati da una trama di connessioni flessibili. Se dunque alla base del pensiero sistemico c'è la riscoperta dell'interdisciplinarietà, l'avversione al meccanicismo e l'idea che la realtà sia costituita da *complessi coordinati*, siano essi corpi fisici o psichici, Mach ebbe un ruolo decisivo nel favorire l'affermazione di questo paradigma. Tanto più se si considera che la sua figura fu indispensabile per la nascita del Circolo di Vienna che nel 1922 si costituì sotto l'egida di un'associazione che portava proprio il suo nome⁵⁴.

Fu Moritz Schlick, fisico e filosofo berlinese promotore del neopositivismo, a fondare e a dirigere il Circolo di Vienna. Stimato collega di Mach, Schlick gli era succeduto alla cattedra di filosofia della scienza induttiva dell'università di Vienna. Convinto come Mach dell'importanza di una descrizione scientifica del mondo che traesse validità da un'indagine esclusivamente empirica, senza il bisogno di difendere alcun valore trascendentale, Schlick supervisionò il lavoro di Bertalanffy durante il dottorato in fisica e in filosofia, instillando in lui l'importanza del ragionamento per unificazione del sapere piuttosto che per partizione disciplinare. «Bertalanffy came to reject the reductionism

⁵⁴ Con Verein Ernst Mach (Associazione Ernst Mach) ci si riferiva al circolo di Vienna che fu in attività dagli anni '20 circa (anche se i primi tentativi di stabilire un'associazione che trattasse di questioni di filosofia della scienza risalgono al 1908) fino al '36, anno in cui Moritz Schlick venne assassinato da un giovane nazista. L'attività del gruppo continuò anche successivamente a questo tragico evento fino agli anni '60, benché con minore intensità. Molti dei suoi membri si erano trasferiti negli Stati Uniti e pian piano il Circolo si sgretolò. Tra i membri fondamentali si contano Hans Hahn, Philipp Frank, Otto Neurath, Olga Hahn-Neurath, Viktor Kraft, Theodor Radacovic and Gustav Bergmann e Rudolf Carnap. Vi si aggiunsero in seguito Friedrich Waismann, Herbert Feigl, Marcel Natkin, Karl Menger, Ludwig von Bertalanffy e Kurt Gödel. E ancora Kurt Reidemeister, Edgar Zilsel, Bela von Juhos, Josef Schächter, Walter Hollitscher, Heinrich Neider, Rose Rand, Josef Rauscher, Käthe Steinhardt, Robert Neumann, Felix Kaufmann, Egon Brunswik, Hans Reichenbach, Kurt Grelling, Walter Dubislav, Kurt Lewin, Friedrich Kraus, Richard von Mises.

and the value-neutrality of the Vienna Circle but was strongly influenced by the goal of unified science» (Ramage e Shipp, 2009, p. 58). Il suo allievo lavorò quindi in direzione di una visione unificata della scienza sostenendo l'idea di interdisciplinarietà che ne era alla base e si orientò verso il campo delle scienze biologiche al quale si possono ricondurre i suoi primi contributi rilevanti.

Inizialmente, la visione teorica che permeò le ricerche di Bertalanffy in biologia fu l'organicismo: prospettiva filosofica antimeccanicista secondo la quale l'organismo è inteso come un tutto integrato che si mantiene in vita per effetto dell'interrelazione delle sue parti. In *Das Biologische Weltbild* (Problemi della vita), opera di ispirazione vitalista che pubblicò nel '48 (anno in cui lascerà definitivamente l'Europa per trasferirsi in Canada), Bertalanffy illustrava la visione secondo cui la vita si manifesta in una struttura organismica che trascende i suoi processi, i suoi componenti e le sue funzioni. Per tale ragione essa è irriducibile rispetto alle leggi fisiche e chimiche che regolano altre porzioni di materia e deve essere compresa mediante altri criteri (Kamaryt, 1973). In questo trattato Bertalanffy si opponeva alla concezione meccanicista e riduzionista che paragonava gli organismi a *robot*, fornendo esempi in cui la vita si rivelava capace di rigenerare se stessa e i propri tessuti proprio perché dotata di caratteristiche che la distinguevano dagli artefatti. Una di queste caratteristiche era la capacità di *autorganizzazione* che in Bertalanffy somigliava più ad un *élan vital* depurato dei suoi tratti spiritualistici per meglio prestarsi ad un'indagine rigorosa, in termini scientifici, che sarà poi centrale nei suoi lavori maturi. Postulando il distacco ontologico tra organismi viventi e macchine Bertalanffy sanciva anche un altro distacco ben più importante per l'epoca, quello epistemologico tra la sua teoria dei sistemi e la cibernetica di primo ordine che, invece, aveva fatto perno su

un parallelismo analogico stringente tra questi due domini. Bertalanffy era ansioso di stabilire l'autonomia concettuale della propria teoria da quella nata al MIT. Benché il biologo viennese avesse riconosciuto il ruolo fondamentale di Wiener in questo ambito della conoscenza, egli sottolineava ripetutamente l'innovatività della Teoria Generale dei Sistemi, non credendo di avere un debito nei confronti del matematico americano⁵⁵. Bertalanffy si appellava al fatto che le due prospettive erano nate e prosperate separatamente, in diversi contesti disciplinari oltretutto in differenti paesi e aspettavano, casomai, di venire esaminate l'una in relazione all'altra poiché, a suo giudizio, era da un'analisi comparata che entrambe avrebbero potuto trarre un ulteriore beneficio⁵⁶. Così facendo Bertalanffy si tutelava da possibili tentativi che minassero la portata della sua ideazione e, tuttavia, per molti, la teoria dei sistemi rappresentava sostanzialmente un consono complemento della cibernetica (Conway, Siegelman, 2005; Pushkin, Ursul, 1994). Oltre a concetti chiave come omeostasi, informazione, feedback, autorganizzazione, o l'apparato di assiomatizzazione formale sostenuto dall'utilizzo di modelli, le due prospettive condividevano un aspetto ben più importante: gli obiettivi metodologici che miravano a comprendere, governare e dunque descrivere con precisione matematica l'attività dinamica di sistemi sia

⁵⁵ Nella Prefazione all'edizione del '71 della GST (General System Theory) Bertalanffy ribadiva con fare deciso: «Sono stato io a introdurre, una trentina d'anni or sono, l'ipotesi e il nome stesso di una teoria generale dei sistemi. A partire da allora la teoria generale dei sistemi – sotto questo nome o altre definizioni consimili – è diventata una disciplina pienamente riconosciuta come tale, con corsi, testi e antologie a livello universitario, con riviste specializzate, congressi, gruppi di ricerca, centri e con tutto il resto di quel bagaglio che è caratteristico di un settore accademico di insegnamento e di ricerca. Così l'ipotesi di una “nuova scienza”, che io stesso ho enunciato, è diventata una realtà.» (2004, p. 11).

⁵⁶ Bertalanffy non fece mai parte delle conferenze Macy e accusò apertamente la cibernetica di mettere in ombra la nozione di “sistema” che, invece, doveva esserle centrale. Ciò nonostante egli propose a Wiener di approfondire i nessi tra la cibernetica e la teoria generale dei sistemi convinto che l'operazione avrebbe sortito i suoi frutti, ma Wiener, benché fu molto cordiale nel rispondere alla sua lettera, non soddisfò questa proposta con il risultato che tra i due non venne mai a stabilirsi né un sodalizio umano né una collaborazione scientifica (Conway, Siegelman, 2005).

viventi che artificiali allo scopo di poterla poi opportunamente prevedere. Comunicazione e controllo erano sicuramente alla base anche della teoria dei sistemi, ma a Bertalanffy andava comunque il merito di aver puntato tutto su una nozione strategica, che aveva in sé la potenza di convogliarne immediatamente altre – come interazione e interdisciplinarietà – racchiuse nel concetto euristico di “sistema”:

E' in tale impostazione concettuale che [...] viene affrontata la trasformazione da elementi a sistemi aventi proprietà diverse e non riconducibili a quelle degli elementi che interagiscono tra loro. L'attenzione è sul concetto di *interazione* che avviene quando il comportamento di un elemento modifica quello di un altro. [...]

Il costituirsi di sistemi dovuto all'interazione tra componenti è una rappresentazione di cruciale importanza in applicazioni e teorie disciplinari. Lo schema dell'interazione tra componenti è diventato poi quello dell'*interdisciplinarietà*, quando l'interazione è tra approcci e conoscenze disciplinari, dando vita all'aspetto più generale dell'impostazione, riferendosi ad esso con il termine *sistemica*. (Minati, 2004, p. 4).

L'introduzione del concetto di sistema portò con sé l'idea che le singole componenti in esso contenute, unendosi in reciproche connessioni, divenissero altro da come apparivano prese singolarmente, e ciò proprio per effetto dell'interazione che si andava stabilendo. L'interazione modificava le proprietà degli elementi a livello strutturale e da ciò scaturiva un principio sistemico di *emergenza* poiché il sistema in un modo o nell'altro diventava “maggiore” rispetto alla somma delle sue parti. Semplice ma non per questo meno esemplificativa, tale formula denotava un universo filosofico che solo parzialmente apparteneva a quello di Bertalanffy che, sin dal principio, era andato alla ricerca di modellizzazioni forti a sostegno della sua tesi. Inoltre il suo lavoro era partito dalla premessa di dover negare caratterizzazioni tendenzialmente

olistiche dei sistemi: Come nota Kamaryt: «von Bertalanffy's attitude differed from the agnostic attitude of the “holistic” school. He maintained that *specificities of organic structures should be discovered, without introducing supernatural factors, or a metaphysical absolute notion of wholeness*⁵⁷» (1973, p. 77).

La tendenza ad inquadrare i fenomeni vitali all'interno di una sempre più precisa trama formale, in accordo alle leggi naturali, divenne sempre più centrale nel lavoro di Bertalanffy che identificava gli organismi viventi con una specifica forma di movimento della materia (Kamaryt, 1973). «We must conceive living beings as systems of a specific type, as systems of elements in mutual dynamic interaction, and discover the laws that govern the pattern of parts and processes.» (Bertalanffy, 1937 cit. in Kamaryt, 1973, p. 77).

Il problema della contrapposizione tra meccanicismo e vitalismo che l'organicismo tentava di risolvere risaliva ad un'altra questione filosofico-scientifica, quella relativa ai livelli di spiegazione dello sviluppo individuale dell'organismo alla quale H. Spemann, H. Driesch, J. Shaxel, W. Roux o P. Weiss cercavano una risposta su base chiaramente ontogenetica⁵⁸. Bertalanffy propose una sua teoria della *crescita biologica* che attingeva da diversi settori non solo della biologia – come fisiologia, genetica, embriologia sperimentale o evuluzionismo – ma anche dalla fisica teoretica, dalla neurofisiologia, dalla psicologia o dalla filosofia⁵⁹. Questa concezione venne da lui ampiamente sviluppata nella teoria

⁵⁷ Ciò – prosegue Kamaryt – era stato posto in luce dal pensatore olista Adolf von Meyer che nella prefazione ad un testo di John S. Haldane (1936) aveva preso le distanze da Bertalanffy affermando appunto che la biologia organicista di cui si faceva portavoce non aveva nulla a che vedere con l'olismo (Kamaryt, 1973).

⁵⁸ Fino a quel momento la “crisi in biologia” concerneva la questione del metodo, se questo dovesse essere sperimentale o osservativo, in particolare, nello studio della morfologia degli organismi.

⁵⁹ Come nota Hofer (2000), Bertalanffy was indeed shaped by his scientific contacts, friendships and discourses with the biologists working at the Prater-Vivarium on the one hand and by some members of the Wien Kreis (Vienna Circle) on the other.

generale dei sistemi dove prendeva le mosse dalla teoria biofisica degli organismi intesi come sistemi aperti al passaggio di energia e materia e giungeva a disegnare una teoria filosofica in cui gli spazi disciplinari erano aperti l'uno alle influenze dell'altro. Similmente a Wiener e Rosenblueth, Bertalanffy credeva che la scienza moderna fosse caratterizzata da una specializzazione crescente che si era resa necessaria per la presenza di una grande quantità di dati che a loro volta avevano reso ovvio il suo scindersi in numerose discipline e sotto-discipline (Bertalanffy, 2004).

Sulla sua ipotesi della crescita biologica, Paul A. Weiss ebbe profonda influenza. Biologo e morfologo austriaco, a lui andò il merito di aver formulato una prima teoria dei sistemi in biologia che metteva in rapporto morfologia, fisiologia e neurofisiologia (Hofer, 2000). Weiss era interessato a comprendere i processi correlativi tra funzioni e strutture in relazione alla crescita del sistema nervoso degli organismi, una questione che egli tentava di risolvere sul piano teoretico, impiegando una visione sistemica, e sul piano sperimentale, lavorando alla comprensione dei processi di generazione e trapianto dei tessuti nervosi. La sua tesi di laurea descriveva il sistema di reazione nervosa delle farfalle agli stimoli esterni luminosi. Egli opponeva al modello riflessologico tipico delle ricerche di Jacques Loeb – che interpretava l'eliotropismo delle falene come un effetto fisico-chimico necessario causato meccanicamente nell'organismo dalla fonte luminosa (Cordeschi, 1998) – un'interpretazione sistemica basata sulla auto-organizzazione *gestaltica* dei circuiti di regolazione. Contiguo anch'egli come von Foerster e von Bertalanffy al Circolo di Vienna, Weiss condivideva il pensiero di Shlick e, soprattutto, riconosceva un debito nei confronti di Mach dal quale aveva ereditato il lessico psicofisico, l'atteggiamento monista e

l'antiriduzionismo in filosofia della scienza⁶⁰. Bertalanffy, al contrario, dimostrava una certa riluttanza nel riconoscere l'influenza che i suoi maestri avevano avuto sulla gestazione della teoria dei sistemi, sostenendo più tardi, nel '69, di essersi allacciato al gruppo berlinese della Società per l'Empirismo Filosofico con cui si sentiva sicuramente più in sintonia⁶¹. Benché fosse chiara la sua vicinanza alle teorie morfodinamiche di Weiss soprattutto nel libro che pubblicò nel '28, *A Critical Theory of Morphology*⁶², in cui aveva seguito alla lettera il suo lavoro, egli non ne fece alcuna menzione in quel contesto; e solo in seguito scrisse sommariamente che era alle ricerche di Weiss che si stava riferendo all'epoca⁶³ (Hofer, 2000).

Quello, per Bertalanffy, fu l'inizio di una scalata che muoveva da questioni come lo sviluppo ontogenetico, la teoria della crescita e la biologia quantitativa, per dirigersi verso la ricerca sul cancro e l'elaborazione della teoria dei sistemi aperti in biofisica, fino ad approdare alla costituzione nel '54 della *Society for General Systems Research*, società nella quale collaborava a stretto contatto con un matematico e biologo russo emigrato negli Stati Uniti, Anatolij Rapoport. Questa sua intensa attività culminò poi nella pubblicazione della *Teoria Generale dei Sistemi*

⁶⁰ Scriveva infatti citando Mach letteralmente: «Allow me to touch on the reasons that may be led Loeb to his schematised perception: he is under the spell of precisely that materialistic tendency in biological research which does not see its essential task in establishing the discipline's phenomenons, that is to establish laws of the possibly most comprehensive kind for the relationships existing among the singular phenomenons of its field, but to divide the phenomenons of biology singularly to physics and chemistry. It would absurd to discuss the possibility or impossibility of such ventures» (Hofer, 2000, p. 7).

⁶¹ Bertalanffy non rimase particolarmente legato al circolo di Moritz Schlick: come egli ammise nella *Teoria Generale dei Sistemi* (parlando di sé in terza persona): «il suo interesse per il misticismo tedesco, il relativismo storico di Spengler e la storia dell'arte, e altre simili attitudini non ortodosse, gli hanno impedito di diventare un buon positivista» (2004, p. 38).

⁶² L. von Bertalanffy, *Kritische Theorie der Formbildung*, Berlin, Gebruder, Borngraeder, 1928.

⁶³ Ma c'è motivo di credere che tra i due non scorressero buone acque: Weiss si lamentò del fatto che Bertalanffy non avesse riconosciuto il suo debito nei confronti della visione organicista e sistemica che lo aveva condotto all'elaborazione della teoria dei sistemi. I due si erano incontrati diverse volte nel 1922, avendo avuto la possibilità di discutere ampiamente di queste tematiche (Hofer, 2000).

che dava un'impostazione ramificata e multidisciplinare al complesso di ricerche iniziate vent'anni prima.

Se Bertalanffy non aveva dato particolare risalto all'opera di Weiss e, in generale, al sottobosco di ricerche che interessavano l'ecclettico ambiente viennese fu anche perché si stava dirigendo verso un'interpretazione sempre più fisico-matematica dei fenomeni di crescita, anziché biologica, che era basata sulle leggi della termodinamica. E come Wiener, inoltre, spiegava il loro sviluppo in termini di crescita e decrescita della misura di entropia. Bertalanffy applicava la termodinamica ai cosiddetti “sistemi aperti” che egli distingueva nettamente dai sistemi chiusi che non esistevano sotto forma biologica e biofisica⁶⁴. Un concetto chiave che egli introdusse a questo stadio fu quello di *organizzazione dinamica dei sistemi viventi* che, proprio perché biologici, non avevano una struttura prefissata, essendo interamente soggetti a processi di organizzazione dinamica. Se gli organismi erano sistemi aperti ciò significava che le loro componenti erano impegnate in un interscambio particellare continuo con il mondo esterno (Kamaryt, 1973). Questo approccio, nota Kamaryt, Bertalanffy lo ereditò dall'embriologia dell'epoca, in parte scissa tra preformismo ed epigenesi:

Bertalanffy expressed these ideas especially with respect to development; and later progress in embryological research has brilliantly confirmed this way of thought, notably in the *idea of the unity of the principles of epigenesis and preformation*, and secondly in the *idea of primary and secondary types of regulation*. [...] Bertalanffy expressed it in the sentence, “Development is epigenetic in principles, although preformistic traits are not lacking, which was confirmed in the development of modern embryology. Embryonic induction by interaction of tissues as an epigenetic process is

⁶⁴ I sistemi chiusi contemplati dalla fisica convenzionale erano quei sistemi opportunamente isolati dalle circostanze esterne: «in tal modo la fisico-chimica ci parla delle reazioni, delle loro velocità e degli equilibri chimici che alla fine si stabiliscono in un recipiente chiuso nel cui interno sono stati posti a contatto certi reagenti. La termodinamica dichiara esplicitamente che le proprie leggi sono unicamente applicabili a sistemi chiusi» (Bertalanffy, 2004, p. 75).

basic to the application of biocybernetic and information-theoretical notions in the theory of development (Kamaryt, 1973, p. 81).

Ad ogni modo Bertalanffy non condivise molte delle critiche che biologi del tempo impegnati in una serrata ammonizione dell'unità discreta denominata “gene” muovevano alla genetica, e valga come caso esemplare quello di Richard Goldschmidt, uno dei primi ad aver conciliato genetica, sviluppo ed evoluzione. Al contrario, egli sottolineò che la genetica doveva naturalmente fondarsi sul concetto di gene sebbene lo sviluppo dell'individuo fosse piuttosto controllato – per dirla con Weismann – dal germoplasma (Kamaryt, 1973).

Bertalanffy vedeva ogni processo biologico e biofisico come “sistema aperto” regolato da una rete di scambi molecolari. E col tempo cominciò ad estendere la sua concezione, maturata in ambito scientifico per ciò che concerneva l'attività biofisica degli organismi, al campo della filosofia, dell'epistemologia e alla metodologia. Più la sua teoria dei sistemi maturava, più diveniva astratta e generale, abile nel trovare riscontro non solo nelle scienze naturali, ma anche nelle scienze umane. La concezione di sistema aperto che egli mise a punto trascendeva lo studio delle reti metaboliche nello scambio e trasformazione di elementi bio-chimici (dal quale infondo era partito) per attraversare disparati campi della conoscenza e imporsi come paradigma indiscusso della contemporaneità:

Ciò che conta infatti è l'introduzione di un nuovo paradigma. Sempre parlando in termini generali, si possono indicare tre aspetti principali i quali non sono affatto separabili tra di loro per quanto riguarda i contenuti, pur essendo distinguibili in riferimento alle finalità. Il primo aspetto è quello che può essere sussunto sotto la voce di “scienza dei sistemi”: e si tratta allora della ricerca e della teorizzazione scientifica rivolta ai “sistemi” all'interno delle varie scienze (ad esempio la fisica, la biologia, la psicologia, le scienze sociali), e della teoria generale dei sistemi intesa come una

dottrina dei principi che sono applicabili a tutti i sistemi (o a delle sottoclassi ben definite di sistemi). (Bertalanffy, 2004, p. 13).

In questo modo Bertalanffy indicava sia una prospettiva scientifica – quella di osservare e studiare ciò che ci circonda in termini di sistema – sia una metodologia di pensiero, un nuovo approccio che suggeriva i principi e le caratteristiche fondamentali condivise da tutti i sistemi. Egli giungeva a formulare una vera e propria metafisica o meglio, come sostenne lui stesso:

Una *filosofia dei sistemi*, e cioè un nuovo orientamento del pensiero e dell'elaborazione di un'immagine del mondo che segue all'introduzione del "sistema" inteso come nuovo paradigma scientifico (in contrasto con il paradigma analitico, meccanicista e dotato di una causalità unidirezionale, paradigma che è caratteristico della scienza classica). Come ogni teoria scientifica di vasta portata, anche la teoria generale dei sistemi ha i suoi aspetti "metascientifici", o filosofici (Bertalanffy, 2004, p. 15).

Preoccupato di fornire un'ontologia del concetto di sistema, Bertalanffy accusava la scienza classica che a suo parere aveva isolato gli elementi dell'universo, siano essi cellule, enzimi, sensazioni o individui, per poi sperare di ricomporli in un tessuto unitario a posteriori. La dottrina da lui inaugurata, invece, contemplava non solo gli elementi, ma le loro interrelazioni e, soprattutto, gli aspetti generali che identificavano ogni sistema, indipendentemente dalla sua natura. Bertalanffy sosteneva che certi isomorfismi e certe corrispondenze erano sorprendentemente comuni in sistemi spesso completamente diversi⁶⁵ (Bertalanffy, 2004). Vi erano quindi aspetti strutturali che ricorrevano in tutti i sistemi:

«Per trattare queste nozioni sono stati sviluppati concetti, modelli e

⁶⁵ «La teoria generale dei sistemi costituisce allora l'esplorazione scientifica del tutto e della globalità, e cioè di nozioni che, sino a non molto tempo fa, erano considerate metafisiche e tali da trascendere i confini delle scienze» (Bertalanffy, 2004, p. 14).

campi matematici interamente nuovi come la teoria dinamica dei sistemi, la cibernetica, la teoria degli automatismi, l'analisi dei sistemi mediante le teorie degli insiemi, delle reti e dei grafi, e così via» (Bertalanffy, p. 14).

Da notare che la cibernetica veniva declassata al rango di modello teorico utile nella comprensione di sistemi retroattivi laddove Wiener l'aveva concepita come una scienza senza precedenti, che definiva i principi di comunicazione e controllo dei sistemi appartenenti a qualsiasi natura. Ma Bertalanffy fu anche più esplicito in merito alla subordinazione della cibernetica alla scienza dei sistemi affermando che:

la teoria dei sistemi non è “emergente dagli sforzi compiuti durante l'ultima guerra”, ma ci riporta ben più nel passato, e ha radici ben differenti da quelle connesse all'industria pesante militare e ai relativi sviluppi tecnologici. Né tantomeno si tratta di una “emergenza della teoria dei sistemi dai recenti sviluppi verificatasi nell'analisi dei sistemi dell'ingegneria” (Shaw, 1965), se non in un senso del tutto particolare dei termini.

Spesso inoltre, la teoria dei sistemi viene identificata con la cibernetica e con la teoria dei controlli. Si tratta nuovamente di un errore. La cibernetica in quanto teoria del controllo di meccanismi nella tecnologia e nella natura, e in quanto teoria fondata sui concetti di informazione e di retroazione, non è altro che una parte di una teoria generale dei sistemi; i sistemi cibernetici sono un caso particolare, per quanto importante, dei sistemi che esibiscono la capacità di autoregolarsi (Bertalanffy, 2004, p. 44).

Inoltre, prosegue Bertalanffy, benché la cibernetica si sia misurata non solo con la tecnologia – ambito dal quale è emersa – ma anche con altre scienze di base fornendo modelli concreti, tuttavia, non è stata in grado di proporre un assetto ampio e onnicomprensivo dei fenomeni sistemici, rivelandosi alla fine un'estensione della teoria delle macchine che invece avrebbe dovuto rimpiazzare⁶⁶ (Bertalanffy, 2004). Da qui si evince la

⁶⁶ Bertalanffy inoltre credeva che la cibernetica avesse disatteso le aspettative per il fatto che non

maggior trasversalità – a giudizio di Bertalanffy – della Teoria Generale dei Sistemi e il suo aver realmente attraversato le barriere dipartimentali della ricerca scientifica che Wiener aveva individuato sin dal tempo dei seminari con Rosenblueth, senza tuttavia varcare.

Se nelle affermazioni di Bertalanffy, più che collaborare o corroborarsi, le due prospettive sembravano competere per il titolo di scienza più rivoluzionaria del XX secolo, in Russia teorie dei sistemi e cibernetica furono invece dapprima respinte e poi acclamate come due facce della stessa medaglia. Ma prima di gettar luce su quelle che furono le direzioni più fruttuose dell'applicazione del pensiero sistemico in Russia e Unione Sovietica, specialmente nell'ambito delle teorie energetiche ed ecosistemiche, bisogna fare un passo indietro e ritornare ai primi del Novecento, anteriormente alle proposte teoriche di Wiener e Bertalanffy, quando in Russia fece la sua comparsa la teoria sistemica di Bogdanov, pseudonimo di Aleksandr Alexandrovich Malinovskij.

fosse applicabile indistamente ad un'ampia classe di discipline come si era creduto. Non aveva risollevato, ad esempio, la situazione politica mondiale o risolto problemi sociali e di natura psicologica (Bertalanffy, 2004). Molti erano gli ambiti in cui la cibernetica non aveva avuto alcuna influenza e che invece erano terreno di applicazione concreta per la teoria generale dei sistemi.

2. 3. *Lotta per la sopravvivenza*

Moritz Schlick, supervisore del lavoro di Bertalanffy e autore di un'opera, *Teoria generale della conoscenza*⁶⁷ a cui, almeno nel titolo, quest'ultimo si era ispirato, era a conoscenza del pensiero del medico, filosofo e scrittore machista noto con lo pseudonimo di Aleksandr Bogdanov, e ne aveva fatto menzione durante alcune sue lezioni (Zeleny, 1988). Questi aveva formulato una teoria generale dell'organizzazione, da lui denominata *Tektologia*, che era stata pubblicata in Russia in 3 volumi rispettivamente nel 1913, nel 1917 e poi nel 1922. Con ogni probabilità Schlick aveva appreso il pensiero di Bogdanov da questo volume enciclopedico probabilmente non nella sua versione originale in russo, ma nella traduzione tedesca che era stata pubblicata a Berlino nel 1926 e successivamente nel 1928 con il titolo di *Allgemeine Organisationlehre: Tektologie (Scienza generale dell'organizzazione: Tektologia)*. Il supporto di Schlick a Bogdanov si riconduceva ad una matrice comune – il machismo – di cui Bogdanov era un fervido esponente e Schlick un prosecutore al Circolo, ma era stata la difesa della teoria della relatività di Einstein a fungere da terreno per una loro reale collaborazione⁶⁸. Il volume pubblicato nel 1923 a Mosca con il titolo di *Teoriya otноситel'nosti* (Teoria della relatività) raccoglieva, infatti, i contributi di 4 autori e due di questi erano proprio Schlick e Bogdanov⁶⁹.

La teoria di Einstein non incontrava l'appoggio indiscusso di tutti i

⁶⁷ Pubblicata nel 1918 con il titolo *Allgemeine Erkenntnislehre*.

⁶⁸ «Bogdanov was naturally a strong defender of Einstein's theory of relativity and a creative follower of Ernst's Mach monism. Moritz Schlick (1882-1936), of the Vienna Circle of logical positivists, backed Bogdanov in his lectures [...]» (Zeleny, 1988, p. 332).

⁶⁹ Gli altri due erano V. A. Bazarov e P. S. Yuskevich; quest'ultimo aveva tradotto in russo l'intervento di Schlick sul volume.

marxisti russi negli anni '20 e, anzi, vi era un clima di sospetto intorno al fatto che potesse trattarsi di una forma di idealismo in fisica. Come nota Kojevnikov: «Some aspects of Eisenstein's philosophical views appealed to Marxists, some others aroused suspicions in them. As Vuhinich describes it, their typical choice was between criticizing Einstein's philosophical “mistakes” and developing “dialectical-materialist” interpretations of relativity, translating its philosophy into Marxist language»⁷⁰ (2002, p. 59). Ma ben più preoccupante dell'appoggio alla teoria della relatività di Einstein, per Bogdanov, vi era quello alla psicofisica di Mach contro cui Lenin stava conducendo una vera e propria crociata politico-ideologica, colpendo in particolare lui e la cerchia eretica cui era a capo⁷¹.

Esponente del machismo russo, ala marxista “creativa” che si era dissociata dalla fazione leninista ortodossa andando a costituire una corrente filosofico-politica a se, Bogdanov si era trovato di fatto, per breve tempo, a capo del movimento bolscevico, alla cui costituzione aveva contribuito con Lenin sin dal 1900 (Cioni, 2006). Inizialmente suo braccio destro sul campo e portavoce negli ambienti intellettuali, Bogdanov aveva preso le distanze da Lenin in seguito alla difesa di un'interpretazione epistemologica dei processi conoscitivi che sanciva un distacco netto dall'interpretazione materialistico-dialettica del marxismo. Ispirandosi all'empiriocriticismo di Avenarius e alla psicofisiologia di Mach, Bogdanov concepiva la conoscenza come un processo collettivo di *organizzazione* dell'ambiente circostante. Per il machista russo l'esperienza dell'individuo trova compimento e si risolve solo nella

⁷⁰ Sulla ricezione della teoria di Einstein in Russia e Unione Sovietica si rimanda a Vucnich, 2001.

⁷¹ L'opera di Lenin *Materialismo ed Empiriocriticismo* pubblicata nel 1909, riportava infatti aspre critiche contro Mach, Avenarius e la schiera di intellettuali russi, tra cui Bogdanov, che si erano ispirati alle loro teorie prendendo le distanze dalla linea ufficiale materialista-dialettica.

dimensione dell'esperienza collettiva necessaria perché si produca organizzazione. Pertanto, l'azione va interpretata dapprima sul piano sociale che individuale. L'attività sociale e trasformativa era alla base di ogni aspetto della vita umana, anche delle complesse dinamiche che condizionano la produzione della scienza come complesso di pratiche organizzate in direzione la manipolazione di un contesto comune.

In questo modo egli rifiutava la “teoria del riflesso” leniniana secondo cui la conoscenza avrebbe dovuto rispecchiare nel suo sviluppo la realtà esterna in modo oggettivo, e vi opponeva una concezione “empiriomonista”, ovvero che riconosceva il carattere monistico, organizzazionale ed evolutivo alla base della genesi dei processi cognitivi. La conoscenza, anche quella più sofisticata, si legava a un'esperienza sin dal principio collettiva che si esplicava nell'attività umana di manipolazione e gestione del proprio ambiente di vita. Le radici della conoscenza andavano rintracciate all'interno di un contesto sociale condiviso dove, anziché dominare l'enunciato, come aveva sostenuto Avenarius, per Bogdanov dominava *l'azione*. Ne scaturiva una visione genealogica dell'esperienza in continuità con l'empiriocriticismo e il machismo precedenti, e che si agganciava in modo non forzato, però, anche alla psicologia costruttivista che sarebbe comparsa successivamente. Favorendo la spiegazione del processo conoscitivo per mezzo di un'epistemologia dell'azione Bogdanov si opponeva, inoltre, all'utilizzo del termine “verità” per designare l'infallibilità delle nostre facoltà percettive nei confronti della realtà esterna. Come nota Milan Zeleny, «Bogdanov published seminal works on the evolution of knowledge and cognition. Following the paths of Mach and Avenarius he insisted that the key to knowledge lies in its *organization* not in a mechanistic search of its “reality” of “essence”» (1988, p. 337). In *Fede e*

Scienza, Bogdanov accusava Lenin di ipostatizzare la conoscenza, incapsulandola in un meccanismo di messa a fuoco e registrazione del dato esterno che non contemplava alcun elemento di interazione dinamica dell'io psichico con l'ambiente. Tra le due sponde – il soggetto nell'atto di conoscere e l'ambiente a lui esterno – sussisteva, a suo modo di vedere, un dualismo abissale, che Lenin sanava artificialmente per mezzo dei concetti di riflesso e approfondimento, i quali per Bogdanov rappresentavano, invece, quanto di più distante dalla genesi dell'esperienza conoscitiva. Egli approfondì la questione dell'evoluzione della conoscenza ponendo l'accento sulla premessa fondamentale che la genesi del processo conoscitivo risiede in un'attività di organizzazione, piuttosto che in nozioni di stampo meccanicista sensibilmente legate alla convinzione che vi sia una scissione tra funzioni motorie e funzioni percettive⁷². Ciò che usualmente chiamiamo “naturalità” del mondo appare quindi, proprio come pensava Bogdanov, un prodotto delle relazioni pragmatiche, attive, di un soggetto che diventa così l'agente di un rapporto correlativo di donazione di senso reciproco con l'oggetto. E siccome in presenza di un oggetto anche di estrema semplicità i progetti d'azione che lo possono riguardare sono tutt'altro che univoci e obbligati, anzi appaiono svariati e anche estremamente diversificati, se ne ricava la conseguenza che lo stesso oggetto può essere visto in molteplici modi, a seconda dell'atto motorio e del conseguente scopo del soggetto agente. Pertanto, come aveva sostenuto Mach, l'oggetto cessa di esistere per sé stesso, ed è *per noi* solo in quanto si trova a essere in un rapporto di relazione intenzionale e pragmatica con un agente potenziale.

Queste ricerche inducono quindi ad abbandonare l'idea di un mondo

⁷² Oggi questa scissione viene radicalmente messa in discussione dalle neuroscienze, i cui sviluppi hanno messo in crisi il classico schema percezione, cognizione, movimento. Ormai sappiamo infatti che la percezione è immersa nella dinamica dell'azione, e il sistema motorio non è isolato dal resto delle attività cerebrali.

precostituito e di un vivente dotato unicamente di capacità rappresentative (Morabito, 2013). Si approda, invece, a una comprensione sistemica e organizzazionale delle dinamiche alla base dell'interazione co-evolutiva di individuo e ambiente. Se atto percettivo e atto motorio sono dimensioni strutturalmente integrate, allora la conoscenza ha a che fare, come suggeriva Bogdanov, con *l'organizzazione* dell'ambiente esterno, non con l'immagine riflessa di esso. Bogdanov si dedicò a questa problematica proprio in *Empiriomonismo* (1910) che stabiliva la rottura decisiva con Lenin e il materialismo dialettico e, successivamente, la sua esclusione dal movimento bolscevico. L'opera conteneva l'esposizione filosofica della sua visione monistica della conoscenza, che si risolveva in una comprensione altrettanto monistica della natura. Bersaglio privilegiato delle accuse di Lenin erano primariamente le fonti, a suo giudizio reazionarie, alle quali Bogdanov si era ispirato nell'elaborazione della sua teoria, ovvero, le filosofie che negavano l'esistenza della materia o che predicavano in qualche modo la sua inconoscibilità oggettiva. Mach, in effetti, considerava la materia un costrutto teorico utile alla rappresentazione di certi fenomeni, e questa convinzione lo aveva portato a discutere con Max Planck, alle soglie della rivoluzione quantistica, sulle condizioni reali di esistenza dell'atomo. Bogdanov riprese molte delle posizioni machiste, integrandole con alcuni elementi innovativi che confluirono nella sua personale visione empiriomonista dell'esperienza conoscitiva. Espulso dalla vita politica della Russia post-zarista che celebrava la vittoria dei moti leninisti, pur continuando ad esercitare una certa influenza negli ambienti culturali per la sua densa e multiforme attività scientifica, Bogdanov non perse la dedizione nello studio e la ricerca. Il suo pensiero subì una censura aspra e profonda a causa delle controversie che egli ebbe con Lenin a seguito

della pubblicazione di *Empiriomonismo* e, successivamente, di *Fede e Scienza*⁷³. Proprio a questo proposito, secondo lo storico scozzese James White, ciò spiegherebbe i motivi della difficoltà nella ricostruzione della biografia di Bogdanov, delle attività che portò avanti dopo l'allontanamento dal bolscevismo, nonché la percezione che si ebbe della sua figura, all'interno e all'esterno della Russia:

Bogdanov's intellectual and political biography is singularly difficult to reconstruct because his exclusion from the historical record in the Soviet Union took place at a time before even the primary sources had been assembled to write the history of Social Democracy in Russia. The establishment of Istpart, the organisation to collect and publish materials on the Russian revolutionary movement, took place practically simultaneously with the republication of Lenin's *Materialism and Empirio-Criticism* as part of a renewed offensive against Bogdanov and his ideas (White, 1981, p. 33).

Non solo le sue opere ma anche tutte quelle che contenevano esplicito riferimento a Bogdanov vennero soppresse con l'avvento dello stalinismo. E non bisognò attendere il '28, anno della sua morte, per farne perdere le tracce. Persino in Russia, al tempo in cui Bogdanov-Malinovskij era ancora in vita vi era incertezza diffusa riguardo a quale fosse il suo reale profilo biografico. Erano in pochi a sapere che i tre “diversi” Bogdanov, lo scienziato, il Marxista e lo scrittore di romanzi di fantascienza, attività alla quale si dedicava sin dai tempi della propaganda marxista, erano esattamente la stessa persona: «The confusing “trinity” of Bogdanov's persona has been perpetuated in the historical record» spiega Krementsov

⁷³ «Empiriomonism and the subsequent achievements of Bogdanov were consigned to oblivion. In the philosophical community of socialist countries for many decades of the XX century Lenin's interpretation of Bogdanov's philosophical writings was paramount. The outcome of those discussions for Bogdanov, on a personal level, was his practical excommunication from revolutionary activity. But every cloud has a silver lining and from the second decade of the XX century Bogdanov completely dedicated himself to scientific work» (Sadovskij, Kelle, 1996, p. 12).

(2011, p. 3) nel suo saggio che ha l'obiettivo di ritrovare quell'unità nel personaggio di Bogdanov a lungo sgretolata dal veto di regime e non ancora ricostruita in modo coerente dalle numerose trattazioni compiute di recente, da quando Bogdanov è ritornato ad essere oggetto di interesse per gli storici.

Nato nel 1873 da una famiglia di insegnanti, mostrando subito del talento nello studio delle scienze naturali, si era poi trasferito a Tula per iscriversi al ginnasio⁷⁴. Terminati gli studi con il massimo dei voti e una menzione d'onore, partì alla volta di Mosca dove si immatricolò alla facoltà di scienze naturali della prestigiosa università russa. Presto si unì ai moti rivoluzionari dell'84 e insieme ad altri studenti venne arrestato e costretto a lasciare gli studi. In esilio a Tula continuò le attività politiche, entrando in contatto con gli operai delle fabbriche ai quali insegnava l'economia, la politica e la filosofia⁷⁵ (White, 1981, Kremmentsov, 2011). Nel frattempo, una volta trascorso l'esilio, Bogdanov si iscrisse alla Facoltà di medicina di Kharkov questa volta riuscendo a completare gli studi nel 1899, specializzandosi in psichiatria. Gradualmente, durante gli anni universitari, cominciò ad interessarsi al marxismo e alle filosofie moniste, ampiamente presenti nella filosofia greca, rinascimentale e tedesca, nel tentativo di elaborare una propria visione filosofica. Nello stesso anno in cui si laurea, Bogdanov viene nuovamente arrestato per le sue attività di propaganda e inviato prima a Kaluga, vicino Mosca, e poi a Vologda, più a Nord, dove incontrerà altri esiliati politici tra cui Anatolij Lunacharskij – un amico, un collaboratore e una figura che sarà centrale nella sua vita. Qui a Vologda Bogdanov servì come medico in un

⁷⁴ Per una biografia dettagliata di Bogdanov si rimanda a Kremmentsov (2011); Yagodinskij (2006) e a Biggart et. al. (1998).

⁷⁵ Le lezioni che Bogdanov tenne nelle scuole operaie a Tula vennero poi raccolte nel *Breve compendio di scienze economiche*, (*Kratkij kurs ekonomičeskoj nauki*) poi pubblicato nel 1897 a Mosca (Kremmentsov, 2011).

ospedale psichiatrico mentre si dedicava allo studio della filosofia e all'organizzazione, con gli altri compagni d'esilio, dei moti rivoluzionari che sarebbero sfociati nella mancata rivoluzione del 1905 (Krementsov, 2011). Fu nel 1904 che incontrò Lenin per la prima volta unendosi contro i menscevichi nella costituzione della fazione bolscevica. Nel comitato Bogdanov serviva come membro e come intellettuale di rilievo, essendo a capo della direzione editoriale della maggiore rivista di partito, *Proletarij*. I suoi impegni, infatti, non erano esclusivamente di carattere amministrativo. Egli era impegnato nell'elaborazione di una propria teoria filosofica ed epistemologica che coniugava marxismo, machismo ed empiriocriticismo convinto che una loro fusione non contraddicesse affatto il materialismo di Marx – come Lenin asseriva – ma lo ampliava potendo casomai essere inteso come un *revival* piuttosto che come una censura del marxismo (Boll, 1981):

In the middle of the first decade of the XX century the combination of basic concepts of Marxian social philosophy with the ideas of Machism and empiriocriticism was considered by Bogdanov to be a very promising area, but in this endeavour he never left the domain of Marxism and never became merely a supporter of E. Mach and R. Avenarius. Therefore the empiriomonism developed by him at that time is not only and not just a variation on the Machist theme but, rather, is a real attempt to integrate some of the more interesting ideas of modern philosophy, and which would therefore promote the improvement of Marxian philosophy. (Sadovskij; Kelle, 1996, p. 11).

Bogdanov non ipostatizzava il marxismo, non ritenendolo affatto una prospettiva che doveva rimanere invariata nel tempo: nonostante la sua profonda ammirazione per Marx, Bogdanov era ben lontano dall'idolatria. Egli sottopose gli insegnamenti di Marx allo stesso e identico esame cui era soggetta ogni altra teoria che egli considerasse di

una certa importanza (Gorelik, 1983). Si trattava, dunque, di attuare nel marxismo una svolta; di lavorare ad un suo sviluppo cercando di prendere quanto di utile e legittimo fosse stato prospettato da Marx ed Engels e portarlo nella contemporaneità, arricchendolo di nuovi risvolti e nuovi esiti: «Bogdanov adopted what he considered to be the two most fundamental ideas of Marx; namely, that the task of philosophers is not only to interpret the world, but also to change it, and that social consciousness is determined by social existence» (1983, p. 49). Fondamentale per Bogdanov era l'integrazione del Marxismo con le scienze naturali e la diffusione della cultura scientifica che in Occidente progrediva verso inaspettati avanzamenti.

Per Lenin le teorie di Mach e Avenarius negavano il concetto strutturale di “materia” su cui si fondava il materialismo dialettico engelsiano e, di conseguenza, negavano anche l'esistenza del mondo esterno la cui conoscenza nell'uomo era sapientemente riflessa dalla cognizione. La neutralità dei complessi di elementi fisici e psichici dichiarata da Mach nella sua *Analisi delle Sensazioni* aveva soppresso quel dualismo di fondo che assicurava la possibilità stessa della conoscenza per il fatto di presupporre sia l'esistenza del mondo esterno che della mente umana. Qualunque monismo, oscurando questi due capisaldi in ragione di un connessionismo ambiguo e olistico, che non presupponeva alcuna esatta distinzione dei due domini (psichico e fisico), veniva tacciato di possedere tratti borghesi e reazionari. Bogdanov era il primo della lista dei traditori del materialismo dialettico per Lenin, colui che aveva introdotto il marxismo presso le masse e da cui si sentiva minacciato per la sua ardita capacità critica nelle scienze come nelle arti. Bogdanov in effetti possedeva l'atteggiamento più scientifico tra i machisti russi (Strada, 1994). Non in ultimo, Lenin era preoccupato per il favore di cui

aveva goduto presso gli operai e gli intellettuali dell'epoca e diresse contro di lui tutti i suoi sforzi nel tentativo di negare ogni legittimità al suo pensiero. Nonostante questo, come ricorda Vucinich:

Although he was ignored by the wide spectrum of idealistic philosophers and bitterly condemned by orthodox Marxists, including both Plekhanov and Lenin, Bogdanov was one of the most original, productive, and accomplished Russian social philosophers of his generation. Few Russian sociologists matched the depth of his analysis, the scope of his interests, and the courage of his pioneering zeal (Vucinich, cit. in Boll, 1981, p. 58).

La lotta al pensiero di Bogdanov non bastò a scoraggiare la ripresa di alcune sue idee da parte di noti esponenti politici sovietici che ebbero un peso indiscusso nel consolidamento del Marxismo. La visione organizzativa e sistemica della natura alla base della sua *Scienza generale dell'organizzazione* sarà fonte di ispirazione per un *leader* della rivoluzione bolscevica caduto in disgrazia, Nikolaj I. Bukharin, Direttore della *Pravda*, il maggiore organo di stampa di partito, cui spetterà una tragica sorte nel triste 1938, un anno spietato per la scienza e la cultura sovietica, quando il 15 marzo veniva sparato alla nuca nello scantinato della prigione di Lubjanka a Mosca. Riflettendo sulle interrelazioni tra teorie e prassi, Buharin (come prima di lui Bogdanov) notava che il problema della conoscenza del mondo esterno doveva essere affrontato come il problema della sua trasformazione e, di conseguenza, il problema della teoria costituiva parte integrante del problema della pratica. Teoria e prassi erano innanzitutto *attività* dell'uomo sociale; la teoria non deve essere intesa come un sistema di valori pietrificati, e la prassi non doveva venire identificata con un insieme di prodotti finiti: se le consideriamo entrambe *in azione* avremo due forme di attività lavorative in continuo

sviluppo e in rapporto reciproco tra loro (Bukharin, 1977).

La riabilitazione⁷⁶ di Bogdanov, come del resto quella di Bukharin, in Unione Sovietica avvenne negli anni '80 durante il periodo di liberalizzazione culturale voluta da Michail Gorbachev, ultimo presidente sovietico prima della dissoluzione dell'URSS. Fino a quel momento non vi fu alcun tentativo di restituire una voce alla ormai sepolta filosofia empiriomonista, né tantomeno alla Tectologia che le era successiva, se non per denigrarle. Già negli anni a cui risale la traduzione dell'*Introduzione alla Cibernetica* di Ashby ovvero al 1959, A. N. Kolmogorov, matematico sovietico che ne aveva curato l'edizione russa oltreché stimato collega di Wiener, mostrava che un tentativo di riunire sotto principi generali sistemi artificiali e viventi nell'atto di elaborare una nuova scienza definita Tectologia, era stato compiuto da Bogdanov, ma in modo del tutto inappropriato rispetto ad Ashby. Secondo Kolmogorov, pur ammettendo che Bogdanov con la sua Tectologia non intendesse fondare una nuova filosofia come egli asserì, ma una prospettiva, una concezione oppure addirittura una nuova scienza, si pone tuttavia il problema del metodo e, soprattutto, dei criteri di verità di cui essa si serva per asserire la conoscenza della natura. Inoltre, continua Kolmogorov, è davvero arduo separare la filosofia e i fondamenti filosofici da una prospettiva che si propone di essere in qualche modo anche epistemologica. Da sempre la filosofia è insita nella scienza e nell'epistemologia e dunque il tentativo di Bogdanov di proclamare l'estraneità della Tectologia dalla filosofia, a suo giudizio, falliva miseramente.

Allo stato attuale non risulta che nella *Cibernetica a servizio del Comunismo*, Berg o altri suoi colleghi abbiano mai nominato Bogdanov,

⁷⁶ Per approfondire la vicenda legata alla riabilitazione di Bogdanov e delle sue opere si rimanda a Biggart et al. (1998) e a Susiluoto (1981) tra gli altri.

oppure descritto la sua opera. Non un cenno è stato fatto su questa concezione generale che essendo nota a Kolmogorov, tra coloro che introdussero il lavoro di Asbhy, doveva essere quantomeno stata udita nell'ambiente accademico associato alla cibernetica. D'altra parte, l'istituzione di una scomunica così profonda che, infondo, non si accompagnò mai ad un'esecuzione, ad una punizione corporale o ad un esilio forzato, desta perplessità. Come spiegano Sadovskij e Kelle, Bogdanov era rientrato in Russia nel 1914 non troppo tempo prima dello scoppio della grande guerra e aveva poi prestato soccorso come medico al fronte. Dopo la rivoluzione del '17 gli era stata assegnata la cattedra di economia politica all'Università di Mosca; inoltre era divenuto membro dell'Accademia socialista e del suo presidio. Ma cosa più sorprendente: era stato incaricato di occuparsi della traduzione delle opere di Marx ed Engels, venendo coinvolto nel dibattito sull'economia russa degli anni '20 cui diede particolare impulso. Quello fu anche il maggior periodo di attività del *Proletkul't*, un'istituzione educativa a sfondo artistico e letterario da lui creata allo scopo di insegnare i principi e i fondamenti di una nuova cultura proletaria che fosse destinata, appartenendovi del tutto, alla classe dei lavoratori. Bogdanov vedeva nell'ideologia lo sviluppo di una coscienza collettiva che consiste nel "compito culturale", e che si esprime e manifesta nell'enucleare, dal materiale offerto dalla "base tecnica", stili di pensiero, concezioni generali del mondo ad essa corrispondenti, per organizzarle, poi, nei diversi campi, come la filosofia, l'etica, l'arte e la politica. Nel Proletkul't Bogdanov insisteva sulla democratizzazione della conoscenza scientifica sulla base della creazione di una enciclopedia destinata ai lavoratori e da essi redatta, dell'istituzione di università per i lavoratori, e dell'impegno in favore della creazione di un'arte proletaria⁷⁷. Come rileva Jutta Scherrer, a giudizio di

⁷⁷ Si trattava di un movimento radicale che ambiva alla creazione di una cultura che avrebbe

Bogdanov, la cultura proletaria, che deve collegare sistematicamente i risultati e i metodi del sapere attualmente acquisito con l'esperienza lavorativa collettiva, con la prassi della classe operaia, può essere resa cosciente, ossia organizzata, solo da coloro che dispongono di quest'esperienza di classe. Di conseguenza questo "compito culturale" tocca allo stesso proletariato, e non ai teorici estranei al collettivo, appartenenti all'*intelligencija* borghese. Infatti, la tecnica del lavoro è profondamente estranea e ignota agli ideologi dell'*intelligencija* (Tagliagambe, Rispoli, 2015). Se è vero che la base dell'esistenza del proletariato è il processo tecnico o la produzione, e che questa è anche la fonte della lotta sociale, economica e politica, è anche vero che entrambi i settori sono determinati in uguale misura dall'esperienza collettiva.

Nel '23 Bogdanov venne arrestato e poi subito rilasciato. Da questo momento in poi si diresse nuovamente verso la professione scientifica, fondando e dirigendo nel 1926 il primo Istituto mai apparso prima interamente dedicato all'ematologia e alla trasfusione del sangue⁷⁸. Qui Bogdanov si dedicava alle nuove pratiche di trasfusione la cui conoscenza aveva potuto raffinare durante precedenti soggiorni in Inghilterra⁷⁹. Ma si immergeva, inoltre, nell'elaborazione della teoria del "collettivismo fisiologico", frutto di studi inerenti la disciplina scientifico-medica della gerontologia, branca della geriatria. Questi due anni all'istituto corrisposero agli ultimi della sua vita. Bogdanov lavorò energicamente al

salvato la rivoluzione nella quale la divisione tra organizzatori e organizzati, tra lavoro mentale e fisico, sarebbe scomparsa. Nonostante l'opposizione di Lenin, il Proletkul't non solo ispirò le arti, la letteratura e le scienze negli anni '20, addirittura l'istituzione contagiò di opposizione di lavoratori (*rabochaya oppozitsiya*) che si impegnavano per la democratizzazione delle fabbriche (Gare, 2000, p. 232).

⁷⁸ Sulla vicenda dell'istituzione del'Istituto di trasfusione del sangue (*Istitut perelivanja krovi*) diretto da Bogdanov a Mosca, si rimanda a Kremontsov (2011), volume nel quale è presente una folta lista di riferimenti bibliografici e fonti d'archivio.

⁷⁹ Lenin lo aveva inviato a Londra in qualità di consulente negli affari economici e qui si era soffermato ad apprendere le nuove tecniche di trasfusione del sangue. A proposito di queste ricerche Bogdanov citerà spesso il lavoro del medico chirurgo Geoffrey Keynes, fratello del noto economista inglese John Maynard (Hestis, 2007).

metodo di trasfusione come possibilità di applicazione della Scienza generale dell'organizzazione nella medicina, come strumento di miglioramento delle capacità vitali dell'organismo, in difesa di un'estensione della vita umana. L'idea di istituire un centro ospedaliero del genere era piaciuta addirittura a Lenin e al Ministro della Sanità RSFRCR, N. A. Semashko. Nello stesso inizio delle sue attività, l'Istituto non solo nasceva come centro di ricerca scientifica di base, ma perseguiva anche compiti pratici. Bogdanov sosteneva che nella pratica delle cliniche e dei grandi ospedali occidentali, la trasfusione del sangue fosse diventata uno strumento pienamente diffuso, ma che la Russia, paese a lungo dilaniato dalla guerra e bloccato nella sua ricerca scientifica dall'Occidente, riusciva a tenere perfettamente il passo, in questo rapporto. Poi continuava:

[...] il nostro operoso esercito produttivo con i suoi inevitabili e purtroppo troppo frequenti traumi..., richiede continuamente questo potente strumento. Dopo aver vissuto anni pesanti di guerra e rotture, indubbiamente, differenti forme di malattia del sangue aumentano e si manifestano a tutte le età, adesso più che mai. Sia le prime forme, che in modo particolare le seconde dipendono dalla tubercolosi e dalla malaria. La trasfusione nei primi casi può servire da fondamento, negli altri, può essere uno strumento di sostegno, ma non di poca importanza (Bogdanov, 1927, p. 3).

Vi era grande sostegno in Russia alle ricerche che Bogdanov portava avanti nonostante la sua reputazione di nemico del marxismo. Per un lungo periodo di lavoro nell'Istituto di trasfusione del sangue – osserva l'accademico Aleksandr A. Bogomolets – Bogdanov in una serie di casi, e anche su se stesso, dimostrò attraverso concreti metodi di ricerca la possibilità di ridare alle manifestazioni vitali dell'organismo energia e flessibilità attraverso lo strumento della trasfusione del sangue; di aumentare la capacità di lavoro dell'organismo, di allontanare

l'incombenza dell'invecchiamento.⁸⁰ In effetti le missioni scientifico-sperimentali cui Bogdanov si sottopose in prima persona comportavano importanti rischi. E come se non bastasse egli considerò la possibilità di condurre gli esperimenti maggiormente rischiosi solo su se stesso. Il dodicesimo esperimento si concluse purtroppo tragicamente, con un pesante contagio e la morte sopraggiunta il 7 aprile del 1928⁸¹. Bogdanov dedicò una parte importante all'esposizione del collettivismo fisiologico anche nella Tectologia, ma fu soprattutto nei suoi 2 romanzi fantascientifici, *Stella Rossa* e successivamente *L'ingegner Menni*, nei quali delineò una società utopica evolutasi su Marte in cui veniva praticata la trasfusione del sangue. In questi due romanzi, per altro molto popolari in Russia al tempo in cui vennero pubblicati, egli descriveva la sua idea di socialismo ideale e utopico alla quale affiancava la teoria del collettivismo del sangue che si basava su studi di protozoologia (Huestis, 2007). Sulla scia del fatto che diversi organismi unicellulari traggono beneficio dalla fusione reciproca o dallo scambio di protoplasma, Bogdanov credeva che in un modo o nell'altro questo processo avrebbe potuto portare benefici anche se praticato tra esseri umani attraverso l'unico tessuto liquido che essi possiedono: il sangue. Questo processo avrebbe rafforzato i processi

⁸⁰ Come affermano Sadovskij e Kelle, «Bogdanov considered the method of blood transfusion to be a possible method for using the ideas of tektology in medicine, as a means of increasing the vital capacity of the organism and extending human life. Both research and practical work were performed at the Institute. Bogdanov considered it desirable to perform the most risky experiments upon himself» (1996, p. 15).

⁸¹ La vicenda della morte di Bogdanov fu molto drammatica: egli decise di sottoporsi ad un esperimento di trasfusione con un ragazzo malato di tubercolosi e di malaria. Il sangue avrebbe dovuto fluire, come era logico, dal medico al paziente in modo tale che questo andasse a rafforzare l'immunità del ragazzo e potenziare il suo stato di salute, esattamente come Bogdanov credeva. Purtroppo però, per ragioni che ancora non sono del tutto chiare e sulle quali sono state avanzate diverse ipotesi, il flusso sanguigno dei rispettivi partecipanti all'esperimento fluì in entrambe le direzioni: dal medico al paziente e dal paziente al medico. Bogdanov eseguì, suo malgrado, un esperimento di trasfusione multipla che lo condusse ad una morte lenta, dopo due settimane. Il ragazzo affetto da malaria, invece, sopravvisse.

Per approfondire la vicenda sulla tragica morte di Bogdanov si rimanda a Huestis (2007), Tartarin (1994), Malinovskij (2000) e Kremmentsov (2010), mentre per un approfondimento sul tipo di esperimenti Bogdanov compiva e in generale una comprensione globale dei suoi due anni all'Istituto si veda Bogdanov (1927).

vitali contrastando quelli degenerativi e dunque prolungato la giovinezza⁸² (Huestis, 2007).

La conoscenza dei processi biologici cellulari e i legami di sviluppo che legano i microorganismi era di estrema utilità negli studi di Bogdanov che trasferiva in modo analogico molti dei processi che funzionavano nel mondo vegetale e microbico a quello umano. Le ricerche sui processi elementari di sviluppo di organismi primordiali e l'immunologia erano settori di ricerca particolarmente fecondo in Russia nel periodo ottocentesco e novecentesco. Valga il caso esemplare di Ilya Metchnikoff, immunologo e batteriologo che si era occupato del processo di fagocitosi per il quale gli venne assegnato, assieme a Paul Ehrlich, il Nobel per la medicina nel 1908. Tra gli studi di Metchnikoff vi era il processo dell'invecchiamento, cosa potesse ostacolarlo e ritardarlo e, in modo associato, il fenomeno della longevità in alcune popolazioni caucasiche. Egli condusse le sue ricerche in Russia, in Italia (a Napoli), e in seguito a Parigi presso l'Istituto Pasteur dove gli venne assegnato un intero laboratorio dove condurre i suoi esperimenti⁸³. Centralità del sangue e lotta all'invecchiamento erano due aspetti fondamentali nelle ricerche di Metchnikoff. Formulando la teoria della fagocitosi egli scoprì che i globuli bianchi aggredivano le sostanze estranee penetrate nel sangue e i microbi, e dunque questo processo permetteva, attraverso determinate cellule, appunto i fagociti, di inglobare virus, loro detriti, microorganismi o batteri, alimentando in tal modo l'immunità dell'organismo.

⁸² Spiega Huestis: «He expounded this in Red Star. His Martian society is far more evolved than that of Earth, based on reason and science. This was vintage Bogdanov.

Not only did his Martians transfuse blood to replace an acute loss or need, but also exchanged it with one another to stimulate and revitalize the entire organism, thus preserving and prolonging youth. They saw this as the primary indication for blood transfusion, “ a comradely vital exchange that goes beyond ideology to the physiological sphere.”» (Huestis, 2007, pp. 337-338).

⁸³ Metchnikoff aveva conosciuto Louis Pasteur a Vienna e tra loro si era stabilita da subito una sincera complicità umana oltre che una condivisione di interessi scientifici.

Dal punto di vista della gerontologia gli si occupò a lungo dello studio dei tessuti connettivi e delle cellule cerebrali. Aveva notato che l'anzianità presenta un fenomeno di regressione del numero delle cellule cerebrali e un aumento del tessuto connettivale a scapito di quello cerebrale. A causa della vecchiaia vi era dunque la sostituzione delle cellule “nobili” con quelle connettivali più grossolane, ma che per la loro intensità di moltiplicazione erano anche più sostenitive dell'integrità del corpo. Metchnikoff definì tale processo sostitutivo “sclerosi degli organi”. Tra le cause dell'invecchiamento vi era dunque la sclerotizzazione (Fridland, 1959). Ad ogni modo, citare Metchnikoff solo nell'ambito del ruolo che ebbe nella storia dell'immunologia appare riduttivo rispetto alla diversità di campi in cui egli si applicò. Metchnikoff credeva che lo studio dello sviluppo e delle funzioni di un organismo richiedeva la comprensione della sua fisiologia nel contesto evolutivo. Era dunque un fervente evoluzionista e sostenitore della teoria di Darwin, benché, come nota Tauber, non proprio tutti gli aspetti teorici orbitanti intorno all'interpretazione del darwinismo – o che in qualche modo erano penetrati nelle spiegazioni dello stesso Darwin a sostegno della sua teoria – incontravano il suo favore:

instead of a simplistic ‘survival of the fittest’, Metchnikoff sought a theory to account for the harmonizing of the elements required for the satisfactory function of the organism. How does such integration and coordination of cells, structures and physiological processes occur? What is its mechanism? How, indeed, were new challenges met by physiological structures and how were the functions of these structures adapted to, and used for, different purposes and under different demands? (Tauber, 2003, p. 897).

Questi erano alcuni degli interrogativi a cui Metchnikoff lavorava nel tentativo di integrare diversi aspetti dello sviluppo e della fisiologia degli

organismi in un quadro teorico unitario, prefigurando al contempo molte delle questioni che in embriologia evolutiva sarebbero state affrontate solo nel XX secolo.

Ateo e impegnato nella difesa dell'autonomia della ricerca sin da studente, la sua prima pubblicazione sul giornale di Mosca comparve quando aveva solo 16 anni. Successivamente Metchnikoff si immerse con dedizione nello studio della biologia evolutiva. La sua tesi di laurea sullo sviluppo delle prime fasi embrionali dei germi lo condusse, all'età di 22 anni, ad insegnare all'università di Odessa dove si occupava di embriologia comparata a sostegno di una maggiore comprensione delle relazioni evolutive di alcune specie⁸⁴. Inoltre, fu proprio in seguito alla lettura dell'*Origin of Species by mean of Natural Selection* pubblicata nel 1859, che Metchnikoff cominciò a dedicarsi ai suoi studi in embriologia (Tauber, 2003). La sua teoria della fagocitosi poteva essere concepita, a posteriori, come una teoria in stretto legame con l'*Origin*, benché fosse nata da un'altra disputa: «the phagocytosis theory arose from a theoretical dispute with the German evolutionist Ernst Haeckel over the genesis of the hypothetical first complex multicellular organism» (Tauber, p. 898). La questione preformismo *vs* epigenesi da cui anche le ricerche di Bertalanffy avevano preso piede in Austria, avevano avuto un certo influsso sul contesto di ricerca della Russia pre-rivoluzionaria. Le relazioni monarchiche tra Russia e Germania e, non banalmente, la vicinanza geografica – condizione questa che favoriva flussi migratori di ricercatori con un rapido incremento della circolazione della conoscenza scientifica – emerge nitidamente nel caso dello sviluppo di discipline come la morfologia comparata, la fisiologia e l'embriologia. Questi

⁸⁴ Le sue ricerche in embriologia gli valsero l'assegnazione del premio von Baer che condivise con Alexander Kovalevskij, embriologo darwiniano fratello di Vladimir, il paleontologo che aveva avuto uno scambio epistolare con Darwin il quale si era complimentato con lui per i risultati ottenuti nelle sue ricerche (Graham, 1994).

settori, particolarmente sviluppati in Russia e in Germania, si erano venuti a rafforzare anche per effetto di un influsso reciproco ben agevolato dalla conformazione geopolitica dell'allora Prussia.

Ad ogni modo, sia Metchnikoff che Haeckel erano partiti dall'idea che lo sviluppo ontogenetico ricapitolasse quello filogenetico, ma Metchnikoff e Kovalevskij erano poi giunti ad integrare nelle loro ricerche un diverso percorso. Utilizzando embrioni di organismi elementari come spugne e meduse avevano riconosciuto il verificarsi del processo dell' "introgressione", descritto oggi come una forma di ibridazione abbastanza diffusa che avviene nel caso in cui le barriere interspecifiche sono incomplete, permettendo il passaggio di materiale genetico. Naturalmente, non era ancora possibile riferirsi ai geni all'epoca. Ciò che Metchnikoff ipotizzava era che questa introgressione funzionasse come un principio di differenziazione ontogenetica: posta la presenza iniziale di un agglomerato di cellule indifferenziate, le prime fasi di sviluppo emergevano dalla migrazione di queste cellule verso diversi luoghi in modo abbastanza caotico, ma tendente ad un'armonia generale. Inoltre, poiché Metchnikoff aveva osservato questo processo in organismi ben più primordiali di quelli studiati da Haeckel, egli rivendicò la precedenza filogenetica dell'introggressione dal momento che aveva in qualche modo "retrodatato" gli stadi di sviluppo haeckeliani ad un processo di sviluppo ancora più elementare⁸⁵ (Tauber, 2003). Ma aldilà della controversia con Haeckel sulle prime fasi dello sviluppo ontogenetico, Metchnikoff dimostrava di avere un interesse ben più ampio, rivolto alla comprensione dell'*organizzazione armonica* che

⁸⁵ Come spiega in termini tecnici Tauber: «Metchnikoff called his hypothetical urmetazoan parenchymella and, because he modelled it on more primitive animals than Haeckel's gastrea, the Russian could claim the phylogenetic priority of introgression as a more ancient mechanism of gastrulation. Simply, in the competition to describe the earliest metazoan, Metchnikoff upstaged Haeckel on claims that the older ancestry showed a more basic developmental process» (2003, p. 898).

l'organismo mostrava lungo la sua differenziazione e provò a spiegarla in termini darwiniani. Se infatti l'organismo inizialmente appare come un ammasso caotico di cellule, un certo principio di selezione naturale che agisce nel bene dell'organismo come un “tutto”, dovrà essere all'opera lungo il processo di differenziazione affinché esso fuoriesca dal caos e cominci a dirigersi verso un'integrità sistemica. Del resto, Metchnikoff aveva osservato la presenza di una sorta di competizione tra le cellule durante le prime fasi di sviluppo e ne aveva dato conto in termini darwiniani. Fu su questa scia che egli concepì successivamente la teoria della fagocitosi collegandosi alla medicina, più specificatamente, alle malattie infettive e ai meccanismi di difesa del sistema immunitario.

Metchnikoff non fu mai maestro di Bogdanov: quando egli si trasferì a Parigi nel 1888 per rimanervi fino alla morte nel 1916, Bogdanov era solo un adolescente. In un modo o nell'altro, però, l'interesse per la biologia cellulare, l'ematologia, la gerontologia e, soprattutto, l'attenzione ai processi di organizzazione del sistema “organismo” nel corso dello sviluppo, erano destinati a trovare ampio spazio nella sua opera. Anche Bogdanov nutriva un grande interesse per la teoria di Darwin; fondamentale in questo contesto fu il suo rapporto con un altro grande *enziklopedist* russo, Kliment A. Timiryazev, botanico e professore all'Università di Mosca che insieme a Metchnikoff e ad altri naturalisti russi di fine '800 ha svolto un lavoro enorme nella ricostruzione e interpretazione della teoria del naturalista inglese. Fisiologo vegetale di formazione, Timiryazev era noto nel suo paese e anche in ambito internazionale per i suoi studi sul processo di fotosintesi delle piante. Le ricerche sull'anatomia e la fisiologia delle piante gli erano valse l'affiliazione alla Royal Society di Londra della quale divenne membro nel 1911. Una delle sue maggiori opere, *The Life of Plants*, (*Zhizn'*

rastenij) era stata infatti tradotta in lingua inglese e pubblicata a Londra nel 1912. Andrej N. Beketov, professore di botanica dell'Accademia delle Scienze di San Pietroburgo e curatore della prefazione al volume era convinto che si trattasse di una delle rare opere in cui questioni particolarmente specialistiche sul mondo delle piante venivano spiegate ai lettori in modo tanto accessibile come non era mai stato fatto prima in nessuna delle lingue presenti al mondo (Beketov, 1958, p. 16).

Secondo Timiryazev non era in alcun modo possibile studiare un organo a prescindere dalla sua funzione; lo studio indipendente dell'organismo senza relazionarlo alla forma e alla funzione si rivelava del tutto arbitrario a suo parere. Eppure, tale distinzione corrispondeva in realtà ad una reale divisione operata nella scienza. La biologia infatti, o studio degli organismi viventi, era stata suddivisa in due settori: la morfologia, che si occupava dell'anatomia e dello studio generale delle forme, e la fisiologia che invece si riferiva alle funzioni dell'organismo o ai fenomeni legati alla vita (Timiryazev, 1958). Questa divisione di campo, del tutto artificiosa, era di serio ostacolo alla comprensione della botanica dichiarava Timiryazev. Inoltre, benché a rigor di logica la fisiologia piuttosto che la morfologia; la funzione piuttosto che la struttura o, ancora, la forma piuttosto che la vita avrebbero dovuto attrarre maggiore attenzione come oggetti d'indagine, cionondimeno gli scienziati dell'epoca tendevano ad occuparsi rigorosamente del secondo ordine di problemi, sostando al microscopio nell'atto di osservare da vicino piccoli organismi o dettagli di essi (Timiryazev, 1958). Come risultante si era ottenuto che la botanica e la fisiologia erano rimaste in una situazione di svantaggio rispetto alla morfologia che assorbì l'ausilio proveniente da altre discipline come la fisica e la chimica (che avrebbero dovuto prestare invece soccorso alla botanica) contribuendo a delineare

anche l'oggetto della fisiologia stessa. La botanica, non a caso, è sempre stata considerata una scienza minore rispetto ad altre branche delle scienze naturali e il volume di Timiryazev tendeva, infatti, a ristabilire il suo ruolo e la sua legittimità come disciplina per nulla inferiore alle altre all'interno della biologia. Una volta chiara l'importanza che la fisiologia sperimentale avrebbe avuto, per esempio, in seno allo sviluppo e al controllo dell'agricoltura, la botanica si sarebbe risvegliata da quell'assopimento in cui era caduta a seguito del primato accordato allo studio della forma sulla funzione, anziché ad una loro correlazione. L'agricoltura inoltre rappresentava un campo di ricerca in cui era ben visibile il legame strutturale tra scienza e società, due ambiti che per Timiryazev andavano da sempre di pari passo e dovevano perciò porsi in un dialogo proficuo.

Lo spiccato interesse nei confronti dei processi che regolavano il mondo delle piante, la fisiologia vegetale e l'energetica, non impedirono a Timiryazev di dedicarsi, nell'ottica di un aperto confronto, alla fisiologia animale e ai processi evolutivi. Passato alla storia come il “Bulldog di Darwin” – titolo notoriamente riservato in Europa a Thomas Huxley – Timiryazev difese a spada tratta la teoria del naturalista inglese e si impegnò in un lavoro capillare di ricostruzione, diffusione e divulgazione della sua opera. Si fece carico, inoltre, dell'interpretazione di alcuni concetti chiave che a suo giudizio avevano ricevuto traduzioni inaffidabili dai suoi colleghi russi, che non avevano colto il reale significato delle parole di Darwin, e perciò andavano riformulate. Timiryazev tenne anche un ciclo di seminari sul darwinismo e aperti al pubblico che riscossero particolare interesse negli intellettuali russi (Krementsov, 2011). Bogdanov non era già studente all'università di Mosca nel 1890, quando Timiryazev promuoveva e spiegava la teoria dell'evoluzione, ma poté

leggere il compendio delle lezioni che venne pubblicato di seguito con il titolo di *Metodo storico in biologia*. La teoria di Darwin per Timiryazev aveva superato le contraddizioni sorte in seguito alla separazione di morfologia e fisiologia, e le aveva superate sul piano dell'osservazione di un nuovo metodo, un metodo storico. «[...] only with Darwin's introduction of "historical method" did biological investigation – from morphology and systematics to physiology and embryology – become truly scientific, moving from simple observations to causal explanations of biological phenomena (Krementsov, 2011, p. 38). Darwin aveva avuto quindi il grande merito di aver concepito una teoria unitaria che spiegava i fenomeni della vita servendosi di una prospettiva storica e narrativa. Tuttavia, non tutto ciò che orbitava attorno al darwinismo era oggetto di ammirazione per il botanico russo. Come per lo stesso Metchnikoff, vi erano molti concetti che avevano appesantivano il pensiero di Darwin imprimendogli un'ipoteca concettuale che probabilmente non rifletteva in toto le intenzioni dell'autore. Pur sentendosi un darwinista ortodosso, Timiryazev non credeva che la teoria evolutiva desse un peso centrale ai concetti di "lotta per la sopravvivenza" e "competizione per le risorse" ma, più che negarla, egli appariva sostanzialmente evasivo nei riguardi dello sfondo teorico malthusiano che, di fatto, aveva avuto una certa influenza nell'elaborazione del principio di selezione naturale, nonostante questa influenza venisse decisamente enfatizzata in Inghilterra (Todes, 1989). Non tutti i biologi russi stentavano a riconoscere il peso della teoria di Malthus nell'evoluzionismo darwiniano e per alcuni questo legame era stato persino utile a Darwin. Due, però, lessero Darwin scartando quasi del tutto la concezione demografica malthusiana: il primo fu Timiryazev e il secondo Nikoly A. Severtsov⁸⁶. La sua interpretazione della teoria del naturalista inglese Timiryazev la consegnò in un'opera, *Darwin e la sua*

⁸⁶ Su Severtsov e la sua interpretazione del darwinismo si rimanda a Todes (1989).

teoria, destinata a diventare un manifesto del darwinismo russo.

Bogdanov aveva dunque assorbito la visione di Timiryazev della teoria dell'evoluzione: il suo lavoro maturo mostrò senza alcuna ambiguità che il botanico russo influenzò profondamente non solo le sue conoscenze in biologia o le riflessioni epistemologiche, ma anche la sua attitudine e il suo posizionamento nei confronti della scienza in generale. Nel 1920, anno della morte di Timiryazev, Bogdanov si pronunciò in un commiato descrivendo il botanico come un lottatore instancabile in difesa della scienza, che aveva fatto più di ogni altro per la vittoria del darwinismo e del materialismo scientifico (Krementsov, 2011).

La lotta per la sopravvivenza tra idee rivali regalò a Lenin una vittoria schiacciante nella competizione con Bogdanov. Caduto preda della censura della storia, il machista non era riuscito a far sopravvivere il suo pensiero più di quanto non fosse riuscito a donare all'uomo la ricetta per la longevità cui tanto ambiva. Ma non furono *Stella Rossa*, *Empiriomonismo*, o *Lotta per la sopravvivenza* a resuscitare l'interesse nel suo pensiero, ma un altro opera, che fu in seguito etichettata come la sua *opus magnum* (Gorelik, 1987).

Scrivendo Kurt Gödel nel 1972: «there is a secret philosophy in Russia which is fruitful for doing science and mathematics, but that the general principles of this philosophy are kept secret» (Wang, 1997, p. 148). Non è ad oggi assolutamente chiaro a quale teoria Gödel si riferisse. Non stupirebbe, però, se questi avesse avuto in mente proprio la Tectologia di Bogdanov che, oltre a corrispondere alle caratteristiche da Gödel menzionate, negli anni '70 era ancora tenuta segretamente nascosta.

2. 4. La Tectologia. Sistemi, complessi e sistemi complessi

I *Saggi di scienza generale dell'organizzazione*, versione ridotta della *Tektologia*, di cui esiste anche una traduzione italiana del 1988 curata da Francesco Dioguardi, vennero tradotti dal russo e pubblicati per la prima volta in lingua inglese da George Gorelik dell'Università della British Columbia nel 1980, con il titolo di *Essays in Tektology*. Precedeva il volume una prefazione che raccontava delle sorti che erano spettate a Bogdanov in Unione Sovietica e dell'oblio cui la sua opera era stata consegnata dalla morte di Lenin in poi. Sin dagli anni '30 in URSS ci si riferiva a Bogdanov come alla personificazione di un movimento, una corrente di pensiero cui era stato messo il veto e che veniva identificata con il termine *bogdanovischina*⁸⁷. La traduzione a cura di Gorelik forniva un quadro concettuale entro cui collocare la proposta teorica di Bogdanov anche nei confronti degli sviluppi occidentali dell'epoca. Essa faceva seguito ad una serie di tentativi editoriali comparsi non solo in Russia e mirati a re-inglobare nella cultura scientifica e nella filosofia una pagina di storia a lungo dimenticata. Tra i primi a riabilitare il pensiero di Bogdanov in Unione Sovietica vi furono Mikhail I. Setrov, Andrej I. Uemov, Aleksandr L. Takhtadzhyan e suo figlio Aleksandr A. Malinovskij, genetista di professione e anch'egli caduto in disgrazia a causa dell'opposizione a Trofim D. Lysenko durante le famose sessioni accademiche del '48⁸⁸. In seguito, anche gli esponenti principali della

⁸⁷ Stalin perseguiva legalmente ogni tentativo di recuper del pensiero di Bogdanov. Si guardava a Bogdanov come ad un traditore del marxismo-leninismo.

⁸⁸ Le note sessioni accademiche volute da Lysenko e Present, il suo ideologo, con il benestare di Stalin, vedevano la contrapposizione di due scuole: genetisti da un lato, che comprendevano seguaci più o meno radicali delle teorie di Mendel, Weissman e Morgan, e coloro che non disdegnavano la genetica ma ritenevano opportuno servirsene nella ricerca. Poi vi erano i Lamarckisti, ovvero seguaci delle teorie di Lamarck, Michurin e dunque di Lysenko. Le sessioni erano teatro di vere e proprie battaglie teorico-ideologiche tra esponenti dell'una o

scuola di sistemiologia sovietica, ovvero Erik G. Yudin, Igor V. Blauberg e Vadim A. Sadovskij o il neurofisiologo Petr K. Anokhin, contribuirono con i loro studi e i loro scritti a gettar luce sulla Tectologia⁸⁹. I loro tentativi, già sin dagli anni '70, cercavano gradualmente di ristabilire l'importanza della teoria dell'organizzazione sulla scia del crescente peso che la scienza dei sistemi stava acquisendo nel mondo occidentale. Così facendo, i sovietici simpatizzanti di Bogdanov si tutelavano dalla possibile accusa di adottare un comportamento irrispettoso nei confronti del materialismo dialettico poiché partire dalla sua opera scientifica, la Tectologia, significava in un certo senso scavalcare la figura politica di Bogdanov e, allo stesso modo, dare risalto all'originalità e all'avanguardismo della scienza russa rispetto a quella occidentale. La retrodatazione russa della nascita del pensiero sistemico-cibernetico, nascita attribuita ai paesi al di là della cortina di ferro, poteva essere motivo di vanto per Stalin e successivamente Krushchev. Ciononostante, a quel tempo erano ancora numerosi i giudizi di natura ortodossa e dogmatica che descrivevano la Tectologia come depositaria di una concezione idealista e deplorabile senza addurre alcuna motivazione critica a sostegno di queste tesi (Sadovskij, Kelle, 1996). Anche in Russia, esattamente come in America, cominciò ad emergere un consenso diffuso nei confronti di questa opera solo negli anni '80, e solo

dell'altra corrente, e si concludevano quasi sempre con il denigrare apertamente e con toni aggressivi la scuola che supportava la genetica, disciplina occidentale di derivazione borghese e, perciò, perversa. Lysenko e Prezent animavano in maniera propagandistica la folla istigando il pubblico a parteggiare per la vera biologia, quella ufficiale che, grazie agli insegnamenti di Lamarck e del suo seguace sovietico, Michurin, e all'operato di Lysenko avrebbero contribuito ad aumentare la produzione di grano anche nelle aree più fredde del paese, promettendo di migliorare le condizioni di salute del popolo russo. Malinovskij era dalla parte dei darwinisti che attribuivano profonda importanza alla genetica e, suo malgrado, si ritrovò a difendere energicamente posizioni contrarie a quelle di Lysenko durante i famosi dibattiti. Per quanto riguarda la sua vicenda si veda Malinovskij, 2000. Per quanto riguarda, invece, le sessioni accademiche sovietiche si veda Kremmentsov, 1997 e Pollock, 2006.

⁸⁹ Ad ogni modo: «It should be stressed that these authors took considerable risk appreciating Bogdanov's "Tektology" in late 60s, early 70s and not infrequently exposed themselves to the fire of ideological criticism». (Sadovskij, Kelle, 1996, p. 16).

in quel momento apparve chiara la pertinenza di alcune delle osservazioni che erano state fatte in precedenza. Setrov, per esempio, scrisse nel '67, che molte delle questioni teoretiche relative all'approccio sistemico erano state formulate da Bogdanov in maniera più ampia e rigorosa di quanto fosse stato fatto dai colleghi occidentali in cibernetica e teoria dei sistemi. Malinovskij, inoltre, incaricato di introdurre la voce "Tektologia" nell'Enciclopedia filosofica, notò che suo padre aveva illustrato il significato di alcuni meccanismi, tra i quali quello di retroazione, che avrebbero trovato posto solo più tardi, pertanto, la Tektologia poteva porsi alla base delle moderne teorie sistemiche⁹⁰. La restaurazione di Bogdanov non sarebbe comunque giunta a termine senza la pubblicazione di un volume significativo, *Instrumental Reasoning and Systems Methodology* di Robert Mattesich, pubblicato nel 1978. Nel volume vi era un capitolo intitolato: "Who is the Father of Theory of Systems – Bogdanov or Bertalanffy?". Mattesich risolveva la questione in favore del primo, chiedendosi come avesse fatto Bertalanffy, così attivamente coinvolto negli anni '20 nella biologia teorica, a non essersi accorto della pubblicazione della Tektologia in Germania, che era stata oltretutto recensita in tedesco nel 1926 (Sadovskij, Kelle, 1996). Una constatazione simile era stata fatta anche dal biologo sovietico A. L.

⁹⁰ Nel 1989, 60 anni dopo la comparsa dell'ultima edizione della Tektologia, pubblicata quando Bogdanov era ancora in vita, in URSS apparve finalmente una nuova edizione. Da questo momento in poi, in vari paesi, tra gli anni '80 e '90, si tennero conferenze sulla figura di Bogdanov e il suo pensiero, soprattutto in relazione alla Tektologia. Una delle prime e più intense si tenne in Inghilterra, a Norwich, nel gennaio del 1995. Questo appuntamento riuniva esperti russi del pensiero di Bogdanov e alcuni degli studiosi europei che si erano interessati al lavoro di questo scienziato, intenzionati a diffonderne il pensiero in Occidente. Il convegno venne intitolato: "Origins of Organization Theory in Russia and in the Soviet Union". Nello stesso anno, la prestigiosa rivista scientifica russa "Voprosy Filosofii" dedicò un intero numero al tema: "La Tektologia di Bogdanov e il presente" a cui parteciparono molti studiosi tra cui L. I. Abalkin, N. N. Moiseev, Yu. A. Urmantsev, S. N. Pustilnik, A. P. Ogurtsov, James D. White and Y.N. Sadovsky. Questi contributi vennero anche tradotti in inglese e pubblicati l'anno successivo nel volume *Alexander Bogdanov and the Origin of Systems Thinking in Russia*, curato da John Biggart, Peter Dudley e Francis King, che si erano anche occupati dell'organizzazione della conferenza di Norwich.

Takhtadzhyan nel suo *Slovo o Tektologii (Discorso sulla Tektologia)*. Il saggio introduceva l'opera del machista e la metteva a confronto con la Teoria generale dei sistemi, tirando le somme di una convergenza di concetti e approcci tutt'altro che poco significativa e che, forse, non era solo il frutto di una coincidenza. Nel saggio di Takhtadzhyan, inoltre, emergeva una rivelazione piuttosto importante che l'autore aveva lasciato cadere senza fornire un'ulteriore precisazioni: «risulta strano che Bertalanffy non citò mai da nessuna parte il nome di Bogdanov, sebbene, come lui stesso mi scrisse, la traduzione tedesca della *Tektologiya* fosse a lui nota» (1989, p. 350). Takhtadzhyan non ebbe la necessità di spiegare la natura della loro corrispondenza in quella sede. Si trattava, inoltre, di un periodo storico significativo, gli anni '70, periodo che non solo seguiva la pubblicazione, avvenuta nel '68, della Teoria generale dei sistemi di Bertalanffy, ma anche di un'epoca generalmente difficile per la circolazione della conoscenza tra Est e Ovest, visto il clima di tensione alimentato dalla guerra fredda. Il fatto che vi siano prove a sostegno che Bertalanffy conoscesse la Scienza generale dell'organizzazione di Bogdanov e lo avesse comunicato in modo confidenziale a Takhtadzhyan, sembra un risultato certamente significativo da un punto di vista storico. Tanto più perché tale rivelazione proveniva da uno scienziato che godeva di grande autorevolezza in campo accademico: Takhtadzhyan era uno degli esperti di fitologia più famosi al mondo. A lui si doveva una delle più accurate classificazioni tassonomiche e biogeografiche del mondo delle piante. Il sistema di relazioni filogenetiche che lui aveva istituito veniva utilizzato in URSS come in USA. Era professore all'Accademia delle Scienze di San Pietroburgo e dell'Accademia Nazionale delle Scienze degli Stati Uniti, affiliazione che aveva ottenuto nel '71. Ma perché i due si conoscevano e si erano scritti?

Perché Bertalanffy era a conoscenza della Tectologia e non aveva mai ritenuto opportuno citarla?

Nella Scienza generale dell'organizzazione Bogdanov presentava una prospettiva scientifico-epistemologica che era stata concepita in modo sistematico per fornire i principi generali per la comprensione di sistemi organizzati di qualunque natura. Malgrado fosse uno studioso particolarmente versatile, transitando dalle scienze umane alla medicina e alla biologia, Bogdanov, al pari di Wiener, aveva sempre ambito alla ricerca dell'unitarietà della conoscenza⁹¹ (Gorelik, 1987). La teoria dell'organizzazione giustificava l'abbassamento delle barriere disciplinari che a suo parere davano adito a “specialismi” e poneva le basi per una comprensione integrata di differenti oggetti di indagine. Egli, quindi, si mosse in direzione opposta alla diversificazione disciplinare che sanciva il proliferare di materie in competizione tra loro, convinto che ciò fosse di ostacolo sia alla conoscenza che alla gestione della produzione materiale della società. La sua opera si poneva come uno studio generale dei principi dell'organizzazione che era alla base di qualunque fenomeno naturale e sociale, esattamente come fece poi Bertalanffy. Ma se quest'ultimo vedeva “sistemi ovunque” Bogdanov, ovunque vedeva “complessi organizzati”. La nozione di complesso, infatti, era da lui preferita rispetto a quella di sistema utilizzata nelle moderne teorie sistemiche. A suo giudizio la parola sistema descriveva piuttosto semplicisticamente un *set* di elementi in interrelazione che suggeriva un assetto statico. Complesso, al contrario, rendeva l'idea di un movimento

⁹¹ Come era evidente anche negli Stati Uniti il problema dell'istituzione di un approccio interdisciplinare fu centrale nel Novecento. Come riferisce Gorelik: The need for a synthesis of knowledge, however, and a unified approach to problems whose solution often cross the boundaries of far-removed fields of specialization outlived the condemnation and suppression of Tektology [...]. The dysfunctional aspects of specialization became especially acute during World War II and forced and forced a number of specialists in England and the U.S. to join their efforts in a series of interdisciplinary ventures under the general heading of operations research (Gorelik, 1987, p. 158).

dinamico, che inglobava la nozione strutturale di cambiamento e suggeriva, perciò, lo svolgersi di un processo piuttosto che il palesarsi di un fenomeno (Sadovskij, Kelle, 1996). Pertanto Bogdanov definiva la Tectologia come una scienza dei complessi (*kompleks*), non dei sistemi, avvertendo già negli anni '20, la necessità di dover abbandonare una terminologia che descriveva stati stazionari, in favore di una concezione mobile e variabile, che sarà poi centrale nelle versioni più evolute delle teorie sistemiche⁹². Si trattava in un certo senso dell'utilizzo, del tutto precoce, di una terminologia che comparirà solo più tardi e che era stata per certi aspetti prefigurata da Bogdanov già nella prima metà del Novecento. Proprio una serie di caratteristiche in anticipo sui tempi che la sua opera possedeva, erano alla base dell'osservazione che il matematico Nikita N. Moiseev scriveva nel 1982 nel suo *Chelovek-sreda-obshchestvo* (Uomo-ambiente-società). Tutte le problematiche sistemiche introdotte da Bertalanffy, diceva Moiseev, e trattate dai suoi seguaci erano contenute praticamente in *toto* nella teoria dell'organizzazione di Bogdanov, ma non vice versa. Per questa ragione mi sembra che la “teoria generale dei sistemi” rappresenti un significativo passo indietro in confronto alla *Tektologiya* (Moiseev, 1982). In effetti, l'assetto della Tectologia appariva piuttosto capiente ed estensivo. A giudizio di Gorelik, essa rappresentava un tentativo di sistematizzazione del sapere che proponeva un approccio allo studio delle scienze unificato sulla base del principio di organizzazione⁹³. Il termine stesso *Tectologia* – dal greco *tekton*, costruttore, quindi scienza della costruzione o in alternativa

⁹² Come spiega Zeleny: «Bogdanov abandoned the classical concept of “system” (Epicurus, Lucretious) which gives shapes and imparts final state to the nature of things to emphasize the co-determinant dynamics of systems and environments, *becoming* rather than *being* of systems he coined the usage of *complex*» (1988, p. 333).

⁹³ «Tektology represents one of the boldest attempt ever made to systematize human experience and to provide a unified approach to the solution of theoretical and practical problems on a new basis – the idea of organization» (1987, p. 158).

scienza della struttura – era già stato utilizzato da Ernst Haeckel prima di Bogdanov per significare una visione monistica da lui tratteggiata nell'opera *The Riddle of the Universe*⁹⁴. Tuttavia, Haeckel descriveva per mezzo della Tectologia una scienza delle forme e del loro sviluppo, ovvero una morfologia che ricercava le caratteristiche della struttura degli individui, descrivendo la composizione dei corpi organici, le cellule, i tessuti, gli organi ecc.. e ne rendeva conto nel contesto evolutivo (Haeckel, 1905). Il termine, Tectologia, comunque, non ebbe maggiore fortuna nelle mani di Haeckel che lo abbandonò in breve tempo. Bogdanov lo recuperò⁹⁵, ma attribuendogli un significato più onnicomprensivo: con Tectologia egli si riferiva, in maniera significativamente diversa, ad una scienza che abbracciava qualunque processo naturale e sociale, a prescindere dalla sua complessità o dal dominio cui appartenesse. Intendeva, cioè, fondare una scienza che desse conto di tutta l'esperienza organizzata dall'essere umano in tutta la sua storia⁹⁶ (Bogdanov, 1996). Questa scienza doveva abbracciare problemi di natura teorica e pratica e trattarli da un punto di vista filosofico, tuttavia, non si trattava di una nuova filosofia. La filosofia non aveva mai superato la contrapposizione tra teoria e pratica e le associava a due distinti metodi. Secondo Bogdanov il superamento di questo dualismo epistemologico sarebbe stato compiuto da una scienza universale, tale da comprendere sia il generale che il particolare⁹⁷. Essa contemplava sfere

⁹⁴ E. Haeckel, *Die Welträthsel: Gemeinverständliche Studien über monistische Philosophie* (1895–1899).

⁹⁵ Sull'influenza di Haeckel su Bogdanov si rimanda all'articolo di Adams, 1989 e a Gare, 2000.

⁹⁶ E con un velo di premonizione diceva: «Forse altri lo farebbero meglio di me, intanto bisognerà attenderli» e concludeva quella stessa prefazione al primo tomo della Tectologia nel 1912 sostenendo: «Sono profondamente convinto che in futuro non lavorerò più da solo» (Bogdanov, 1996, p. 1, 2).

⁹⁷ Persino Hegel che introdusse la dialettica come legge universale del divenire in grado di unificare il molteplice, non considerava la dialettica uno strumento di risoluzione dei problemi pratici della vita, dell'economia, della tecnologia ecc.. (Bogdanov, 1996). Spencer, per esempio,

eterogenee del sapere: dall'aritmetica, alla filosofia, dalla tecnologia alla legge o dalla logica formale all'arte, partendo dal fatto che in ciascuna di queste scienze ogni questione da risolvere fosse di carattere organizzazionale (Bogdanov, 1996). Qualunque sia la natura del problema – pratica, cognitiva, estetica – si è sempre in presenza di una certa quantità di dati da combinare seguendo determinati scopi o necessità. E la correlazione di questi dati, in un modo piuttosto che in un altro, non è che un problema di organizzazione. Nella prefazione all'edizione tedesca della Tectologia, Bogdanov definiva la questione con un esempio particolarmente accessibile⁹⁸: se dovessimo costruire una casa – ciò è possibile solo in presenza di elementi indispensabili come legno, pietra, calce, vetro, assi, sega, martello, la forza lavoro dei carpentieri e degli scalpellini – procederemmo attraverso la connessione e la disconnessione di tutti questi fattori, combinandoli tra loro, e il risultato, la casa, si caratterizzerebbe per avere dato vita a qualcosa di diverso rispetto alla presenza di elementi slegati, come lo erano inizialmente. L'armonia tra la società e l'ambiente fisico esterno verrebbe così ad arricchirsi, dando vita ad un nuovo “sistema organizzato”. Alla base della Tectologia vi è, dunque, l'idea che tutte le attività umane, dalle attività più elementari a quelle più sofisticate, siano la risultante dell'impegno collettivo ad organizzare l'ambiente circostante e, come tali, devono essere indagate da un punto di vista organizzativo. La conoscenza, pertanto, si risolve in un processo di costruzione dell'ambiente esterno, in

vi si avvicinò molto di più secondo Bogdanov: «Spencer's system of universal evolution, and especially materialist dialectic became the next approximations to the present [tektological] approach». (Kats, 2004, p. 310).

⁹⁸ Ispirato dall'idea di conoscenza come impresa pubblica e democratica, nella Tectologia Bogdanov utilizzava un linguaggio semplice, ricco di esempi e analogie di facile comprensione. La Tectologia era stata concepita come una scienza che non doveva escludere le masse, al contrario era proprio a loro destinata. Gli operai e in generale coloro che non avevano ricevuto un'educazione scolastica o universitaria dovevano poter accedere alla comprensione della Tektologia senza ostacoli nell'ottica di Bogdanov, e poterne padroneggiare i concetti fondamentali.

una pratica di manipolazione della natura che si tramanda di generazione in generazione sedimentandosi nell'esperienza di tutta l'umanità. La conoscenza ad un livello più complesso, inclusa quella scientifica, non possiede un'origine diversa. Come già aveva notato Avenarius, il pensiero scientifico si sviluppa a partire da una conoscenza elementare che viene scambiata all'interno di uno spazio sociale condiviso⁹⁹. Similmente ai “principi del sapere” di cui parlerà poi Bertrand Russell, a giudizio del quale essi andrebbero ricondotti a una storia biologica di cui rappresentano solo un prodotto recente, Avenarius chiamava in causa il cosiddetto “concetto naturale del mondo” di cui teorie religiose, filosofiche, scientifiche non sono altro che variazioni estese e dal linguaggio più raffinato. Il concetto naturale del mondo rappresenterebbe il contenuto primario della conoscenza da cui partono e si diramano tutte le concezioni più complesse che l'umanità ha prodotto nel corso della sua storia; un'interpretazione non lontana da quella prospettata poi da Einstein secondo il quale la scienza non sarebbe che un affinamento del senso comune. Ed è allora riduttivo eludere quella storia biologica cui la conoscenza umana è inestricabilmente legata e che ha origini specifiche nell'attività continua di interazione degli organismi più elementari con l'ambiente circostante. La scienza, dunque, non era sorta come uno spazio di riflessione separato dai problemi pratici dell'uomo, ma come un prodotto collettivo in cui per mezzo della parola, codificazione di un principio di autorità, veniva a cristallizzarsi una divisione dei ruoli. L'idea di scienza come pratica sociale di organizzazione dell'esperienza rende

⁹⁹ Ciò non voleva dire che Bogdanov attribuisse al linguaggio un valore inferiore rispetto all'azione nel contesto delle attività organizzative, al contrario, la parola-concetto si poneva per lui come uno strumento di coordinamento delle attività e quindi era in stretto rapporto con il lavoro. Ponendosi come metodo tectologico di costruzione della conoscenza il linguaggio guidava le azioni e creava inoltre una piattaforma di condivisione delle proprie esperienze in modo tale da permettere un'azione sociale integrata. Anche Bogdanov avrebbe condiviso l'idea di Maturana e Varela secondo cui: “il linguaggio è una coordinazione consensuale di coordinazioni consensuali di azioni” (Zeleny, 1988).

del tutto pertinente l'osservazione di Arran Gare secondo cui, in effetti, bisogna riconoscere che Bogdanov ebbe intuizioni importanti anche in ambito di sociologia della scienza e relativamente al contesto di studi che si interroga sulle relazioni tra scienza, tecnologia e società.

few people have paid much attention to Bogdanov as an historian, sociologist and philosopher of science. Yet Bogdanov developed highly original ideas on science, offering unique resolutions to the oppositions between instrumentalism and realism and between internalist and externalist accounts of scientific development, and following from these, he proposed a radical transformation of science as the foundation for an equally radical transformation of society (2000, p. 231).

Bogdanov partiva dall'importanza che l'organizzazione aveva nel contesto sociale e in relazione alla genesi della conoscenza umana, che per lui era una questione di natura storica ed evolutiva, e poi giungeva a giustificarlo a livello universale sulla base del fatto che ovunque nella natura si poteva riscontrare un principio di organizzazione. L'universo – diceva – è una stoffa che si srotola, è un flusso continuo in cui nulla è mai costante o uguale a se stesso e in cui tutto nasce, muore e si trasforma. L'universo è attività e cambiamento (Bogdanov, 1988). In questa associazione che quasi sovrappone organizzazione umana e organizzazione della natura, forte in Bogdanov era la presenza della *Naturphilosophie* tedesca che enfatizzava la forza della natura nella sua armonia e integrità, nel tentativo di superare il meccanicismo newtoniano e l'attenzione analitica alle leggi della fisica¹⁰⁰. Bogdanov si allineò quindi

¹⁰⁰ Non meno importante in questo contesto fu il lavoro del filosofo franco-tedesco Ludwig Noirè che ispirò in modo particolare la concezione epistemologica di Bogdanov. Noirè era partito dall'idealismo tedesco e lo aveva esteso, in senso monistico, allo sviluppo della conoscenza. Secondo Noirè all'origine di pensiero e linguaggio risiedevano le prime forme di relazione tra gli uomini, relazione di carattere lavorativo, e dunque l'inter-azione in un contesto sociale era a fondamento dello sviluppo della psicologia dell'uomo e del suo linguaggio. In tutto ciò la "parola" assolveva ad una funzione specifica: se essa dal principio indicava un'azione, un gruppo di parole si costituiva come una "regola tecnica" (Tagliagambe, 2004). Sugli aspetti

ad una visione anti-meccanicista della filosofia della natura che può essere ricondotta in parte alla stessa matrice epistemologica che caratterizzò il lavoro di Bertalanffy in biologia teorica, sorretta da un principio di irriducibilità della natura. E proprio sulla visione monistica della natura, oltre a Haeckel, influsso particolare lo esercitò sul pensiero tectologico il pensiero energetista del chimico Wilhem Ostwald, prosecutore della Lega Monista che proprio Haeckel aveva contribuito a fondare nei primi del Novecento, quando cominciò a dedicarsi allo sviluppo di un sistema della filosofia¹⁰¹. Riferendosi alla filosofia di stampo monistico di Spinoza, Bruno e Lucrezio, e della filosofia della natura di Goethe, la Lega proponeva una visione unitaria del cosmo dove non ci fosse opposizione tra spirito e materia, tra corpo e mente o tra materia ed energia, ma un'indissociabile connessione (Gare, 2000). Seguendo l'empirismo di Mach, Ostwald sosteneva che tutti i fenomeni osservabili in natura dovevano essere ricondotti ad un principio di energia. Anche ogni ramo della scienza era analizzabile in termini energetici, inclusi i fenomeni biologici o la psicologia umana. Ostwald cercava di superare il dualismo energia-materia sostenendo che, alla fin fine, si trattava di due entità parallele simili, indistruttibili, e perciò la loro separazione poteva essere trascurata anche in virtù del fatto che nel mondo fisico vige una legge indubitabile che consiste nella conservazione dell'energia. Bogdanov aveva probabilmente ereditato da Ostwald l'idea che alla base dei fenomeni naturali vi sia un continuo processo di trasformazione dell'energia e ciò giustificava l'evoluzione della natura verso forme, a suo

epistemologici che Bogdanov ereditò da Noire si veda anche il saggio di White incluso in Biggart *et al.* (1998) che tratta, appunto, dei precursori della Tektologia.

¹⁰¹ La Lega monistica tedesca venne fondata da Haeckel a Jena nel 1906 e aveva sede all'Istituto di zoologia della stessa università. La lega contava circa 4000 membri non solo europei tra cui anche Ernst Mach. Nel 1911 la direzione della Lega passò nelle mani del lettone premio Nobel per la chimica, Wilhem Ostwald che tuttavia, a causa di contrasti di natura politica con lo stesso Haeckel, dovette dare le dimissioni nel 1915.

avviso, più o meno organizzate. Ma non provennero solo dalla Germania influenze che furono determinanti per la costituzione della Scienza generale dell'organizzazione. In Inghilterra il monismo di Herbert Spencer e il suo universalismo scientifico furono, secondo alcuni, di maggiore ispirazione per la Tectologia di qualunque altro sistema filosofico Bogdanov incontrò lungo il suo cammino¹⁰².

La natura, secondo Bogdanov, doveva essere considerata il primo grande organizzatore; gli esseri umani altro non erano che suoi prodotti organizzati. Anche le più semplici tra le cellule superavano per complessità e organizzazione qualunque opera creata dall'uomo. Persino la natura inorganica possedeva un suo livello di organizzazione pertanto, una completa disorganizzazione era un concetto che non aveva alcun significato per Bogdanov: anche la sostanza primaria dell'universo era una miscela caotica di elementi che si avviava, da una forma di organizzazione elementare, verso stati sempre più organizzati. L'universo intero appariva come una totalità in auto-organizzazione.

¹⁰² Secondo Kats, Spencer precederebbe Bogdanov nel ruolo di precursore della cibernetica e della Teoria generale dei sistemi. Si veda Kats, 2004.

2. 5. L'organizzazione tectologica e i suoi principi

Nel capitolo relativo ai concetti di base e ai metodi della Tectologia Bogdanov distingueva tre tipi di complessi laddove per “complessi” egli intendeva combinazioni plastiche di elementi. Vi erano i complessi *organizzati*, i complessi *disorganizzati* e i complessi *neutrali*. La prima tipologia era del tipo *emergente*, ovvero configurava una situazione per cui «il tutto risulta praticamente maggiore della somma delle sue parti» (Bogdanov, 1996, p. 68). In questi casi l'attività di interconnessione di tutti gli elementi si combina in modo da tale da resistere alle circostanze esterne per effetto dell'azione correlata dei componenti stessi intesi come un'integrità, e non per effetto delle singole reazioni locali: «Thus, in reality the organized whole turned out to be practically greater than the sum of its parts, not because new activities were created within it out of nothing, but because its available activities were combined more successfully than the opposing resistances». (Bogdanov, 1996, p. 71). L'esempio che Bogdanov riporta è quello di due uomini che cooperano per risolvere un compito. Se il compito, ad esempio, è la pulizia di un campo dalle pietre, allora l'azione congiunta – o in altre parole, l'unione della forza – di due uomini insieme rispetto a due uomini che lavorano singolarmente, sarà più efficace ai fini della missione. Ciò non perché le due forze si sommano matematicamente, ma per effetto della coordinazione che si viene a stabilire tra loro (Bogdanov, 1996). Quando si è in presenza di complessi disorganizzati, invece, accade che il tutto risulti minore della somma delle sue parti. Per esempio, una disputa tra i due uomini non sarebbe certo di aiuto al loro lavoro, ma lo ostacolerebbe, rallentandolo. In questi casi in cui si è in presenza di un processo di

scoordinazione dei complessi, come se le loro forze fossero in contraddizione, Bogdanov parla di complesso disorganizzato. Infine, c'è l'ultimo tipo, il tipo neutrale, che si ha quando il tutto è uguale alla somma delle sue parti. Ritornando all'esempio dei due uomini nell'atto di sgombrare il campo dai massi, nel caso di complessi neutrali, i due impiegherebbero lo stesso tempo a compiere il lavoro che impiegherebbero lavorando separatamente (Gorelik, 1987). In pratica, la coordinazione si annulla, non producendo alcun valore aggiunto derivante dall'organizzazione del lavoro. Analizzando la staticità che caratterizza questo genere di complessi, che in qualche modo sembrano irreali, non soggetti allo scorrere del tempo, Bogdanov giunse alla conclusione che la matematica è in grado di comprendere solo i complessi neutrali¹⁰³. In aritmetica, infatti, il risultato di un'addizione è sempre la somma di due addendi, non produce alcun valore emergente. Se quindi ci si accosta ai complessi naturali nel tentativo di analizzare le loro forze per mezzo della matematica non si avrà mai come risultato un complesso organizzato. Ciò sta a significare che gli unici sistemi tectologici formalizzabili con questo metodo, possono essere soltanto i complessi di elementi reversibili. In natura, secondo Bogdanov, non esistono complessi di questo tipo: che siano fisici, chimici, biologici, ecosistemici o sociali, nessuno di questi può mai trovarsi in uno stato completamente stazionario. Le attività interne del sistema e lo scambio

¹⁰³ «[M]athematics is not tektology, it lacks the very notion of organization. If so, what then is mathematics? It is commonly defined as a "science of quantities". But quantity is a result of measurement, and measurement means consecutively applying some standard to the object measured and obviously presupposes that a whole is equal to the sum of its parts. To measure a phenomenon or to treat it as a quantity, i.e. mathematically, simply means to consider it as a whole being equal to the sum of its parts, as a neutral complex. And we have ascertained that a neutral complex is one with its organizing and de-organizing processes being mutually balanced. So mathematics is merely a tektology of neutral complexes, a part of the universal organizational science having evolved earlier than the others. So far it has managed without the concepts of organization and de-organization because it proceeds from combinations in which both this and that activity mutually eliminate or, rather, paralyze one another» (Bogdanov, 1996, p. 81).

con l'ambiente esterno non può essere perfettamente bilanciato in modo tale da neutralizzare qualunque cambiamento e far risultare il sistema sempre identico a se stesso. L'idea di una paralizzazione idealizzata dei complessi conduceva Bogdanov a concludere che «l'equilibrio è sempre solo un caso speciale e ideale» (Bogdanov, 1988, p. 55) e l'organizzazione, dunque, sempre un processo emergente. Naturalmente, le nozioni di organizzazione, disorganizzazione e neutralità non erano assolute per Bogdanov. Egli applicava il concetto einsteiniano di relatività alla descrizione del comportamento dei complessi tectologici. Non vi era un sistema universalmente organizzato – ogni attività era relativa ad un dato gruppo di circostanze ambientali. Lo stesso complesso poteva esibire un'elevata organizzazione in alcuni ambienti e sotto determinate circostanze, ed essere allo stesso tempo disorganizzato in altri contesti¹⁰⁴. L'ambiente si rivelava fondamentale nel determinare il livello di organizzazione del sistema, che non era meramente il prodotto delle attività che si svolgevano al suo interno, ma il risultato di un'interazione multiforme e continua con altri sistemi organizzati. L'organizzazione, quindi, veniva ad emergere come risultante di un gioco di attività/resistenze e di scambio di energia e materia, che si realizzava nell'interazione tra sistemi in co-evoluzione. E anzi, l'organizzazione – per come la intendeva dinamicamente Bogdanov – era un processo che coincideva con questa interazione emergente.

Posta la centralità della nozione di ambiente, Bogdanov fece ricorso ad alcuni meccanismi formulatori per descrivere i processi che regolano i rapporti tra complessi. “Coniugazione” (*con'yugatsiya*), “ingresso” (*ingressiya*) e disingresso (*dezingressiya*) e crisi (*crizicy*), erano i principali

¹⁰⁴ Un gruppo di operai particolarmente solido è sicuramente un esempio di sistema altamente organizzato nei confronti della produzione industriale e della fabbrica; non può dirsi lo stesso se si considera la sfera economica e politica nei confronti dei quali un gruppo di operai, per quanto saldo, non ha un'organizzazione determinante rispetto all'intera società (Gorelik, 1987).

a cui faceva riferimento nella Tectologia. Vi era inoltre un meccanismo regolativo dei complessi che corrispondeva al principio di *selezione*. L'ingresso e la selezione rappresentano i meccanismi fondamentali nella formulazione e regolazione dei complessi (Bogdanov, 1996). Il fenomeno dell'ingresso si verifica quando elementi appartenenti ad un sistema penetrano in un altro, stabilendo una connessione¹⁰⁵. Come afferma Bogdanov, l'ingresso è una “traduzione” o “intermediazione” tra complessi; si tratta quindi di una coniugazione intersistemica (Bogdanov, 1996). Con l'ingresso può accadere che un terzo elemento appartenendo ad un complesso non immediatamente coinvolto nell'interazione di due complessi entri o si introduca nella catena delle loro relazioni. In alcuni casi questo terzo complesso può fungere da “mediatore” e permettere la coniugazione di due complessi che, se fossero entrati in contatto diretto, sarebbero caduti in una progressiva disorganizzazione. Essendo quindi caratterizzato dall'entrata di un complesso in un altro o frapponendosi tra più complessi, l'ingresso produce una nuova catena di connessioni – ciò che Bogdanov definisce *zepnaya svyaz'* (Bogdanov, 1989). Il meccanismo del disingresso invece è legato in un certo senso alla distruzione, al decadimento e alla disgregazione dei complessi. Rappresenta perciò un punto di rottura delle connessioni esistenti che non è semplicemente l'equivalente di una separazione disgregativa: esso comporta la disgiunzione di alcuni elementi da un complesso e il loro costituirsi in altre integrità preesistenti oppure formatasi in seguito alla scissione. Il disingresso quindi non è necessariamente un atto di disorganizzazione negativa, infatti la disorganizzazione di un complesso non comporta sempre un processo regressivo o di decadimento. Poniamo che, scrive

¹⁰⁵ Come suggerisce Bogdanov, il nutrimento di un organismo costituisce una congiunzione di elementi ambientali con la sua struttura, mentre la riproduzione avviene attraverso la separazione da esso, di un gruppo di elementi (Bogdanov, 1988).

Bogdanov, una cellula vivente libera cresciuta fino alla massima misura si divide in due. Si tratterebbe di “disorganizzazione”? No, si tratta di “moltiplicazione”, uno dei processi fondamentali che *organizzano* la vita in natura. Lo sviluppo di qualsiasi organismo superiore avviene per mezzo di una simile suddivisione progressiva delle cellule che non corrisponde semplicemente ad una rottura dei legami. (Bogdanov, 1989, p. 136). Bogdanov prende ad esempio il caso di una goccia di rugiada che si scinde in due parti. Questa scissione viene percepita come una forma di disorganizzazione; in realtà ciò che accade è una diminuzione della somma di attività poste a contrasto dell'ambiente esterno ed una loro divisione e ricombinazione in una formulazione nuova. Questo abbassamento della somma di attività è concepibile solo per il fatto che una parte di queste attività andranno a resistere e ad opporsi ad altre parti di complessi organizzati (Bogdanov, 1989). Ancora una volta, Bogdanov sostiene che oltre alla natura del sistema preso in considerazione l'ambiente esterno riveste un ruolo fondamentale. Per una goccia di rugiada, infatti, l'ambiente è prima di tutto atmosfera nella quale è contenuto vapore acqueo. Il confine tra una goccia d'acqua e l'atmosfera non soltanto rappresenta l'area della sua disorganizzazione, ma anche quello della sua creazione (disassimilazione e assimilazione)¹⁰⁶ (Bogdanov, 1989). Come afferma Zeleny: «Negative ingression or disingression represents a breakdown in the linkage of a complex and a creation (or a re-creation) of a new tektological boundary» (1988, p. 333). Allo stesso modo, una cellula vivente, moltiplicandosi, si propaga

¹⁰⁶ Se prevalgono processi del primo tipo, la separazione della goccia in due e di conseguenza la crescita della superficie accelererà il processo di evanescenza della goccia; questo è ciò che il carattere “de-organizzativo” fa attraverso la condensazione. Ma può accadere che processi del secondo tipo siano più intensi, precisamente, quando l'atmosfera è “ipersatura” di vapore; allora la goccia “cresce” per effetto dell'ambiente e l'espansione della sua superficie si intensifica con la crescita. La disintegrazione della goccia allora assume un ruolo propagatore, dato che le gocce figlie possono raggiungere la stessa misura oltre il quale si scindono (Bogdanov, 1989, p. 138).

crescendo a spese dell'ambiente, così anche le sue cellule figlie. Nel caso in cui esse siano circondate da condizioni ambientali sfavorevoli, il processo di divisione cellulare potrebbe invece accelerare la disorganizzazione del complesso fino alla sua estinzione. Aspetti centrali del meccanismo di formulazione tectologica sono la relatività delle nozioni di organizzazione e disorganizzazione, la coniugazione intesa come processo emergente, e perciò evolutivo, e la funzione dell'ambiente che non è mai esterno al sistema in senso assoluto. Esso vi penetra, vi si introduce o vi si sottrae, assorbito da altri sistemi. Come suggerito dalle nozioni di ingresso e disingresso dei complessi, l'ambiente intrattiene con i complessi un rapporto di mutua correlazione evolutiva. Come afferma Zeleny (1988, p. 333): Come afferma Zeleny, i complessi ai quali Bogdanov si riferisce non possono essere compresi indipendentemente dall'ambiente poiché non semplicemente vi interagiscono; essi sono “strutturalmente accoppiati” ad esso. L'ambiente entra nella struttura portante del loro essere e manifestarsi poiché non si configura come entità passiva o statica, al contrario, incarna una molteplicità di fattori dinamici che circolano, penetrano, venendo assimilati e disassimilati, tra sistemi di differente natura¹⁰⁷. Bogdanov non credeva che l'ambiente si caratterizzasse per essere “esterno” ai complessi, come nel rapporto organismo-ambiente di stampo neo-darwinista. e, in questo, mostrò grande innovatività se si considera che il problema della semplificazione del rapporto organismo ambiente nella Nuova Sintesi Moderna sarà un aspetto ampiamente dibattuto nella seconda metà del Novecento, inducendo molti biologi a prendere le distanze dal riduzionismo Neo-Darwinista e gene-centrico da essa supportato. La ridefinizione del

¹⁰⁷ «Bogdanov's system cannot be separated from its environment, because it does not simply exist or interact within its environment: it is *structurally coupled* with its environment and thus evolves its own environment while co-evolving with it» (Zeleny, 1988, p. 333).

concetto di organismo e di ambiente, così come della relazione tra genotipo e fenotipo e della la loro interazione, sarà alla base di una rivoluzione in biologia evoluzionistica che prenderà in considerazione un allargamento di prospettiva, un'estensione, in cui saranno centrali nozioni sistemiche ed ecologiche più complesse. La prospettiva di Bogdanov viene qui a misurarsi con un contesto ad essa successivo, rivelandosi pregna di intuizioni importanti e fornendo una impostazione epistemologica dei problemi originale e fruttuosa.

In tektology, the word “external” is not used in the spatial sense. Bacteria in an organism; “poisons in its blood” are, in an organizational sense, external, rather than “internal” complexes, because they do not belong to the system of its organizational relationships. And those parts of a system, which are beyond its organizational framework, even when spatially contained within it, should be considered as tektologically external. For instance, cancer cells, tissues which develop in contradiction with the life relationships of an organism; a criminal, whom the society fights as an external force, etc. But in this case, as in all other cases, it is also “inasmuch as”: the organizational framework is relative; the criminal, for instance, is beyond this framework only inasmuch as he violates it; in all his other activities he may still belong to it (Bogdanov, 1996, p. 203).

Si intende, quindi, che per Bogdanov “esterno” e “interno” sono nozioni spaziali relative e non assolute. Ciò è particolarmente evidente se si considera che l'organizzazione è anche intesa come un processo di costruzione collettiva dell'ambiente circostante da parte degli organismi, proprio come auspicato dai sostenitori della Teoria della costruzione della nicchia (*Niche Construction Theory*) di interesse attuale in ambito ecologico ed evolutivo. Da un lato, gli organismi, a prescindere dalla loro complessità biologica – può trattarsi di una formica come di un essere umano – costruiscono, organizzandolo passo dopo passo, il loro ambiente

naturale e sociale in modo che possa essere di beneficio alla loro esistenza e conseguente proliferazione. Dall'altro lato, l'ambiente, che si compone di altri individui, può essere visto come un conglomerato di fattori che oppone una pressione sulla comunità, riducendo lo spettro delle attività possibili che essa può intraprendere a suo vantaggio. Quindi un fattore tenuto in sostanziale considerazione nella Tectologia è rappresentato dalle interdipendenze tra organismi in natura e i vincoli che la natura stessa impone alla vita (Gare, 1994). Infatti la relazione che si viene a stabilire tra organismi e ambienti o, adottando la terminologia di Bogdanov, “tra diversi complessi organizzati” è reciproca e correlativa, anziché deterministica o unidirezionale. L'idea di porre il rapporto co-evolutivo e compenetrativo che esiste tra organismi e ambienti come esempio indicativo delle relazioni interconnettive che avvengono tra complessi organizzati non rappresenta solo un passo avanti rispetto alla cibernetica e alla Teoria generale dei sistemi. Risulta, infatti, una posizione piuttosto attuale anche in relazione alla biologia evuzionistica Neo-darwinista che si propagò negli Stati Uniti sotto il nome di Nuova Sintesi Moderna. Per i Neo-darwinisti, in effetti, l'idea di un'interazione olistica e antiriduzionista del rapporto organismo-ambiente rappresentava una sfida, ancora negli anni '50. Eppure, si trattò di un paradigma dominante per buona parte del Novecento che nasceva dalla necessità di conciliare la genetica mendeliana con l'idea di una evoluzione graduale degli organismi per mezzo della selezione naturale che agiva sulle mutazioni (teoria che si faceva risalire a Darwin). Ma in tutto ciò – come indica Rashevskij (1960) – le proprietà dell'ambiente venivano semplificate al limite, incapsulate nel meccanismo di selezione di cui veniva dato conto come di un mero fattore meccanico. Bisognò, dunque, aspettare gli anni '70 per un cambiamento di paradigma quando diversi

biologi, tra cui Richard Lewontin, cominciarono a criticare l'idea che l'ambiente possa essere descritto indipendentemente dagli organismi (Lewontin *et al.*, 1984). Molto vicina, da un punto di vista tectologico, all'approccio organizzazionale proposto da Bogdanov è un'osservazione di Robert Brandon (allievo di Lewontin), filosofo della biologia noto all'ambiente scientifico per il suo contributo alle teorie eco-evolutive. Brandon nota che tutti gli organismi in una particolare regione spazio-temporale condividono “un ambiente esterno”, ma per comprendere la specifica forza selettiva che agisce sulla discendenza degli organismi è necessario identificare uno specifico “ambiente ecologico”. L'ambiente ecologico di una mosca, evidentemente, sarà differente da quello di un albero, sebbene la mosca e l'albero occupino lo stesso spazio esterno. La stessa porzione di ambiente, dunque, può essere esplorata a differenti livelli in accordo alle relazioni funzionali e fisiologiche che legano organismi e ambienti in differenti nicchie ecologiche. E non è necessario scomodare più specie biologiche per comprendere questa relazione polifunzionale: anche nel caso in cui consideriamo lo sviluppo di un singolo organismo possiamo incontrare una nozione pluralistica di ambiente man mano che seguiamo le fasi del suo sviluppo.

Prendiamo l'embrione di una qualsiasi pianta. Come le sue cellule si moltiplicano esse incontrano progressivamente ambienti dissimili: alcune vanno in profondità nel terreno, altre raggiungono l'atmosfera; in principio simili, esse si modificheranno inevitabilmente in termini di crescente divergenza. La questione principale è che le materie prevalenti per l'assimilazione la disassimilazione sono diversi: nel suolo si trovano principalmente acqua e sale; nell'aria diossido di carbonio ed energia solare. Tutti componenti sopra menzionati sono comunque parte delle strutture delle cellule; ovvero assimilate e disassimilate da tutte le parti del sistema. In che direzione, allora, la selezione dovrà regolare lo sviluppo? Quali correlazioni di parti divergenti sarà più stabile? Le parti sono complementari le une alle altre, e questo è possibile

precisamente grazie alla conservazione delle loro connessioni che si mantiene attraverso l'ambiente comune interno – attraverso il movimento e lo scambio della linfa (Bogdanov, 1989, II, § 2).

Quindi lo sviluppo della pianta procede in accordo alle circostanze ambientali che i componenti della pianta incontrano lungo la loro diversificazione. Si tratta qui di una nozione di ambiente operativa, che riguarda il contatto di alcune proprietà dell'ambiente la dimensione fisiologica dell'organismo (Forestiero, 2009).

Per Bogdanov l'ambiente non è relegato ad elemento passivo di sfondo, oppure ad elemento disturbo da tenere sotto controllo come sarà spesso considerato nelle moderne teorie cibernetiche e sistemiche. Sia Wiener che Bertalanffy vedevano nell'ambiente una potenziale causa di perturbazione che porta il sistema ad uno stato lontano dall'equilibrio, laddove l'equilibrio rappresenta la condizione alla quale un sistema capace di auto-organizzazione deve tendere. E allora i segnali provenienti dall'ambiente vengono messi da parte (e considerati *side effect*) in quanto possono causare un deficit nel funzionamento fisiologico dei sistemi¹⁰⁸. Al contrario, i sistemi tectologici, sottoposti a pressioni selettive che possono progressivamente disorganizzarli, interagiscono fra loro – e con l'ambiente – in maniera tale da produrre risposte emergenti. Plasticità e reattività rendono quindi i sistemi complessi processi dinamici in evoluzione, grazie allo scambio continuo di materia ed energia con l'esterno circostante.

Occorre distinguere due livelli del rapporto dei sistemi nei confronti

¹⁰⁸ Come sostiene Bertalanffy (1989, p. 81) “la composizione del sistema in uno stato stazionario rimane costante” [...] e dipende unicamente dalle costanti del sistema, non dalle condizioni ambientali” (1989, p. 81). Wiener, invece, per informazione, per lui essenziale all'esistenza di un sistema, intendeva “ordine”– ordine che poteva essere misurato in unità binarie logaritmiche mentre le oscillazioni provenienti dall'esterno venivano opportunamente neutralizzate (Conway, Siegelman, 2005).

dell'ambiente: un livello è quello dell'auto-regolazione, l'altro è quello dell'auto-organizzazione. L'auto-regolazione è inerente ai sistemi che mantengono uno *status quo*, ovvero uno stato di equilibrio, e sono formalizzabili come oggetti matematici, mentre i sistemi auto-organizzati – ai quali Bogdanov si riferisce – intrattengono con l'ambiente un rapporto complesso. Ne assimilano ciò che è loro necessario per emergere come unità che si differenzia dal mondo esterno e che possiede una propria organizzazione. Proprio in questa fase – nel corso di assimilazione dell'ambiente circostante – si raggiunge una progressiva evoluzione di forme “sovra-organizzate”, cioè di forme emergenti (Pushkin, Ursul, 1994). Nel corso dell'autonomizzazione dell'organismo dall'ambiente, cambiano quindi di posto determinate funzioni direttive: non è solo l'ambiente a controllare il sistema, ma anche il sistema a controllare l'ambiente. Tra essi viene a stabilirsi un'interazione cibernetica, come avrebbe notato anche Lewontin più tardi. Tali strutture capaci di auto-organizzazione si distinguono dalle prime per essere, in un certo senso, soggette a condizioni di non equilibrio. Nella Tectologia, infatti, Bogdanov descriveva i processi correlativi di evoluzione dei complessi come caratterizzati da “relazioni complementari” (*dopolnitel'nye sootnosheniya*). L'interconnessione di tutti gli elementi della natura dipende dal continuo processo di aggregazione e disaggregazione, o coniugazione e separazione, dei sistemi. Bogdanov sembrava insistere in modo decisivo sul ruolo delle relazioni evolutive nella dialettica tra interno ed esterno; una distinzione che è spesso difficile da stabilire specialmente quando si prende ad esempio il mondo dei microorganismi, di organismi come vermi, o processi biochimici come la fotosintesi. Come afferma Rashevskij, «Only a very small fraction of the environment of an organisms is inorganic. The largest part

of that environment is formed by other organisms» (Rashevskij, 1960, p. 246). Tutti gli organismi, inoltre, dipendono dalla presenza di altri organismi per la loro esistenza (Rashevskij, 1960). Sull'importanza delle relazioni complementari alla cui trattazione Bogdanov dedica un paragrafo della sua Tectologia, egli fa riferimento a differenti campi per poi giungere dal punto di vista biologico a riferirsi al fenomeno della simbiosi:

An illustration from another field is the symbiosis of *Vorticella*, a unicellular infusorian, and *Zoochlorella*, a unicellular alga living inside it. The first is the simplest of animals; it absorbs oxygen and discharges carbon dioxide. The second is the simplest of plants and contains green seeds of chlorophyll; it decomposes carbon dioxide at the expense of the energy of the sun's rays using carbon as a material for its tissues, and discharges oxygen. Thus, a certain part of their activeness in the material form of this or that substance, lost by one participant in the symbioses as a useless waste, is directly acquired by the other, and vice versa; consequently, it is preserved within the symbiotic whole. It is clear that this whole has at its practical disposal a greater sum of activities than its parts would have had separately: it is a pattern of a widespread type of organizational relation.

Gli organismi sono saldamente connessi. Vi è una separazione funzionale tra loro: alcune funzioni recano vantaggio ad un organismo, alcune all'altro. Nella coniugazione che caratterizza questo genere di connessioni si ha l'entrata di un sistema in un altro che si risolve in una congiunzione dei complessi che può avere una funzione cooperativa, come nel caso del commensalismo o del mutualismo. Di seguito Bogdanov elenca anche altri principi di interazione di complessi che riguardano il loro assetto generale e i processi di costruzione di nuove configurazioni e combinazioni. Questi sono l'*egresso*, che implica una differenziazione tra gradi di interdipendenza e influenza tra vari elementi

sistemici; si pensi, per fare un esempio, al rapporto tra il cervello e gli altri organi del corpo come rapporto di carattere egressivo. E il *degresso*, che implica invece una differenziazione tra una parte più stabile ma meno plastica ed una parte più plastica ma meno stabile. Un esempio di degresso è il rapporto che sussiste negli organismi biologici tra lo scheletro e la carne o, nella sfera della conoscenza, tra l'idea cardine di un'ideologia e le sue varianti che mutano in base alle circostanze e alle situazioni (Gare, 2000). Anche i rapporti tra sistemi di diverso tipo (organizzativi, disorganizzativi, critici, egressivi, degressivi ecc..) sono regolati da determinati principi. Quello fondamentale è il principio di "selezione" che secondo Bogdanov implica la presenza di 3 fattori: l'oggetto della selezione, il soggetto della selezione e le basi della selezione (Bogdanov, 1989). Attraverso la selezione i complessi assimilano e disassimilano elementi dall'ambiente esterno contribuendo a regolarlo. Viceversa l'ambiente fornisce loro gli elementi che contribuiranno a costituire le risposte adattative dei complessi, rinnovando al contempo le loro capacità organizzative. Il principio di selezione non è qui inteso esclusivamente come filtro o – per usare un termine presente nella Tectologia – come *setaccio* che premia i sistemi che impiegano strategie migliori sul piano adattativo. Con selezione Bogdanov intende un principio generale di assimilazione e dissipazione di risorse tra sistemi (come nel caso dei complessi organismi/ambienti) che può essere quindi positivo e negativo. Bogdanov introduce a questo stadio una nozione simile a quella di *feedback* elaborata in campo cibernetico e anch'essa caratterizzata dalla funzione di selezione positiva e negativa. Questo principio regolatore introdotto da Bogdanov si distingue dalla retroazione di Wiener per alcuni aspetti essenziali. Innanzitutto esso viene definito *bi-regolazione*. Come si evince da questa

denominazione, si tratta di un principio di doppia regolazione anziché di un processo di mono-regolazione univoca che agisce dall'esterno. Bogdanov descrive il rapporto che si stabilisce tra due complessi come una combinazione in cui essi si regolano mutualmente producendo, quindi, un sistema di equilibrio. Il biregolatore denoterebbe, comunque, una maggiore complessità rispetto al meccanismo del *feedback* prospettato da Wiener (Gare, 2000, Gorelik, 1983, Zeleny, 1988)¹⁰⁹. Come suggerisce Zeleny, esso rappresenta un sistema che non necessita di un regolatore esterno pertanto il biregolatore auto-organizza in modo autopoietico le proprie funzioni in rapporto all'ambiente esterno senza il bisogno di un agente di controllo esteriore:

in Bogdanov's view, a living organization is a special kind of "machine" which not only regulated and repaired itself (feedback cybernetics), but most importantly: it produced itself (autopoiesis). Bogdanov introduced concepts of regulator (modern feedback), as a device through which a process is maintained at a certain level (e.g. Flywheel). He went significantly further with his concept of biregulator: two systems mutually regulating one another without an external regulator (or controller): they mutually *regulate themselves*. These two reciprocal aspects form a single *system of equilibria*. It is this *system* which often causes an erroneous observer's perception of a simple, unidirectional (feedback) control. (1988, p. 332). It is essential to understand that a thermostat does not only regulate the temperature, but that temperature also regulates the thermostat—in a mutually affective, circular and no-hierarchical fashion. That is the premise Bogdanov had started from. The idea of biregulator was further refined in his prehumous study of the assimilation of foreign proteins (1988, p. 322).

Il protoplasma di una cellula, per esempio, ha una propria regolazione chimica e ciò ovviamente spiega il fatto che tutti gli elementi che vi si introducono non modificano la sua composizione, piuttosto, si

¹⁰⁹ Come afferma Gare (2000) «There is no need for an external regulator because the complex regulates itself. Clearly this is another name for the modern cybernetic concept of feedback— although as formulated it is capable of much wider application» (2000, p. 242).

organizzano nel suo ambiente interno e in base ad esso. Da questo punto di vista è anche comprensibile perché la cellula sia in grado di ricreare le sue proteine da qualunque cibo. E' inoltre comprensibile anche la maniera in cui in un organismo altamente differenziato ognuno dei suoi tessuti riproduce i propri elementi protoplasmatici sviluppandosi e, allo stesso tempo, conservando la stessa composizione (Bogdanov, 1989). Se dunque l'ambiente proteico è un sistema di equilibrio nel quale la composizione delle proteine è regolata dalla composizione dei liquidi da loro dispersi allora è ragionevole credere che la composizione di questi liquidi è a sua volta regolata dalle proteine. In altre parole, siamo in presenza di un sistema bi-regolatore. (Bogdanov, 1989). Si tratta quindi di una nozione complessa, che coniuga il processo di auto-organizzazione con quello di interazione tra complessi organizzati che assimilano e disassimilano reciprocamente i componenti. Questo rapporto può sempre però rivelarsi favorevole per un complesso e sfavorevole per l'altro o viceversa nel senso che può portare alla disgregazione di un complesso che viene assorbito dai complessi circostanti, e dunque essere soggetto a selezione negativa, o può ingressivamente inglobare materiale esterno espandendo per selezione positiva il suo assetto e le funzioni di sopravvivenza¹¹⁰. Meccanismi organizzativi come la selezione possono dunque dar conto di processi quali conservazione, preservazione, sviluppo, trasformazione e distruzione dei complessi (Gare, 2000). Dato che nella Tectologia l'interazione dei complessi viene spiegata in termini di catene di congiunzioni ingressive e disingressive non lineari, circolari e appartenenti a differenti livelli di materia, Bogdanov mostrava di non

¹¹⁰«Complexes are developing or being destroyed according to whether there is a preponderance of assimilation over disassimilation- 'positive progressive selection'- or a preponderance of disassimilation over assimilation- 'negative progressive selection' (ibid., p. 82f.). In either case, changes are associated with changes in form, with growing instability, and finally with crises» (Gare, 2000, p. 242).

credere nel principio di selezione progressiva. A suo giudizio esso stabiliva una predominanza del processo di assimilazione su quello di dissipazione o, in altri termini, la superiorità del processo di crescita ed espansione su quello di degradazione e morte apparenti. Si trattava, invece, di un unico grande processo regolativo universale che al suo interno si diramava in differenti sotto-processi regolati in accordo alla selezione positiva e negativa. Ma cosa, in ultima analisi, rendeva possibile lo svolgersi dei processi di assimilazione, dissipazione, degradazione e riconversione in tutto l'universo? Come avveniva la continua trasformazione dei complessi? Per mezzo di quale processo? Per rispondere a queste domande, il contributo del biogeochimico russo Vladimir I. Vernadskij fu decisivo. Nulla si crea e nulla si distrugge. Tutto si tramuta da una forma all'altra conservando ciclicamente alcuni elementi e alcune funzioni. In principio era l'energia.

III parte

La scienza della biosfera. Intersezioni tra ecologia, evoluzionismo ed energetica

L'umanità, non solo scopre il nuovo, il non ancora noto, l'incomprensibile della natura, essa scopre nella sua stessa storia anche gli avvenimenti dimenticati, barlumi di coscienza attraverso cui si manifestano nuovi fenomeni. Giungiamo sempre a qualcosa di nuovo e di sconosciuto; sempre con sorpresa ci troviamo nel passato dei nostri predecessori ¹¹¹.

3. 1. Terra, energia, risorse: l'approccio sistemico di Dokuchaev e Podolinskij

Selezione positiva e negativa sono processi complementari che spontaneamente agiscono di concerto per regolare l'intero universo, naturalmente, svolgendo differenti funzioni. La selezione positiva crea eterogeneità nelle componenti e complessità delle interrelazioni costitutive, mentre la selezione negativa crea omogeneità e semplicità strutturale che rendevano saldo e persistente il complesso nella sua fisiologia. Quindi anche la selezione negativa può essere qui intesa come progressiva se tende ad aumentare la consistenza strutturale del complesso. Similmente, per quanto concerne la complementarità dei processi di aggregazione e disgregazione, la teoria autopoietica

¹¹¹ Vernadskij, 1998, p. 114.

prospettata da Maturana e Varela descrive i sistemi biologici, definiti appunto autopoietici, come dotati della capacità di autoriproduzione delle proprie funzioni operative. Tale capacità è dovuta allo scambio di materia con l'ambiente esterno, che si manifesta in un meccanismo di assimilazione e dissipazione di energia che funge da motore per il rinnovarsi di alcuni elementi e il degradarsi di altri, in un rapporto circolare che nella visione dei due scienziati cileni quasi si identifica con una chiusura organizzativa. L'idea di autosussistenza dei sistemi, proprio perché in grado di rinnovare i propri elementi mediante specifiche capacità organizzative, denota, almeno dal punto di vista epistemologico, una distinzione significativa tra sistemi autopoietici e complessi tectologici. L'autopoiesi finisce quasi col rendere l'interazione del sistema autopoietico con l'ambiente esterno un fatto accessorio ed opzionale, insistendo sull'esclusività di alcune funzione di sussistenza. Bogdanov, invece, non ricercava le condizioni che garantissero la marcata identità dei complessi, circoscritta alle loro capacità di autosufficienza, poiché concepiva i complessi tectologici come esistenti principalmente in relazione sistemica con gli altri complessi a cui sono egressivamente o degressivamente legati. In questo contesto, più che concentrarsi sulle funzioni strettamente appartenenti ad un sistema, preferiva porre l'accento sui processi di correlazione di agglomerati di complessi. Ancora una volta, era lo scambio di energia e materia il motore centrale di queste relazioni complementari di assimilazione e dissipazione. Nella Tectologia, infatti, *l'energetismo* – disciplina che in Russia ebbe profonda diffusione a partire da metà Ottocento – occupava una posizione predominante e fungeva, secondo Bogdanov, da disciplina di raccordo tra meccanica, fisica, chimica e biologia (Susiluoto, 1982). Questo aspetto era assolutamente cruciale sia in cibernetica che nella teoria dei sistemi,

benché non fosse legato alla formulazione energetista che si era sviluppata in Unione Sovietica. Le teorie di Wiener e Bertalanffy, infatti, non potevano prescindere dalla termodinamica e dal concetto di entropia nella definizione di “sistema aperto” o “cibernetico”. La termodinamica fu un settore di ricerca della fisica profondamente significativo, come già notava Mach quando le attribuiva il ruolo di scienza guida nel sistema delle scienze, poiché sotto certi aspetti contribuì all'unificazione epistemologica di approccio sistemico e cibernetico sulla base di una visione energetica dei processi di funzionamento dei sistemi. Per Bogdanov erano stati gli studi di energetica di Ostwald, che aveva introdotto una mappa generale delle energie dell'universo partendo dalle recenti scoperte in termodinamica, ad aver funzionato da principale fonte di ispirazione per la sua visione energetista, ma in Russia la direzione delle ricerche sistemiche, o più genericamente del *sistemnyj podchod* (approccio sistemico) mostrava comunque una tendenza piuttosto generalizzata – quella di porre l'energetismo come pietra angolare di più attraversamenti disciplinari. Lo studio della terra, per esempio, come sistema complesso in cui le parti sono legate indissolubilmente dai continui processi di trasformazione di energia e materia, lungi dal caratterizzare esclusivamente l'approccio tectologico, era un oggetto di studio privilegiato a cavallo tra Ottocento e Novecento. Questa attitudine epistemica rivolta alla comprensione dei fenomeni ecologici ed ecosistemici rispondeva ad una visione della natura che aveva permeato la ricerca scientifica in Russia sin dall'epoca delle grandi spedizioni che, come è noto, accompagnarono la nascita e lo sviluppo delle scienze naturali. Il naturalismo russo infatti vantava una tradizione poderosa e longeva che risaliva all'era delle esplorazioni geografiche, che dall'impero di Pietro il Grande (1689-1725) si protrassero fino,

approssimativamente, alla prima metà dell'800. Aree di vastissima dimensione come la Siberia e tutto il Nord-est dell'Asia venivano conquistate nel 1700 e vi venivano fondate alcune delle città russe oggi più note. La presenza di vaste distese di foresta vergine e luoghi incontaminati offriva l'occasione ideale per osservare, studiare, catalogare e "raccolgere" organismi vegetali e animali. Le spedizioni geografiche infatti accompagnarono la nascita di nuove discipline scientifiche come la tassonomia e la sistematica attraendo naturalisti da tutta Europa, mentre geografia, cartografia e oceanografia ricevevano un grande impulso. Le spedizioni avevano un valore geopolitico, economico e militare volto ad ottenere la supremazia nel commercio marittimo sul Pacifico, ma al contempo, la miriade di brillanti risultati scientifici, la mole di volumi di scienze naturali pubblicati tra '700 e '800, e la varietà di collezioni di specie custodite presso l'Accademia delle Scienze di Pietroburgo, fecero di quest'epoca un periodo di massimo splendore per la diffusione della cultura scientifica. Nella ricerca universitaria, la geologia, la biologia e la geografia erano le discipline più produttive a livello accademico¹¹², ci fu infatti una vera e propria esplosione di pubblicazioni, incomparabile rispetto ad altri paesi (Graham 1994). Ma frutto di questa lunga tradizione fu anche il collaudo di un atteggiamento metodologico significativo da parte degli scienziati, atteggiamento che guardava in direzione di una raffigurazione "compatta" di due discipline separate: la storia della terra e della vita sulla terra – in altre parole: l'approccio unificato di geologia, biologia ed evoluzionismo¹¹³ (Graham 1994). Non

¹¹² Mentre, dal 1825 in poi, nonostante i periodi di soppressione della creatività, al primato della geologia e della biologia si affiancavano l'astronomia, la chimica e la zoologia, grazie a Struve, Hesse e von Baer in modo particolare (Graham 1994).

¹¹³ Un altro dato degno di nota riportato da un altro storico dell'ecologia russa, Douglas Weiner, è che sotto l'impero di Pietro il Grande era comparsa una politica ambientalista volta alla cura e alla preservazione della natura (Weiner 1988), che in seguito sotto altri governi era stata indebolita, ma che era pur sempre rimasta di sottofondo.

è un caso dunque che le scienze naturali russe siano caratterizzate da un approccio onnicomprensivo allo studio dei processi che accadono sulla crosta terrestre e da un percepire particolarmente organico. E ciò è anche in parte il riflesso dell'interesse degli scienziati russi nei confronti della terra, nell'accezione geo-chimica di suolo. Il mondo delle piante infatti veniva esaltato come fosse una sublimazione della vita stessa; del resto, gli organismi vegetali venivano studiati soprattutto per il loro essere recettori di energia cosmica e ciò significava che da essi dipendeva la sussistenza del resto del mondo vivente. L'importanza della terra e dei suoi frutti per una popolazione numerosa e disseminata in un paese enorme, contribuiva a spiegare anche il concitato interesse nei confronti di una scienza come l'agronomia da cui poteva dipendere inoltre il fabbisogno dell'umanità (Podolinskij, 2011). Questa attenzione quasi sacrale nei confronti della terra è ben visibile dalle parole del filosofo Nikolaj F. Fedorov (1828-1903), ispiratore del cosmismo russo, il quale sosteneva che all'origine dell'indipendenza che caratterizza l'uomo vi era la sua posizione verticale. Da una posizione verticale, infatti, l'uomo poteva osservare tutto ciò che risiedeva al di sotto di lui. Fu in questa posizione che egli scoprì il cielo e la terra e il loro rapporto, mentre l'agricoltura si prefigurava come la prima manifestazione di questa conoscenza, frutto dell'influenza che il cosmo esercitava sulla superficie terrestre (Fedorov, 1982).

La vastità e l'uniformità, la mancanza di quelle catene montuose la cui presenza ha facilitato la divisione dell'Occidente europeo in numerosi Stati, tra loro diversi per ambiente geografico, sono il carattere distintivo del territorio russo, spiega lo storico Sergej Solovev, ciò che rende la sua pianura anomala anche se la si mette a confronto con le distese asiatiche. Proprio la mancanza di divisioni interne naturali ha creato le condizioni propizie alla formazione di uno Stato senza precedenti per grandezza¹¹⁴.

¹¹⁴ Solov'ev, nella sua *Storia della Russia*, abbraccia con lo sguardo la vasta pianura che per

Effettivamente, la “Madre Terra”, da oggetto di culto slavofilo, era divenuta oggetto privilegiato del pensiero scientifico e punto di intersezione di numerose ricerche, tanto che la pedologia¹¹⁵ (o scienza del suolo) nacque proprio qui ad opera di Vasilij V. Dokuchaev (1846-1903), mineralogista e geologo che esercitò un’influenza determinante su molti suoi contemporanei come il biogeochimico russo Valdimir I. Vernadskij (1863-1945) a cui si deve l'introduzione da un punto di vista scientifico e sistematico del concetto di biosfera (Deleage, 2013). Il lavoro di Dokuchaev si situa all'interno delle problematiche di carattere politico e sociale legate alla penuria di cereali in Russia che caratterizzò gli anni settanta dell'Ottocento. Le carestie erano dovute all'improduttività dei terreni a causa dello sfruttamento agrario intrapreso dall'imperialismo russo. A Dokuchaev era stato dato il compito di costituire una commissione per lo studio di queste terre particolarmente estese, dalla Crimea al Caucaso settentrionale e dalla rive del mar Nero alla Bassarabia, che lui percorse addirittura a piedi (Deleage, 1993). La sua ricerca scientifica si è quindi da sempre accompagnata a politiche concrete per un miglior sfruttamento agricolo del terreno. Dokuchaev desiderava mettere la sua conoscenza a servizio del miglioramento dello sfruttamento delle risorse della terra russa. I risultati di questi studi vennero pubblicati in 14 volumi fino alla monografia riassuntiva dell'intera missione pubblicata con il titolo di *Il Chernozhem russo*, laddove per “chernozhem” si indicava quella particolare terra di colore

un'enorme distanza si estende dal Mar Bianco al mar Nero e dal Baltico al Caspio, una pianura sconfinata in cui 'un viaggiatore non incontrerà alcuna altura di rilievo, né noterà alcuna netta differenza.

¹¹⁵ I primi studi scientifici del suolo furono opera di agronomi e chimici tedeschi. Carl Sprengel, per esempio, notò che il lo stato del terreno dipende anche dalla sua situazione climatica e non esclusivamente dalle sue proprietà chimiche e fisiche, mentre è ad Albert Fallou che si deve nel 1862 l'introduzione del termine “pedologia”. Ad ogni modo, fu con gli studi e le classificazione pedoclimatiche dei suoli russi ad opera di Dokuchaev che la pedologia diviene un corpus di teorie e leggi riguardanti i terreni tali da acquisire carattere di scientificità come disciplina a sé. (Deleage, 1993).

nero che caratterizzava le aree della Russia da lui percorse e facenti parte delle steppe ucraine¹¹⁶. Durante queste missioni, si rese conto che con il variare delle condizioni climatiche mutava sia vegetazione che la natura dei suoli. La cosa era resa particolarmente evidente grazie al fatto che morfologia e substrato non cambiavano in maniera significativa e quindi l'azione del clima sul manto vegetale e sulla pedogenesi era meglio osservabile. Una caratteristica molto importante del terreno, secondo Dokuchaev, era il suo essere il prodotto dell'interazione dei fattori climatici e degli organismi presenti in esso. Partendo da questa premessa egli diede avvio a un nuovo tipo di approccio all'analisi del suolo considerato come un corpo naturale complesso e multiforme, attraversato e modificato costantemente da processi dinamici dovuti non solo a cause geologiche, ma anche a fattori climatici e ambientali. Uno dei concetti centrali dell'intera sua impostazione di studio e di ricerca che giunse a formulare fu quello di paesaggio geografico come sistema, cioè come unità dei processi, che si verificano sulla superficie terrestre dove si realizza un intimo incontro del mondo organico col mondo inorganico. Proprio questo tipo di approccio gli consentì di confrontare le teorie proposte da geografi, geologi e botanici e di identificare gli errori che le accomunano, e soprattutto di formulare la teoria della metamorfosi dei terreni secondo cui il clima di ciascuna regione, a prescindere dall'origine geologica, influisce sull'evoluzione genetica del suolo, sulla pedogenesi. La convinzione a cui Dokuchaev giunse costituirà il fondamento della pedologia moderna. Nel rivolgersi a questo oggetto di studio, il suolo, che fino ad allora veniva analizzato utilizzando metodi differenti in base ai differenti oggetti da analizzare, Dokuchaev preferiva adottare un "approccio globale". Il suolo viene da lui analizzato come un corpo

¹¹⁶ «Terra benefica, che rappresenta la ricchezza fondamentale della Russia, e che non ha confronto con nessun'altra» (Dokuchaev, 1949, p. 495).

autonomo della natura, spiega Deleage, e come specchio del paesaggio, secondo una visione sistemica “cara all'ecologia” (Deleage, 1993). La scuola di pedologia che Dokuchaev mise in piedi non aveva rivali nel mondo a quell'epoca. Uno degli aspetti di maggior rilievo era l'adozione di un metodo di lavoro che integrava lo studio e la classificazione dei suoli all'impegno in favore di una politica che tutelasse le regioni pedoclimatiche per osservare le influenze atmosferiche sullo stato del terreno¹¹⁷. Fu grazie agli insegnamenti di Dokuchaev che Vernadskij sviluppò un metodo olistico nel concepire il suolo come un ambiente intrinsecamente vivente che lega insieme, nello stesso processo fisiologico, il mondo minerale e quello organico. Vernadskij imparò a concepire il suolo, come frutto di un'evoluzione che non si deve a un'unica causa, ma a reti di cause, (fattori geologici, climatici, biologici e ambientali) e perciò ci si deve, per prima cosa, fare un'idea d'insieme – trattarlo come entità sistemica complessiva – prima di esaminarlo nei dettagli. Vernadskij ebbe un ruolo cruciale nel fornire una base scientifica e sistematica a questo approccio orientato alla globalità che prendeva le mosse dalla pedologia per poi orientarsi verso una descrizione planetaria dei processi ecosistemici, ma fu un altro scienziato russo che, prima di Vernadskij, pose le basi della tradizione sistemica-energetista dando impulso a quella direzione di ricerca scientifica prettamente russa che soleva identificare, nei metodi di analisi come nelle pratiche di lavoro, l'ecologia con una scienza della terra. Questo scienziato fu Sergey A. Podolinskij (1850-1891) nei cui confronti Vernadskij riconobbe spesso di avere un debito intellettuale¹¹⁸. La vita di questo scienziato fu breve e

¹¹⁷ Dokuchaev propone un piano completo di protezione e di valorizzazione delle risorse naturali, a partire da un minuzioso studio preliminare delle condizioni geologiche e climatiche. In tre zone sperimentali di 5000 ettari, scelte come campione, vengono installate reti di misurazione meteorologiche, in particolare per misurare la piovosità (Deleage, 1993, p. 201).

¹¹⁸ Nella letteratura scientifica che riguarda gli studi sulla trasformazione dell'energia nella materia e l'approccio energetico generale, il nome di Podolinskij sta gradualmente emergendo

drammatica, dilaniata dalla perdita dei figli e conseguentemente dalla malattia psichica che lo condusse alla morte sopraggiunta precocemente all'età di 41 anni. Nonostante ciò, ad una vita breve e tragica corrispose un'attività scientifica poliedrica ed estremamente produttiva; si pensi che la maggior parte delle opere che Podolinskij produsse sono ancora oggi sconosciute. Il nome di Podolinskij, nato in Ucraina da una famiglia benestante di origini francesi, viene ricordato oggi ancora troppo raramente e in misura maggiore in riferimento al pensiero economico invece che in relazione ai suoi contributi nel campo della termodinamica e dell'ecologia. La maggior parte delle pubblicazioni scientifiche che comparvero nel periodo sovietico tendevano a porre in evidenza la creatività del pensiero di Podolinskij in ambito politico e sociale. Raramente veniva sottolineata l'importanza delle sue ricerche nel campo delle scienze naturali e dell'ecologia accomunabili, in gran parte, a quelle svolte dal suo successore, Vernadskij. Eppure, questo scienziato venne elogiato non solo dal biogeochimico russo che lo definì «un innovatore scientifico dimenticato», ma anche da altri scienziati affermati tra cui Ivan P. Pavlov che lavorò per un periodo nello stesso istituto dove Podolinskij portava avanti le sue ricerche di dottorato. Come tanti dopo di lui e a lui contemporanei – tra cui A. E. Fersman, N. A. Umov, A. L. Chizhevskij, E. S. Bauer, K. A. Timiryazev, N. M. Fedorovskij, V. V. Parin, I. A. Efremov, I. I. Ghvai e Lev N. Gumilev – Podolinski aveva tenuto e frequentato seminari sul pensiero scientifico ed ecologico a Mosca, presso l'Istituto di tecnologie chimiche e industriali dell'università Lomonosov. Animato da una multiforme curiosità intellettuale, egli si era dedicato alle scienze naturali e all'economia, studiando il rapporto che sussiste tra risorse e sfruttamento (Martinez-

come conseguenza della diffusione di quello di Vernadskij, benché le sue formulazioni fossero state anteriori a quelle del biogeochimico.

Allier, 1991). Podolinskij mostrò di possedere una formazione enciclopedica attraversando con disinvoltura i campi di studio più disparati: dall'energetica all'ecologia, fino alla geografia, alla medicina, all'igiene, alla geopolitica e alla demografia. Considerato un esponente dell'economia ecologica *ante litteram*, Podolinskij elaborò una teoria energetica già nella seconda metà dell'Ottocento esposta principalmente nella sua opera *Il lavoro dell'uomo in relazione alla distribuzione dell'energia*.¹¹⁹ Lo studio sulla distribuzione dell'energia di cui si faceva portavoce voleva essere principalmente una nuova teoria del lavoro in rapporto all'energia compresa nei suoi flussi ecosistemici e non solo un'opera di carattere economico, che proseguiva, inglobandovi l'elemento ecologico, le teorie di Marx ed Engels alle quali Podolinskij si era interessato sin da ragazzo¹²⁰. Si trattava di una riflessione che esprimeva una prospettiva naturalistica complessiva, storica ed etica allo stesso tempo che, a quei tempi, non era pronta a ricevere le attenzioni che il pensiero scientifico le avrebbe riservato nel Novecento. Ecco perché il

¹¹⁹ L'opera, di cui esiste una traduzione italiana pubblicata nel 2011 con il titolo *Il lavoro dell'uomo in rapporto alla distribuzione dell'energia*, venne data alle stampe a San Pietroburgo nel 1880 con il titolo *Trud chelaveka i ego otnoshenie k raspredeleniju energii*.

¹²⁰ Podolinskij era animato da una forte consapevolezza etica che lo aveva spinto verso l'impegno politico e l'attivismo rivoluzionario in favore di posizioni più populiste e anarchiche che comuniste, sebbene condividesse l'impronta generale della teoria marxista. Presto Podolinskij si fece conoscere nell'ambiente socialista di tutta Europa, esponendo le sue teorie in molti saggi scritti in lingue diverse. Cominciò nel 1880 una corrispondenza con Karl Marx che aveva conosciuto a Londra insieme ad Engels nel 1872 per il tramite di Petr Lavrov, rivoluzionario russo, loro corrispondente e amico.

Nell'80 Podolinskij scriveva a Marx: «E' per me motivo di particolare piacere essere in grado di inviarvi un breve scritto cui diede il primo stimolo la vostra opera *Das Kapital*. Forse ricorderete che nell'estate del 1872 ebbi l'onore di incontrarvi a casa di Herr Engels, presentato da Herr Lavrov. Spero di poter pubblicare presto nella «Revue Socialiste» alcune applicazioni delle mie idee allo sviluppo di diverse forme di produzione. Oltre ciò, sto preparando un lavoro più lungo, con esemplificazioni, benché non abbia ancora deciso se scrivere in francese o in tedesco» (Podolinskij cit. in Bagarolo, 2010).

Secondo Martinez-Alier, Podolinskij forniva un essenziale elemento ecologico alla prospettiva marxista, elemento di cui lo stesso Marx stava andando alla ricerca. Dai commenti di quest'ultimo, di fatti, emergeva un discreto interesse per la prospettiva invocata da Podolinskij, benché non un esplicito supporto che possa giustificare la tesi di Martinez-Alier. Per un approfondimento biografico su Podolinskij e il suo rapporto con Marx si veda Bagarolo, Lepore, 2010.

pensiero di Podolinskij viene da alcuni interpretato come una premessa storica all'ecologia sociale e all'ambientalismo storicamente successivi. Oggi appare chiaro che Podolinskij è forse uno dei principali e più giovani sostenitori della tradizione naturalistica ecosistemica. Ma va inoltre considerato un aspetto epistemologicamente ancora più innovativo: quello di aver introdotto una *prospettiva sistemica* nello studio dei flussi di energia nella biosfera (Chesnokov, 2006). Tra le sue intuizioni vi era quella che lo sviluppo sulla terra degli organismi biologici primordiali fosse legato all'azione dell'energia solare. Ciò stava significativamente ad ulteriore testimonianza del legame che lo avrebbe associato a teorici del pensiero ecologico globale come Vernadskij e anche ad un'altra figura estremamente interessante in questo contesto, Aleksandr L. Chizhevskij, che nelle sue ricerche trattò l'analisi e l'influenza delle oscillazioni dell'attività solare sui processi biologici terrestri¹²¹. Podolinskij si occupò dello studio delle trasformazioni di energia nella materia, della biosfera come totalità, e di definire l'ambito di azione dell'umanità sulla superficie terrestre in relazione al suo comportamento e alla sua coscienza etica – un tema questo che verrà affrontato più diffusamente da Vernadskij a cui viene attribuita l'introduzione del concetto di *noosfera*. Comunque l'ambito di studi dal quale Podolinskij partì per sviluppare le sue ricerche non fu l'ecologia, bensì la medicina¹²². Il suo primo lavoro di medicina sperimentale era uno studio sul processo di trasporto dell'ossido di carbonio e dell'ossido di azoto nel sangue e il ruolo in questo processo dell'emoglobina, ricerca

¹²¹ Da questo punto di vista tra i colleghi di Vernadskij e Podolinskij si possono annoverare anche Lev N. Gumilev e Nikolaj V. Timofeev-Ressovskij.

¹²² Nel 1867 si iscrisse alla Facoltà di Scienze Naturali, presso il Dipartimento di studi fisico matematici dell'Università Vladimir di Kiev. In questa sede, durante le lezioni del Professor V.B. Tohms rimase attratto dal lavoro del fisiologo tedesco K. Liudvig, così, al termine dell'università decise di trasferirsi all'estero per seguire le lezioni di fisiologia del Prof. L. Hermann (Chesnokov, 2006).

che egli condusse nel laboratorio di fisiologia sotto la direzione di Laurent Hermann e che verrà pubblicato nel 1872 in tedesco. Dal 1873 al 1876 Podolinskij lavorò all'Istituto di fisiologia di Rudolf Heidenhain all'Università di Breslavia. Questo istituto molto qualificato era noto soprattutto per il fatto che ospitava fisiologi provenienti da molte nazioni ed era quindi un centro di ricerca internazionale¹²³. In quegli anni Podolinskij svolgeva il Dottorato di ricerca in Medicina occupandosi di processi enzimatici e in particolare della funzione dello zimogeno (preenzima) nei casi in cui non esercita alcun effetto sulle proteine durante il processo di digestione dei fermenti pancreatici del ferro. Podolinskij notava che sotto l'influenza dell'ossigeno, lo zimogeno riesce a trasformarsi in *pancreatina* che è in grado di digerire le proteine. Una volta constatata l'importanza dell'ossigeno per i processi metabolici ed enzimatici, lo scienziato approdava alla conclusione che l'energia consumata nella digestione è proporzionale alla quantità di ossigeno contenuta nel sangue all'interno del pancreas. Contrariamente, l'aumento di acido carbonico a scapito dell'ossigeno impediva la conversione dello zimogeno nella pancreatina, impedendo a sua volta l'assimilazione delle proteine. Questa osservazione si mostrava estremamente importante nelle patologie e nelle terapie in parte dipendenti sia dal processo digestivo che dalla respirazione¹²⁴. Per tutte queste tipologie di malattie, relative al

¹²³A quell'epoca, i maggiori risultati ottenuti negli esperimenti di Podolinskij venivano pubblicati nell'archivio di *Fisiologia generale* sotto il titolo *Questioni relative ai processi enzimatici del pancreas*, argomento della sua tesi di laurea. Una parte fondamentale delle sue ricerche di dottorato venne pubblicata in Germania. In Russia, invece, venne stampato un estratto delle precedenti pubblicazioni per la rivista *Notiziari medici* e per l' *Archivio di scienze veterinarie*.

¹²⁴ Ancora studente all'Università di Kiev, Podolinskij cominciò a raccogliere informazioni generali sulle epidemie dovute all'influenza delle condizioni igieniche di vita e di salute dei cittadini. Egli curava e visitava i suoi concittadini senza ricevere nulla in cambio se non informazioni di carattere sanitario, necessarie per arricchire la sua formazione e la sua esperienza. Podolinskij si occupò concretamente di problemi medici e di salute: conduceva ricerche e analisi statistiche, etnografiche, igienico sanitarie e demografiche al fine di predisporre quanto più materiale possibile per operare valutazioni accurate sulle condizioni di vita, di salute, di lavoro dei cittadini ucraini in rapporto alla diffusione delle epidemie. Sono noti gli studi sulle cause della difterite nelle campagne ucraine e nel sud della Russia che erano

cuore o al sangue, e in misura maggiore, relative alla mancanza di ossigeno nel sangue, la digestione delle proteine non avveniva in maniera corretta, dato che lo zimogeno, in condizioni di insufficienza di ossigeno, non si convertiva in pancreatina¹²⁵. Podolinskij stava dando vita ad una nuova teoria della digestione che aveva come concetto primario la trasformazione dell'energia associata alla respirazione e dal campo medico egli avrebbe poi trasportato le sue osservazione per analogia al funzionamento dell'intero pianeta inteso come organismo vivente.

I risultati scientifici che Podolinskij produsse furono ben accolti dai fisiologici affermati del tempo: il corso di medicina all'Accademia di studi medici, nell'estate del 1877, era frequentato anche da Pavlov che lavorava nel laboratorio di Rudolf Heidenhain utilizzando parte dei risultati scientifici ottenuti dagli esperimenti di Podolinskij¹²⁶. Podolinskij si dedicava allo studio della medicina sperimentale con grande interesse. Grande ispiratore delle sue ricerche, infatti, fu proprio Claude Bernard, il padre della medicina sperimentale. Il saggio che egli scrisse nel 1879, interamente dedicato a lui, affrontava gli aspetti pedagogico-scientifici del lavoro del grande fisiologo francese¹²⁷. All'università Podolinskij aveva seguito le lezioni di Bernard nel 1872. La famosa opera del fisiologo, *Introduzione allo studio della medicina sperimentale*, aveva visto la luce solo pochi anni prima, nel 1865. Mentre le *Lezioni sulle influenze della vita sulle piante* che Bernard aveva tenuto al museo di Storia naturale, erano

sensibilmente intrecciati alla dimensione economica, sociale e dunque lavorativa delle comunità cittadine. Sull'impegno di Podolinskij in favore del miglioramento delle condizioni medico sanitarie in questi luoghi si veda Bagarolo, Lepore, 2011.

¹²⁵ Inoltre, egli dimostrò che i lieviti mescolati con le *pancreatine* quasi acceleravano il processo di scissione delle proteine e ciò si era mostrato di estrema importanza nella profilassi delle malattie.

¹²⁶ A proposito di ciò Pavlov riferiva che in riferimento al ruolo della tripsina e del succo pancreatico nelle reazioni interne del flusso sanguigno bisognava rifarsi alla serie di esperimenti e ai dati raccolti da Podolinskij (Pavlov, 1951).

¹²⁷ L'articolo era comparso nel secondo numero della rivista *Delo* in lingua russa, ed era intitolato *Klod Bernard*.

state pubblicate nel 1878. Podolinskij sosteneva che gli studi sui canali nervosi, sul fegato e sul pancreas, dettagliatamente condotti dai fisiologi tedeschi negli ultimi due decenni del XIX secolo, erano già stati delineati nei loro punti fondamentali da Bernard¹²⁸. Il fisiologo francese sosteneva che alla vita appartengono tutta una serie di processi tra cui l'organizzazione, la riproduzione, il nutrimento, lo sviluppo, la crisi, la malattia e la morte. Suddivideva poi l'esistenza della materia vivente in due categorie: fenomeni di creazione vitale, oppure di sintesi organizzativa, e fenomeni di disintegrazione organica, oppure morte. Nella natura – ammetteva Bernard – nulla si crea da un punto di vista quantitativo, però la sostanza vivente può oscillare ovvero può rivelarsi maggiore o minore nel tempo. Per esempio, le piante costruiscono e sintetizzano materiale organico a partire da sostanze inorganiche. Si tratta di un primario processo di sintesi che, col tempo, ha dato vita a diverse manifestazioni più complesse: cellule, tessuti, organi ecc.. Podolinskij riteneva che era da questo punto di vista che Bernard considerava la vita un fenomeno di “creazione”. D'altro lato gli organismi viventi sono regolarmente soggetti a processi di disintegrazione in presenza di fenomeni fisico-chimici che li condizionano lentamente, come la combustione o la fermentazione. Si tratta di fenomeni che si verificano sia nel regno delle piante che nel regno degli animali e attraggono, forse, più attenzione rispetto ai fenomeni di creazione e completamento che avvengono allo stesso modo, sebbene

¹²⁸ Podolinskij aveva acquisito le regole attraverso cui Bernard prefigurava l'efficacia del metodo clinico e l'epistemologia medica. Il medico doveva conoscere le condizioni di salute per poter fornire il suo aiuto (fisiologia sperimentale); doveva inoltre conoscere le condizioni di sviluppo della malattia per prevenirle (patologia sperimentale); e infine, le condizioni di guarigione dalla malattia per poter riutilizzare tali risultati (terapia sperimentale). Le ricerche di Bernard avevano dato enormi spunti a Podolinskij: tra le principali scoperte del fisiologo francese vi erano tra l'altro gli studi sulle funzioni digestive del ferro, la scoperta dei vasi nervosi, la dimostrazione che il glicogeno del fegato dipende dallo zucchero nel sangue, la dimostrazione del significato del sistema nervoso centrale nell'aumento dello zucchero nel sangue (iperglicemia) e il suo passaggio in potenza (glucozuria).

impercettibilmente, all'interno dell'organismo. Perciò, ogni dispiegamento dell'attività della materia vivente è legato a fenomeni di distruzione organica ed è in questo senso che Bernard arrivava a sostenere paradossalmente che “vita” è sì creazione, ma è anche “morte”. Il fisiologo francese individuava tre categorie principali: “vita latente”, “vita fluttuante” e “vita costante o libera”. Sotto il nome di vita latente Bernard indicava quello stato di materia vivente che si trova in condizioni di pieno equilibrio chimico, non scambiando energia e materia con l'ambiente esterno. Un concetto ancora meno dinamico di quello di omeostasi introdotto da Cannon sulla scia del pensiero di Bernard per indicare la tendenza degli organismi a mantenere una stabilità interna rispetto alle circostanze fluttuanti esterne. Occorre considerare, infatti, l'azione comune di due categorie di fattori, quelli interni e quelli esterni. Sottolineando il carattere relativo di tutti i fenomeni vitali, Bernard sosteneva che la vita non è né un principio né la risultante di qualche forza, ma semplicemente ciò che consegue dal conflitto tra organismi e ambiente esterno. L'avanzamento del principio circa la stabilità dell'ambiente interno dell'organismo vivente come importante fattore di conservazione vitale nei confronti delle oscillazioni significative che si verificano nell'ambiente esterno è stato sicuramente uno dei punti cruciali del lavoro del fisiologo francese che, per questo, ebbe un'importanza enorme nello sviluppo della cibernetica e delle teorie sistemiche.

Si presenta indubbiamente interessante il lavoro di Podolinskij che partendo dalla medicina e dalla fisiologia dei processi metabolici si orientava verso lo studio della genesi delle relazioni biologiche e sociali nel regno delle piante, degli animali e nella società umana. Inglobando una prospettiva darwiniana, egli spiegava le relazioni esistenti tra consumo delle risorse, crescita demografica e sfruttamento dell'energia.

Dal quadro complessivo emerge significativamente, soprattutto per il periodo storico, che gli interessi scientifici di Podolinskij erano collocabili sulla scia di quelle che sarebbero diventate le maggiori questioni scientifiche del Novecento, soprattutto per quanto concerne lo studio della biosfera, i suoi cicli energetici e l'ecologia dei sistemi. Le idee fondamentali che Podolinskij espresse nel suo *Il lavoro dell'uomo in rapporto alla distribuzione dell'energia*, vennero accolte da Vernadskij e messe in relazione al suo studio sulla *biosfera* e la *noosfera*. Vernadskij, scienziato affermato specialmente in relazione ai suoi studi in biogeochimica e mineralogia e nell'ambito dell'analisi delle risorse minerali della Russia aveva tratto ispirazione dalla proposta sistemica che Podolinskij aveva elaborato in riferimento all'analisi ecologica dei cicli di trasformazione degli elementi. Nell'opera *Le Géochimie*, pubblicata a Parigi nel 1924, Vernadskij partiva dall'osservazione che l'energia assume un'importanza centrale in rapporto alla vita e ciò, a suo modo di vedere, era stato chiaramente intuito dai fondatori della termodinamica. Tuttavia, solo uno studioso ucraino, continuava Vernadskij, morto giovane, aveva compreso appieno la portata di queste idee cercando di applicarle allo studio dei fenomeni economici¹²⁹. La proposta su cui Podolinskij chiedeva il parere di Marx nelle lettere che gli indirizzò negli anni '80 riguardavano infatti l'idea di conciliare la teoria economica del filosofo tedesco con i fondamenti della termodinamica. Cioè, di comprendere e direzionare l'economia utilizzando un approccio ecologico che verrà poi concettualizzato e promosso negli anni '70 del Novecento, grazie anche al lavoro di Nicholas Georgescu-Roegen sul principio di

¹²⁹ Vernadskij non conobbe personalmente Podolinski ma lesse le sue opere: il 3 giugno del 1923 scriveva: «davvero intrigante Podolinskij, mi interessa da molto tempo. La sua impostazione energetica, non compresa da Marx e da Engels, è molto innovativa. Egli è uno dei predecessori e degli innovatori». E' certo che nelle scienze naturali, nella filosofia, nel socialismo e nell'ecologia, nella medicina e nella cooperazione, il nome di Podolinskij dovrà ricevere una sostanziale rivalutazione (Vernadskij, 1998).

entropia e la crescita economica. Podolinskij propose l'idea di armonizzare la teoria del plus-lavoro con le moderne teorie fisiche giungendo a prefigurare una teoria economica sostenibile. Nel saggio *Il socialismo e l'unità delle forze fisiche* egli rifletteva sul fatto che dal momento che l'energia si conserva e quindi il lavoro umano non può crearla o distruggerla a proprio piacimento, la cosa più utile da fare è quella di intervenire sui flussi già esistenti in natura per utilizzarli al meglio delle possibilità umane. Podolinskij sosteneva che tutta l'energia esistente sulla terra sotto diverse forme proviene da un unico flusso soggetto a molteplici trasformazioni. La terra riceve questa energia dal sole e ne rispedisce nello spazio una parte che eccede le trasformazioni operate sulla superficie terrestre. Come ha notato Martinez-Allier, in questo modo Podolinskij prefigurava la natura entropica dei processi ecologici, così come di quelli economici, e il processo duale di accumulazione di energia sulla terra e restituzione/dissipazione della stessa nell'atmosfera. Podolinskij spiegava, dunque, che ogni forma di energia nell'universo è soggetta, nel corso delle sue trasformazioni, ad una tendenza verso la dissipazione, cioè verso una irreversibile degradazione qualitativa che esclude qualsiasi possibilità di utilizzo per compiere ulteriore lavoro (Bagarolo, Lepore, 2010). L'energia sulla terra è soggetta a molteplici trasformazioni e alla fine di questo ciclo l'energia residuale viene irradiata nello spazio cosmico sotto forma di calore. Si trattava del secondo principio della termodinamica già enunciato nella seconda metà dell'Ottocento da Rudolf Clausius e da lui riformulato nel principio di entropia, ma ciò che era innovativo nell'analisi di Podolinskij era l'attenzione al contesto ecologico congiuntamente a quello economico, ovvero l'applicazione di questo principio al lavoro dell'uomo, in relazione quindi alla sua sussistenza. Che cosa era il lavoro dell'uomo e

degli animali, si chiedeva Podolinskij, se non una delle numerose forme di manifestazione dell'energia? Mediante il lavoro l'uomo poteva accrescere la quantità di energia complessiva accumulata sul pianeta, anche cercando di incrementare le sue trasformazioni. Cosa succede, infatti, all'energia irradiata sulla terra dal sole? Prima dell'esistenza degli organismi viventi, o quando essi non ricoprivano tutta la biosfera, in epoche cioè ancestrali, l'energia non veniva convertita sulla terra se non in quantità limitate. Di conseguenza gran parte delle radiazioni emesse dal sole non venivano accumulate sulla superficie terrestre, ma ritornavano indietro nello spazio cosmico. Da ciò non derivava nessun aumento dell'energia convertibile sulla terra. Che si sia evoluta per generazione spontanea, che sia stata il frutto di un atto di creazione o che sia stata trasportata sulla terra da qualche meteorite attraverso lo spazio cosmico, la vita ha modificato sostanzialmente la terra sia nel suo aspetto che nelle sue funzioni (Podolinskij, 2011). Con la comparsa delle piante, infatti, parte dell'energia cominciò ad accumularsi, anziché a venire dispersa o riflessa, convertendosi in forme nobili invece che dissipandosi sotto forma di anidride carbonica. Con la comparsa degli animali, l'energia contenuta nelle piante veniva trasformata nuovamente. Gli animali inferiori ne impiegavano una parte utile al loro corpo e poi disperdevano gli scarti di energia improduttiva avanzata. Le piante ricatturavano questa energia, riutilizzandone una parte. Come descrive Podolinskij di seguito,

Se la quantità di energia accumulata dalle piante è maggiore della quantità dispersa dagli animali, allora ne deriva un accantonamento di energia, come per esempio sotto forma di strati di carbon fossile, in quel periodo di vita della terra in cui evidentemente la vita vegetale predominava fortemente su quella animale, tra accumulo e dissipazione di energia. Al contrario, se la vita animale cominciasse a predominare su quella

vegetale allora, esaurendo le scorte racchiuse nel materiale nutritivo accumulato dalle piante, e disperdendo la sua energia nello spazio, la vita animale regredirebbe entro i limiti conformi alla quantità di energia, accumulata dalle piante in ogni dato periodo. Così, si stabilirebbe un certo equilibrio più o meno costante tra la vita vegetale e quella animale, tra accumulo e dissipazione di energia (2011, p. 154).

Questa situazione di stabilità, continua Podolinskij, si verificherebbe per il fatto che l'energia dissipata dalle piante e dagli animali non verrebbe riconvertita in lavoro utile, in termini di aumento di energia sul pianeta. In un sistema equilibrato le piante accumulano e gli animali disperdono ciclicamente. Con lavoro utile Podolinskij qui intende un qualsiasi consumo di lavoro meccanico e mentale dell'uomo e degli altri animali che ha come risultante l'aumento del bilancio di energia convertibile sulla crosta terrestre, pertanto l'energia impiegata per produrre beni improduttivi, cioè non in grado di generare nuove conversioni di energia in forme superiori (valga l'esempio dei beni di lusso) a suo parere non è auspicabile poiché esclusivamente finalizzato allo spreco di risorse. Attraverso queste affermazioni che risuonano estremamente attuali, Podolinskij delineava alcuni problemi relativi all'aumento demografico umano a scapito della biosfera e alle conseguenze dell'impatto antropico da un punto di vista termodinamico. E proseguiva sostenendo che l'uomo, mediante determinate azioni intenzionali, poteva accrescere la quantità di energia accumulata nei vegetali e ridurre quella dissipata dagli animali.

La considerazione generale di Podolinskij sul ruolo che esercitano differenti tipi di lavoro sull'accumulo o sulla dissipazione dell'energia di trasformazione erano state ben comprese da Vernadskij quando sottolineava che l'espressione energetica delle forze di produzione naturali era approdata ad uno stadio critico, richiedendo una maggiore

attenzione da parte delle grandi organizzazioni scientifiche (Vernadskij, 1970). Podolinskij aveva messo in risalto due questioni fondamentali che saranno affrontate anche dal biogeochimico: il legame reciproco di energia solare e materia vivente che caratterizza la biosfera e l'influenza scientifico-tecnologica del lavoro umano sulla biosfera che implica la sua trasformazione in *noosfera*:

Vernadskij noted that since the eighteenth century the quantity of biogenic gases produced by humans has increased greatly: 'Human's cutting down forests and fields...change the face of the planet, create numberless new physical-chemical processes in the history of the biosphere, until now acting more or less unconsciously. In the noosphere, the regulating of this function of humans must be one of the basic features of its new structure' (Bailes, 1990, p. 194).

Alla base di queste parole vi era la convinzione in Vernadskij che l'umanità stesse diventando la forma dominante di materia vivente nella biosfera e si stesse, perciò, trasformando in una nuova sfera che definiva, appunto, *noosfera*. Con questo termine egli intendeva uno stadio evolutivo della biosfera in cui l'intelletto umano, il *nous*, diveniva la più importante forza geologico-planetaria, ovvero il motore principale delle trasformazioni che si verificano sulla crosta terrestre (Vernadskij 2004). In passato gli organismi influivano sulla storia solo come automi che soddisfano le loro esigenze di base e cioè nutrimento, respirazione e proliferazione. L'uomo ha allargato questo circolo agendo sugli elementi che hanno reso possibile lo sviluppo della tecnica e conseguentemente la creazione di una forma civilizzata di vita. Così, in seguito, dopo migliaia di anni, si osservò la comparsa di una nuova forza geologica: il pensiero scientifico della società umana capace di mutare la biosfera. Sotto le influenze del pensiero scientifico e tecnologico dell'uomo, la biosfera

attraversa infatti un nuovo stadio senz'altro collegato alla comparsa del cervello umano e a forme di lavoro più sofisticate. L'uomo è intervenuto sull'ambiente del suo contesto di vita e ha creato per se stesso una nuova natura vivente. La quantità degli uomini sulla terra è aumentata vertiginosamente rispetto ai tempi in cui l'uomo dipendeva dai prodotti che la terra gli forniva. Il passaggio dalla biosfera alla noosfera inaugurava, secondo lo scienziato russo, una nuova funzione biochimica dell'uomo sulla terra¹³⁰. Vernadskij giungeva alla conclusione che la materia vivente, evolvendosi, aveva generato una nuova più rapida, straordinaria, forza geologica di intelligenza tecnica, ovvero il pensiero scientifico della società umana.

Presentando la sua teoria energetista associata alla nozione di lavoro, Podolinskij fu abile nell'intuire non solo la necessità di razionalizzare lo sfruttamento delle risorse naturali riflettendo sull'importanza del processo ecosistemico di sintesi del cibo a partire da elementi inorganici. Egli si spinse ad immaginare, inoltre, che l'umanità sarebbe potuta diventare un'entità autotrofa, cioè in grado di sintetizzare le proprie molecole organiche a partire da sostanze fisico-chimiche. Anche Vernadskij sostenne in un articolo intitolato *Autotrofia dell'umanità*, comparso nel 1925, che presto o tardi l'uomo sarebbe riuscito a sintetizzare cibo senza più dipendere dallo sfruttamento dell'ambiente¹³¹.

Come osserva Timiryazev:

¹³⁰ L'uomo è stato in grado di agire rapidamente sulla natura, selezionando e generando nuove specie di piante e animali. Egli è stato il solo ad aver agito sulla biosfera in direzione di un reale cambiamento dei suoi prodotti ed è stato il pensiero tecnico scientifico a dirigere questa trasformazione.

¹³¹ Vernadskij credeva che il passaggio dell'umanità in comunità autotrofa attraverso lo sviluppo dell'attività scientifica e tecnologica, nel complesso, ricadeva interamente nella cornice degli altri processi geochimici, allo stesso modo dello sviluppo culturale. Si veda Sit'nik *et al.*, 1988. Tra coloro che avevano riflettuto a proposito dell'autotrofia dell'umanità egli conosceva i lavori, oltre che di Podolinskij, di S. N. Vinogradskij, D. I. Mendeleev, K. A. Timirjazev, N. A. Umov e N. F. Fedorov.

Tutta la lotta per l'esistenza che si realizza nel mondo organico non è solo una lotta per la materia: gli elementi chimici delle sostanze organiche si trovano in minore quantità nell'aria, nell'acqua, nella terra; non si tratta neppure di una lotta per l'energia dato che essa viene purtroppo generosamente dispersa in forma convertita in calore in tutti i corpi. Questa è una lotta per l'entropia che diventa disponibile nel passaggio di energia dalla polvere solare alla terra fredda. Per sfruttare il più possibile questo passaggio la pianta accresce immensamente la superficie delle sue foglie per accogliere l'energia solare, e prima di questo momento, essa si abbassa fino al livello di temperatura della terra. Queste sintesi chimiche, ancora non le produciamo nei nostri laboratori. I prodotti di questa cucina chimica consistono negli oggetti della lotta per la sopravvivenza nel regno naturale (Timiryazev, 1959, p. 65).

Collegandosi al lavoro di Vernadskij e analizzando la sostanza energetica dei processi di etnogenesi anche Lev N. Gumilev si affiancò a queste ricerche mostrando in *L'etnogenesi e la biosfera della terra* che il nostro pianeta riceve dal cosmo più energia di quella necessaria per il mantenimento degli equilibri nella biosfera. Questo, per così dire, eccesso si sprigionerebbe in una generazione di uomini impulsivi oppure in un'esplosione di etnie. Gumilev riproponeva, su scala antropologica ed etnica, le dinamiche di immagazzinamento e conversione dell'energia che interessano gli ecosistemi della biosfera. L'etnia, intesa come collettivo di uomini che condividono determinate fisiologie e stereotipi, veniva posta in analogia con il sistema della biosfera, inteso come organismo vivente (Gumilev, 1990).

Le ricerche di questi studiosi sulle influenze che il progresso scientifico e tecnologico stava esercitando sullo stato del pianeta vennero approfondite e proseguite da molti studiosi nel corso del Novecento veicolando l'affermarsi di un nuovo paradigma denominato "economia ecologica" che vede Georgescu-Roegen come uno dei maggiori promotori. Di particolare importanza in questo contesto è anche la

formula dell'ecologia globale enunciata dal russo Mikhail Budyko che conduce un'analisi ecologica e climatica delle trasformazioni ambientali una volta constatati gli effetti delle attività umane ai danni dell'ecosistema da un punto di vista legato alle alterazioni del clima. Durante un congresso internazionale sul tema “La salute dell'uomo e l'ambiente naturale”, il botanico belga Paul Duvigneaud illustrava che nello sviluppo complessivo dell'umanità era comparsa una nuova unità d'analisi denominata *noosistema*, e cioè una concezione più ampia di ecosistema in cui interagiscono anche il livello sociale, economico e culturale¹³².

Le idee di Podolinskij, riprese poi da Vernadskij, sui caratteri peculiari dell'energia cosmica della vita, sulle possibilità di misurazione delle trasformazioni di energia, sui processi economici ed entropici e sul principio di autotrofia dell'umanità, vennero sviluppate successivamente nei lavori di molti scienziati russi e occidentali le cui ricerche andavano ad inserirsi in un quadro transnazionale di sviluppo di queste traiettorie che rese sempre più chiara la necessità di uno sforzo comune di analisi e comprensione delle problematiche ambientali urgenti che, al termine della seconda guerra mondiale, avevano dato vita ad un'immagine del pianeta come organismo globale¹³³.

¹³²I noosistemi, sosteneva Duvigneaud, devono essere gestiti sulla base delle risorse e dei compiti scientifici fondamentali che rispettino il suo funzionamento, ma l'uomo contemporaneo non fa altro che distruggere l'ambiente di vita. Il desiderio di una nuova morale ecologica deve poggiare sul terreno di una nuova riunificazione disciplinare che si basa su una società sia scientifica che umanistica, dove la cultura della noosfera, l'economia, l'utilizzo delle risorse, la struttura sociale e la distribuzione delle ricchezze devono sostenere l'equilibrio della biosfera. Si tratta di un'utopia o di una reale possibilità del futuro? La *Sofiosfera*, o sfera della saggezza, conclude Duvigneaud, deve sostituire la noosfera, dove una parte troppo grande di ragione e sviluppo umano hanno avuto un cattivo destino. Si veda Duvigneaud, 1984 e 1988.

¹³³ Persino il fisico austriaco Ludwig Boltzmann in tempi non sospetti aveva pronunciato un discorso all'accademia delle scienze di Vienna nel 1866 nel quale avanzava importanti considerazioni sul ruolo cosmico delle piante.

3. 2. Vernadskij e la fondazione della biogeochimica: l'approccio cibernetico in scienze della terra

L'interazione che da sempre unisce la biosfera al cosmo, la terra fredda alla polvere solare, per Vernadskij era una questione che andava posta sul piano biogeochimico, ovvero sul piano della convergenza, inedita per l'epoca, tra biologia, chimica e geologia. Nel trattare la questione egli adottava, come Podolinskij, una visione d'insieme, sistemica e multidisciplinare, che Bogdanov avrebbe definito complessa e tectologica.

Vernadskij sosteneva che la terra è nel suo insieme un sistema vivente altamente complesso al pari di un organismo. La sua complessità è tale che lo rende oggetto di una stratificazione di livelli e gradi di funzioni tra loro interagenti e in co-evoluzione che necessitano di altrettanti numerosi e sofisticati strumenti di investigazione da parte degli scienziati. Sulla base di questo approccio egli riuscì a fornire una descrizione efficace dei processi che si svolgono sulla biosfera e sulla crosta terrestre, sottolineando come esse siano permeate di energia che ha origine cosmica e si distribuisce entro tutta l'estensione di questo particolare involucro in cui risiede la vita. Il flusso continuo che raggiunge la biosfera sotto forma di energia libera attiva, o semplicemente biochimica, attraversa gli involucri concentrici della terra che costituiscono per Vernadskij le "geosfere", ovvero involucri tra i quali avviene la migrazione degli elementi chimici, mentre la biosfera è la specifica pellicola geologica esterna che riveste il pianeta. La biosfera è attraversata da un processo biogenico di sintetizzazione e smaltimento di sostanze organiche che si identifica con un'attività complessa di auto-organizzazione della terra

come pianeta in cui si consuma un'incessante processo di transizioni di forme. Sia per Vernadskij che per Podolinskij la vita è una creazione della luce solare la cui origine è infatti contenuta nei gas dell'atmosfera. Prima che l'umanità facesse la sua apparizione sul pianeta, la materia vivente che emerse attraverso un processo congiunto di creazione e trasporto di energia biochimica libera, era rappresentata principalmente dalla massa verde. Alexander I. Oparin, infatti, nel suo lavoro fondamentale *L'origine della vita* (1977), affermò che nel Novecento le leggi di conservazione e di espressione dell'energia erano diventate i principali mezzi attraverso i quali interrogare una questione così delicata come l'apparizione delle prime tracce di vita biologica sulla terra. La prima legge della termodinamica, o legge di conservazione dell'energia, si rivela pienamente in accordo sia ai meccanismi fisici, sia in rapporto agli organismi. La seconda legge invece è più complessa secondo Oparin, perché consiste sull'espressione statistica della tendenza della natura verso il disordine, cioè verso la perdita di energia nei sistemi isolati che spesso manifestano un accrescimento della loro entropia. Contrariamente, negli organismi non solo non avviene un accrescimento dell'energia, ma è persino possibile una sua diminuzione. In questo modo, si ottiene che la tendenza al disordine si manifesta come principio fondamentale della fisica, con l'aumento di entropia, mentre, al contrario, nei processi biologici fondamentali vi è una diminuzione di entropia perché ad essa vi combacia un aumento dell'organizzazione in forma sistemica.

Animato da un respiro humboldtiano (Deleage, 1993), Vernadskij risolveva il concetto di vita in un altro concetto per lui fondamentale, quello di *materia vivente* che riguarda tutta la biosfera e ne ha determinato il suo fondamento e la sua storia. Essa è per Vernadskij un fattore tutt'altro che autonomo: la materia vivente giace infatti

nell'intersezione tra elementi organici e inorganici, inerti e viventi. Se dapprima con questo termine egli intendeva sostanzialmente le specie autotrofe che rappresentano il 99% della biomassa (mentre l'1% è occupato da quelle eterotrofe) e non la materia biogena o quella bioinerte¹³⁴ che egli poneva sotto differenti classi, in seguito il concetto di materia vivente divenne talmente ampio da includere non più solo gli organismi biologici ma anche quella parte di materia che circonda i loro ambienti acquosi, solidi e gassosi e che è necessaria alla conservazione della loro vita. Un contenitore, quindi, sufficientemente ampio da includere le secrezioni che si depositano sulla crosta terrestre all'esterno degli organismi, le loro parti morte o in via di decomposizione e, infine, i loro cadaveri – una corrente biochimica che li attraversa di continuo.¹³⁵ La materia vivente, al pari della biosfera, come sostiene Vernadskij (1988), ha una sua specifica modalità d'organizzazione e può essere considerata una funzione della biosfera non equiparabile ad un meccanismo, in quanto caratterizzata dal fatto che si trova sempre in movimento e tutte le sue particelle energetiche sono perennemente in uno stato dinamico. In un certo senso, la materia vivente rappresenta l'unità emergente dal rapporto complesso di organismi e ambienti che, in questo caso, sembra somigliare piuttosto ad una compenetrazione

¹³⁴ Come descrive Deleage, Vernadskij utilizzava il termine *materia biogena* inizialmente per descrivere la materia che ha origine dagli organismi viventi come i combustibili fossili, la torba e delle paludi e *l'humus*. Mentre con *materia bioinerte* usava riferirsi all'acqua, alla parte bassa dell'atmosfera e alle rocce sedimentarie. Anche la materia bioinerte era considerata da Vernadskij indissociabile rispetto alla storia della vita. (Deleage, 1993).

¹³⁵ Sotto la definizione di materia vivente includiamo: 1) tutti gli organismi vegetali, animali e l'umanità; 2) tutta quella parte di materia che circonda i loro ambienti- acquosi, solidi o gassosi che senza dubbio è necessaria alla conservazione della loro vita, osservando un determinato intervallo di tempo; 3) tutte le secrezioni degli organismi che si depositano all'esterno dei loro corpi, sulla crosta terrestre, anche in questo caso in un intervallo determinato di tempo; 4) tutte le parti morte o in via di decomposizione degli organismi, in un intervallo determinato di tempo; 5) tutti i cadaveri degli organismi e i loro residui che si trovano sulla superficie terrestre in un intervallo determinato di tempo. E di tutte queste parti noi considereremo la forma della massa, della sostanza e dell'energia della materia vivente, non di quella morta (Vernadskij 1978, p. 220).

evolutiva (Vernadskij 1993). Lo studio degli ecosistemi rivela, secondo Vernadskij, un oggetto del tutto peculiare sin dagli esordi dell'ecologia come disciplina scientifica. Tale oggetto è rappresentato dall'intersezione di processi biotici e abiotici che solo insieme, e non separatamente, regolano l'attività della crosta terrestre. La materia vivente corrisponderebbe, quindi, ad una definizione di ambiente “sistemica”, che contempla tutte le circostanze fisiche, biologiche e culturali in cui gli organismi sono immersi.

L'opera di Vernadskij si poneva alla convergenza di numerose correnti scientifiche, come spiega Deleage: la pedologia, la biochimica francese, l'ecologia tedesca e, non in ultimo, la tradizione tipica dei naturalisti russi, particolarmente attenti allo studio delle comunità viventi e delle loro associazioni. Come Dokuchaev, Vernadskij si interessava allo studio storia della crosta terrestre da un punto di vista non solo geologico ma anche chimico. E questo interesse situato nell'incrocio di più ambiti lo portò alla fondazione della biogeochimica globale che prendeva le mosse, appunto, dallo studio genetico e chimico dei terreni (Deleage, 1993). Tale approccio del tutto nuovo e diverso aveva a cuore, piuttosto che le suddivisioni disciplinari del sapere scientifico, l'attenzione alla transdisciplinarietà intesa come obiettivo pratico verso il quale indirizzare un programma di lavoro realmente concreto. Non di minore importanza, infatti, nella sua biografia di accademico dell'Accademia delle Scienze e consulente scientifico, la sua profonda fede nel progresso scientifico come soluzione ai molti problemi che affliggevano l'umanità. Vernadskij aveva cominciato la sua attività accademica nel campo della mineralogia e della cristallografia e, sin da subito, si era dedicato allo studio delle risorse minerali russe e alle possibilità di un loro utilizzo produttivo. Insieme ad Aleksandr P. Karpinskij, geologo e mineralogista a capo dell'Accademia

delle Scienze Sovietica (1917-1936) egli si impegnò nell'istituzione di una commissione per lo studio sistematico delle forze produttive naturali della Russia denominata KEPS. Tutto il suo impegno dedicato alla scienza come fonte di modernizzazione del paese confluirà nella sua opera sulla biosfera che verrà analizzata sia dal punto di vista chimico, ovvero indagando l'indissolubile rapporto che sussiste tra la vita e i fenomeni chimici che si consumano sulla crosta terrestre, sia dal punto di vista cosmico, ovvero riflettendo sul rapporto che unisce il nostro pianeta al suo ambiente esterno, il cosmo. La biosfera, in Vernadskij, può essere considerata come una regione della crosta terrestre occupata dalle trasformazioni e dall'attraversamento (trasfusioni) delle radiazioni cosmiche e delle attività dell'energia terrestre elettrica, chimica, meccanica, termica. L'energia chimica della biosfera nella sua forma attiva si manifesta grazie all'energia dei raggi solari che raggiunge la materia vivente presente sul terreno e quindi le attività che si consumano sulla crosta terrestre sono intrinsecamente connesse a quelle cosmiche. Pertanto la vita è un grande, graduale, continuo accumulo di energia chimica sulla superficie del nostro pianeta. Negli organismi verdi l'adattamento è infatti rivolto primariamente alla realizzazione della loro funzione cosmica, cioè quella di assorbire i raggi solari. L'energia libera capace di compiere un lavoro aumenta in forza del fatto che la presenza di piante verdi aumenta. Come aveva notato già Podolinskij, il mondo degli animali esiste solo grazie agli organismi vegetali e alla materia vegetale – non potrebbe vivere separatamente, in maniera indipendente da essi.

Questo atteggiamento così marcatamente sistemico Vernadskij lo aveva ereditato dai suoi maestri¹³⁶. A Dokuchaev, il biogeochimico

¹³⁶ Vernadskij ne aveva avuto molti: da Evgraf M. Korolenko (1810-1880), appassionato di astronomia, imparò, lungo le loro passeggiate per le campagne ucraine, che la terra è un

doveva l'impiego di un metodo transdisciplinare e la tendenza a non trattare mai i fenomeni osservati come isolati, ma sempre in connessione con tutto ciò che li circonda. Nessun aspetto della natura è talmente autonomo da poter essere indagato esclusivamente da una sola prospettiva. Qualche anno più tardi Vernadskij confessava che osservando l'enorme mole di materiale contenuto negli archivi della scienza vi scorgeva, soprattutto in biologia, una molteplicità di osservazioni e generalizzazioni mai sistematizzate e quasi sempre scollegate, isolate tra loro e casuali (Vernadskij 1978). Ciò lo portò a riflettere sull'inefficacia del metodo di analisi per separazione disciplinare a cui però non riuscì sin da subito ad opporsi:

Già da molto tempo mi sorprende l'assenza della tendenza a comprendere la Natura come un tutto nell'ambito della conoscenza empirica dove, in effetti, potremmo farlo. Spesso noi ci limitiamo a fornire una semplice rassegna di fatti e di osservazioni laddove potremmo invece cercare di guardare al tutto e di dare almeno qualche ragguaglio su di esso. Di tal fatta, ad esempio, è l'esposizione della geologia dinamica, della mineralogia, delle discipline biologiche, legate alla geografia, e via di seguito.

A me pare che ci si trovi di fronte a una sorta di pigrizia della mente. Si avverte che con un certo sforzo potremmo spingerci sino al punto di riuscire a abbracciare l'intero fenomeno nel suo complesso, ma non riteniamo di potere o dovere compiere questo sforzo anche perché dalla letteratura consultata risulta che neppure gli altri lo fanno.

Studiando la diffusione di H₂S avrei potuto cercare di estendere lo sguardo al significato complessivo di questo fenomeno nella crosta terrestre, esaminarlo a vol d'oiseau e ottenere così una nuova descrizione, e non l'ho fatto. La stessa cosa mi è successa con riferimento alle differenze di età e di sesso della materia vivente e al loro

organismo vivente (Grinevald, 1993), mentre la tendenza ad esaminare gli oggetti dal punto di vista del loro essere fenomeni globali (ma senza tralasciare il metodo analitico utilizzato in chimica e in mineralogia) fu una disposizione che ereditò da Dokuchaev. In terzo luogo, l'importanza che la scienza e lo studio delle risorse naturali possedevano per l'economia del paese e per il suo sviluppo industriale rappresentò una convinzione in cui sicuramente vi era l'influenza di Dimitrij I. Mendeleev (1834-1907) da cui aveva ereditato il fare "poco accademico" e poco convenzionale di avventurarsi in zone distanti dal suo campo di appartenenza (Kojevnikov 2002), per produrre una visione globale sulla realtà circostante.

significato nella biosfera e a fenomeni analoghi.

In modo ancora più evidente avrei potuto e dovuto compiere un'analisi di questo genere per valutare l'incidenza della vita umana nel suo complesso, e di quella culturale in particolar modo, nella economia complessiva della natura.

Si sono dimenticati il senso e la consapevolezza dell'economia della natura e si è persa l'abitudine a pensare alla natura seguendo questa via. E nel frattempo intorno a noi si accumula una massa di dati, che attendono soltanto uno studio e una ricerca di questo tipo, orientati verso la globalità (Vernadskij, 1988, p. 195).

Nella collezione di scritti riuniti spostumi sotto il titolo *Zhivoe Veshestvo* (1978) l'autore formulava questioni relative allo studio della materia vivente come totalità di organismi che risiedono nella biosfera e che appare sotto forma di indissolubile forza geologica della massa planetaria. Anticipando le preoccupazioni che sarebbero comparse in *Pensieri filosofici di un naturalista* (Vernadskij, 1994) nel quale è contenuta la citazione riportata sopra e poi, successivamente, in *La Biosfera* (Vernadskij, 1993), nell'introduzione all'opera Vernadskij esprimeva un'altra profonda convinzione:

Troppo di frequente i biologi non apportano una sufficiente attenzione ai fenomeni connessi con la materia vivente, e lo studio delle differenze specifiche degli organismi espresse dalla trasformazione dell'ambiente esterno, sembra essere distante dai compiti tradizionali che interessano la ricerca contemporanea. I biologi purtroppo dimenticano che l'organismo, essendo una parte fondamentale della terra, rappresenta un suo meccanismo e un suo mutamento e che può essere distinto da essa solo nella nostra astrazione. Riusciamo ad ottenere una piena rappresentazione del cambiamento della totalità dei fenomeni chimici della biosfera solo quando alle caratteristiche morfologiche e fisiologiche degli organismi aggiungiamo anche le proprietà geologiche e in parte, geo-chimiche. [...] Fino ad ora nella scienza non c'è stata chiara consapevolezza che i fenomeni della vita e i fenomeni della natura morta sono collegati ad un unico processo geologico planetario (Vernadskij 1978, p. 15).

Secondo Vernadskij fino a quel momento la geologia non aveva mai avuto come oggetto d'analisi l'immagine integrata dei meccanismi che regolano le attività della terra. In particolare, essa non ha dato risalto ai fenomeni legati alla vita, non ponendosi sul livello di intersezione di più meccanismi, biotici e abiotici. Lo studio delle funzioni chimiche della biosfera consente a Vernadskij di affermare che sulla superficie terrestre non vi è forza chimica più intensamente e costantemente attiva, e quindi più possente nell'influenzare le attività nel loro complesso, di quella esercitata dalla massa di organismi viventi. I fenomeni chimici della biosfera dipendono nella loro totalità dalla vita.

Era ancora il suolo che rendeva evidente la compenetrazione di più fattori, organici e inorganici, volta a costituire un'integrità sistemica inscindibile nelle sue componenti. Se, come dicevamo poc'anzi, Dokuchaev e Vernadskij si accorgevano che al variare delle condizioni climatiche in differenti aree della Russia, variava anche la coltre di vegetazione e la natura del suolo – poiché la condizione pianeggiante del suolo russo e la morfologia omogenea favorivano l'osservazione delle influenze del clima sulla pedogenesi e sulla vegetazione (Tagliagambe 1994) – allo stesso modo, dall'osservazione delle steppe siberiane, il geologo, noto con l'appellativo di principe anarchico, Petr A. Kropotkin si era reso conto che gli organismi si aggregavano anziché separarsi, e nel caso di organismi simbiotici come i licheni, solo il porsi come unità evolutiva integrata permetteva che ciascun organismo evolvesse e affrontasse con successo le avversità dell'ambiente¹³⁷.

Vernadskij estese i principi di Darwin all'intera biosfera e ai suoi

¹³⁷ Sempre dando un'occhiata al suolo, già Darwin si era reso conto che il terriccio vegetale si era formato grazie all'azione comune dei lombrichi nel tempo. Già nell'introduzione a *L'origine delle specie* Darwin sottolineava l'importanza della dipendenza reciproca e complessa degli organismi tra loro e dall'ambiente in cui vivono [...] i cirripedi, i coralli o i lombrichi sono agenti di trasformazioni ambientali non meno importanti della trasformazione delle specie (Giovannetti 2009, p. 19).

involucri concentrici attraverso cui avviene il passaggio della materia vivente. I meccanismi di frontiera che gestiscono l'immagazzinamento e trasformazione degli elementi chimici variano in base a funzioni specifiche proprie di ciascuna *sfera*, poiché da un punto di vista biogeochimico si è di fronte ad una molteplicità di livelli organizzativi inter-correlati e dotati di specifici meccanismi selettivi. Inoltre, l'indistinguibilità dei microrganismi dal terriccio di cui sono pregni i loro corpi ben evidenzia che una linea di demarcazione netta tra organismo e ambiente, tra vivente e inerte, in molti casi è impossibile da tracciare – è il complesso nella sua interezza e nella sua integrità ad evolvere. A giudizio di Vernadskij, infatti, il suolo, con tutti i componenti fisico-chimici di cui si compone, ha nel tempo modificato la materia vivente, mentre la materia vivente, con la sua continua attività biochimica ha contribuito a modellare la composizione fisico-chimica del suolo che egli definisce, perciò, *bioinerte*, suggerendo l'indissolubilità e la reciproca influenza plasmante di organismi viventi, quella forza planetaria che sin dalla sua comparsa ha gradualmente trasformato la superficie terrestre, e gli ambienti in cui evolvono. Vernadskij, in altre parole, suggerisce una visione profondamente cibernetica dell'attività bi-regolatrice (per usare un termine tektologico) che caratterizza l'interazione emergente tra la vita e l'ambiente terrestre in cui è immersa. Visione cibernetica nell'accezione che gli verrà data da Odum e Patten (1981), per esempio nel saggio sulla natura cibernetica degli ecosistemi nel quale essi affiancano alla nozione di *emergenza*, in cui si insiste sul rapporto non additivo di organismi-ambienti, la nozione di auto-organizzazione dei sistemi ecologici, ovvero quella capacità degli ecosistemi di auto-bilanciare le loro condizioni interne in rapporto all'esterno al fine di mantenere uno stato di equilibrio. Una nozione questa che non è tanto

dissimile da quella di omeostasi elaborata da Cannon durante gli anni dell'affermazione della cibernetica.

Nonostante l'ampiezza di significato attribuita alla definizione di materia vivente, Vernadskij non aveva mai sostenuto l'identità di materia vivente e inerte per il fatto che esista una corrente biogena di elementi comuni ad entrambi i domini, tuttavia il processo di scambio di energia e materia a cui essi partecipano da prova di una loro salda connessione che, in termini strettamente materiali, si esprime nel continuo scambio di atomi. Questa prospettiva rende necessaria un'analisi sistemica che sappia guardare all'insieme, prima che ai suoi dettagli, e che quindi cerchi di comprendere la biosfera da un punto di vista transdisciplinare. Una volta adottato un approccio simile, secondo Vernadskij, apparirà chiaro il ruolo della vita nella sua globalità, considerata come complesso evolutivo, e chiedersi come questo sistema retroagisca sulle condizioni che l'hanno prodotto e continuamente lo rinnovano. Vernadskij considerava la circolazione della materia vivente e dell'energia nelle sue varie forme il fondamento dell'esistenza dei sistemi che costituiscono la biosfera. Ecco perché l'energetismo assume un valore cruciale nello studio biogeochimico della terra. In un certo senso, data la distribuzione della materia vivente in tutta la biosfera le cui attività sono permeate dalla presenza di processi biochimici che la vedono coinvolta, si può acanzare l'idea che materia vivente e biosfera, per certi aspetti, coincidano. Attraverso la rivelazione e lo studio della sistematica delle funzioni geochimiche della materia vivente, egli mostrò la possibilità di una rigorosa espressione quantitativa che illustrava il rapporto genetico, secolare, dell'interazione reciproca di materia vivente e inerte.

Peter Plytto mette a paragone il pensiero di Bogdanov con quello di Vernadskij, mostrando come i due scienziati siano partiti da premesse di

carattere filosofico ed epistemologico piuttosto simili per poi approdare a soluzioni altrettanto simili in ambito scientifico. Sia Vernadskij che Bogdanov avevano rifiutato lo schematismo fisico e meccanicistico che isolava e riduceva il cosmo ad un apparato di poche leggi matematiche in cui non vi era traccia di materia vivente e del suo ruolo nel cosmo (Plyutto, 1998).

Bogdanov si dilungò sull'argomento in più di un'opera, mentre nella Tectologia trattò la questione partendo dal concetto di correlazione delle funzioni organizzative, anche tra sfere della conoscenza molto distanti da loro:

Quando non solo gli uomini poco colti, ma anche la maggioranza degli studiosi e degli specialisti, si imbattono in correlazioni profondamente simili in aree dell'esperienza che sono diverse e lontane le una dalle altre, si accontentano di pensare che “ciò derivi da una semplice analogia”. Questo è un punto di vista infantile e ingenuo, che esaurisce la questione nel momento in cui si fa più enigmatica e sorge il bisogno di riflettere oltre. Posta l'infinita abbondanza di materia nell'universo e l'infinità delle sue forme, qual è la sorgente di queste analogie che in maniera persistente e sistematica si ripetono e aumentano in base all'incremento della nostra conoscenza? Considerarle semplici “coincidenze” vorrebbe dire introdurre la più grande arbitrarietà nella visione delle cose e, manifestamente, andare contro la teoria della probabilità. C'è solo una possibile conclusione scientifica, ovvero che c'è una reale unità dei metodi organizzazionali in ogni area – in fisica e nei complessi fisici, nella natura vivente e non vivente, nell'operazione delle forze spontanee e nella coscienza attiva degli uomini (Bogdanov, 1989, p. 78-79).

Anche Vernadskij aveva trattato l'argomento anche nell'introduzione a *Zhivoje Veshestvo* intitolata “Le due immagini del cosmo”, in cui esponeva le due visioni che hanno permeato il sapere circa l'idea di universo fino ai suoi giorni. Egli affermava che:

Oltre all'immagine fisica del cosmo, c'è la rappresentazione naturalistica di esso, che non è suddivisa in forme geometriche. Al contrario, è più complessa e realistica e familiare alla nostra comprensione. Questa prospettiva è strettamente associata, piuttosto che all'intero cosmo, ad una parte di questo, nello specifico al nostro pianeta la cui rappresentazione potrebbe essere compresa da qualsiasi naturalista che abbia studiato le descrizioni scientifiche della terra e il contesto circostante. In questa rappresentazione c'è un elemento che manca sempre all'interno della concezione fisica del cosmo: la materia vivente. Tale rappresentazione della natura non è meno scientifica di quella basata su teorie fisico-matematiche. Inoltre, fornisce diversi aspetti del cosmo, spesso lasciati fuori dalle teorie astratte (Vernadskij, 1978: 15).

Nella Tectologia, Bogdanov aveva formulato i meccanismi fondamentali attraverso cui le parti di un sistema agiscono e si trasformano, ovvero, un processo a due atti: *assimilazione* del materiale esterno al sistema – definito da Bogdanov *ingresso* – e *disassimilazione*, definito invece *degresso*. Dunque, i meccanismi di formazione dei complessi organizzati consisteva nella coniugazione o nella separazione dei complessi di elementi, processo attraverso cui alcune componenti del sistema si integrano come nuova unità sistemica, o si scindono degradandosi nell'ambiente e venendo assorbite dai sistemi circostanti. In entrambi i casi si trattava di processi che Bogdanov considerava “emergenti”, in cui, cioè, si producono ricombinazioni di elementi non assimilabili alle funzioni degli elementi presi singolarmente allo stadio precedente del complesso. Ciò è dovuto alla ri-organizzazione delle componenti nell'ambito di una nuova dinamica processuale. Nella Tectologia l'attenzione al processo cibernetico – di entrata e uscita dell'informazione che al suo passaggio induce i sistemi ad una reazione rimodulativa – è alla base dello studio dei cicli ecosistemici, una questione che sarà fondamentale sin dagli anni '60, quando i concetti chiave e l'approccio metodologico utilizzato nelle teorie sistemiche e

cibernetiche verranno incorporate nelle teorie e pratiche ecologiche.

Anche per Bogdanov, come per Vernadskij, gli equilibri dinamici di cambiamento che consistono in attività di scambio ininterrotto con l'ambiente circostante rendono difficoltosa una distinzione netta tra materia vivente e materia inerte. Nel caso in cui la materia organica viene sintetizzata da sostanze inorganiche e resa disponibile per altri organismi situati a differenti livelli della catena alimentare, la suddetta distinzione viene a configurarsi piuttosto come una fase di transizione, un processo nel quale si realizza una trasformazione qualitativa. In tal senso, i confini tectologici che in Bogdanov separano i complessi sono accomunabili ai cuscinetti biogeochimici che in Vernadskij autorizza l'attraversamento della materia tra le geosfere, cuscinetti che permettono il passaggio e, quindi, la conversione o scissione delle sostanze chimiche che poi vengono riciclate in forma di altri composti utili ad un altro stadio ecosistemico. Ne deriva un punto in comune tra i due autori: la convinzione che l'organizzazione è un principio riscontrabile sia in rapporto ai complessi viventi che in rapporto ai complessi inanimati che analogamente partecipano allo scambio dei flussi di materia ed energia. La concezione tectologica di Bogdanov approda ad un piano di indagine ecosistemica per il fatto che l'utilizzo del modello organizzazionale si presta ad essere applicato ad una molteplicità di livelli più o meno complessi, fino ad includere l'intero pianeta e i suoi cicli di elementi. In questo caso, l'approccio sistemico è pienamente giustificato dalla natura dell'oggetto d'indagine, la biosfera, un sistema complesso in evoluzione. Come egli scrive nella Tectologia:

Il mare vive nella continua rotazione della sua acqua che cede all'atmosfera sotto forma di vapore e riceve indietro dall'ambiente sotto forma di precipitazioni e dai fiumi e dai ruscelli che riversano in esso l'acqua della terra; l'atmosfera possiede la

stessa rotazione di gas nella quale si preserva la sua composizione chimica. C'è motivo di credere che lo stesso si scoprirà in futuro riguardo alla stabilità della composizione di energia elettrica degli atomi (Bogdanov, 1988, p. 93).

Nelle righe appena riportate, risalenti al 1923, in un certo senso, può essere intravista una versione embrionale dell'*Ipotesi Gaia*:

The entire realm of life on earth can be considered as a single system of divergence, based on the rotation of carbon dioxide. This rotation forms a basis for complementary correlations between life as a whole – the “biosphere” – and gaseous cover of the earth – the “atmosphere”. The stability of atmospheric content is sustained by the biosphere, which draws from the atmosphere the material for assimilation (Bogdanov in Zeleny, 1988, p. 335).

Come afferma Zeleny:

Bogdanov coupled biosphere, atmosphere, hydrosphere, and lithosphere into a single holistic system of mutual co-evolving influences: a result of evolution through systemic divergence. Complementary correlations between the partly segregated gigantic groupings of elements of the Earth's cover have evolved over hundreds of millions of years by a series of innumerable processes of selection (Zeleny, 1988, p. 335).

I processi che portano alle divergenze sistemiche contengono in se stesse una tendenza evolutiva diretta verso connessioni complementari: maggiore è l'ampiezza delle connessioni, maggiore sarà la complessità delle relazioni e la loro varietà tectologica.

L'approccio globale allo studio degli ecosistemi che in Vernadskij appare orientato ad un esame scientifico e sistematico delle geosfere, condotto attraverso l'utilizzo di una grande mole di dati biogeochimici, mentre in Bogdanov tende a fornire una grammatica epistemologica “universale” attraverso cui comprendere i processi strutturali che

unificano il mondo naturale connettendone le sue parti a prescindere dall'enorme differenza di forme in esso presenti, evidenzia, oltre che la loro complessa visione sistemica, il tendere verso un'idea di evoluzione naturale più estesa, al quale avevano aderito numerosi biologi russi e sovietici. Il contesto "biotopico" fondamentale che in un paese con una forte tradizione naturalistica rendeva possibile un approccio integrato ed eco-evolutivo, per Vernadskij, era proprio il suolo: contesto esemplare ai fini dell'osservazione dei legami costitutivi tra microrganismi, e dal quale era partito nei suoi studi di geochimica. Il suolo rappresentava inoltre l'ambiente per eccellenza dove osservare il prodursi di materia vivente a partire dall'energia cosmica; per sostituire all'idea di interazione quella di compenetrazione tra gli elementi della natura, e per arricchire la teoria evoluzionista del significativo apporto della cibernetica e del concetto di omeostasi degli ecosistemi.

Le correnti di pensiero che in Russia aggregavano diverse discipline come ecologia, scienze della terra, cosmismo, e teorie sistemico-cibernetiche erano spesso caratterizzate da uno spirito filosofico e letterario forte. Pertanto, con l'avvento del clima di tensione politica e sfavoreggiamento ideologico che prese piede dagli anni '50 in poi, per tutta la guerra fredda, queste prospettive ricevettero spesso l'appellativo di "pseudoscientifiche". Con ogni probabilità, era proprio Vernadskij il più scientifico degli scienziati russi in materia di scienza della biosfera, ma dovettero passare più di trent'anni dalla sua morte perché anche James Lovelock, autore di una teoria molto simile alla sua, potesse venir accolto dalla comunità scientifica e annoverato tra i padri di questa concezione.

In Unione Sovietica la ricerca scientifica comprendeva diversi livelli di indagine delle teorie eco-evoluzioniste, fino a quelle exobiologiche e cosmo-evolutive. Aree di ricerca, queste, che si erano rese disponibili in

concomitanza con i nuovi avanzamenti nell'ambito della sfera spaziale e, sin dai tempi del bolscevismo, la ricerca scientifica relativa all'esplorazione del cosmo procedeva nel tentativo di dare unità a tre elementi: progresso, liberazione e utopia.

3. 3. Visioni unificate del cosmo

Ci siamo abituati ad attenerci ad una prospettiva rozza, ristretta, antifilosofica della vita come risultato di giochi casuali di sole forze terrestri. Questo è scorretto. La vita come noi la vediamo, ad un livello più ampio e significativo, è un fenomeno cosmico più che terrestre. Essa è una creazione dell'attività dinamica del cosmo sulla materia inerte della terra. La vita vive la dinamica di queste forze ed ogni battito di questo impulso organico si accorda ai battiti del cuore cosmico, in una grandiosa totalità fatta di nuvole, stelle, sole e pianeti (Chizhevskij, 1976, p. 22).

L'osservazione del biofisico russo Alexander L. Chizhevskij (1897-1964) uno dei più significativi esponenti delle teorie cosmologiche e cosmo-evoluzioniste, è indicativa dello spirito culturale del tempo e della dedizione degli scienziati sovietici alla riflessione sistemica e olistica. Il lavoro di Chizhevskij andava ad inserirsi in un secolo ricco di avanzamenti scientifici nell'ambito della fisica e dell'astronomia. Alcuni scienziati russi avvertivano che stava accadendo qualcosa di speciale; ciò che si stava verificando era una sorta di "umanizzazione del cosmo" che Fedorov aveva raccontato nella sua *Filosofia dell'opera comune* dove, da pensatore eccentrico e profondo quale era, pose in essere il bisogno di una fratellanza universale alla quale il progresso scientifico e tecnologico doveva venire in aiuto. (Tagliagambe, 2004).

Con l'avvento delle missioni spaziali, l'universo non era più qualcosa di inesplorabile e sconosciuto. Rimaneva, sì, sconfinato, ma veniva adesso a dotarsi di nuovi presupposti di conoscibilità seppure remoti, mentre la terra appariva per la prima volta come qualcosa di visualizzabile nella sua interezza, come un sistema realmente circoscritto nei suoi confini. E furono queste nuove immagini della terra che resero possibile l'affermarsi

di metafore come *Gaia* (che a sua volta deriva da *Gea*, la divinità greca della terra) basata sull'idea che il nostro pianeta, con tutte le sue parti e funzioni, vada considerato come una sorta di unico grande organismo vivente.

Il cosmo attuale di cui Vernadskij aveva fornito due immagini, storicamente l'una succedutasi all'altra, scaturiva da una rivoluzione della conoscenza scientifica:

[N]el ventesimo secolo stiamo vivendo attraverso una rivoluzione delle nostre concezioni fisiche del mondo che si rivela straordinariamente interessante e di grande significato nella storia dell'umanità. E' indiscutibile che con l'accettazione delle concezioni dello spazio, tempo, gravità, materia ed energia che si conformano alla teoria della relatività, la visione fisica del mondo si avvicina sempre di più a quella naturalistica, e siamo giunti ad una nuova grandiosa sintesi nella nostra concezione della natura, le cui conseguenze sono ancora incalcolabili. Ci sono sempre studiosi che sono brillantemente in grado di afferrare il senso di questa reale natura vivente del nostro pianeta che è permeata di un'eterna pulsione vitale, e per i quali la nozione di una singola natura è un tema costante che scorre attraverso tutti i loro lavori scientifici. (Vernadskij, 1978, p. 14).

Come sostiene Plyutto, questi cambiamenti Vernadskij li rintracciava in una nuova visione della natura scaturita a partire dalle ricerche di Einstein, ma anche Hermann Minkovskij e altri, sull'ambiente che ci circonda e che circonda la terra. Anche Bogdanov aveva sottolineato l'importanza di questa relazione. L'avvento di una nuova fisica – la relatività e la meccanica quantistica degli anni '20 – avrebbe rivoluzionato la percezione della natura dando impulso ad un movimento di “ritorno del naturalismo”. Secondo Vernadskij, infatti, la teoria della relatività non aveva fatto altro che riportare l'uomo alla sua realtà, alla sua

natura¹³⁸. La consapevolezza della connessione intima e secolare che lega tutti gli organismi al Sole e il loro legame indistruttibile alla terra penetrò nella coscienza umana come una delle più antiche forme di pensiero. Persino le antiche concezioni religiose e i miti hanno da sempre reso significativa la relazione degli organismi con l'universo. Come spiega Al Gore (1992) i culti pagani dell'Europa preistorica e della gran parte del mondo erano basati sulla venerazione di un'unica divinità femminile considerata la fonte di ogni vita¹³⁹.

L'unione di cielo e terra appariva anche a Bogdanov il campo di prova per rimuovere le barriere impenetrabili che erano state erette tra materia vivente e inerte. Orientandosi in direzione di una sintesi dei processi che caratterizzano la natura come integrità e correlazione delle sue funzioni, Bogdanov riteneva che l'idea, per esempio, che il processo di correlazione complementare sia applicabile solo alla natura "vivente", e non alla natura "morta", ovvero inorganica fosse una convinzione del tutto erronea. Il mondo dei cristalli, per esempio, mostra caratteristiche simili a quelle dei corpi organizzati. Sotto determinate condizioni, i cristalli sono in grado di auto-riparare rotture o lacerazioni, di scambiare sostanze e, immersi in una soluzione molto satura, persino di riprodursi. Bogdanov procede ad illustrare processi di scambio e correlazione complementare ad un livello ecologico, prefigurando la visione della biosfera come organismo vivente che Lovelock avanzò, in maniera inizialmente non del tutto compresa dalla comunità scientifica, solo negli anni '70. *L'Ipotesi Gaia* descriveva il

¹³⁸ «Non può essere negato – concludeva Vernadskij – che questa nuova visione del mondo che è stata portata dalla teoria einsteiniana della relatività è prossima alle reali nozioni di cui consistono le scienze della natura, piuttosto che quelle astratte che sono state sviluppate dai fisici». In effetti, la persistenza di un universo naturale non venne sempre apprezzata dai fisici (Plyutto, 1998, p. 77).

¹³⁹ L'incidenza di questo pensiero sugli orientamenti attuali, anche politici, è visibile per esempio nell'istituzione del Programma di Monitoraggio della Biodiversità Globale delle Nazioni Unite, che assume e fa propria l'idea dell'importanza del ritorno all'antica alleanza tra uomo e natura nel rispetto di questa sacralità (Tagliagambe, Rispoli, 2015).

pianeta come super organismo auto-regolantesi in cui la biosfera, l'atmosfera, gli oceani e il suolo interagivano auto-organizzando le loro funzioni al fine di mantenere una stabilità complessiva (Lovelock, 1979). Per Bogdanov, una spirale di interconnessioni regolava il pianeta in modo analogo:

Tale, per esempio, è la connessione della stessa atmosfera con “l'idrosfera”, la parte acquosa della superficie terrestre. Tra essi esiste una serie di accoppiamenti congiuntivi: la rotazione del vapore acqueo, la dissoluzione dei gas poveri nell'acqua, lo scambio termico ed elettrico, ecc... Anche qui entrambe le parti si regolano a vicenda, sostenendo reciprocamente la loro stabilità. Così l'atmosfera perde la sua acqua attraverso le piogge, la neve, la brina, ecc.; l'idrosfera la riceve sotto forma di torrenti e fiumi che dirige poi verso i mari e gli oceani; ma a sua volta essa restituisce all'atmosfera quasi la stessa quantità d'acqua attraverso l'evaporazione. [...] . E' necessario notare che la funzione di arresto del calore da parte dell'atmosfera, è, a sua volta, regolata dallo scambio d'acqua con gli oceani e i mari, e in parte anche dallo scambio di anidride carbonica con la biosfera. [...]. Ma la stessa correlazione dell'anidride carbonica forma la base per le correlazioni complementari tra la vita come insieme, la “biosfera”, e l'involucro gassoso della terra, l' “atmosfera”. [...]. In tal modo, qui la correlazione si manifesta chiaramente tra complessi organici e inorganici e anche soltanto tra questi ultimi. Ciò deriva dall'evoluzione del sistema di divergenza. Vi era un tempo in cui l'atmosfera conteneva interamente anche l'attuale idrosfera sotto forma di vapore acqueo. [...] La vita è una combinazione degli stessi elementi chimici che costituiscono l'atmosfera e gli oceani: ossigeno, idrogeno, azoto e carbonio con l'aggiunta di altri elementi ancora, che sotto forma di combinazioni solubili sono altresì presenti nell'acqua marina. (Bogdanov, 1988, pp. 161, 162).

Per Vernadskij e Bogdanov, continua Plyutto, una prospettiva naturalistica sulla vita deve abbracciare non solo i fenomeni cosmici o solo quelli terrestri, ma unificare in maniera organica tutti i fatti stabiliti lungo la storia della scienza in questi due domini. Abbracciare, cioè, in maniera onnicomprensiva diversi ordini di fenomeni, producendone una

visione diversificata in base agli oggetti di analisi che hanno, sì, differenti nature ma, allo stesso tempo, sono anche unificati da principi generali tra cui proprio quello di organizzazione emergente.

Ma a quando e a cosa può essere fatto risalire questo cambiamento e, in parte, arricchimento di prospettiva che vede coinvolte l'ecologia dei sistemi e le teorie russe cosmo-evolutive?

Secondo Vyacheslav e Balandin (2004), l'idea della fusione di due prospettive – evoluzione biologica ed evoluzione geologica – in un solo ambito di ricerca, avvenne al termine di un lungo periodo durante il quale dominava una determinata visione del pianeta e, specialmente, del posto che esso occupa nel cosmo. Questa interpretazione della terra, concepita in termini meccanicisti e soggetta ad essere interpretata mediante un fascio di leggi fisico-matematiche, non era più in grado di soddisfare i nuovi avanzamenti scientifici nel campo delle scienze naturali. Durante la prima metà del Novecento, geografia e geologia, che venivano concepite come discipline descrittive della fisica della terra, avevano esaurito i loro oggetti di indagine. Ciò accadde in concomitanza al fatto che tutti i maggiori territori del pianeta erano già stati illustrati dal punto di vista di quelli che fino a quel momento erano stati gli obiettivi della fisica. Era ormai chiaro che geografia e geologia non potevano più essere basate esclusivamente sugli studi di geofisica senza che questi mutassero ed evolvessero i propri metodi e gli obiettivi ormai inadeguati a rendere conto dell'immaginario nascente circa la terra (Vyacheslav, Balandin 2004). Geografia e geologia dovevano estendere il focus di ricerca alle reazioni chimiche che si verificano sulla superficie terrestre. Come risultato, la nuova disciplina nota come geo-chimica i cui fondatori in Russia furono proprio Vernadskij e il noto geologo Alexander E. Fersman (1883-1945) emerse e si affermò. Qualche anno più tardi,

l'oggetto della geologia divenne l'intera biosfera intesa come ambiente della vita. Nuovi avanzamenti e il progresso tecnologico resero possibile la scoperta di nuove terre e mari e lo sviluppo di altri settori come l'aviazione. Il lancio dello *Sputnik* nel 1957 favorì un'ulteriore espansione sul focus d'indagine delle scienze bio-geo-fisiche in maniera tale da osservare e comprendere la terra anche da una prospettiva globale, cosmologica. Attraverso lo *Sputnik* – continuano Vyacheslav e Balandin – fu possibile scoprire importanti e utili giacimenti minerali che dalla terra, in ragione della complessità della sua morfologia, sarebbero stati difficili da individuare¹⁴⁰. Non sorprende che ricerca spaziale, geologia ed ecologia dei sistemi spesso avanzassero di pari passo. Questo è testimoniato dal fatto che i geologi divennero quasi una figura di culto nella società sovietica, al pari di cosmonauti e piloti (Bolotova, 2004). Nella seconda parte del ventesimo secolo, la geofisica si stava gradualmente trasformando in un nuovo settore di ricerca in Unione Sovietica, basato su un approccio più sistemico e interdisciplinare nel quale il ruolo degli organismi viventi guadagnava sempre più significato in rapporto all'evoluzione della terra e viceversa.

Un buon esempio di compresenza di interessi riguardanti ecologia, scienze della terra e ricerca spaziale è rappresentato proprio dalla figura di Chizhevskij. Considerato anche un filosofo dello spazio, egli fu uno dei fondatori russi della tecnologia aerea e missilistica che caratterizzò la gloriosa era spaziale sovietica. Chizhevskij lavorò al fianco di Konstantin E. Tsiol'kovskij (1857-1935), filosofo e padre teorico della cosmonautica. Benché i suoi impegni si esprimessero principalmente nell'ambito

¹⁴⁰ In questo ambito di ricerca definito “cosmo-geologia” uno dei principali esponenti fu Kirill P. Florenskij, allievo di Vernadskij e figlio di Pavel Florenskij, grande matematico e teologo russo che venne fucilato nel 1937. Kirill, geochimico sovietico esperto di planetologia e scienze della terra, notò, per esempio, che i crateri presenti su alcuni pianeti possono rivelare, o almeno aiutare a comprendere, gli stadi geologici della terra lungo la sua storia (Vyacheslav, Balandin 2004).

dell'ingegneria spaziale (non era un geologo di formazione), Chizhevskij guadagnò notorietà anche per la sua suggestiva teorizzazione dello spazio ecologico (Yagodinskij, 2005). Questo sforzo di interrogare la multidimensionalità dello spazio appare oggi ancora più attuale e acuto, vista la direzione di ricerca in filosofia della scienza e in epistemologia che attribuisce sempre più importanza al verificarsi nel Novecento di uno *spatial turn*, inteso come ampliamento delle categorie interpretative del concetto di spazio. Secondo Chizhevskij, la vita non doveva essere considerata un prodotto della superficie terrestre, ma il risultato delle radiazioni emanate dal sole attraverso lo spazio cosmico che si manifesta in tutta la sua attività trasmittente. Figura di inestimabile ingegno, Chizhevskij viene considerato il Leonardo del XX secolo, essendo stato al contempo uno scienziato, un poeta e un artista. Fu un uomo di rigorosa dirittura morale e oltre ad essere tra i più suggestivi fautori del cosmismo russo. Insieme a Tsiol'kovskij e a Vernadskij egli si interrogò su questioni cruciali che riguardavano lo sviluppo scientifico e tecnologico post-neo-classico contemporaneo (Yagodinskij, 2006). Il lavoro di questi tre grandi pensatori fu filosoficamente orientato verso un approccio fondamentalmente diverso, rispetto a quello che fino a quel momento era stato ed era tuttora egemone, nello studio dei meccanismi e delle influenze che i fattori cosmici potevano esercitare sui processi biologici e storico-sociali del nostro pianeta. Chiževskij, il cui pensiero profondamente complesso era significativamente rivolto alla comprensione cosmico-sistemica dei fenomeni naturali, approfondì i legami tra la natura terrestre, natura cosmica e umana, proclamando la loro inscindibile unitarietà. Non c'è alcun dubbio, egli affermava, che l'attività vitale che si sprigiona sulla terra, inclusa quindi l'attività dell'umanità, sia indissolubilmente legata con quella dell'intero universo.

E ancora, come Tsiol'kovskij e Vernadskij, a lui viene attribuita l'adozione di una mentalità pienamente scientifica in ogni ambito della conoscenza. Definito un “realista scientifico critico”, la sua posizione era pienamente materialista, benché la materia si presentasse, a suo parere, anche sotto forma di energia. Il mondo materiale, sosteneva, va interpretato come un'arena di combinazioni e oscillazioni conseguenziali e regolari a partire da un unico sostrato: l'elettricità. La materia si configura dall'elettricità (Chizhevskij, 1995). Per questa ragione la concezione scientifica di Chizhevskij è stata definita “elettro-atomistica”, poiché tende ad individuare il ruolo che particelle elementari come gli elettroni occupano nell'economia strutturale del cosmo. Comunque, più che nella corrente del materialismo, il lavoro Chizhevskij si colloca nella tradizione culturale e scientifica dell'energetismo russo di cui egli fu un significativo esponente. Il punto di forza della sua concezione cosmo-energetista sta nel fatto che, riflettendo a fondo sulle possibilità di espansione cosmica dell'umanità, sul legame tra la terra e il cosmo, egli ha tentato di proporre un approccio alla questione attivamente evolutivo anziché statico. Il suo pensiero può essere definito profondamente complesso e rivolto ad una comprensione cosmico-sistemica dei fenomeni naturali che si coniugava anche ad una spiegazione evuzionista che si interrogava sul ruolo della vita e della sua evoluzione per l'ambiente biotico e ma anche cosmico. Egli approfondì i legami tra la natura terrestre, la natura cosmica e umana, proclamando la loro inscindibile unitarietà¹⁴¹. Non c'è alcun dubbio, diceva Chizhevskij, che l'attività vitale che si sprigiona sulla terra, inclusa quindi l'attività dell'umanità, sia indissolubilmente legata con l'attività vitale dell'intero universo. Così facendo, egli percorreva la strada che anche Vernadskij

¹⁴¹ «Alla luce delle concezioni scientifiche della contemporaneità, il destino dell'umanità, senza alcun dubbio, si trova a dipendere dal giudizio dell'universo». (1995, p. 524).

stava percorrendo, essendo non più la biosfera, bensì la noosfera ad essere la dimensione, ormai stratificata, che alimentava la consapevolezza teorica e pratica di essere parte dell'universo e di poterlo persino conquistare. L'umanità, intesa come nuova forza geologica che si amalgamava con il resto della materia vivente ancestrale, interveniva adesso non più esclusivamente sui delicati equilibri ecosistemici della biosfera, ma andava ad influire, in aggiunta, sulle complesse interazioni tra l'ambiente della vita e l'ambiente cosmico. Non sempre i risultati di questo rapporto erano vantaggiosi per la biosfera e per l'umanità stessa. La consapevolezza che le azioni umane potevano avere ricadute negative su tutti gli attori in causa era presente tra i cosmisti russi. Già Fedorov esortava ad una riflessione profonda circa la natura e la direzione dello sviluppo tecnologico. A tal proposito, Tagliagambe ha sottolineato che:

L'opera comune di cui parla Fedorov è la patrificazione (patrificaziya) dell'universo raggiunta attraverso il cosmizzarsi dell'uomo e l'umanizzarsi del cosmo. A questo stato ottimale si può pervenire attraverso un processo di attivazione di tutte le energie presenti nell'universo medesimo, animato e guidato dall'energia privilegiata dell'uomo. Ad esso dovranno collaborare anche la scienza, la tecnica, l'industria, l'inurbamento e lo sviluppo delle città, cioè tutti i presupposti e le condizioni della modernizzazione nell'ambito, però, di un progetto in cui essi vengano riformulati e revisionati in modo da non essere più utilizzati ai fini dello sfruttamento della natura e degli uomini» (Tagliagambe, 2008, p. 120).

L'ecologo americano John Allen, noto per aver ideato il progetto *Biosphere 2*, il più grande laboratorio di ecologia globale, sostiene che l'idea che la *tecnosfera* fosse in competizione con la biosfera nella miscela della biomassa sulla superficie terrestre, era già stata partorita da Vernadskij. A loro giudizio, la tecnosfera avrebbe dunque rivoluzionato il bioma presente sul pianeta retroagendo anche sugli stadi più sostanziosi e

primordiali della materia vivente.

Riflettendo e approfondendo lo studio della sistematica delle funzioni geochimiche della materia vivente, ad un altro noto ecologo, botanico e ingegnere russo, Vladimir N. Sukachev (1880-1967) va il merito di aver dato vita ad una vera propria bio-geo-zoologia che si presentava come un'interpolazione di biologia e geochimica che, sulla scia di una riflessione sistemica, con Bogdanov, Vernadskij e Chizhevskij, abbracciava sia i componenti viventi che i componenti non viventi della biosfera. Si trattava, secondo il famoso genetista Nikolaj V. Timofeev-Resovskij, di un nuovo livello di sintesi epistemologica che riguardava le ricerche sulla biosfera, enucleabile in un nuovo indirizzo: la scuola Vernadskij-Sukachev” (Chesnokov 2006). Stimato collega di Vernadskij e anch'egli allievo di Dokuchaev, Sukachev coniò un termine che ebbe fortuna nell'ecologia dei sistemi che prese piede nella seconda metà del Novecento, quello di *biogeocenosi*. Termine utilizzato in maniera analoga a quello di biosfera, cioè come sistema ad intersezione biogeochimica di elementi interdipendenti e in co-evoluzione – la biogeocenosi si configurava come il risultato dell'azione planetaria della materia vivente che, da centinaia di milioni di anni, circola tra gli strati permeabili della crosta terrestre e che in essi si degrada. La biogeocenosi era, letteralmente parlando, un'estensione del termine “biocenosi” coniato da un altro ecologo russo: Vladimir V. Stanchinskij (1887-1947) caduto purtroppo vittima dell'oscurantismo di Trofim D. Lysenko e del suo precettore, Isaak I. Prezent¹⁴². Noto come uno dei padri dell'energetismo

¹⁴² Durante una lezione che il Professor Stanchinskij tenne al quarto Congresso degli Zoologi nel 1930, Isaak Prezent – l'ideologo marxista cui si attribuisce un ruolo decisivo nella costruzione dell'ideologia repressiva dell'agronomo sovietico, Lysenko, che estirpò la genetica in URSS – criticò aspramente il concetto di biocenosi, esprimendo persino i suoi dubbi in merito alla scientificità dell'ecologia stessa (Weiner, 1988). Stanchinskij, una delle figure più qualificate nell'ambito del pensiero ecologico e zoo-ecologico non solo in Russia, replicò in quell'occasione frettolosamente e non dando particolare importanza alle critiche di Prezent. Nonostante ciò, l'intervento di quest'ultimo colpì la positivamente la folla avendo discreto

e dell'ecologia termodinamica – settori alla base dello sviluppo della *systems ecology* – Stanchinskij ammise, come Sukachev, che nella formulazione del concetto di biocenosi aveva tratto ispirazione dall'idea di biosfera di Vernadskij.

Il significato del concetto di biocenosi introdotto da Stanchinskij era all'epoca conteso sulla base di due interpretazioni i cui interrogativi generali, come spiega Weiner, erano sostanzialmente i seguenti:

Was it a supraorganismic entity that could be analogized to an organism, or even a human community (as Soviet "phytosociologists" foolishly tried to do, to their later regret), (3) did it "impose" a structure on its constituent natural raw materials or was its structure a result of its individual history and evolution, (4) was it a "closed" or an "open" system, (5) did it have the capacity, once established, for self-regulation or even self-renewal, (6) was the system inextricably linked to its abiotic physical habitat or did it encompass only the biota, and (7) how could a methodology be developed to answer the preceding? (Weiner, 1982, p. 49).

La disputa tra le due scuole riguardava la questione se la biocenosi fosse da considerare una realtà tangibile oppure un modello astratto utile ad interpretare la sfaccettata dimensione ecosistemica. Stanchinskij preferì partire dal suo personale punto di vista: le reti trofiche tra le specie, la catena alimentare, e come Podolinskij e Vernadskij, partì dall'energia. Cercò di ridurre tutte le interazioni trofiche tra organismi al loro comune denominatore, l'energia (Weiner, 1982). Traendo

successo al Congresso. Prezent infatti guadagnò sin da subito credibilità presso l'Accademia Comunista. Ben adomesticabile, Lysenko si prestava come un burattino perfettamente adatto all'impresa di Prezent, ovvero giungere a dominare la biologia sovietica. E così accadde. Nel 1933, tre anni dopo la lezione di Stanchinskij al Congresso, Prezent che non aveva affatto dimenticato l'umiliazione subita, si recò con Lysenko ad Aksanya Nova in Ucraina del sud, una riserva naturale dove gli ecologi conducevano le loro ricerche sul funzionamento dell'ecosistema, per indagare l'operato del Direttore di questa *Zapovednik* (riserva naturale) che era, appunto, Stanchinskij. Nel 1934, questi venne arrestato e rilasciato solo due anni più tardi, per poi venire arrestato di nuovo nel 1941, questa volta con l'accusa di essere una figura "socialmente dannosa" (Birstein, 2001).

ispirazione dalla biogeochimica di Vernadskij, egli stabilì le relazioni che, mediante il trasferimento di energia, connettono le biocenosi tra loro e con l'intera biosfera. Egli evidenziò tre importanti questioni: l'ammontare della biomassa nell'atmosfera è una funzione del tasso di energia catturata e trasformata dagli organismi autotrofi, specialmente le piante verdi. Le diverse biocenosi e tutte le specie svolgono un ruolo energetico nell'economia globale della natura. L'ammontare di energia disponibile per gli erbivori è minore rispetto a quella catturata dalla vegetazione e, quindi, quella che rimane per i carnivori è conseguenzialmente minore di quella utilizzata dagli erbivori. Ciò si spiega perché, in accordo con la seconda legge della termodinamica, ad ogni passaggio nella catena trofica parte dell'energia viene meno. Oltre a ciò, a tutti i livelli trofici attraverso cui l'energia fluisce e in tutte le biocenosi vi è una razione di energia che si mantiene per la stabilità del sistema. Ne deriva che per effetto della crescente diminuzione di energia in corrispondenza del movimento verso i piani alti della catena trofica, si osservano aggregati di biomassa carnivora meno sostanziosi rispetto ai livelli inferiori. Stanchinskij fu dunque un esponente dell'ecologia dei sistemi abbastanza acuto e in anticipo sui tempi se si considera che questo settore di studi solitamente viene attribuito al lavoro di George Evelyn Hutchinson, ecologo inglese che lavorò negli Stati Uniti presso l'Università di Yale, a cui si fa riferimento in relazione alla nascita dell'ecologia moderna.

Eleven years before the celebrated work of G. Evelyn Hutchinson and Raymond Lindeman Stanchinskii worked out a mathematical expression for the annual energy balance of a hypothetical biocoenosis based on his idea of energy transfer, and, together with his students, set about quantifying his coefficients of energy transfer between trophic levels (which we refer to today as Lindeman, or ecological,

efficiencies) through the study of the Askania steppe beginning in 1929. (Weiner, 1982, p. 49).

Hutchinson diede impulso in America agli studi di biogeochimica ed ecologia degli ecosistemi: egli si sforzava di insediare nei laboratori di ricerca statunitensi una metodologia nello studio degli ecosistemi che non separasse i processi fisici da quelli biologici e geologici, ma li integrasse, in direzione di una comprensione unitaria dell'equilibrio dei sistemi ecologici. Questa direzione era già stata intrapresa da Alfred J. Lotka (1880-1949) ma da lui riferita principalmente all'ecologia delle popolazioni di cui fu uno dei fondatori, e non al settore specifico più tardi noto come ecologia dei sistemi. Non è generalmente nota la relazione che Lotka ebbe con Vernadskij e, anzi, viene spesso negata: John and Mary Gribbin, per esempio, nel loro *He knew he was right* – recente volume di successo che racconta in dettaglio la vita e il percorso intellettuale che portò Lovelock a proporre al mondo la sua eclettica visione del pianeta terra, *Gaia*, come superorganismo – hanno affermato che tra Lotka e Vernadskij non ci fosse alcuna relazione. Scopo di questa osservazione era avvalorare la tesi, avanzata da Lovelock, che benché bisognasse ammettere che la nozione di biosfera di Vernadskij fosse straordinariamente simile alla sua, lo scienziato britannico non ne aveva mai sentito parlare prima di pubblicare nel 1979 il suo libro *Gaia: New Look at Life on Earth*. Lovelock aveva infatti dichiarato che furono Lotka e Hutchinson ad aver rappresentato la sua più importante fonte di ispirazione nell'elaborazione dell'Ipotesi Gaia. Sostenere che tra Lotka e Vernadskij non ci fosse stata la benché minima relazione, serviva forse ad escludere la possibilità che Lovelock, attraverso Lotka, fosse potuto venire a conoscenza del lavoro del biogeochimico russo e trarne ispirazione per la sua teoria. Questo perché Lotka e Vernadskij erano

tutt'altro che ignari l'uno dell'altro, a differenza di ciò che sostengono i Gribbin. Infatti, se non vi sono evidenti indizi per ritenere che Lovelock non avesse mai sentito parlare di Vernadskij, ve ne sono però a sufficienza per sostenere che Lotka fosse ben a conoscenza dell'opera dello scienziato russo. Lotka stava lavorando al suo *Elements of Physical Biology* nello stesso periodo in cui Vernadskij lavorava alla sua *Biosfera*, infatti entrambi i volumi vennero pubblicati rispettivamente negli Stati Uniti e in Russia l'uno a distanza di un anno dall'altro, nel 1925 e nel 1926. Lotka inoltre era nato nell'attuale Ucraina (allora impero austro-ungarico), nel paese in cui Vernadskij diresse l'Accademia delle Scienze, a Kiev, ed era migrato negli Stati Uniti dove ricopriva diversi incarichi, non solo come accademico, ma anche in altri settori occupazionali, tra cui l'Ufficio Brevetti americano. Il volume che Lotka scrisse in contemporanea a quello di Vernadskij descriveva la trasformazione del flusso di energia e il suo ruolo nel modellare l'evoluzione della vita, ponendo in luce le dinamiche propriamente sistemiche che riguardano il mantenimento degli ecosistemi¹⁴³. Benché Gribbin affermi che i due non conoscessero i loro reciproci lavori nonostante le affinità tematiche, Lotka citò Vernadskij proprio nella prima edizione del suo libro, suggerendo in nota ai lettori di riferirsi al suo lavoro per apprendere la questione «della distribuzione degli elementi chimici nella natura organica» e, addirittura, si scusò di aver ricevuto il testo di Vernadskij

¹⁴³ Come afferma Gare in un suo articolo: « Lotka was the first major theoretician in the twentieth century to attempt a systematic mathematical treatment of all aspects of life influenced by post-reductionist physical science, having embraced the notion of energy as the basis for understanding life, including consciousness» (2013, p. 11). Un aspetto interessante, inoltre, riguarda il fatto che, benché Lovelock si fosse ispirato a Lotka nel fabbricare la sua visione della biosfera, ciò per cui Lotka divenne maggiormente noto come scienziato non furono l'ecologia termodinamica o le concezioni sistemico-cibernetiche legate alla biosfera, ma i suoi studi sulle dinamiche di popolazione (inclusi i rapporti tra predatore e preda), introdotti insieme all'italiano Vito Volterra. Ad ogni modo, queste prospettive trovarono grande applicazione negli studi moderni sul caos e la complessità che si diffusero negli anni '70, e ai quali Lovelock si ispirò.

troppo tardi, non potendo, purtroppo, fornire ai lettori una più sostanziosa descrizione dell'argomento (Lotka, 1925, p. 203). Vernadskij e Lotka proponevano una visione simile: organismi e ambienti costituivano un solo e unico sistema – un complesso organismo vivente visto come un tutto. Non erano gli organismi o le specie ad evolvere, ma l'intero sistema, inseparabile nelle sue parti. La superficie terrestre è in grado di intercettare il flusso di energia che proviene dal sole diffondendosi attraverso lo spazio e, grazie al processo di fotosintesi, una parte di questa energia viene catturata e trasformata dalla materia vivente in differenti forme, poi disponibili lungo altri livelli della catena alimentare. Queste dinamiche biogeochimiche erano già state messe in luce da Podolinskij, come si è visto nel precedente paragrafo, ma in una forma piuttosto rudimentale, per quanto convincente dal punto di vista sia fisico che termodinamico. Solo con la teorizzazione di Vernadskij, cui viene attribuita l'introduzione di un'analisi sistematica e scientifica, dal punto di vista ecologico, del concetto di biosfera, si rende possibile il riferimento a nuovi paradigmi e approcci metodologici. Non di minor importanza erano le teorie di Sukachev e Stanchinskij sulla biocenosi e biogeocenosi che, tra l'altro, rappresentavano direzioni di ricerca sperimentale concrete e condotte nelle grandi riserve naturali russe. Le *Zapovedniki* (riserve naturali) erano grandi distese di ettari ed ettari di terra vergine e incontaminata, rese protette allo scopo di studiare e monitorare gli ecosistemi in tutta la loro complessità, cercando di investigare i processi di auto-organizzazione, equilibrio ed evoluzione che sono alla base della loro stabilità. Erano queste, dunque, le questioni che Stanchinskij si sforzava di risolvere su base energetica nelle sue ricerche in Ucraina, vista la necessità di individuare processi fondamentali grazie

ai quali si producono e si mantengono certe dinamiche ecologiche¹⁴⁴. L'apporto di Chizhevskij, poi, avrebbe dato alla questione, in tal modo posta, ancora più respiro: se l'ecologia ha come oggetto un sistema di interdipendenze di agglomerati diversificati di elementi – organici, chimici, fisici, geofisici, ecc.. – che circolano tra differenti ambienti evolvendo in modo complementare, allora, non c'è motivo per cui non si debba allargare il campo alle interazioni della biosfera intera con il suo ambiente esterno, lo spazio cosmico e il legame che unisce la terra al sole.

Anche Vernadskij citò più volte Lotka: nel saggio sul concetto di Noosfera (1991), il biogeochimico elogiò lo sforzo di Lotka nel mettere in luce che il pensiero umano, benché non sia una forma di energia, può nonostante ciò dare vita ad una trasformazione dei processi della natura. Secondo Vernadskij, Lotka è stato il primo ad aver trattato questo tema.

Vi sono, comunque, ulteriori prove a sostegno della possibilità che Lovelock fosse incappato nel nome di Vernadskij e provengono questa volta dall'altra importante fonte cui Lovelock si ispirò nel proporre la sua visione *new age* del pianeta terra, George E. Hutchinson. L'ecologo americano, nato però in Inghilterra, nel 1928 si era trasferito negli Stati Uniti presso l'Università di Yale per ricoprire il ruolo di professore di zoologia fino al 1972, anno del suo pensionamento. Coincidenzialmente, il primogenito di Vernadskij, George, lavorava nella stessa università come storico in quello stesso periodo. Questi aiutò Hutchinson a

¹⁴⁴ Questo, però, avrebbe reso l'idea di biocenosi ancora più suscettibile di critiche da parte delle autorità sovietiche, mentre ritornava la questione dello statuto scientifico di questo metodo di indagine: è così utile alla società russa lasciare interi ettari di terra incontaminati al solo scopo di osservare il loro funzionamento senza l'intervento umano? Perché queste terre sono considerate talmente preziose da meritare la “contemplazione” dell'uomo anziché il suo rimboccarsi le maniche per sfruttarle al meglio e per il bene del paese? Questi ed altri interrogativi portarono il governo sovietico a mettere un freno alle richieste della ricerca ecologica e persino a rivalutare l'istituzione delle *zapovedniki*, fino all'eventualità di una loro più che parziale rimozione che non mancò di verificarsi una volta istituito il grande piano di industrializzazione del paese. Per approfondire questo argomento e, in generale, la storia dell'ambientalismo russo e sovietico legato alla politica e alla ricerca ecologica si rimanda a Weiner, 1988 e 1999.

recuperare un articolo di suo padre che era stato pubblicato in *American Scientist* nel 1944 (Gribbin, 2009). Occupandosi di geochimica, biologia, oceanografia e geochimica, Hutchinson guardava alle interazioni tra la biosfera e la composizione chimica dell'atmosfera: una questione che aveva interessato in maniera sostanziale anche Vernadskij. Pertanto Hutchinson ammise che il geologo russo aveva istituito una tradizione di ricerca in ecologia che stava dando prova di avere un “potere immenso” (Bailes, 1981). Lovelock, invece, non era dello stesso parere: egli dichiarò che per quanto fossero evidenti le somiglianze tra la sua concezione e quella di Vernadskij, vi era un aspetto molto significativo che le distanziava rendendo l'Ipotesi Gaia più all'avanguardia rispetto alla teoria biogeochimica da un punto di vista sia scientifico che epistemologico. A suo parere, nella teorizzazione di Vernadskij era assente l'idea che gli organismi, nel tempo, avessero creato mediante le loro attività di scambio biochimico un ambiente vantaggioso alla loro esistenza e al loro sviluppo, che invece rappresenta l'aspetto innovativo suggerito nell'Ipotesi Gaia.¹⁴⁵ Mancherebbe, cioè, in Vernadskij la consapevolezza di una relazione *cibernetica* tra gli organismi e i loro ambienti liquidi, solidi, gassosi. Un altro punto di distacco tra Lovelock e Vernadskij, evidenziato dai Gribbin, è che secondo lo scienziato russo l'organismo vivente doveva essere studiato empiricamente come particolare corpo che non può essere (o non ancora) compreso nei termini del linguaggio della fisica e della chimica, oppure ridotto a leggi fisico-chimiche già note. Lovelock, invece, era convinto del contrario, sostenendo, inoltre, che l'interazione tra componenti viventi e non viventi produceva condizioni benefiche per l'esistenza stessa della vita. Lo scienziato britannico era desideroso di

¹⁴⁵ Lovelock esclamò: «I defy you to find, anywhere in Vernadskij's writings, a clear statement of the importance of feedbacks involving life in maintaining conditions suitable for life on Earth» (Gribbin, 2009, p. 1004).

proteggere l'originalità del suo pensiero e riteneva, infatti, di essere stato il primo ad applicare il metodo cibernetico al campo dell'ecologia. Egli dichiarò che fu soprattutto l'uso del “feedback” a fare la differenza tra la sua teoria e quella di Vernadskij. In verità quest'ultimo, ma anche Bogdanov come è stato messo in luce nel paragrafo precedente, avevano sviluppato una concezione transdisciplinare rivolta allo studio della biosfera come totalità in cui tutte le parti si mantengono per effetto della correlazione complementare che si sviluppa dinamicamente tra esse. In questa concezione era ben all'opera l'idea che le parti del complesso interagissero e retroagissero reciprocamente informando di volta in volta le proprie condizioni di esistenza, e rispondendo a questi stimoli – talvolta modificandoli – sulla base delle necessità di mantenimento del sistema. Tutte le parti del complesso concorrevano a regolare il sistema nel suo assetto globale, in maniera per così dire “conveniente” alla sua conservazione. A Lovelock va certo il merito di aver introdotto e trattato l'argomento mediante strumenti di comprensione scientifica più avanzati e sofisticati, e non sorprende, visto che formulò queste ipotesi ben 30 anni dopo rispetto a Vernadskij¹⁴⁶. Per entrambi, ad ogni modo, la vita sulla terra dipende dall'energia del sole, e la biosfera è quella regione sulla quale l'energia solare si irradia venendo convertita dallo strato di organismi viventi autotrofi che, in un secondo tempo, contribuiranno a nutrire il resto degli organismi eterotrofi. Risultato di questa circolazione di materia è la capacità della vita di conservarsi ed espandersi. Come ha ricordato Evgenij Aksenov, esperto del pensiero di Vernadskij, la vita è per il geochimico una forza planetaria che dal momento in cui è apparsa

¹⁴⁶ Ricordiamo che Lovelock ebbe un ruolo significativo negli anni '60 nel settore della ricerca biochimica. Egli aveva ideato nel 1957 un importante apparecchio di analisi chimica, il rivelatore a cattura di elettroni, utilizzato in gascromatografia, e numerosi metodi scientifici, alcuni dei quali adottati dalla Nasa, per la quale egli ha lavorato negli anni '60 come consulente del programma spaziale che portò la sonda “Viking” su Marte.

ha considerevolmente trasformato l'ambiente della terra (Aksenov, 2012).
Come scrisse Vernadskij a proposito del concetto di materia vivente:

La materia vivente possiede un significato enorme nella storia chimica della crosta terrestre. Ad ogni passo ci imbattiamo nel ruolo che essa ha avuto per la costituzione dei minerali. Il suo ruolo è molto peculiare: la materia vivente è una fonte di energia sul cui bilancio incidono le reazioni chimiche della natura, cioè, la formazione dei minerali. Essa raccoglie l'energia dal sole e la traduce in energia chimica. In questo modo, essa si rivela un trasportatore e accumulatore di energia cosmica sui *generis*. Negli equilibri chimici che osserviamo in natura in quei casi in cui essa vi partecipa, la materia vivente deve rimanere separata da altri parametri – temperatura, pressione; essa non di rado muta nettamente in presenza di processi chimici. La materia vivente forma sottili membrane sulla superficie terrestre in maniera diffusa. Essa tende ad occupare tutto lo spazio, poiché si trova in continuo movimento.

Leggendo queste righe appare inverosimile che Vernadskij, posta la profondità scientifica del suo discorso, non abbia minimamente contemplato, a differenza di Lovelock, l'eventualità che la vita abbia retroagito sul suo ambiente inducendo su questo parziali modificazioni. Secondariamente, sembra improbabile che Vernadskij – che oltretutto ha scommesso sull'espansione della vita a tal punto da giungere alla formulazione di una dimensione evolutiva ulteriore, la noosfera, come prova di questa espansione portata avanti dall'umanità – non abbia con ciò inteso che la vita abbia (retro)agito sulle circostanze che ne hanno permesso originariamente la nascita nel suo interesse a conservarsi. Pare invece verosimile ritenere che il biogeochimico russo, la cui ricerca scientifica si è da subito situata sulla questione di una migliore comprensione del ruolo che la materia vivente ha avuto nel dirigere e plasmare l'evoluzione geologica della terra da una prospettiva globale, avesse in verità proposto una teoria proto-cibernetica del rapporto

organismi-ambienti nonostante questa disciplina, la cibernetica, ai tempi di Vernadskij, dovesse ancora fare il suo debutto ufficiale nel mondo scientifico americano.

3. 4. Conclusione. Un passo oltre la biosfera

Nel paragrafo precedente abbiamo visto che le relazioni interdisciplinari che si dipanavano tra studio della biosfera, evoluzione della vita e interesse nei confronti dell'esplorazione dello spazio, apparivano particolarmente intrecciate e si legavano, inoltre, ad un sentimento utopistico che caratterizzò anche le prime fasi del programma spaziale. Come sottolinea Siddiqi (2008, p. 261), nel ripercorrere la storia piuttosto oscura delle radici della cosmonautica russa ci si accorge di come l'esplorazione dello spazio durante i primi anni del XX secolo in Russia fosse originariamente legato a due *trend* ideologici significativi: l'utopismo tecnologico e la tradizione mistica e occulta del cosmismo. Attraverso le lenti della modernità, del secolarismo e del progresso – continua Siddiqi – gli storici solevano identificare i primordi del programma spaziale sovietico con la dedizione intellettuale del “patriarca” della cosmonautica, ovvero Tsiol'kovskij, che produsse la prima dimostrazione matematica della possibilità di navigazione nello spazio già nel 1903. In effetti le sue ricerche apparivano così in anticipo sui tempi che i marxisti russi riconobbero la portata delle sue dimostrazioni solo dopo il '17, onorandolo poi come tesoro nazionale. Qualche anno dopo la rivoluzione, nel 1920, vi erano almeno due tendenze fondamentali ad innervare l'entusiasmo per la ricerca spaziale: l'utopismo legato alle nuove tecnologie e la tradizione mistica del cosmismo (Siddiqi, 2008). Le radici del cosmismo sarebbero quindi oscillate tra due dimensioni culturali tra loro relativamente distanti:

Recovering the "hidden" history of the Cosmist roots of Soviet space travel underscores how advocates of interplanetary flight from the early Bolshevik era

navigated the entire spectrum between extreme technology fetishism (such as the amateur student societies) and extreme occult fascinations (the Biocosmists). The most important bridge between these two seemingly contradictory worldviews was Konstantin Tsiolkovskij (Siddiqi, 2008, p. 262).

Il ponte, dunque, tra questi due *trend*, feticismo tecnologico e dedizione al progresso da un lato, e fascinazione occulta per le prospettive *bio-cosmiste* dall'altro, sembrò proprio essere incarnato da Tsiol'kovskij. Ciò sta a testimonianza del fatto che l'interesse nei confronti dello spazio non era solo una questione di progresso tecnologico: entrambe le direzioni esprimevano la necessità di una maggiore conoscenza del mondo naturale e materiale che non si esauriva nella sete di modernizzazione scientifico-tecnologica. Gli utopisti, tra cui si può annoverare anche Bogdanov, avevano fatto proprio i principi marxisti mostrando una marcata propensione nei confronti della ricerca scientifica e, tuttavia, il pensiero utopico – dai rituali alla religione, dal manierismo alle macchine, dall'arte all'architettura – pervadeva la società sovietica a tutti i suoi livelli¹⁴⁷ (Stites, 1991).

Vi sono buone ragioni per ritenere che Bogdanov e Tsiol'kovskij si fossero conosciuti. Quasi suo contemporaneo con cui condivideva “quella chiave di lettura fantastica” del mondo (Yagodinskij, 2006), Bogdanov aveva collaborato alla redazione di un giornale, *Nauchnoe Obozrenie* (Recensione scientifica) diretta dal marxista Mihail Filippov, a cui Tsiol'kovskij aveva contribuito con un suo saggio nel 1903, nel numero

¹⁴⁷ Lenin stesso era profondamente affascinato dalla tecnologia che considerava come una panacea. Il taylorismo industriale, la modernizzazione delle infrastrutture e della rete ferroviaria e, non in ultimo, l'elettrificazione del paese erano obiettivi di primaria importanza pratica ma che per lui possedevano anche un carattere di sacralità. Lenin aveva una visione “evangelica” dell'elettricità per il fatto che avrebbe trasformato la nazione sia materialmente che culturalmente. Siddiqi racconta che in un'intervista, Lenin sottolineò il “bisogno di sognare” e dichiarò che da buon marxista ortodosso denunciava tutte le utopie e chi le alimentava per il fatto che fomentavano obiettivi irrealistici, ma l'elettricità era l'unica utopia alla quale lui stesso non era riuscito a resistere (2008).

5. L'articolo era intitolato *Indagine sugli spazi esterni con dispositivi reattivi*, e con ogni probabilità Bogdanov lo aveva letto ispirandosi proprio a Tsiol'kovskij nei suoi due romanzi-utopia *Stella rossa* (1908) e *Ingegnere Menni* (1911), in cui racconta dell'incontro tra un abitante della terra e una società utopica evolutasi su Marte dove scienza e tecnica erano progredite fino al più elevato sviluppo. I marziani erano riusciti a sintetizzare tutte le sostanze chimiche di cui avevano bisogno e avevano costruito navicelle spaziali – *eteronefy* – per muoversi nello spazio interplanetare che si attivavano grazie all'energia che si liberava dai materiali radioattivi (Yagodinskij, 2006). Bogdanov aveva proiettato su questa società ideale le ambizioni che aveva inseguito nel Proletkul't così come all'Istituto di trasfusione del sangue con l'intento di regalare agli uomini la longevità attraverso la pratica del collettivismo fisiologico. Immaginava una società utopica dove vigesse un nuovo sistema di organizzazione del lavoro e della scienza che aveva immaginato e proposto non solo in *Kul'tura Proletariya* ma anche nella stessa *Tektologiya*. Come sottolinea Yagodinskij, dopo il '57, la parola *Sputnik* e l'impresa di Gagarin furono sulla bocca di tutti, costituendosi come vanto più grande e significativo che la scienza sovietica avesse raggiunto, ma le radici del programma spaziale andrebbero rintracciate nell'animo utopico di alcuni dei suoi sostenitori filosofici. In particolare, nel pensiero ingegneristico di Tsiol'kovskij e quello fantascientifico, tektologico e futurologico di Bogdanov. *Stella rossa*, per esempio, fu il primo romanzo, continua Yagodinskij, ad aver prospettato l'idea del motore nucleare delle navicelle interplanetarie.

Sin dai tempi del bolscevismo, la possibilità stessa di poter pensare di esplorare lo spazio grazie alle nuove tecniche di aviazione scatenò le fantasie più ardite, in cerca di universi sconosciuti in viaggio verso

l'inimmaginabile mentre rendeva al contempo evidente l'importanza del progresso scientifico e della tecnologia, che sole avrebbero realmente potuto permettere la realizzazione di questi sogni. Presto, il viaggio nello spazio divenne una metafora di liberazione o, meglio, di fantasia di liberazione e, di conseguenza, di liberazione della fantasia (Siddiqi, 2008). Inoltre il viaggio verso il cielo, verso ciò che è ancora visibile ad occhio nudo, e poi attraverso il cosmo, superando le barriere del concepibile e del raffigurabile si faceva combinazione di 3 elementi: tecnologia, fantasia e liberazione – liberazione dalla terra¹⁴⁸.

Il cosmismo, dunque, come indirizzo generale degli esordi si manifestava come *corpus* di nozioni e idee filosofiche che concernevano l'umanità abitante della terra e la relazione che questa aveva in rapporto al cosmo in cui era situata e che rappresentava il suo ambiente esterno. Naturalmente, la questione concerneva anche la relazione evolutiva che intercorreva tra le due dimensioni. Così emergeva che la vita non solo aveva contribuito sin dalla sua comparsa a modificare il suo ambiente prossimo, quello della biosfera, come Lovelock avrebbe dimostrato, ma avesse anche, attraverso l'umanità, scatenato una forza geologica senza precedenti, retroagito sull'ambiente a lei meno vicino, quello cosmico a cui aveva avuto accesso per mezzo dei prodigi della tecnica.

La terra non bastava più all'umanità. Per l'uomo era venuto il momento di espandersi oltre il globo e di insediarsi in nuove aree dell'universo dove finalmente realizzare nuovi ordini di cose, nuovi sistemi e, per l'uomo sovietico di quell'epoca, la propria libertà.

¹⁴⁸ «The philosophy influenced many famous Russian intellectuals in the 1920s. They included Bolshevik ideologues, scientists, writers, philosophers, poets, artists, and architects, who gathered in Moscow and Kaluga, Tsiolkovskii' s hometown, to discuss its attributes» (Siddiqi, 2008, p. 265).

Bibliografia

- Aksenov, G. P. (2009) *V. I. Vernadskij o prirode vremeni i prostranstvo*, Moskva: IJET.
- Avenarius R. (1972) *Critica dell'esperienza pura*, Roma: La Terza.
- Bagarolo T., Lepore D., eds. (2010) *Lavoro ed Energia, L'atto di nascita dell'economia ecologica*, Torino: PonSinMor.
- Bailes K. E. (1990) *Science and Russian culture in an age of revolutions*, Bloomington: Indiana University Press.
- Berg A. I. (1981) ed., *Kibernetiku – na sluzhbu kommunizmu*, Moskva: Radio Svyaz (ed. or. 1961).
- Bertalanffy von L. (1968) *General System Theory*, New-York: G. Braziller.
- Bertalanffy von L. (2004) *Teoria Generale dei Sistemi*, Milano: Mondadori.
- Bertalanffy von L. (1989) “La teoria dei sistemi aperti in fisica e in biologia”, in: Emery F.E. ed. *La teoria dei sistemi*, Milano: Franco Angeli.
- Beketov A. I. (1958) “Review of The Life of the Plant” in: Timiryazev K.A. *The Life of the Plants*, Moscow: Foreign Publishing House.
- Biggart J., Dudley P., King F. (1998) *Alexander Bogdanov and the Origins of Systems Thinking in Russia*, Aldershot, UK: Ashgate.
- Biggart J., Gloveli G., Yassour A. (1998) *Bogdanov and His Work: A Guide to the Published and Unpublished Works of Alexander A. Bogdanov (Malinovsky) 1873-1928*, Aldershot, UK: Ashgate.
- Birykov B. V. (2010) “Predislovie” in: Fet Ya. I., ed., *Vspominaja Axelja Ivanovicha Berga*, Novosibirsk: Akademicheskoe Izd GEO, pp. 3-

8.

– Birstein V. (2001) *The perversion of knowledge*, Cambridge MA: West View Press.

– Blauberg I. V. (1977) *Problema tselostnosti i sisteminyj podchod*, Moskva: Editorial URSS.

– Bogdanov A. A. (1988) *Saggi di scienza generale dell'organizzazione*, Napoli: Theoria.

– Bogdanov A.A. (1989) *Tektologijya. Vseobshaiya organizatsionnaya nauka*, Pod. Red. Akad. L.I. Abalkin, et al. *Ekonomika*, Kn. 1 & 2.

– Bogdanov A.A. (1926) *Allgemeine Organisationslehre: Tektologie*, Berlin: Organisation Verlagsgesellschaft (S. Hirzel).

– Bogdanov A. A. (1899) *Osnovnye Elementy istoricheskogo vzgliada na prirodu*, San Pietroburgo.

– Bogdanov A. A. (1984) *Essays in Tektology, the general science of organization*, trad. G. Gorelik, Seaside: Intersystems Publication.

– Bogdanov A. A. (1996) *Tektology*, Book one, Hull (UK): Centre for System Studies Press.

– Bogdanov A. A. (2011) *The Selected Works of Alexander Bogdanov*, Scottsdale: Prism Key Press.

– Bogdanov A.A., (1927) *God raboty instituta perelivaniya krovi* (Un anno di lavoro all'Istituto di trasfusione del sangue), Moskva: Istitut perelivaniya krovi.

– Bogdanov A. A (2001) *The struggle for viability: collectivism through blood exchange*. Part II, III. Philadelphia: Xlibris, 2001 (ed. or. 1927).

– Boll M. M. (1981) “From Empiriocriticism to Empiriomonism: The Marxist Phenomenology of Aleksandr Bogdanov” *The Slavonic and East European Review*, Vol. 59, No. 1, pp. 41-58.

– Bolotova A., (2004) “Colonization of Nature in the Soviet Union.

State ideology, Public Discourse and the Experience of Geologists”, *Historical Social Research*. Vol. 29, N. 3, pp. 104-123.

– Boncinelli E., Giorello G., (2007) “Spettatori attivi”, in G. Lucignani e A. Pinotti, *Immagini della mente. Neuroscienze, arte e filosofia*, Milano, Raffaello Cortina, pp. 3-12.

– Brajnes S. N. (1981) “Novye rezul'taty v biologicheskoy i meditsinskoj kibernetike” in: Berg A. I. ed. *Kibernetiku – na sluzhbu kommunizmu*, Moskva: Radio Svyaz. pp. 11-33.

– Buiatti M. (2009) “L’evoluzione delle reti viventi”, in: Calabi L. ed., *Il futuro di Darwin. L'ecosistema*, Torino: UTET, pp. 59-79.

– Buharin N.I. (1977), “Teoria e Prassi dal punto di vista del materialismo dialettico” in N.I. Buharin *et al. Scienza al bivio*, De Bari, Donato editore.

– Cannon W. (1932) *The Wisdom of the Body*. New York: Norton and Company.

– Capra F., Luisi P. L., (2014) *The Systems View of Life*, Cambridge, Cambridge University Press.

– Cioni P. (2006) *Maksim Gor'kij e la scuola di Capri*, in Toronto Slavic Quarterly N. 17, <http://www.utoronto.ca/tsq/17/cioni17.shtml>

– Chesnokov V.S. (2006), *Sergej Andreevich Podolinskij (1850-1891)*, Moskva: «Nauka».

– Chizhevskij A.L. (1976) *Zemnoe echo solnechnikh bur*, Moskva; Mysl'.

≡ Chizhevskij A. L. (2004) *Fisicheskie faktori istoricheskogo protsessa*, Kaluga: Kaluga.

≡ Chizhevskij A. L. (1995) *Kosmicheskij pul's zhizni* Moskva: Mysl'.

– Conway F., Siegelman J. (2005) *L'eroe oscuro dell'età dell'informazione, alla ricerca di Norbert Wiener, il padre della cibernetica*, Torino: Codice.

- Cordeschi R. and Tamburrini G. (2005) “Intelligent Machines and Warfare” *Proceedings of the European Computing and Philosophy Conference (ECAP 2004)*, London: College Publications,, 2005, pp. 1-19.
- ≡ Cordeschi R. (1998) *La scoperta dell'artificiale*, Milano: Dunod.
- ≡ Deese R. S. (2009) “The artifact of nature: Spaceship Earth and the down of global Environmentalism”, *Endeavour*, doi:10.1016/j.endeavour.2009.05.002.
- ≡ Deleage J. P. (2013) “La Biosphère de Vernadsky et l’histoire de l’écologie scientifique” in: *Vernadsky: science européenne ou science planétaire ?* Bordeaux: comunicazione a convegno.
- ≡ Deleage J. P. (1993) *Storia dell'ecologia*, Napoli: Cuen.
- ≡ Dokuchaev V. V. (1949) *Russkij chernozem* (La terra nera russa), in *Sochnenija* (Opere), vol. 3, Moskva-Leningrad, AN SSSR.
- Duvigneaud P. (1988) *L'écologie et l'homme: biosphère, noosphère et sophiosphère; Santé de l'homme et Environnement*. Luxemburg: Symposium International.
- Duvigneaud P. (1984) *La synthèse écologique*. Paris: Doin.
- Engels F. (1967) *Dialettica della Natura*, Roma: Editori Riuniti, (ed. or. 1883).
- ≡ Erofeev Yu. (2012) *Axel' Berg*, Moskva: Molodaya Gvardiya.
- ≡ Fedorov N. F. (1982) *Sochineniya*, Moskva: Mysl'.
- ≡ Fedorov N. F. (1913) *Filosofiya obschevo dela. Stat'y, Mysli i pis'ma* (Filosofia dell'opera comune. Articoli, pensieri, lettere). Moskva.
- Fersman A. (1945) *Twenty-Five years of Soviet Natural Sciences*, Moscow: Foreign languages Publishing House.
- Fet Ya. I. (2010) ed., *Vspominaja Axelja Ivanovicha Berga*, Novosibirsk: Akademicheskoe Izd GEO.
- Foerster von H., Mead, M., & Teuber, H. L. (Eds.). (1950),

Transections of the Seventh Conference 1951, Transections of the Eighth Conference, 1952, Transections of the Ninth Conference; 1953, Transections of the Tenth Conference). *Cybernetics: Circular causal and feedback mechanisms in biological and social systems*, Josiah Macy Jr. Foundation, New York.

– Foerster von H. (1981) “On Cybernetics of Cybernetics and Social Theory” in: *Self- Organizing Systems*, G. Roth, H. Schwegler (eds.), Campus Verlag, Frankfurt, pp. 102–105, 1981.

– Foerster von H. (2007) “Cibernetica ed epistemologia: storia e prospettive”. In: *La sfida della Complessità*, G. Bocchi e M. Ceruti (eds.), Milano: Mondadori, pp. 112–140.

≡ Foerster von H. (1987) *Sistemi che osservano*, Roma: Astrolabio.

≡ Forestiero S. (2009) “Ambiente, adattamento e costruzione della nicchia”, in: Casellato S., Burighel P., Minelli A. (eds) *Life and Time: the Evolution of Life and its History*, Cleup, padova, pp. 253-283.

– Fridland L. (1959) *Quarant'anni di medicina sovietica*, Firenze: Parenti.

≡ Gagliasso E. (2001), *Verso un'epistemologia del mondo vivente*, Milano: Guerini.

≡ Gare A. (1994) “Aleksandr Bogdanov, Proletkult and Conservation”, *Capitalism, nature, socialism*, 5(2), pp. 65-94.

≡ Gare A. (2000) “Aleksandr Bogdanov’s History, Sociology and Philosophy of Science”, *Studies in History and Philosophy of Science*, V. 31, N. 2, pp. 231-248.

≡ Gare A. (2013) “Overcoming the Newtonian paradigm: The unfinished project of theoretical biology from a Schellingian perspective”, *Progress in Biophysics & Molecular Biology*, 113, pp. 5-24.

– Gerovitch S. (2002) *From Newspeak to Cyberspeak*, Cambridge,

London: The MIT Press.

≡ Giovannetti M. (2009) “Reti di interazioni nel funzionamento degli ecosistemi”, in: Calabi L. ed., *Il futuro di Darwin. L'ecosistema*, Torino: UTET, pp. 19-35.

≡ Gore A., (1992) *Earth in the Balance: Ecology and the Human Spirit*, Boston, MA, Houghton Mifflin.

– Gorelik G. (1984) “Preface” in: Bogdanov, A.A., *Essays in Tektology, the general science of organization*, Seaside (CA), Intersystems Publication.

– Gorelik G. (1987) “Bogdanov's *tektologia*, general systems theory and cybernetics”, *Cybernetics and Systems: An International Journal*, 18, pp. 157-175.

– Graham L. (1987) *Science, Philosophy, and Human Behavior in the Soviet Union*, New York: Columbia University Press.

– Graham L. (1994) *Science in Russia and the Soviet Union*, Cambridge: Cambridge University Press.

– Grinevald J. (1993) “Vernadskij e la scienza della biosfera”, in: Vernadskij V. I., *La Biosfera*, Como: Red.

– Gorelik G. (1975) “Reemergence of Bogdanov's Tektology in Soviet Studies of Organization”, *The Academy of Management Journal*: Vol 18 No 2, pp. 345-357.

≡ Gorelik, G. (1983) “Bogdanov's Tektology: Its Nature, Development and Influence”, *Studies in Soviet Thought*, Vol. 26, No. 1, pp. 39-57.

≡ Gorelik, G. (1987) “Bogdanov's *Tektologia*, General Systems Theory and Cybernetics”, *Cybernetics and Systems: An International Journal*, 18, pp. 157-175.

– Graham L. (1987) *Science, Philosophy and Human Behaviour in the Soviet Union*, New York: Columbia University Press.

- ≡ Graham L. (1998) *What Have we Learned About Science and Technology from the Russian Experience?* Stanford: Stanford University Press.
- Gribbin J. & M. (2009) *He knew he was right*, Canada: Penguin. (Kindle Edition).
 - Gumilev L. N. (1997) *Etnoghenesi i Biosfera zemlij*, M: DI DIK, (L'etnogenesi e la biosfera della terra).
 - Günther G. (2001) “Cybernetics and the Dialectical Materialism of Marx and Lenin” in: Trogemann G., Nitussov A. Y., & Ernst V. eds., *Computing in Russia*, Vieweg Verlag: Braunschweig, pp. 317-332.
 - Haeckel E. (1905) *The Wonders of Life*, New York and London: Harper & Brothers Publisher.
 - Haeckel E. (1901) *The Riddle of the Universe*, New York and London: Harpers and Brothers Publishers.
 - Hagel J. (1996) “Walter Cannon and Self-regulation in Animals” in: Hagel J. B., Allchin D., Singer F. (eds) *Doing Biology*, Benjamin Cummings.
 - Haldane J. S (1936) *Die philosophie eines Biologen*, Jena.
 - ≡ Huestis D., (2007) “Alexander Bogdanov: The Forgotten Pioneer of Blood Transfusion”, *Elsevier, Transfusion Medicine Reviews*, Vol 21, No 4, pp 337-340.
 - Heims S. J. (1994) “Introduzione” in: N. Wiener *L'invenzione. Come nascono e si sviluppano le idee*, Torino: Bollati Boringhieri.
 - Helvey T. C. (1971) *The age of information. An Interdisciplinary Survey of Cybernetics*, Englewood Cliff, New Jersey: Educational Technology Publications.
 - Hofer V. (2000) “The beginnings of biological systems theory in the context of scientific modernism in Vienna. The lines of discourse and

scientific community forming the intellectual background for Ludwig von Bertalanffy”, [articolo non pubblicato].

– Jantsch E. (1981) “Autopoiesis: A Central Aspect of Dissipative Self-Organization” in: Zeleny M. ed., *Autopoiesis. A Theory of Living Organization*, New York: Columbia University Press.

– Kamaryt J. (1973) “From Science to Metascience and Philosophy: Dialectical Perspectives in the Development of Ludwig von Bertalanffy's Theoretical Work” in: Gray W, Rizzo N. D. (eds.) *Unity through Diversity: a Festschrift for Ludwig von Bertalanffy*, part I, New York: Gordon and Beach Science, pp. 76-100.

– Kats Y. (2004) “Bogdanov, Marx, and the Limits to Growth Debate”, *The European Legacy*, Vol. 9, No. 3, pp. 305–316.

– Kojevnikov A. (2002) “The Great War, The Russian Civil War and The Invention Of Big Science”, *Science in Context*, Vol. 15, No. 2, pp. 239-275.

– Kojevnikov A., (2002) Vucinich A., (2001) *Einstein and the Soviet Ideology*, Stanford: Stanford University Press, PHYSICS TODAY. (Review), p. 59.

– Kline, R., (2009) “Where are the Cyborgs in Cybernetics? *Social Studies of Science*, Vol. 39, No. 3, pp. 331-362.

≅ Kremontsov N., (2011) *A martian stranded on earth*, Chicago: Chicago University Press.

≅ Kremontsov N. (1997) *Stalinist Science*, Princeton: Princeton University Press.

– Kropotkin P. A. (1972) *Mutual Aid: A Factor of Evolution*, New York: New York University Press (ed. or. 1902).

– Lenin V. I. (1973) *Materialismo ed Empiriocriticismo*, Roma: Editori Riuniti.

– Levit G.S., Hossfeld U., Olsson L., (2006) “From the Modern Synthesis to Cybernetics: Ivan Ivanovich Schmalhausen (1884-1963) and his Research Program for a Synthesis of Evolutionary and Developmental Biology”, *Journal of Experimental Biology*, Vol. 306, No. 2, pp. 89-106.

– Lewontin, R., Rose, S., Kamin, L. (1984) *Not on our genes: biology, ideology and human nature*, New York: Pantheon.

≅ Lomovym A. G., et al. (1976) Psikhologicheskie problemy sotsial'noi reguliatsii povedeniia, (Zhuravlevym et al.; Otv. Ed.E. V. Shorokhova, M. I. Bobneva), An SSR, In-t psikhologii, Moskva: Nauka.

≅ Lovelock J. (1979) *Gaia: New Look at Life on Earth*, Oxford: Oxford University Press.

– Lotka, A. J. (1925) *Elements of physical biology*, Baltimore: Williams and Wilkins Company.

≅ Mach E. (1959) *Analisi delle sensazioni e il rapporto tra fisico e psichico*, Milano: Feltrinelli.

≅ Malinovskij A. A. (2000) *Tektologiya. Teoria sistem, teoreticheskaiya biologiya*. Moskva: Editorial URSS.

– Martinez-Alier J. (1991) *Economia ecologica*, Milano: Grazanti.

– Mattesich R. (1978) *Instrumental Reasoning and Systems Methodology*, Dordrecht, Boston: D. Reidel.

– Medvedev Zh. (1975) *Soviet Science*, Oxford: Oxford University Press.

– Malinovskij A.A. (2000), *Tektologiya, Teoriya sistem, Teoreticheskaja biologiya*. Mosca: Editorial URSS. (Tektologia, teoria dei sistemi, biologia teorica).

≅ Minati G., (2004) “Introduzione alla presente edizione” in: Bertalanffy von L., *Teoria Generale dei Sistemi*, Milano: Mondadori, pp.

3-8.

≡ Minelli A., (2007) “Goethe e la forma animale”, in G. Lacchin (a cura di), *Johann Wolfgang Goethe: evoluzione e forma*, Herrenhaus, Seregno: pp. 152-167.

≡ Moiseev, N. N. (1982) *C helovek-sreda-obshество. Problemy formalizirovannogo opisaniya* (Uomo-ambiente-società. Problemi di descrizione formale), Nauka: Moskva, .

≡ Moiseev N.N. (1998) *Ekologicheskij Sotsialism*, Moskva.

≡ Morabito C., (2013) “Interno/esterno tra psicologia e neuroscienze cognitive” in B. Continenza, E. Gagliasso, F. Sterpetti, *Confini Aperti. Il rapporto esterno/interno in biologia*, Franco Angeli, Milano, pp. 172-188.

≡ Netushil A. V. (2010) “Predislovie” in: Fet Ya. I., ed., *Vspominaja Axelja Ivanovicha Berga*, Novosibirsk: Akademicheskoe Izd GEO, pp. 3-8.

≡ Oparin A. I. (1977) *L'origine della vita*, Torino: Bollati Boringhieri.

– Patten B. C., Odum P. (1981) “The Cybernetic Nature of Ecosystem”, *The American Naturalist*, V. 118, n. 6, pp. 886-895.

– Pavlov I. P., (1951) *Polnoe Sobranie Socinenij*, I. AN SSSR: Moskva, Leningrad.

– Podolinskij S. A. (1879) “Klod Bernard”, *Delo*, N.2, pp: 146-189.

≡ Podolinskij S. A. (2011) “Il lavoro umano in rapporto alla distribuzione dell'energia”, in Bagarolo T., Lepore D., eds. *Lavoro ed Energia, L'atto di nascita dell'economia ecologica*, Torino: PonSinMor.

≡ Pollock E. (2006) *Stalin and the Soviet Science Wars*, Princeton: Princeton University Press.

– Plyutto P. (1998) “Pioneers in systems thinking: Bogdanov and Vernadsky” in: Biggart et al. (eds) *Alexander Bogdanov and the Origins of Systems Thinking in Russia*, Aldershot, UK: Ashgate. pp. 74-87.

- Poincarè H. (1997) *Scienza e metodo*, Torino: Einaudi (ed. or. 1908).
- Poustilnik S., (2009) “Tektology in the Context of Intellectual Thought in Russia”, in: Oittinen V. ed., *Aleksandr Bogdanov Revisited*, Helsinki: Aleksanteri, pp. 105-138.
- Pushkin B. G., Ursul A. D., (1994) *Sistemnoe mislenie i upravlenie. Tektologija A. Bogdanova i Kibernetika N. Vinera*, Moskva, Noosfero-ecologiceskij Istitut Akademija Noosferii.
- Pushkin B. G., Ursul A. D. (1989) *Informatika, Kibernetika, Intellekt. Filosofskie ocherki*. Akademiya Nauk Moldavskoi SSR: Kishinev, «Shtiniza».
- Ramage M., Shipp K., (2009) *Systems Thinkers*, London: Springer-Verlag.
- Rashevsky, N. (1960) *Mathematical Biophysics*, New York: Dover Publication, (Volume 2).
- Rotolo G., Primiero G., (2005) *Dall'artificiale al Vivente*, Milano, Polimetrica.
- ≡ Rispoli G. (2012) *Dall'Empiriomonismo alla Tektologia*, Roma: Aracne.
- ≡ Rispoli G. (2015) “The role of Isaak Present in the rise and fall of Lysenkoism”, *Ludus Vitalis*, N. 42, [in corso di pubblicazione].
- Sadovskij V. (1998) “From Empiriomonism to Tektology” in: Biggart J., Dudley P., King F., *Alexander Bogdanov and The Origin of Systems Thinking in Russia*, Ashgate, UK.
- Schlick M., (1918) *Allgemeine Erkenntnislehre*, Verlag von Julius Springer.
- Sadovskij V. N, Kelle V.V. (1996) Alexander Alexandrovich Bogdanov and “TEKTOLOGY”, in Bogdanov A.A. *Tektology*, Book one, Hull (UK), Centre for System Studies Press, pp. 3-29.

- Setrov M. I. (1967) “Ob obshchikh elementakh tektologii A. Bogdanova, kibernetiki i teorii sistem.” *Uch. zap. kafedr obshchestvennykh nauk vuzov g. Leningrada*, issue 8.
- Sytnik K. M. et. Al (1988) *V. I. Vernadskij. Zhyzn' i deyatel'nost' na Ukraine*, Nauka, Dumka.
- Shlik M., V. A. Bazarov, A.A. Bogdanov, P.S. Yuskevich (1923) *Teoria odnositel'nosti ejnshtejna i ee filosofskoe istolkovanie*, Moskva: Izdanie T-va MIR.
- ≡ Shannon C. (1948) “A Mathematical Theory of Communication”, *The Bell System Technical Journal*, Vol. 27, pp. 379–423, 623–656.
- ≡ Siddiqi A. A. (2008) “Imagining the Cosmos: Utopians, Mystics, and the Popular Culture of Spaceflight in Revolutionary Russia”, *Osiris*, V. 23, pp. 260-288.
- ≡ Stites R. (1991) *Revolutionary Dreams: Utopian Vision and Experimental Life in the Russian Revolution*, Oxford: Oxford University Press.
- Strada V. (1994) *L'altra rivoluzione*, Capri: Edizioni La Conchiglia.
- Susiluoto I. (1982) *The origin and development of systems thinking in the Soviet Union: Political and Philosophical controversies from Bogdanov and Bukharin to present-Day re-Evaluations*; *Annales Academiae Scientiarum Fennicae, Dissertationes-Humanarum Litterarum Suomalainen*, Helsinki: Tiedeakatemia.
- Susiluoto I. (2009) “The Unfulfilled Promise: Tectology and Socialist Cybernetics” in: Oittinen V. ed. *Bogdanov Revisited*, Helsinki: Aleksanteri Institute.
- Tachtadzhyan A. L., (1998) *Principia tektologica. Printsipi organizatsija i transformatsii slo'nyj sistem: evolucionnyj podchod*, S. Peterburg.

- Tagliagambe, S. (1994) “Introduzione” in: Vernadskij V.I., *Pensieri filosofici di un naturalista*, Roma: Teknos.
- Tagliagambe S. (2004) “Bogdanov tra costruttivismo e scienza dell'organizzazione” in: Bogdanov A.A., *Quattro dialoghi su scienza e filosofia*, Roma: Odradek, pp. 64-95.
- Tagliagambe S., Rispoli G., (2015) *Nascita e sviluppo di un pensiero divergente. Bogdanov, Vernadskij, Florenskij*, Rubbettino, Roma.
- Takhtadzhyan A. L. (1989) “Slovo o Tektologii”, in: Bogdanov A.A., *Vseobshaya organizazionnaya nauka, Tektologia*, Tom 2. Moskva: Ekonomika.
- Tartarin R., (1994) “Transfusion sanguine et immortalité chez Alexandr Bogdanov”, *Droit et société*, 28, pp. 565-581.
- Tauber A. (2003) “Metchnikoff and the phagocytosis theory”, *Nature reviews, Molecular Cell Biology, Volume 4*, pp. 897-901.
- Timiryazev K. A. (1958) *The Life of Plants*, Moscow: Foreign Languages Publishing House.
- Timiryazev K. A. (1959) *Solnze, zbyzn', i klorofill*, Selchozghiz, (Sole, vita, e clorofilla).
- Todes D. (1989) *Darwin without Malthus: the Struggle for Existence in Russian Evolutionary Thought*, Oxford: Oxford University Press.
- Tsiol'kovskij K. E. (1903) “Issledovanie mirovych prostranstv reaktivnymi priborami”, *Nauchnoe Obozrenie*, n. 5 pp. 45-75.
- Umpleby S. A. (1987) “American and Soviet discussion of the foundations of Cybernetics and General Systems Theory”, *Cybernetics and Systems: An International Journal*, 18, pp. 177-193.
- Vernadskij V. I. (1978) *Zhivoe Veshestvo*, Moskva: «Nauka».
- Vernadskij V. I. (1993) *La Biosfera*, Como: Red Edizioni, (Ed. or. 1926).

- Vernadskij V. I. (1924) *Le Géochimie*, Paris: Felix Alcan.
- Vernadskij V. I. (1998) *Pensieri filosofici di un naturalista* (traduzione e studio storico-introdotto a cura di S. Tagliagambe), Roma: Teknos.
- Vernadskij V. I. (1970) “Aftotrofnost' chelovechestva”, in *Chimija i zbyzn'*, N. 8. pp: 17-22 (Autotrofia dell'umanità).
- Vernadskij V. I. (2004) *Biosfera i noosfera*. Moskow: Airis Press.
- ≡ Vernadskij V. I. (1991) *Nauchnaya mysl' kak planetnoe javlenie*, Moskva: Nauka.
- ≡ Vernadskij V. I. (1998) *Dnevniki, 1921-1925*, Moskva: «Nauka».
- Vorobev G. G. (2010) “A. I. Berg i sotsial'naiya Kibernetika” in: Fet Ya.I. ed. *Vspominaja Axelja Ivanovicha Berga*, Novosibirsk: Akademicheskoe Izd GEO, pp. 41-53.
- Vucinich A. (1989) *Darwin in Russian Thought*, Oxford: Oxford University Press.– Weiner D. (1988) *Models Of Nature*, Bloomington (IN): Indiana University Press.
- Vyacheslav M., Balandin R. (2004) *100 Velikikh geograficheskikh otkritij*, Moskva: Veche.
- Wang H. (1997) *A logical Journey: From Gödel to Philosophy*, Cambridge-Mass: A Bradford Book, The MIT Press.
- Weaver W. (1949) *Translation* [Reproduced by permission of the Rockefeller Foundations Archive.] <http://www.mt-archive.info/Weaver-1949.pdf>.
- Weiner D. R. (1988) *Models of Nature: Ecology, Conservation and Cultural Revolution in Soviet Russia*, Bloomington and Indianapolis: Indiana University Press.
- Weiner D. R. (1982) “The Historical Origins of Soviet Environmentalism”, *Environmental Review*, ER, Vol. 6, No. 2, pp. 42-62.

- Weiner D. G. (1999) *A little Corner of Freedom. Russian Nature Protection from Stalin to Gorbachev*, Berkeley, Los Angeles: University of California Press.
- White J. (1998) “Sources and precursors of Bogdanov's Tektology” in: Biggart J. *et al. Alexander Bogdanov and the Origin of Systems Thinking in Russia*, Aldershot UK: Ashgate, pp.
- Wiener N. (1948) *Cybernetics or control and communication in the animal and the machine*, Cambridge-Massachusetts: The Technology Press of MIT.
- Wiener N. (1950) “Cybernetics”, *Bulletin of the American Academy of Arts and Sciences*, Vol. 3, No. 7 (Apr., 1950), pp. 1-4.
- Wiener N. (1964) *God and Golem*, Boston, MIT press.
- Wiener N. (1966) *Introduzione alla cibernetica: l'uso umano degli esseri umani*, Torino: Bollati Boringhieri.
- Wiener N. (1973) *I am Mathematician, a Later Life of a Prodigy*, Boston, MIT press.
- Wiener N. (1994) *L'invenzione. Come nascono e si sviluppano le idee*, Torino: Bollati Boringhieri.
- Wisdom J. O., (1951) “The Hypothesis of Cybernetics”, *The British Journal for the Philosophy of Science*, Vol. 2, No. 5, pp. 1-24.
- White J. D., (1981) “Bogdanov in Tula”, *Studies in Soviet Thought*, Vol. 22, No. 1, pp. 33-58.
- Yagodinskij V. N. (2005) *Aleksandr Leonidovich Chizhevskij (1897-1964)*, Moskva: Nauka.
- Yagodinskij V. N. (2006) *Aleksandr Aleksandrovič Bogdanov*, Moskva: Nauka.
- Zeleny M., (1988) “TECTOLOGIA”, *General System*, Vol. 14, pp. 331-343.

Indice

Introduzione. Panoramiche sistemiche.....	3
--	----------

I Alle origini della cibernetica: comunicazione, controllo e retroazione

1. 1. <i>L'alba della cibernetica americana.....</i>	10
1. 2. <i>Sistemi radar, controllo del tiro e A.A. Predictor.....</i>	16
1. 3. <i>Quel ronzio va eliminato! La nascita della Cibernetica e il mito di Prometeo.....</i>	27
1. 4. <i>Schiavi di ferro.....</i>	39
1. 5. <i>L'insediamento della cibernetica in URSS Axel' Berg e la cibernetica a servizio del Comunismo.....</i>	45
1. 6. <i>Informazione, dialettica e Marxismo.....</i>	55

II Riorganizzare l'approccio sistemico: il posto della Tectologia nel dibattito sulla complessità

2. 1. <i>Oltre la cibernetica.....</i>	65
2. 2. <i>Teoria Generale dei Sistemi e spazi gestaltici.....</i>	71
2. 3. <i>Lotta per la sopravvivenza.....</i>	85
2. 4. <i>La Tectologia: Sistemi, complessi, e sistemi complessi</i>	109
2. 5. <i>L'organizzazione tectologica e i suoi principi.....</i>	121

**III La scienza della biosfera:
intersezioni tra ecologia, evolucionismo ed energetica**

3. 1. <i>Terra, energia, risorse:</i> <i>l'approccio sistemico di Dokuchaev e Podolinskij.....</i>	137
3. 2. <i>Vernadskij e la fondazione della biogeochimica:</i> <i>l'approccio cibernetico in scienze della terra.....</i>	161
3. 3. <i>Visioni unificate del cosmo.....</i>	176
3. 4. <i>Conclusione:</i> <i>Un passo oltre la biosfera.....</i>	196
Bibliografia.....	200