

Strumenti di Pensiero Sistemico a scuola: una sperimentazione pilota nella Scuola Secondaria di Primo Grado

Systems Thinking Tools at school: a pilot investigation in the Secondary School

Sara Zanella¹, Rocco Scolozzi²

Sintesi

Comprendere la natura complessa della società e dei fenomeni che ci circondano è una competenza necessaria affinché gli studenti possano diventare cittadini proattivi e co-responsabili di uno sviluppo sostenibile. Per questo motivo il Pensiero Sistemico è un elemento chiave nel quadro europeo delle competenze per la sostenibilità “GreenComp” (2022). Mentre gli strumenti didattici di Pensiero Sistemico sono ormai diffusi nei paesi anglofoni, le esperienze nella scuola italiana sembrano ancora rare. Questo articolo presenta alcuni risultati di una tesi di Dottorato in Didattica sulle competenze di Pensiero Sistemico degli studenti della Scuola Secondaria di Primo Grado. Nello studio è stato testato, su tre classi, un breve percorso didattico volto a introdurre alcuni strumenti di Pensiero Sistemico: Grafico del Comportamento nel Tempo, Cerchio delle Connessioni e Diagramma Livelli e Flussi. Lo studio ha dimostrato che gli strumenti sono facilmente applicabili in classe a una varietà di temi e discipline e che aiutano gli studenti a comprendere in senso sistemico e dinamico la realtà che li circonda. Sulla base dell'esperienza sono proposti alcuni suggerimenti per docenti ed educatori.

Parole chiave: Competenze di Pensiero Sistemico; Educazione alla Sostenibilità; Complessità; Educazione alla Cittadinanza; Scuola Secondaria di Primo Grado; Interdisciplinarietà.

Abstract

Understanding the complex nature of society and the phenomena that surround us is a necessary competence for students to become pro-active citizens and co-responsible for sustainable development. This is why Systems Thinking is a key element in the European competence framework for sustainability ‘GreenComp’ (2022). While educational tools for Systems Thinking are now widespread in English-speaking countries, experiences in Italian schools still seem rare. This article shows some results of a PhD dissertation in Education on Systems Thinking skills of middle school students. In the study, a short course designed to introduce Systems Thinking tools were tested on three classes: Behaviour Over Time Graphs, Circle of Connections, and Stock and Flow Diagram. The study showed that the tools are easily applicable in the classroom to a variety of topics and disciplines and that they help students to understand the reality around them in a systemic and dynamic sense. Based on the experience, some suggestions for teachers and educators are proposed.

Keywords: Systems Thinking Skills; Sustainability education; Complexity; Citizenship education; Secondary Middle School; Interdisciplinarity.

1. Docente di Matematica e Fisica nella Scuola Secondaria di Secondo Grado, Provincia Autonoma di Trento. Precedentemente, Libera Università di Bolzano, Bressanone, sara.zanella1@scuole.provincia.tn.it.

2. Dipartimento di Sociologia e Ricerca Sociale, Università di Trento, rocco.scolozzi@unitn.it.

1. Pensiero Sistemico e cittadini responsabili

La missione della scuola e di una comunità educante è quella di formare cittadini proattivi, lungimiranti, capaci di scelte consapevoli e responsabili del bene comune (Bonesini *et al.*, 2017). Essere cittadini proattivi e lungimiranti è complicato, anzi, sempre più difficile in tempi di crescente incertezza, in cui sia la società che gli individui sono pressati dall'urgenza di trovare soluzioni immediate di fronte a questioni complesse. L'incertezza crescente induce a semplificare e a rifugiarsi in una "bolla del presente" (Poli & Arnaldi, 2012), una più semplice prospettiva temporale di breve periodo o di costante presente, in cui il futuro riduce il proprio valore (*temporal discounting*, o svalutazione temporale) e i comportamenti e le scelte meno sostenibili sono considerate poco negativamente (Olsen & Tuu, 2021; van der Wal *et al.*, 2018). Tutto ciò è collegabile al cosiddetto "presentismo" o "semplificazione presentista del tempo" (Merlini, 2019), in cui è meglio un uovo oggi che... domani non si sa.

Forrester evidenziava già trent'anni fa una generale insoddisfazione nei confronti dell'istruzione pre-universitaria e universitaria: proprio l'incapacità di comprendere (e insegnare a comprendere) le retroazioni tra persone e sistemi sociali, naturali ed economici, è alla base dei problemi globali di oggi. A causa della sua natura frammentaria, l'istruzione tradizionale diventa meno efficace man mano che la società diventa più complessa e strettamente interconnessa. L'istruzione è ancora in gran parte suddivisa in materie separate in confini che nel mondo reale non

esistono. Gli studi sociali, le scienze fisiche, la biologia e altre materie, o discipline, sono insegnate come se gli stessi oggetti di studio fossero intrinsecamente diversi (quando visti da prospettive diverse) ma soprattutto separati (Forrester, 1994).

Sempre secondo Forrester, nella maggior parte dell'istruzione, spesso manca un altro elemento: un trattamento diretto della dimensione temporale. Quali sono le cause del cambiamento dal passato al presente e dal presente al futuro? In che modo le decisioni attuali determinano il futuro verso il quale ci stiamo muovendo? Come si possono interpretare le "lezioni della storia" per il presente? Perché molte decisioni aziendali, nazionali e personali sono inefficaci nel raggiungere gli obiettivi prefissati nel tempo? I programmi educativi convenzionali raramente rivelano le risposte o aiutano a trovarle con metodo. Le risposte a queste domande su come le cose cambiano nel tempo si trovano nel comportamento dinamico dei sistemi (sociali o fisici).

Iniziare a comprendere, per approssimazioni successive, il comportamento di un sistema e le sue possibili cause strutturali può essere insegnato e compreso a tutti i livelli. Il Waters Center for Systems Thinking (Centro per il Pensiero Sistemico della Fondazione Waters) da anni sviluppa e diffonde strumenti didattici per la fascia di età K-12 (dall'età prescolare alla scuola secondaria). Il concetto alla base del Pensiero Sistemico è quello di relazione causale circolare, o retroazione o feedback, che viene esplorato a diversi livelli di approfondimento e in diversi ambiti. Un processo di feedback si verifica quando un elemento "effetto" retroagisce o influenza il

suo elemento “causa”. Le interazioni emotive, le dinamiche nella vita domestica, nella politica, nei processi di gestione organizzativa, nei cambiamenti ambientali e nella più semplice attività biologica sono tutti influenzati e parte di circuiti di retroazione, sono questi che creano i comportamenti non lineari dei sistemi. In pratica, siamo costantemente immersi e parte di feedback. Riconoscerli cambia (migliora) la nostra comprensione del mondo, delle relazioni, di noi stessi.

Anche riconoscendo che i problemi del mondo reale sono dinamici, le discipline scientifiche spesso rappresentano ancora “istantanee statiche” di parti separate, come si può constatare in molti libri di testo adottati nelle scuole oggi. A questo si aggiunge la naturale difficoltà della mente umana che afferra immagini, mappe e relazioni statiche in modo meravigliosamente efficace ma è un pessimo simulatore di comportamenti o cambiamenti nel tempo, soprattutto quando intervengono retroazioni (Sterman, 1994).

Nancy Roberts (1975) sperimentò per prima delle didattiche di “dinamica dei sistemi” nelle scuole primarie statunitensi. Il suo lavoro (Roberts, 1978) ha mostrato il vantaggio di invertire la tradizionale sequenza educativa che normalmente procede attraverso cinque fasi:

- 1) apprendimento dei fatti
- 2) comprensione del significato
- 3) applicazione dei fatti alle generalizzazioni
- 4) analisi per scomporre il materiale in parti costitutive
- 5) sintesi per assemblare le parti in un tutto.

La maggior parte degli studenti non rag-

giunge mai il quinto passo, quello della sintesi. Tuttavia, la sintesi - che mette tutto insieme - dovrebbe essere collocata all'inizio della sequenza educativa. Quando gli studenti entrano a scuola, possiedono già una grande quantità di osservazioni sulla famiglia, sulle relazioni interpersonali, sulla comunità e sulla scuola. Sono pronti per un quadro di riferimento in cui inserire i fatti. Se questo quadro non esiste, l'insegnamento di altri fatti perde di significato.

Il recente quadro di riferimento per le competenze in materia di sostenibilità denominato GreenComp (Bianchi *et al.*, 2022) colloca al primo posto la competenza di Pensiero Sistemico, che consiste nel saper identificare le relazioni tra le parti in un “intero” (o sistema), estrapolare le dinamiche emergenti dalle interdipendenze tra diversi “interi” (sistemi), riconoscere le dinamiche dei cambiamenti nel tempo e i ritardi temporali tra causa ed effetto nei sistemi complessi.

Un sistema, prendendo la definizione più pratica di Donella Meadows (2019), è un insieme di elementi, connessi tra loro in modo da svolgere una funzione o perseguire uno scopo. In pratica servono tre componenti per avere un sistema: parti, connessioni, funzione. La stessa Meadows è stata un'instancabile promotrice del “pensare per sistemi” (Thinking in Systems): osservare il mondo come un sistema di sistemi e celebrarne la complessità, anziché semplificarla.

Il Pensiero Sistemico è definito in diversi modi: come un paradigma per focalizzare le relazioni tra elementi e le loro conseguenze, un linguaggio per leggere e parlare con precisione di sistemi e problemi complessi, una

competenza individuale e collettiva («delle organizzazioni che apprendono») che utilizza strumenti e concetti per sviluppare una comprensione condivisa e profonda delle interdipendenze nei sistemi e per trovare le «leve» sulle quali agire o disegnare sistemi migliori (Senge, 2019).

Nel sistema scolastico italiano sembrano ancora mancare supporti strutturati alla diffusione delle competenze di Pensiero Sistemico, che vadano al di là di interventi episodici (Scolozzi *et al.*, 2018). In questo contributo si presenta un'esperienza pilota di introduzione in classe di alcuni strumenti di Pensiero Sistemico con l'obiettivo di testare e sviluppare modalità didattiche dedicate alle classi della Scuola Secondaria di Primo Grado.

Di seguito si presentano brevemente gli strumenti introdotti nei laboratori con gli studenti, e una selezione dei risultati. A conclusione del contributo si commentano i risultati e si riportano alcune considerazioni riguardo ostacoli e opportunità per ulteriori sviluppi a livello nazionale italiano.

2. Concetti e strumenti di base del Pensiero Sistemico

Gli strumenti di Pensiero Sistemico sono essenzialmente strumenti visuali utili a organizzare idee personali e collettive e migliorare i modelli mentali su cui basiamo la conoscenza e le nostre decisioni, utili soprattutto riguardo a situazioni o problemi complessi. Questi strumenti sono stati sviluppati dagli autori più autorevoli del settore: Jay Forrester (1994), Donella Meadows (2019), Peter Senge (2019), Diana Fisher (2011), a cui si rimanda per approfondimenti.

I concetti chiave del Pensiero Sistemico possono essere riassunti come segue:

- *sistema*: un insieme di parti che interagiscono tra loro per funzionare come intero all'interno di sistemi più grandi, da cui la composizione minima di un sistema: elementi, relazioni e funzione;
- *circuito causale retroattivo o feedback loop*: una catena chiusa di relazioni causali per il quale l'effetto influenza la sua causa o, in contesti decisionali, l'esito influenza la decisione che l'ha generato;
- *livelli di organizzazione (gerarchia di sistemi)*: tutti i sistemi sono parte di sistemi più ampi e sono composti da sottosistemi (es. dalle molecole, agli organi, al corpo umano, alla comunità, all'intera società). Solitamente un sistema ha una funzione per il sistema che lo contiene (es. i «sistemi cellule» del «sistema fegato» hanno una funzione per il «sistema corpo umano»). Non esiste un livello o un confine «definitivo» nella comprensione dei sistemi, il confine o la cornice dipende dall'osservatore e dallo scopo dell'osservazione: che va esplicitato ed eventualmente modificato nel processo iterativo di comprensione del sistema (mai completa o esaustiva);
- *stabilità*: un sistema è stabile quando mantiene la sua funzione rispondendo ai cambiamenti del contesto attraverso adattamenti, resi possibili da meccanismi interni (feedback loop) di autoregolazione o equilibrio dinamico (es. autoregolazione termica di

un corpo animale, autoregolazione di una relazione trofica in un ecosistema o di una relazione domanda-offerta in un mercato);

- *cambiamento o comportamento non-lineare*: nei sistemi, a causa dei circuiti retroattivi, i cambiamenti sono raramente lineari e proporzionali, tipicamente una crescita (o decrescita) ha forma concava (o convessa) o una forma tendente o oscillante attorno ad un valore di equilibrio, a seconda se prevalgono circuiti “rinforzanti” o circuiti “bilancianti”. Esempi sono la curva a S della crescita con risorse limitate di una popolazione (di batteri, di predatori, di umani, ecc.), la “curva di saturazione” di un mercato, la curva di oscillazione dei cicli fisiologici del corpo umano o dei cicli naturali.

Per comprendere, parlare e confrontarsi in gruppo sulla propria comprensione dei siste-

mi sono particolarmente utili gli strumenti visuali descritti dal Waters Center for Systems Thinking (www.waterscenterst.org) (Tab. 1).

Questi strumenti e concetti sono spesso definiti insieme alle loro “cornici”, cioè il confine dell’ambito o del sistema osservato (framing), o il livello di aggregazione. Le cornici, o confini di cosa consideriamo dentro e fuori il sistema, possono essere temporali o spaziali; ad esempio, il problema dei rifiuti può essere visto a livello di quartiere, città o regione (cornici spaziali) e in termini di produzione mensile, annuale o decennale (cornici temporali). Le cornici danno significato a ciò che vediamo. Cornici diverse portano a significati e intuizioni diverse, perciò specificare le cornici quando si parla di sistemi, o di problemi complessi come quelli della sostenibilità, è essenziale per essere concreti e facilitare una comprensione condivisa delle questioni, delle soluzioni e delle responsabilità.

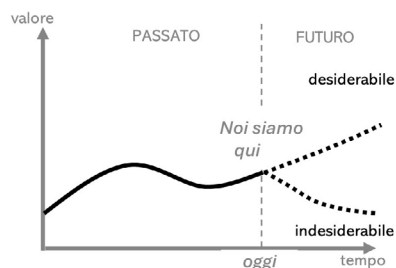
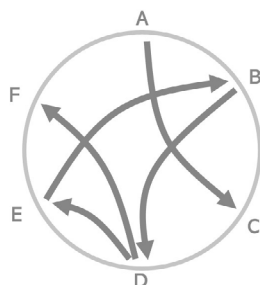


Grafico del Comportamento nel Tempo (GCT) (Behaviour-Over-Time Graph, BOTG)

Illustra schemi di cambiamento e tendenze. Rappresenta come qualcosa cambia (o come pensiamo cambi) nel tempo.



Cerchio delle Connessioni (CC)

Aiuta a vedere le connessioni multiple (causali) all'interno e tra i sistemi.

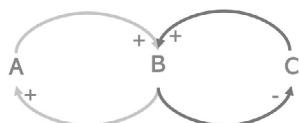


Diagramma causale (DC) (Causal Loop Diagram)

Mostra le relazioni causali che esistono tra elementi o variabili. Le frecce sono utilizzate per illustrare la causalità, che può avere una polarità (+ o -). Spesso si disegna a partire da un Cerchio delle Connessioni.

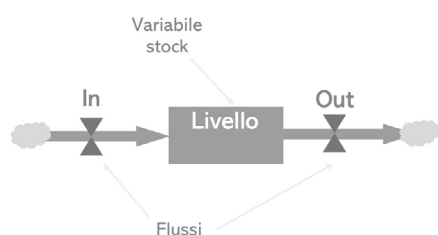


Diagramma Livelli e Flussi (DLF)

(Stock&Flows Diagram)

Detto anche modello "Vasca da bagno": dove un "livello" (o stock) di acqua o di un'altra variabile che si accumula nel tempo varia a seconda della relazione tra flusso di entrata e flusso di uscita. Aiuta a comprendere o analizzare la velocità di cambiamento di una variabile.

Tab. 1 - Strumenti visuali di Pensiero Sistemico (adattato da Waters Center for Systems Thinking).

3. La sperimentazione nelle classi

La sperimentazione è stata svolta nell'ambito di una tesi di Dottorato in Didattica Disciplinare presso la Facoltà di Scienze della Formazione (Libera Università di Bolzano, Bressanone). L'obiettivo generale della ricerca era comprendere come introdurre un percorso di sviluppo delle competenze di Pensiero Sistemico a scuola. La prima parte della ricerca (non riportata qui) ha riguardato la valutazione delle competenze di Pensiero Sistemico, tramite la somministrazione del questionario originale Systems Thinking Assessment Italia (STAI) (Zanella, 2022). Nella seconda parte della ricerca si voleva comprendere come gli studenti lavorano con gli strumenti sopra descritti, indagando le potenzialità e i limiti.

Gli obiettivi della sperimentazione nelle classi erano:

- testare alcune modalità didattiche derivate da quelle sviluppate in altri contesti;
- valutare le competenze di Pensiero Sistemico degli studenti nella fascia di età 11-14 anni, che non hanno avuto una precedente formazione a riguardo;
- testare gli strumenti in termini di facilità di comprensione e utilizzo;
- derivare intuizioni per promuovere tali strumenti nell'ambito interdisciplinare dell'educazione alla sostenibilità, superando le consuete barriere tra discipline.

Il percorso è consistito in tre moduli della durata di due ore, ospitati da docenti non esperti ma interessati al Pensiero Sistemico che hanno messo a disposizione le proprie ore disciplinari. Ciascun modulo è stato dedi-

cato a uno specifico strumento (Tab. 1):

- I. Grafico del Comportamento nel Tempo, GCT;
- II. Cerchio delle Connessioni, CC;
- III. Diagramma Livelli e Flussi, DLF.

La raccolta dati consiste nell'osservazione dell'attività degli studenti e una successiva valutazione qualitativa dei materiali. Le attività sono state tratte e adattate da precedenti esperienze didattiche, condivise gratuitamente da una comunità internazionale di docenti e formatori sulle piattaforme Thinking Tools Studio e Creative Learning Exchange.

L'intervento ha coinvolto, nel periodo novembre-dicembre 2021, tre classi seconde della Scuola Secondaria di Primo Grado in Provincia di Trento. Per tutelare l'anonimato, alle classi è stato attribuito il nome A, B, C. Il campione consiste di 20 studenti nella classe A, 18 studenti nella classe B e 21 studenti nella classe C. Le classi A e B sono parte di piccoli plessi scolastici in contesti periferici di valle, mentre la classe C è parte di un plesso relativamente più grande in ambito urbano.

4. Osservazioni sui materiali prodotti dagli studenti

Il percorso svolto nelle classi ha mostrato che gli studenti sono in grado di lavorare con gli strumenti proposti e che essi sono funzionali nell'aiutarli a sviluppare un Pensiero Sistemico sia per quanto riguarda le questioni sociali che in ambito di curriculum scolastico. Dall'analisi dei lavori e delle loro osservazioni sono emersi alcuni elementi comuni di comprensione e difficoltà che riportiamo in sintesi di seguito.

4.1. Grafico del Comportamento nel Tempo (GCT)

Suddivisi in piccoli gruppi, gli studenti sono stati invitati a tracciare il loro primo Grafico del Comportamento nel Tempo, riguardante i cambiamenti connessi con l'ambiente scolastico. È stato chiesto loro di scegliere un tema tra una lista di temi proposti e, per esso, iden-

tificare una cornice temporale adatta (Tab. 2).

Successivamente, gli studenti hanno sviluppato un secondo GCT legato questa volta a variabili extra-scolastiche sempre scegliendo tra temi proposti (Tab. 3). Gli studenti sono stati invitati a esplicitare le proprie cornici temporali e spaziali, e identificare le possibili variabili che influenzano, con il loro cambiamento nel tempo, l'andamento del loro grafico.

Tema (variabile)	Cornice temporale
Clima in classe	Questa settimana (unità minima: giorni)
Livello di interesse per la scuola	Questo mese (giorni)
Livello di difficoltà	Dal primo giorno di scuola (settimane)
Motivazione	In questo quadrimestre (mesi)
Livello di interesse per gli argomenti fatti in scienze	Dal primo giorno di prima (settimane)
Livello di collaborazione in classe	Durante la dad (giorni)
Soddisfazione in classe	Durante l'anno scolastico (settimane)
	Da quando ho cominciato la prima elementare (anni)

Tab. 2 - Temi (o variabili) del "sistema scuola" e cornici temporali nel Grafico del Comportamento nel Tempo.

Tema (variabile)	Cornice temporale (unità minima)
Fatica quando il/la prof. fa fare la corsa durante educazione fisica	Minuti
Fatica quando spingo un oggetto pesante	Ore
Grandezza del cubetto di ghiaccio che si scioglie	Giorni
Quantità di neve qui da noi	Settimane
Quantità di neve sulle piste da sci	Mesi
La temperatura qui da noi	Anni
Quantità di funghi nel bosco	Stagioni
La diffusione del coronavirus	
La presenza del vento	
La quantità di turisti	

Tab. 3 - Temi extra-scolastici e cornici temporali nel Grafico del Comportamento nel Tempo.

Di seguito si riportano due esempi di GCT selezionati tra i 28 raccolti. In Fig. 1 il gruppo ha rappresentato la quantità di turisti. Gli studenti hanno scelto un titolo adatto 'La quantità di turisti' ed etichettato l'asse y con 'turisti' e l'asse x con 'i 12 mesi'. Il gruppo ha suddiviso l'anno solare in mesi e ha riconosciuto una stagionalità del flusso di turisti.

Gli studenti hanno osservato un decremento nel solo mese di ottobre. Osservando attentamente si nota che non è chiara graficamente la ciclicità annuale: si osserva, infatti, un alto flusso di turisti nel mese di dicembre che diventa improvvisamente basso nel mese di gennaio, evidenziando un "salto" tra i mesi di dicembre e gennaio.

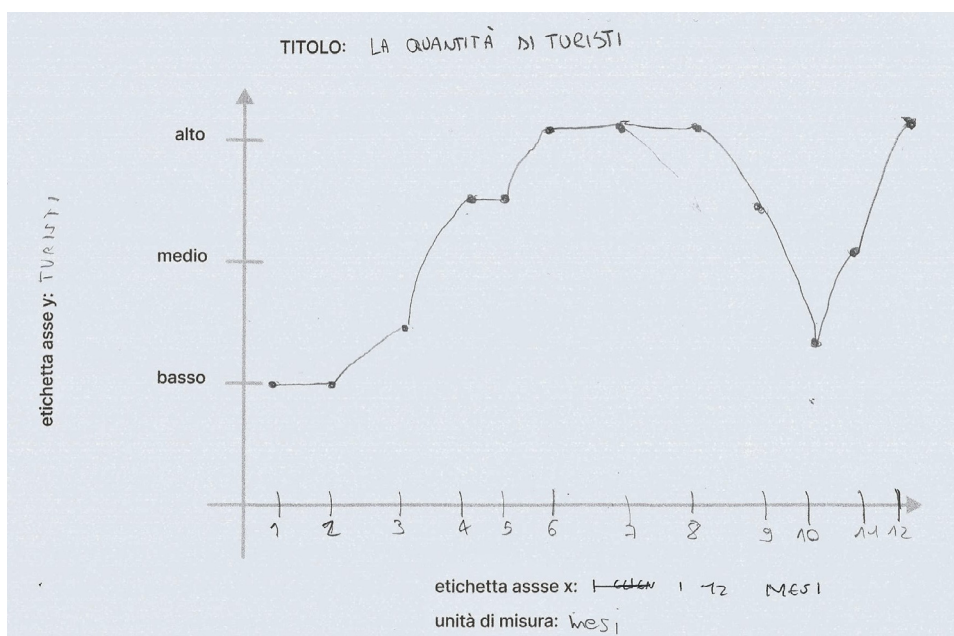


Fig. 1 - Grafico del Comportamento nel Tempo: 'La quantità di turisti'.

Qui la domanda di spiegare il calo “visto” nel solo ottobre, cercando evidenze, osservazioni o ricordi, o di rivedere l'andamento della variabile esemplifica la potenzialità dello strumento come catalizzatore di riflessioni e apprendimenti. La sua potenzialità sta nell'aiutare ad affinare i propri modelli mentali in un processo iterativo e continuo, dove l'apprendimento emerge proprio nel ridisegnare il proprio grafico dopo riflessioni personali o collettive e nel porsi nuove domande.

La Fig. 2 riguarda il riscaldamento (da termosifoni) in classe. Gli studenti hanno suddiviso l'intervallo in mesi, considerando l'intero anno da settembre ad agosto. L'etichetta assegnata all'asse y è ‘temperatura’. La prima osservazione che si può fare su questo grafico è l'errore logico: la ‘curva’ torna indietro nel tempo, segno che il concetto di evoluzione rispetto al tempo non è chiaro nella sua traduzione grafica.

Nel titolo sembra esserci un'ambiguità o un miscuglio di idee tra la variabile locale

(temperatura effettiva dell'ambiente classe) e il tema del “riscaldamento globale”. Anche qui, a grafico fatto, le domande, ad esempio, su cosa intende lo studente per “globale” rispetto alla classe, su come una variabile possa essere contemporaneamente bassa e media e alta (ad esempio a novembre o in agosto), sono gli spunti per rivedere e far riflettere sulla traduzione grafica di una propria interpretazione o comprensione del cambiamento nel tempo. Associando precisione grafica e precisione di linguaggio si affina il proprio pensiero riguardo ai cambiamenti nel tempo.

Nella scelta delle cornici e dei temi, è emerso che gli studenti in questa fascia d'età hanno scelto maggiormente cornici dell'ordine delle settimane per quanto riguarda i temi personali e scolastici, e cornici dell'ordine dei mesi e delle stagioni per esperienze e fenomeni extra-scolastici. Per quanto riguarda la cornice spaziale, tendono a trattare ciò che meglio conoscono, ovvero la loro dimensione locale, scegliendo temi legati al loro territorio e alla loro città.

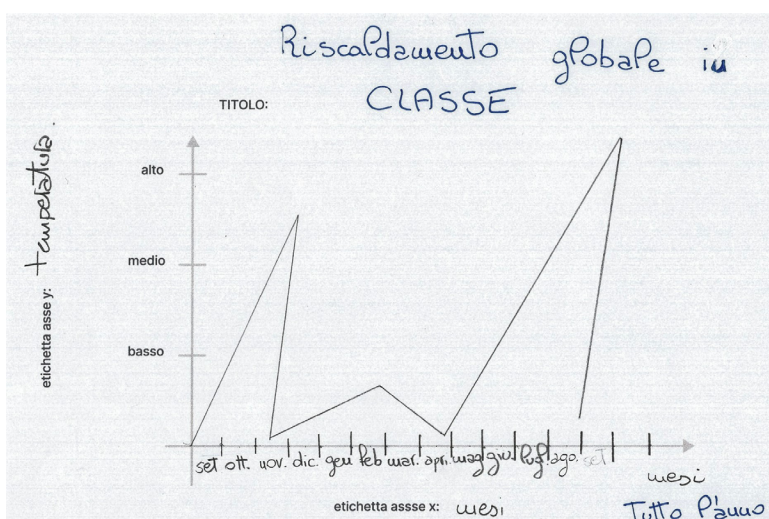


Fig. 2 - Grafico del Comportamento nel Tempo: ‘Riscaldamento globale in classe’.

4.2. Cerchio delle Connessioni (CC)

La classe ha visto il video ‘Come i lupi cambiano i fiumi’ (da YouTube, link riportato nei riferimenti), che illustra il concetto di catena trofica e degli effetti non lineari della re-introduzione del lupo nel Parco di Yellowstone dopo settant’anni di assenza. Dopo la visione, gli studenti sono stati invitati e guidati a fare una sintesi della narrazione attraverso un Cerchio delle Connessioni (Quaden *et. al.*, 2004), esplicitando le variabili e le interazioni multiple tra loro.

I gruppi hanno identificato gli elementi caratterizzanti la situazione narrata. Ogni elemento nel Cerchio delle Connessioni ha delle caratteristiche precise: è un nome o verbo sostantivato, varia nel tempo ed è parte del problema. In seguito, è stato richiesto ai gruppi di identificare le connessioni tra gli elementi, ovvero tracciare delle frecce unidirezionali per rappresentare l’influenza di un elemento sulla variazione di un secondo elemento. È stato, infine, richiesto di definire la polarità di ciascuna relazione causale; questa distingue una relazione causale “positiva” (o direttamente proporzionale) tra due elementi che cambiano nella stessa direzione (da cui il simbolo “s”), da

una relazione causale “negativa” (inversamente proporzionale) dove gli elementi cambiano in direzione opposta (simbolo “o”). Di seguito si riportano due esempi di Cerchio delle Connessioni (CC) selezionati tra i 9 raccolti.

La Fig. 3 mostra un CC composto dagli elementi, come definiti dalla consegna (nome, parte del problema, variazione nel tempo). Le interazioni tra gli elementi sono rappresentate da relazioni causali (frecce unidirezionali), a ognuna delle quali è attribuita una polarità. In questo CC si osserva che la quantità di lupi è in relazione con la quantità di cervi con polarità negativa. Questa scrittura equivale a dire “l’aumento di lupi comporta una diminuzione di cervi” e, in modo analogo, “la diminuzione dei lupi comporta un aumento dei cervi”. Poi, si osserva un’interazione causale negativa tra cervi e alberi che equivale ad affermare: “un aumento dei cervi porta ad una diminuzione degli alberi” e, in modo analogo, “una diminuzione dei cervi porta ad un aumento degli alberi”. Un’interazione positiva è descritta, invece, tra castori e pesci/rettili/anfibi. Infatti, i castori costruiscono dighe che creano habitat adatti a questi altri animali.

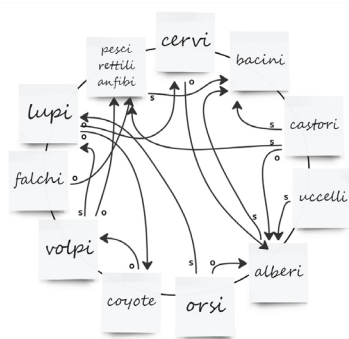


Fig. 3 - Cerchio delle Connessioni 1:
Come i lupi cambiano i fiumi.

Nella Fig. 4 si nota che gli studenti non sempre hanno identificato in modo preciso delle cose che variano nel tempo (variabili) e che concorrono alla dinamica (variabili rilevanti). I termini “Yellowstone” e “U.S.A.” possono essere elementi variabili ma non cambiano all’interno delle cornici del processo raccontato (dal 1995 ad oggi). La freccia con il simbolo “s” che le connette equivale a dire che l’aumentare della variabile “Yellowstone” causa un aumento nella

variabile “U.S.A.”, un chiaro errore di traduzione grafica di un pensiero (nessuno studente lo pensa).

Anche in questo caso è lo sviluppo iterativo del grafico che è strumento e processo di apprendimento, attraverso cui affinare i propri modelli mentali. Le domande sul perché di ciascuna freccia o relazione causale o in quali casi possano essere “vere” aiutano a rivedere autonomamente il proprio grafico.

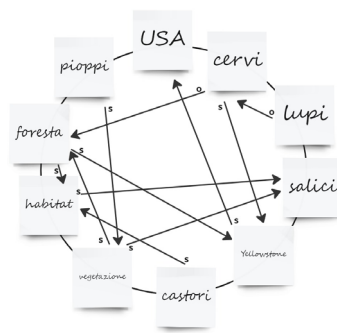


Fig. 4 - Cerchio delle Connessioni 2:
Come i lupi cambiano i fiumi.

4.3. Diagramma Livelli e flussi (DLF)

Gli studenti sono stati introdotti all’uso pratico dei diagrammi livello-flussi, distinguendo le variabili “livello” (anche detto accumulo o magazzino, oltre a stock), le variabili “flussi” (in entrata, in-flow, o in uscita, out-flow). Agli studenti è stato chiesto di costruire, a piccoli gruppi, un proprio DLF riguardante un elemento o un sistema di loro interesse che sta cambiando nel tempo. I possibili argomenti sono stati selezionati da un confronto con gli studenti su alcune grandezze che potevano

essere descritte in termini di qualcosa che si accumula nel tempo, in un certo contesto:

- Numero di caprioli
- Quantità di piante
- Quantità di neve
- Morti per Covid
- Cibo nel corpo
- Quantità di canestri
- Quantità di soldi
- Livello di felicità

Di seguito si riportano due esempi di DLF selezionati tra i 10 raccolti. La Fig. 5 descrive l’accumulo di neve. Gli studenti hanno identificato la ‘temperatura bassa’ come un flus-

so in entrata e la ‘temperatura alta’ come un flusso in uscita. La temperatura è una delle possibili variabili che influiscono sulla quantità di neve al suolo, una più precisa definizione delle variabili flusso potrebbe essere “tasso di accumulo nevoso” o “precipitazioni nevose” (espressa in cm/giorno o settimana o mese, a seconda della cornice temporale) e “tasso di scioglimento” (con la stessa unità di misura). Definite così, è probabilmente più semplice riconoscere che la temperatura influisce diret-

tamente e principalmente sul flusso di uscita (scioglimento della neve, in questo caso), mentre di per sé non basta una “temperatura fredda” per aumentare lo spessore del manto nevoso, servono delle precipitazioni nevose (influenzate dalla temperatura). I DLF richiedono una certa precisione di pensiero e di rappresentazione del pensiero, che, come per gli altri strumenti presentati sopra, si raggiunge per approssimazioni successive.

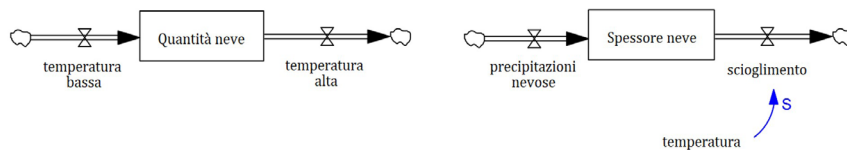


Fig. 5 - Diagramma livelli e flussi per “quantità di neve”:
a sinistra la prima versione degli studenti in classe, a destra la versione migliorata.

La Fig. 6 mostra i ‘morti per covid’. Si nota che il diagramma a una prima versione risulta illogico, oltre che ambiguo in modo simile all’esempio precedente. Nel flusso in uscita, questo DLS afferma che i vaccini e le distanze sociali fanno diminuire i “morti per covid”, ovvero i morti che ci sono già stati. Ovviamente si tratta di un errore di traduzione grafica, nessuno studente pensa che qualche variabile faccia resuscitare persone decedute per covid. L’errore può essere corretto cambiando la variabile “morti per covid”

in “mortalità” (es. numero decessi per giorno, settimana o mese); ma “mortalità” è una tipica variabile flusso (in genere tutte definite come quantità che variano nel tempo, quantità/unità di tempo). Ciò che gli studenti hanno identificato come fattore influenzante il flusso in uscita influenza in realtà il flusso in entrata: i vaccini e le distanze sociali diminuiscono il numero di morti per covid nell’unità di tempo considerata, che si vanno comunque ad aggiungere a quelli che ci sono già stati.

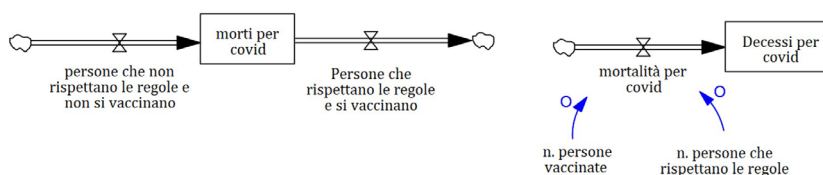


Fig. 6 - Diagramma Livelli e flussi per “morti per covid”:
a sinistra la prima versione degli studenti in classe, a destra la versione migliorata.

5. Riflessioni sui risultati

Gli strumenti sperimentati, pur molto brevemente (solo 2 momenti orari per ciascuno), si sono dimostrati comprensibili dagli studenti e utili per comprendere meglio la realtà che li circonda. Ciascuno strumento aiuta a tradurre visivamente il proprio pensiero e invita ad essere precisi in questo, in un processo iterativo di apprendimento che procede per approssimazioni successive. Associando precisione grafica e precisione di linguaggio, gli studenti hanno effettivamente affinato il proprio pensiero riguardo ai cambiamenti nel tempo e spesso migliorato anche la loro esposizione.

Riguardo i grafici del comportamento nel tempo (GCT), si osserva che gli studenti riescono a svolgere il compito di graficare un cambiamento nel tempo, tuttavia è necessario dedicare attenzione allo sviluppo della precisione e dare spazio, attraverso domande, alla revisione delle informazioni pensate ed esplicitate nei grafici. Alle volte titolo, asse x, asse y, cornice temporale e spaziale sono percepite in modo coerente ma non tradotte in modo conseguente nei grafici (errore di traduzione grafica o di rappresentazione esterna), alle volte è la percezione del cambiamento ad essere superficiale o non consistente e ambigua (errore di percezione o di rappresentazione interna).

Il GCT usato in modo iterativo, diventa uno strumento per esprimere la propria percezione o visione dei fenomeni e allo stesso tempo per riflettere sulle proprie idee. Il GCT è, inoltre, uno strumento di confronto dato che persone diverse possono percepire e graficare gli stessi cambiamenti in modalità diverse, diventa

quindi uno strumento dialogico o transazionale, o addirittura un “boundary object” (Black, 2013), uno strumento di conoscenza condivisa accessibile e modificabile collettivamente.

Nell'applicazione del Cerchio delle Connessioni, la selezione degli elementi significativi e il disegno delle interazioni come sintesi di una storia complessa è risultato un esercizio accessibile e stimolante per gli studenti. Il CC inoltre ha aiutato la percezione o il riconoscimento delle interazioni molteplici (uno-a-molti) e circolari (feedback loop), superando la diffusa semplificazione in relazioni lineari (uno-a-uno). Lo strumento visuale ha mostrato notevole funzionalità nell'aiutare gli studenti a comprendere un contesto complesso e a fare sintesi senza semplificare, lo stesso strumento è stato riconosciuto essere anche un supporto all'esposizione delle complessità in forma narrativa.

L'uso dei Diagrammi Livelli e Flussi ha evidenziato una maggiore difficoltà e ambiguità nelle rappresentazioni. Effettivamente tale strumento richiede una maggiore precisione nel pensare e distinguere elementi, cambiamenti e tassi di cambiamento, una competenza definita anche come “pensiero dinamico” (Richardson, 2011) che richiede un vero e proprio allenamento nel corso anche di diversi anni. Gli stessi concetti di base sono meno intuitivi di quelli associati agli strumenti precedenti. Però, gli studenti sembrano comprendere più facilmente il concetto di magazzino (accumulo) se invitati a pensare utilizzando espressioni come ‘quantità di...’, ‘livello di...’, ‘numero di...’. Gli stessi sembrano apprendere velocemente anche il concetto di flusso in entrata associato al ‘rubinetto’

della vasca da bagno (Tab. 1). Si osserva però, sia tra gli studenti che tra gli adulti, che è molto più facile comprendere un flusso in entrata rispetto a un flusso in uscita e non è scontato saperli distinguere.

Questo lavoro ha mostrato che gli studenti sono in grado di mettersi in gioco ponendosi domande sulla propria comprensione o sulla “logica” delle proprie affermazioni o percezioni. È essenziale che l'applicazione proceda per approssimazioni successive, per revisioni dei propri grafici in base a riflessioni individuali o di gruppo, o stimoli del docente attraverso domande di specificazione o chiarimento. Gli studenti sono stati in grado di riflettere su problemi sistemici, ponendosi domande riguardanti le proprie cornici temporali e spaziali, le variabili selezionate e le relazioni causali individuate; domande nuove, difficilmente pensabili senza un supporto visivo.

Nell'insieme, gli strumenti proposti hanno permesso agli studenti di avvicinarsi alla complessità dei fenomeni di loro interesse e starci dentro, anziché semplificarla o ignorarla. Si sono resi conto che dinamiche dell'ambiente scolastico e della realtà extrascolastica possono essere descritte come cambiamenti nel tempo e spiegate come emergenti dall'interazione di elementi. Gli stessi hanno visto e sperimentato come uno stesso problema può essere visto da prospettive diverse: due persone o gruppi possono disegnare un GCT completamente diverso rispetto allo stesso problema, partendo, ad esempio, da cornici diverse. Il riferimento alle cornici e alla possibilità di cambiarle o concordarle darà a lungo termine l'opportunità di un migliore confronto civico, cercando o definendo cornici comuni,

provando la cornice dell'altro, migliorando insieme i modelli mentali, anziché cascare nel conflitto tra conclusioni di modelli mentali diversi ma taciti, impliciti o nascosti.

6. Suggerimenti per docenti e conclusioni

Gli strumenti presentati sono potenzialmente applicabili a tutto ciò che cambia nel tempo (risorse naturali, elementi fisici, emozioni) e sono facilmente adattabili a differenti livelli di precisione o complessità, bastano una matita e un foglio o un gesso e una lavagna. L'educazione alla sostenibilità e alla cittadinanza sono gli ambiti di applicazione di elezione del Pensiero Sistemico (vedasi il citato quadro europeo GreenComp), ma in pratica ogni materia potrebbe beneficiarne.

Questi strumenti però non prevedono una soluzione definitiva, da giudicare come giusta o sbagliata, sono da intendersi come strumenti visuali dialogici ed esplorativi: la loro utilità emerge in una progressione di domande e ipotesi rappresentate visivamente, affinate (ridisegnate) per approssimazioni successive. La premessa comune a tutti questi strumenti è l'attenzione al processo più che ai risultati: è attraverso domande, riflessioni e correzioni, che spesso generano ulteriori domande di ricerca, che questi strumenti promuovono lo sviluppo di un pensiero critico e di capacità metacognitive (pensare a come pensiamo).

Di fronte ai sistemi e alla loro complessità, il fatto di non arrivare mai a spiegazioni completamente esaustive o assolute e conclusive da una parte può porre il docente (o il decisore) in difficoltà, è più rassicurante avere la

risposta giusta da verificare, d'altra parte ciò aiuta un atteggiamento di umiltà conoscitiva (basata su ipotesi consapevolmente sempre parziali) utile di fronte alla complessità non scomponibile dei sistemi. Si possono descrivere i sistemi e la loro complessità in termini di modelli più o meno utili alla loro comprensione, ma questi modelli rimarranno sempre una semplificazione della realtà.

A riguardo, avvisiamo che c'è il rischio, iniziale, di un senso di frustrazione: dove tutto è connesso a tutto, non si finisce mai di connettere gli elementi o di trovarne nuovi. Per gestire questa frustrazione momentanea consigliamo di soffermarsi a definire, insieme ai colleghi o agli studenti, con la precisione possibile, le cornici più utili alla comprensione del fenomeno o del problema selezionato e lo scopo della modellazione (o mappatura del sistema di interesse). Ad esempio, in

un'altra sperimentazione (Tamanini & Scolozzi, 2024a, 2024b), alcune classi di istituti superiori hanno discusso di sostenibilità a partire da variabili "locali" e potenzialmente influenzabili da loro stessi o da loro concittadini, così per la mobilità sostenibile (o meno) avevano scelto il numero di minuti giornalieri spesi nel traffico urbano della propria area urbana. In questo caso, i cambiamenti climatici, la geopolitica delle materie prime, le oscillazioni nel prezzo del petrolio sono sicuramente connessi all'uso dell'auto privata, ma poco funzionali a capire gli ingorghi settimanali o stagionali del traffico locale.

Gli strumenti proposti in questa sperimentazione si sono mostrati adatti alla fascia d'età degli studenti coinvolti. Sulla base dell'esperienza, nella Tab. 4 riportiamo alcuni specifici suggerimenti per l'applicazione da parte di docenti della Scuola Secondaria di Primo Grado.

Strumento	Suggerimenti	Esempio
Grafici del Comportamento nel Tempo	Simile ai grafici temporali delle tendenze o trend, ma nei GCT l'attenzione è sulle modalità del cambiamento nel tempo non sui valori puntuali, utile per mappare variabili qualitative anche solo percepite (oltre che quantità variabili). Attenzione a permettere una varietà di interpretazioni, farne base di confronto (es. sulle cornici usate), piuttosto che puntare subito ad un andamento "giusto".	– Livello di collaborazione tra compagni in classe nel quadri-mestre – Inquinamento in una zona – Produzione di rifiuti nella scuola (nell'anno, o nei 10 anni)
Cerchio delle Connessioni	Simile alle mappe mentali, ma nel CC le frecce (sempre unidirezionali) sono relazioni causali (con polarità) tra variabili (cose che cambiano nel tempo) non semplici associazioni di idee. Utile come strumento di sintesi grafica per rappresentare una trama (di un romanzo) o una situazione complessa (storia di un ecosistema) in termini di relazioni tra elementi chiave. Utile come strumento per la narrazione o l'esposizione di fenomeni complessi (es. con cause circolari). In entrambi i casi è essenziale far lavorare sulle revisioni della propria versione iniziale.	– Romeo e Giulietta – L'uso e la diffusione del DDT – L'eutrofizzazione dell'Adriatico
Diagrammi Livelli e Flussi	La metafora della vasca da bagno (i DLF sono definiti anche modelli "bathtub model") è utile per presentare e distinguere i diversi tipi di variabile (livello di acqua come stock, rubinetto come flusso in entrata, larghezza tappo come flusso di uscita). Implica immaginare cambiamenti nel tempo, quindi è utile introdurre prima i GCT. Come sopra è importante procedere per approssimazioni, elementi incoerenti, errori logici e le loro revisioni sono parte dell'applicazione. Importante è esplicitare ove possibile le unità di misura, variabili stock e flussi devono essere coerenti (stesse quantità), i flussi hanno in più un riferimento all'unità di tempo del cambiamento (es. litri, litri in entrata o uscita al minuto; euro, euro spesi o guadagnati al mese; chili, chili presi o persi alla settimana).	– Conto in banca – Popolazione di orsi – Livello di acqua nel proprio bacino idrico

Tab. 4 - *Suggerimenti per l'applicazione degli strumenti di pensiero sistemico da parte dei docenti.*

In questa sperimentazione abbiamo coinvolto docenti e studenti della secondaria di primo grado, ma gli strumenti di Pensiero Sistemico sono adatti e utili in qualsiasi livello scolastico; con gli opportuni adattamenti gli stessi strumenti possono essere applicati nella Scuola Primaria come negli Istituti Superiori (Tamanini & Scolozzi 2024a, 2024b) e negli studi universitari (Armenia *et al.*, 2024).

Una buona conoscenza e una pratica continua di questi strumenti permettono di utilizzarli all'interno dei vari percorsi curricolari. Il Diagramma Livelli e flussi, per esempio, rende "visibili" concetti come quello dei vasi comunicanti, dell'accumulo di elementi (CO₂ in atmosfera, contaminanti nei suoli, plastica nei mari), potrebbe anche rendere più semplice allo studente la comprensione della corrente elettrica. I concetti di feedback nei CC o DLF sono facilmente associabili alla loro descrizione matematica in termini di equazioni esponenziali e rappresentabili in DCT.

Dall'indagine emerge anche che l'utilizzo di questi strumenti potrebbe aiutare a migliorare due problemi diffusi nella scuola italiana d'oggi. Il primo riguarda la difficoltà degli studenti di leggere, comprendere e fare sintesi di un testo articolato. In particolare modo il Cerchio delle Connessioni può essere un approccio creativo e visivo per aiutare gli studenti a concentrarsi per un periodo prolungato di tempo, dato che la sua costruzione implica una riflessione collettiva

e una sintesi "disegnata". Il secondo riguarda la difficoltà di un insegnamento e apprendimento interdisciplinare, che costruisca ponti di significato tra le varie discipline o materie (questione rilevante per l'intero sistema di conoscenze moderno). Questi strumenti fanno naturalmente uso di informazioni che provengono da differenti ambiti di conoscenza, favorendo una maggiore consapevolezza delle complessità delle realtà.

Gli strumenti di Pensiero Sistemico per la loro natura transdisciplinare possono facilmente essere integrati in altri approcci didattici, rafforzandoli, come l'apprendimento cooperativo e l'apprendimento basato su domande di ricerca (*inquiry based learning*). Quest'ultimo è promosso dalla Commissione Europea (Rocard *et al.*, 2007; Dorier *et al.*, 2013; van Uum *et al.*, 2016) e stimola la formulazione di domande e azioni originali per risolvere problemi e capire fenomeni.

In conclusione, invitiamo i docenti interessanti a sperimentare questi strumenti a esplorare i due portali web citati: Thinking Tools Studio e Creative Learning Exchange. Troveranno una notevole quantità di manuali, guide ed esperienze documentate in quasi tutte le discipline, incluse le scienze sociali e la letteratura, oltre a una varietà di strumenti digitali per mappare sistemi, sviluppati e condivisi da una comunità internazionale di educatori e docenti.

Bibliografia

- Armenia, S., Barnabè, F., Pompei, A., & Scolozzi, R.** (2024). 'Facilitating Learning at Multiple Levels with Systems Thinking-assisted Serious Games: Insights from the SUSTAIN Project'. *Systems Research and Behavioral Science* 1-20. [doi: 10.1002/sres.3013](https://doi.org/10.1002/sres.3013).
- Arnaldi, S., & Poli, R.** (2012). *La previsione sociale. Introduzione allo studio dei futuri* (pp. 1-236). Carocci Editore.
- Bianchi, G., Pisiotis, U., & Cabrera Giraldez, M.** (2022). *GreenComp - Il Quadro Europeo Delle Competenze in Materia Di Sostenibilità*. edited by M. Bacigalupo and Y. Punie. Lussemburgo: Ufficio delle pubblicazioni dell'Unione Europea.
- Black, L.J.** (2013). 'When Visuals Are Boundary Objects in System Dynamics Work'. *System Dynamics Review* 29(2):70-86. [doi: 10.1002/sdr.1496](https://doi.org/10.1002/sdr.1496).
- Bonesini, A., Brunori, F., Cristoforetti, L., & Scolozzi, R.** (2017). *Made in future: Connessioni, paesaggi, responsabilità - Progetto sperimentale di didattica orientata al futuro e al pensiero sistemico*. Reverdito Editore.
- Dorier, J.-L., & García, F.J.** (2013). 'Challenges and Opportunities for the Implementation of Inquiry-Based Learning in Day-to-Day Teaching'. *ZDM* 45(6):837-49. [doi: 10.1007/s11858-013-0512-8](https://doi.org/10.1007/s11858-013-0512-8).
- Fisher, D.M.** (2011). "Everybody Thinking Differently": K-12 Is a Leverage Point'. *System Dynamics Review* 27(4): 394-411. [doi: 10.1002/sdr.473](https://doi.org/10.1002/sdr.473).
- Forrester, J.W.** (1994). 'Learning through System Dynamics as Preparation for the 21st Century'. In atti conferenza "Systems Thinking and Dynamic Modeling Conference for K-12 Education". Concord, MA, USA, <http://web.mit.edu/sysdyn/sd-intro/D-4434-1.pdf>.
- Meadows, D.H.** (2019). *Pensare per Sistemi. Interpretare Il Presente, Orientare Il Futuro Verso Uno Sviluppo Sostenibile*. Milano: Guerini Next.
- Merlini, F.** (2019). *L'estetica triste*. Torino: Bollati Boringhieri.
- Olsen, S.O., & Tuu H.H.** (2021). The relationships between core values, food-specific future time perspective and sustainable food consumption, *Sustainable Production and Consumption*, vol. 26.
- Quaden, R., Ticotsky, A., & Lyneis D.** (2004). *The Shape of Change*. Acton, Massachusetts, US.
- Richardson, G.P.** (2011). 'Reflections on the Foundations of System Dynamics'. *System Dynamics Review* 27(3):219-43. [doi: 10.1002/sdr.462](https://doi.org/10.1002/sdr.462).
- Roberts, N.H.** (1975). A Dynamic Feedback Approach to Elementary Social Studies: A Prototype Gaming Unit. Ph.D. thesis, available from University Microfilms, Ann Arbor, Michigan: Boston University.
- Roberts, N.H.** (1978). Teaching Dynamic Feedback Systems Thinking: an Elementary View. *Management Science*, Vol. 24, No. 8, pp. 836-43.
- Rocard, M., Csermely, P., Jorde, D., Lenzen, D., Walberg-Henriksson, H., & Hemmo, V.** (2007). *Science education now: A renewed pedagogy for the future of Europe*. Brussels: European Commission.
- Scolozzi, R., Emanuelli, C., Meazzi, M., & Morizzo, P.** (2018). *I Miei Futuri in Valle 2035 - "in Carriera e Soddisfatti" - Un Progetto Educativo Sperimentale per l'orientamento Attraverso Competenze Di Pensiero Sistemico e Di Futuro*. Trento: Reverdito Editore.
- Senge, P.M.** (2019). *La Quinta Disciplina. L'arte e la pratica dell'apprendimento organizzativo*. edited by L. M. Sicca. Editoriale Scientifica.

- Sterman, J.D.** (1994). Learning in and about complex systems. *System Dynamics Review*, 10(2-3), 291-330. <https://doi.org/10.1002/sdr.4260100214>.
- Tamanini, M., & Scolozzi, R.** (2024a). 'Il Pensiero Sistemico Messo in Pratica'. *..ECO L'educazione Sostenibile* 2(259): 28-33.
- Tamanini, M., & Scolozzi, R.** (2024b). 'Le Sfide Globali Sono Sfide Sistemiche'. *..ECO L'educazione Sostenibile* 2(259): 23-27.
- van Uum, Martina S.J., Roald P. Verhoeff, and Marieke Peeters.** (2016). 'Inquiry-Based Science Education: Towards a Pedagogical Framework for Primary School Teachers'. *International Journal of Science Education* 38(3):450-69. [doi: 10.1080/09500693.2016.1147660](https://doi.org/10.1080/09500693.2016.1147660).
- van der Wal, A.J., van Horen, F., & Grinstein, A.** (2018). Temporal myopia in sustainable behavior under uncertainty. *International Journal of Research in Marketing*. vol. 35, n. 3.
- Zanella, S.** (2022). System thinking skills: a questionnaire to investigate them. *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 2297, No. 1, p. 012023). IOP Publishing.

Link – siti web

Video "Come i lupi cambiano i fiumi" (youtube) <https://youtu.be/bnN8f3Hcp9k?si=nA-Jox25KHx0-BZe>.

Waters Center for Systems Thinking: www.waterscenterst.org.

Thinking Tools Studio: <https://thinkingtoolsstudio.waterscenterst.org>.

Creative Learning Exchange: www.clexchange.org.