

ALMA MATER STUDIORUM - UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Scuola di Scienze – CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN FISICA

**CONOSCENZE SCIENTIFICHE E COMPETENZE DI
CITTADINANZA. SPERIMENTAZIONE CON CITTADINI
ADULTI SUI TEMI DELLA COMPLESSITA' E DEL FUTURO**

Tesi di Laurea di:
Luca Albertazzi

Relatore:
Professoressa **Olivia Levrini**

Correlatrici:
Dottoressa **Giulia Tasquier**
Dottoressa **Laura Branchetti**

Anno Accademico: 2015/2016

Sessione III

SOMMARIO

INTRODUZIONE	6
CAPITOLO 1	9
1.1 Ambito e contesto di ricerca: Introduzione.....	10
1.2 Il tema della cittadinanza scientifica.....	14
1.3 Il tema del futuro.....	18
1.4 La scienza della complessità come patrimonio per la cittadinanza scientifica	25
CAPITOLO 2	38
2.1 Il contesto della sperimentazione.....	39
2.2 Attività svolte.....	42
2.2.1 Lettura ed analisi del testo “Scrivere il futuro” di Zygmunt Bauman:.....	44
2.2.2 Attività individuali sui concetti scientifici	46
2.3 Attività di gruppo.....	50
CAPITOLO 3	54
3.1 Raccolta dati e domande di ricerca	55
3.2 Valutazione generale dell’esperienza da parte dei cittadini.....	56
3.2 Prima fase di analisi: lo stato iniziale delle conoscenze.....	63
3.2.1 La lettura del testo di Bauman da parte di esperti.....	63
3.2.2 La lettura del testo di Bauman da parte dei cittadini.....	73
3.3 Seconda fase di analisi: le competenze scientifiche sviluppate durante le attività	77
3.4 Terza fase di analisi: competenze scientifiche come competenze di cittadinanza	82
3.5 Considerazioni sulla dimensione politica della cittadinanza scientifica	88
CONCLUSIONI	92
BIBLIOGRAFIA	95
ALLEGATI	99
Allegato 1 – “Attività numero 1 – Questionario iniziale”.....	99
Allegato 2 – “Questionario dedicato agli esperti”.....	103
Allegato 3 – “Seconda attività somministrata ai cittadini che hanno partecipato all’incontro in presenza”.....	106
Allegato 4 – “Seconda attività somministrata ai cittadini che non hanno partecipato all’incontro in presenza”.....	111
Allegato 5 – “The Fishback Game”	121
Allegato 6 – “The Fishback Game – regole del gioco”	122
Allegato 7 – “Scheda esplicativa dei feedback nel Fishback Game”.....	124

Allegato 8 – “Futuri immediati, possibili e desiderati per la città di Irene” – scheda utilizzata durante l’incontro in presenza.....	125
Allegato 9 – “Questionario di gradimento complessivo”	131
RINGRAZIAMENTI	135

INTRODUZIONE

La diffusione delle conoscenze e l’appropriazione del linguaggio, degli strumenti e dei metodi della scienza da parte del grande pubblico sono obiettivi fondamentali per la società. Non si tratta “solo” di formare le nuove generazioni affinché esse possano garantire, in futuro, un adeguato progresso tecnico e scientifico, ma piuttosto di porsi il problema dell’integrazione delle persone, giovani ed adulte, nella società cosiddetta della “conoscenza”. Quest’ultima è oggi permeata di scienza e tecnologia, di conseguenza le competenze scientifiche sono fondamentali per partecipare attivamente alle decisioni politiche o per valutarle con consapevolezza.

Il gruppo di ricerca in Didattica della Fisica dell’Università di Bologna ha raccolto la sfida definendo una specifica linea di ricerca nella quale il presente lavoro si colloca. Essa trova origine in una sperimentazione sul tema dei cambiamenti climatici, risalente al 2015, sviluppato presso il Liceo Scientifico “A. Einstein” di Rimini. La sperimentazione è stata analizzata nella tesi di Ilaria Venturelli e i risultati hanno mostrato quanto le attività progettate siano state efficaci per arricchire e problematizzare il tema dei cambiamenti climatici e fornire agli studenti strumenti per immaginare possibili azioni di mitigazione o adattamento.

I risultati confortanti di questa prima esperienza hanno indotto il gruppo di Bologna a progettare nuove attività ed esperienze didattiche, finalizzate a trasformare le competenze scientifiche in competenze di cittadinanza attiva. Particolarmente rilevante, sotto questo aspetto, è il progetto europeo Erasmus Plus “*I SEE – Inclusive STEM education to enhance the capacity to aspire and to imagine future careers*”, attivo dal settembre 2016 e coordinato dal gruppo di Bologna.

La mia esperienza di Sindaco del Comune di Dozza (BO) mi ha portato a sperimentare in prima persona quanto sia necessario agire concretamente per favorire la diffusione di competenze di cittadinanza. Questa esigenza ha trovato sede naturale negli studi condotti dal gruppo di ricerca di Bologna, dando vita al progetto descritto nel presente elaborato. A differenza della tesi precedentemente citata, questa descrive una sperimentazione attuata in un contesto civico, con cittadini adulti. Inoltre, il tema scientifico su cui l’intero lavoro si poggia non è quello dei cambiamenti climatici ma fa riferimento ai concetti di base della scienza della complessità. La nostra ipotesi è che essi debbano uscire dall’ambito accademico

per farsi portatori di nuove competenze di cittadinanza e di futuro. A questo scopo abbiamo messo a punto il progetto pilota che verrà descritto nel presente elaborato e che costituisce uno studio di frontiera dato che, a proposito dei temi trattati, esistono molte raccomandazioni generali ma pochi esempi concreti. La tesi è costituita da tre capitoli:

- Il capitolo 1 definisce il contesto della ricerca illustrando gli studi che il gruppo di Bologna ha svolto e sta svolgendo sul tema della cittadinanza scientifica e descrivendo come la cittadinanza scientifica è declinata nei principali report europei e nelle ricerche condotte da altri enti ed istituzioni. Il capitolo continua con l'introduzione dei due temi scientifici sui quali si articola la sperimentazione: quello del futuro, con una panoramica sui *future studies*, e quello della scienza dalla complessità che viene trattato facendo particolare riferimento ai concetti che ci sono apparsi particolarmente funzionali allo sviluppo di *competenze di cittadinanza*;
- Il capitolo 2 introduce al contesto della sperimentazione, ai materiali e alle attività progettate. Viene descritto il campione di cittadini adulti che ha preso parte al progetto e, in seguito, viene illustrato il piano delle attività ad essi somministrate. Per ciascuna attività sono spiegate le motivazioni che hanno condotto alla formulazione delle stesse nella forma definitiva, riportata negli allegati. Il progetto è costituito da diverse fasi eseguite da remoto e da un incontro in presenza, al quale hanno partecipato 20 dei 34 volontari complessivamente coinvolti;
- Il terzo ed ultimo capitolo si concentra sull'analisi dei dati raccolti: attraverso le risposte fornite a domande poste su un testo di Zygmunt Bauman, è stato costruito un quadro di partenza relativo alle competenze scientifiche possedute dal gruppo di persone che hanno preso parte alle attività; riflessioni stimulate dall'esecuzione di simulazioni su sistemi complessi svolte da remoto e registrazioni audio effettuate durante l'attività in presenza hanno permesso di trarre conclusioni circa l'efficacia delle attività prodotte per passare conoscenze scientifiche di base sulla scienza della complessità; infine, l'analisi di registrazioni e delle risposte fornite per iscritto durante un'attività di pianificazione urbana hanno permesso di capire se e come competenze scientifiche possono trasformarsi in competenze di cittadinanza (competenze utilizzate per analizzare una situazione complessa e prendere una decisione di tipo politico). In quanto studio-pilota, particolare attenzione è stata posta a riconoscere i margini di miglioramento per eventuali riproposizioni delle attività.

Le conclusioni riassumono le principali considerazioni che emergono dall'analisi dell'esperienza.

CAPITOLO 1

Quadro di riferimento e ambito della ricerca

1.1 Ambito e contesto di ricerca: Introduzione

La presente tesi si colloca in una linea di ricerca del gruppo di ricerca in Storia e Didattica della Fisica dell'Università di Bologna, sviluppata a partire da uno studio analizzato e riportato nella tesi di Ilaria Venturelli dal titolo "*Cittadinanza scientifica e educazione al futuro: analisi di una sperimentazione didattica sui cambiamenti climatici in una classe quarta di Liceo Scientifico*" (Venturelli, 2015).

Lo studio ha riguardato una sperimentazione didattica sul tema dei cambiamenti climatici che il gruppo di ricerca in Didattica ha realizzato, in collaborazione con l'Area della Ricerca di UNIBO, in una classe IV del Liceo Scientifico "A. Einstein" di Rimini, nell'anno scolastico 2014-2015.

Le attività realizzate in classe sono state progettate per raggiungere obiettivi su tre piani diversi.

Il primo era quello più facilmente riconoscibile come ambito di azione della didattica della fisica: il piano concettuale ed epistemologico. Le attività realizzate avevano, alla loro base, l'obiettivo di sviluppare i concetti chiave di fisica necessari per comprendere il meccanismo fisico di interazione radiazione-materia che sta alla base del cosiddetto "effetto serra" e di sviluppare competenze di tipo epistemologico per riflettere criticamente sui processi di modellizzazione che caratterizzano la scienza del clima.

Il secondo piano, da cui discende il titolo della tesi, riguardava il tema della cittadinanza scientifica. Si tratta di un tema oggi molto in voga nei report internazionali come ambito al quale l'educazione scientifica deve puntare per fornire ai giovani strumenti di partecipazione attiva ai dibattiti e alle decisioni politiche che riguardano temi scientifici (e non solo). Proprio per questo, le attività realizzate nella sperimentazione analizzata nella tesi di Ilaria Venturelli avevano anche lo scopo di fornire ai ragazzi e alle ragazze strumenti per analizzare il linguaggio e la tipologia dell'argomentazione dei report per decisori politici dell'*Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC).

Il terzo piano era quello più originale e ha caratterizzato fortemente lo studio del gruppo di Bologna: si è trattato di ripensare all'insegnamento/apprendimento della scienza (e non solo) per educare al futuro. A questo fine, nella sperimentazione sono state realizzate attività mirate

a sviluppare competenze di euro-progettazione tipiche del *Project Cycle Management* (PCM) e *Goal Oriented Project Planning* (GOPP). Gli studenti, suddivisi in gruppi di 4, sono stati guidati nell'appropriazione di alcuni strumenti adatti all'analisi di una situazione e alla costruzione di un progetto. La costruzione del progetto si è basata sull'analisi della situazione presente, sull'individuazione di possibili linee di azione per migliorarla, sulla formazione di un team di competenze immaginando anche chi si voleva essere (un imprenditore, il sindaco, un membro di una cooperativa o di una associazione, un educatore...) e sulla costruzione di un piano di strategie operative da realizzare entro 5 anni. In questo senso, le competenze di progettazione potevano essere valorizzate come strumento idoneo a proiettare la propria immaginazione nel futuro.

L'analisi dei dati ha mostrato quanto le attività abbiano permesso agli studenti di ampliare la loro visione sui cambiamenti climatici, acquisire strumenti per rapportarsi con un processo creativo e costruire strumenti per pensare attivamente al proprio futuro. Più nello specifico, la sperimentazione ha mostrato che:

- competenze di progettazione, ritenute tipicamente professionalizzanti, possono diventare strumenti per costruire un'"impalcatura" con cui proiettare l'immaginazione nel futuro (*future-scaffolding professional skills*);
- l'educazione a temi ambientali non può prescindere dalla dimensione emotiva che essi implicano. Coerentemente, l'educazione scientifica deve porsi il problema di come valorizzare le conoscenze disciplinari ed epistemologiche affinché possano svolgere il ruolo di strumenti razionali con cui gestire il mistero, la paura, il fascino e la complessità del mondo, in particolare di fronte alle grandi sfide sociali del nostro secolo, come quella dei cambiamenti climatici (Venturelli, 2015).

I risultati positivi dell'esperienza hanno portato il gruppo a ritenerla un prototipo a partire dal quale sono state progettate e realizzate nuove attività di fisica nel Piano Lauree Scientifiche (<http://www.pls.unibo.it/it/fisica>): un nuovo laboratorio sul Rischio sismico, una revisione del laboratorio sui Cambiamenti climatici e una nuova Scuola estiva in cui replicare l'esperienza (scuola di Euro-progettazione sul tema dei cambiamenti climatici).

A partire dall'esperienza maturata nella scuola di Rimini, è stato inoltre costruito un progetto europeo Erasmus Plus, dal titolo "*I SEE – Inclusive STEM education to enhance the capacity*

to aspire and to imagine future careers”. Si tratta di un progetto operativo dal settembre del 2016 e finalizzato all’incentivazione della cooperazione europea per l’innovazione e la diffusione delle buone pratiche (linea di intervento KA2).

Lo scopo principale del progetto I SEE è la realizzazione di moduli didattici su temi scientifici avanzati (cambiamenti climatici, nanotecnologie, big data, intelligenza artificiale) caratterizzati da approcci, metodi didattici ed strumenti atti a trasformare le competenze STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) in competenze di cittadinanza e di futuro, le “future – scaffolding skills” già menzionate nel lavoro di Ilaria Venturelli. Il progetto è coordinato da Olivia Levrini del Dipartimento di Fisica ed Astronomia dell’Università di Bologna e coinvolge sette partner, provenienti da quattro nazioni europee:

- Alma Mater Studiorum - Università di Bologna - (ITA)
- University of Helsinki & Normal Lyceum, Helsinki - (FIN)
- Icelandic Environment Association (IEA) - (IS)
- Liceo A. Einstein, Rimini – (ITA)
- Hamrahlid College, Reykjavik – (IS)
- Fondazione Golinelli, Bologna – (ITA)
- Association for Science Education (ASE), London – (UK)

E’ una collaborazione che coinvolge tre scuole secondarie, due Università, una organizzazione non governativa, un’associazione di insegnanti ed educatori e una fondazione privata. Ciascun ente prende parte al progetto in virtù delle proprie capacità e finalità: la IEA, ad esempio, vanta un’esperienza importante nel settore della sostenibilità e dell’educazione ambientale, mentre la Fondazione Golinelli è interessata al rapporto tra il mondo della formazione scientifica e quello del lavoro. La sperimentazione realizzata e descritta nella presente tesi si colloca nell’ambito di questa linea di ricerca per l’obiettivo generale che si pone: la progettazione di attività adatte a trasformare le competenze scientifiche in competenze di cittadinanza (e di futuro).

Tuttavia questa sperimentazione ha due differenze fondamentali con la sperimentazione analizzata da Ilaria: è realizzata con cittadini adulti in un contesto extra-lavorativo; il tema

scientifico che sta alla base della sperimentazione non è quello dei cambiamenti climatici ma va individuato nei concetti di base della scienza della complessità.

L'idea di fondo su cui si basa questa tesi è che temi e concetti della scienza della complessità debbano uscire dall'ambito accademico e sfruttare il loro potenziale formativo per potersi trasformare in competenze di cittadinanza e di futuro.

L'idea, come sarà descritto nel capitolo 2, è stata sviluppata progettando attività originali e sperimentandole in un contesto molto particolare, reso possibile dal fatto che, da quasi tre anni, ricopro il ruolo di Sindaco della città di Dozza.

Come diverrà sempre più evidente nella presentazione e discussione dei risultati, si è trattato di uno studio di frontiera e, per certi versi, azzardato. Si è dovuto inventare molto perché, allo stato attuale, esistono molti report e proclami generali che invitano a sviluppare competenze di cittadinanza, ma pochi esempi concreti. Per questo ci siamo posti con non poche difficoltà ad affrontare questioni quali:

- Cosa significa, operativamente, formare alla cittadinanza scientifica?
- Cosa significa trasformare i contenuti scientifici in competenze di cittadinanza?
- Quali attività possono essere realizzate con cittadini adulti in contesti extra-scolastici e sporadici?
- Come si fa a misurare il grado di successo di attività di questo tipo?

Come discuteremo nel capitolo 3, sono stati fatti errori e c'è molto margine di miglioramento ma la sperimentazione ha mostrato che può esistere un ambito di azione preciso su cui l'educazione scientifica può incidere. Attraverso tale ambito è possibile offrire occasioni di innovazione sociale.

Prima di descrivere il contesto della sperimentazione e le attività specifiche (capitolo 2) e i risultati ottenuti (capitolo 3), nelle prossime sezioni di questo capitolo si svilupperanno i tre pilastri dello studio: il tema della cittadinanza scientifica, il tema del futuro e il tema della scienza della complessità.

1.2 Il tema della cittadinanza scientifica

Il tema della cittadinanza scientifica è molto attuale e pone sempre più domande a chi si occupa di educazione scientifica come ricercatore, insegnante, operatore culturale o decisore politico. Da qualche anno, anche sulla scia di Report Europei e bandi del programma “*Science With and For Society*” di Horizon 2020, sta diventando un tema di ricerca affrontato al fine di individuare strumenti, approcci e metodi che consentano di costruire competenze di cittadinanza a partire da conoscenze scientifiche opportunamente individuate.

Il tema della diffusione delle conoscenze e delle competenze presso il grande pubblico viene trattato, per la sua importanza, nei principali documenti programmatici su cui si basa la società moderna. Basti pensare al Manifesto di Ventotene, primo documento di promozione della Comunità Europea ed ispiratore di molte Costituzioni di paesi dell’Unione: “le libertà politiche potranno veramente avere un contenuto concreto e non solo formale solo se la massa dei cittadini avrà una indipendenza ed una conoscenza sufficiente per esercitare un efficace e continuo controllo sulla classe governante”. Altro esempio rilevante è quello dell’Articolo 27 della Dichiarazione Universale dei Diritti Umani: “Ogni individuo ha diritto di prendere parte liberamente alla vita culturale della comunità, di godere delle arti e di partecipare al progresso scientifico ed ai suoi benefici”. Col passare del tempo questi principi, fondamentali per la realizzazione di democrazie partecipate, sono stati declinati in maniera sempre più specifica. I cambiamenti tecnologici e sociali avvenuti negli ultimi decenni hanno contribuito a mutare, in modo drastico, le abitudini ed i comportamenti di larga parte della popolazione. Oggi, di fatto, viviamo in una realtà fortemente interconnessa, di difficile interpretazione per gli individui che la compongono. Alla luce di tutto questo, per sostenere la realizzazione di sistemi democratici partecipati, “ci troviamo di fronte alla necessità di costruire una vera e propria ‘cittadinanza scientifica’. Che non solo consenta alla società di effettuare scelte tecno - scientifiche senza scadere in un populismo caotico e paralizzante, ma che, soprattutto, consenta alla società di cogliere tutte le opportunità offerte dallo sviluppo delle conoscenze e di minimizzare rischi ed effetti sociali indesiderati (come l’aumento della disuguaglianza determinata dalla diversità di accesso alla conoscenza)”- (Greco, 2015). Il report Eurydice del 2012 (“*Citizenship Education in Europe*”) afferma che per favorire il coinvolgimento e la partecipazione “le persone devono essere dotate di conoscenze, competenze e attitudini opportune”. Tra le competenze cui si fa riferimento vi sono anche

quelle civiche, quelle sociali e quelle scientifiche, già comprese tra le otto competenze chiave identificate dal Consiglio e dal Parlamento Europeo. Con una raccomandazione del 18 dicembre 2006, infatti, l'Unione Europea ha sollecitato gli Stati membri affinché facciano quanto possibile per “sviluppare l'offerta di competenze chiave per tutti” ... “le competenze chiave sono quelle di cui tutti hanno bisogno per la realizzazione e lo sviluppo personali, la cittadinanza attiva, l'inclusione sociale e l'occupazione”. Il quadro di riferimento, allegato alla raccomandazione, le elenca in maniera esplicita:

- Comunicazione nella madrelingua;
- Comunicazione nelle lingue straniere (con particolare riferimento all'inglese);
- Competenze digitali;
- Competenze matematiche, scientifiche e tecnologiche;
- Competenze sociali e civiche;
- Spirito di iniziativa e imprenditorialità;
- Consapevolezza ed espressione culturale;
- Imparare ad imparare (importanza del metodo);

Vengono così definiti gli ambiti sui quali agire affinché i cittadini possano vivere in maniera consapevole ed adeguata nella moderna “*società della conoscenza*”. Questo concetto, di recente formulazione, non implica il mancato riconoscimento del ruolo che la conoscenza ha avuto in tutte le società che precedono quella attuale. Si tratta piuttosto di una definizione esplicitamente riferita al fatto che “oggi la conoscenza ha assunto una varietà di forme tanto sofisticate e tanto presenti capillarmente nella vita quotidiana e una capacità di circolare a tale velocità e raggiungendo tutti gli angoli della società planetaria da essere ormai il motore principale dell'economia e della vita sociale [...]” (A. Cerroni, 2016). Molti studiosi sono concordi nell'affermare che questa condizione deve implicare “una profonda ristrutturazione della società e dello stesso modo di vivere degli uomini. Essa comporta anche una rivisitazione del processo democratico e del concetto stesso di democrazia, attraverso una nuova e più completa estensione dei diritti di cittadinanza” (Greco, 2015). In particolare “dopo il riconoscimento dei diritti di cittadinanza civile, politica e sociale occorre riconoscere i diritti di cittadinanza scientifica”. Pietro Greco, Vittorio Silvestrini ed altri ricercatori del Centro Studi Città della Scienza sono tra i principali promotori di queste istanze. I diritti di cittadinanza scientifica possono essere definiti attraverso l'individuazione di quattro

dimensioni di riferimento: culturale, politica, sociale ed economica. Attraverso questa schematizzazione è possibile risalire ai principali ambiti di intervento:

- Con l'introduzione di pratiche didattiche innovative ed il ripensamento dei curricula di studio, sia a livello scolastico che universitario, si possono formare le giovani generazioni in modo che esse siano portatrici di sviluppo ed innovazione. Si tratta di favorire la costruzione di una visione ampia, attraverso la quale i giovani possono comprendere, con approccio critico, dove sta andando la scienza e qual è il suo ruolo nella società;
- L'informazione culturale, in ambito scientifico-tecnologico, necessita della massima apertura, a tutti i livelli. Nel 2014, l'80% circa della letteratura scientifica non risultava liberamente accessibile. Una situazione di questo genere non può che danneggiare i ricercatori più giovani e i paesi più poveri. Il tema dell'open access, di conseguenza, risulta di fondamentale importanza per la piena diffusione dei saperi e ha ripercussioni importanti anche sul rapporto scienza - società. I cittadini, infatti, hanno il diritto "di accedere alle conoscenze più avanzate disponibili, a tutti i vari livelli: di dettaglio e di ampiezza, dall'informazione generalista ai dati scientifici, dalla formazione di base allo sviluppo professionale". Ogni produttore professionale di conoscenza "ha nuove responsabilità e un nuovo ruolo, che deve assumere e che deve essergli riconosciuto, essendo ormai il generatore istituzionale della risorsa chiave dell'intera *società della conoscenza*. Sta a nuove figure professionali nella *comunicazione della scienza* andare a cucire cittadini e scienziati, conoscenze specialistiche e temi generali, pubblicazioni scientifiche e inquietudini sociali, intrattenimento e formazione permanente, aggiornamento individuale e dibattito pubblico. È solo attraverso una tale apertura che i cittadini possono oggi trovare la loro libertà" (U. Cerroni, 2016). Si tratta di diffondere, presso la cittadinanza, una maggiore capacità di decodifica dei dati e dei concetti scientifici. Ciascun cittadino potrà così posizionarsi consapevolmente dinnanzi ai problemi e alle tematiche collettive. In tal modo egli sfrutterà le conoscenze acquisite anche per affrontare processi decisionali, specialmente in ambito pubblico;
- La dimensione politica dei diritti di cittadinanza scientifica definisce nuovi ruoli e nuove responsabilità per i singoli cittadini, per i decisori politici, per gli scienziati e per il mondo produttivo. Secondo Pietro Greco l'insieme di queste quattro categorie e

delle loro relazioni reciproche definisce “il quadrilatero all’interno del quale, dopo la Seconda Guerra mondiale, si consuma il complesso rapporto tra scienza e società, che è alla base a sua volta del complesso sviluppo della società della conoscenza. E’ all’interno di questo quadrilatero che si vanno affermando i diritti di cittadinanza scientifica che non sono semplicemente diritti (pur importanti) di accesso all’informazione scientifica ma diritti di ‘socializzazione’ della scienza, la forma di produzione di nuova conoscenza che ha assunto una posizione centrale nella società e nell’economia della conoscenza.” (Greco, 2015). In sostanza si tratta di costruire nuove forme di compartecipazione attraverso le quali si possa rafforzare l’equilibrio dinamico tra imprese, società, comunità scientifica e politica. In questo modo potremo giungere alla definizione di processi decisionali di tipo partecipativo, fondati sul principio che pone alla base di ogni decisione l’analisi, anche scientifica, del contesto considerato;

Nell’ultimo ventennio l’integrazione tra scienza e società si è rafforzata ma “resta ancora tanto da fare” per giungere alla costruzione di uno spazio stabile, entro il quale si possa sviluppare una “discussione aperta, informata ed inclusiva sulla ricerca scientifica e sugli sviluppi tecnologici che impatteranno sulla vita dei cittadini” (Report della Commissione Europea, 2015). I report dell’Associazione Europea in Didattica delle Scienze (ESERA) e dell’International History and Philosophy of Science Teaching Group sottolineano da tempo la necessità di compiere questo sforzo, sia per colmare il gap esistente tra lo sviluppo del sapere scientifico ed il mondo reale sia per recuperare l’approccio che ha consentito all’umanità di ottenere i risultati attuali. Come sostenuto da un articolo fondamentale, pubblicato alla fine del secolo scorso (Millar, Osborne, 1998), c’è bisogno di costruire un dialogo proficuo tra scienza e società, attraverso il quale si possa sviluppare “una sana e vibrante democrazia”. Per farlo possono essere messe in campo diverse strategie, molte delle quali sono basate sulla necessità di dare “meno enfasi ai fatti scientifici e più ampia diffusione del metodo con il quale la scienza avanza” (Osborne, 2010). Questo approccio si basa sul principio in base al quale avere un’adeguata cultura scientifica non significa tanto conoscere le principali leggi e teorie che regolano l’Universo ma piuttosto avere una profonda comprensione del metodo e del linguaggio della scienza. Un’impostazione di questo genere porta con sé una serie di atteggiamenti e comportamenti virtuosi: dalla considerazione dei fatti prima che delle opinioni all’accettazione del dubbio e dell’incertezza, tipici del

metodo scientifico, fino alla rinuncia delle semplificazioni eccessive che disabitano alla complessità.

La sperimentazione descritta in questo elaborato, come vedremo, è finalizzata a comprendere, in un contesto civico, se e come dallo sviluppo di competenze scientifiche riconducibili alla fisica della complessità (*hard skills*) si possano formare competenze trasversali di cittadinanza (*soft skills*). *Queste ultime potranno così essere applicate all'analisi di una situazione complessa favorendo valutazioni critiche circa le implicazioni future delle azioni.*

Essere in grado di analizzare situazioni complesse (e reali) e avere la capacità di anticipare possibili evoluzioni sono competenze di cittadinanza che permettono agli individui di fare scelte o di condizionarle.

Il ruolo di Sindaco del Comune di Dozza, che ricopro da quasi tre anni, ha rafforzato la mia convinzione rispetto alla necessità di un'azione concreta in questo senso. Da quando mi occupo di amministrazione pubblica ho infatti sviluppato una serie di riflessioni sui temi che abbiamo fin qui introdotto. Il fatto di essere un fisico, al contempo, mi ha consentito di individuare nel gruppo di ricerca in Didattica e Storia della Fisica dell'Università di Bologna la sede più adatta nella quale poter socializzare ed approfondire tali tematiche.

1.3 Il tema del futuro

L'uomo, fin dalle sue origini, ha sempre cercato di prevedere gli eventi per prepararsi ad affrontare le insidie e adottare, con anticipo, le strategie più opportune ai fini della sopravvivenza e del benessere. Per millenni, nelle diverse culture, il compito di interpretare gli eventi e di leggere il futuro è stato affidato a figure "magiche", sagge, ritenute capaci di scrutare l'ignoto e, in certi casi, di rapportarsi col divino. Nelle società di tutto il mondo si sono indipendentemente sviluppati strumenti e metodi dedicati all'anticipazione del destino. Inoltre sono molteplici gli esempi di atti e rituali finalizzati alla protezione di individui, famiglie, comunità. Attraverso la divinazione, gli oracoli, i santoni, l'interpretazione degli avvenimenti o dei sogni, l'umanità ha sempre cercato di instaurare una relazione positiva con un futuro ignoto, potenzialmente ricco di insidie. Più avanti, con l'affermarsi del metodo scientifico, è cambiato l'approccio e sono entrati in scena metodi di indagine della natura

rigorosi ed oggettivi. Le conoscenze scientifiche e gli strumenti matematici hanno consentito di fare previsioni sempre più accurate sul comportamento di molti sistemi naturali. Col passare del tempo i successi ottenuti in ambito tecnologico hanno alimentato la fiducia nei confronti dell'impresa scientifica. Questa condizione ha portato l'umanità a compiere un notevole salto concettuale: alla predizione dei fenomeni si è affiancata la (presunta) capacità di controllarli. Su tale presupposto si è consolidata la forma mentis dell'uomo moderno, ispirata dalla razionalità, dall'emergere del pensiero positivista e dal mito del controllo totale. La volontà di comprendere e di controllare i fenomeni, finalizzata alla realizzazione di un futuro desiderabile, ha progressivamente oltrepassato i confini della fisica e delle scienze esatte, approdando all'ambito economico e a quello sociale. E' il caso dell'economista Thomas R. Malthus che, sul finire del XVIII° Secolo, elaborò una previsione, basata su dati economici e demografici, a proposito dell'avvenire dell'umanità. Egli partì dalla constatazione secondo la quale il ritmo di crescita della popolazione fosse molto più elevato di quello dei mezzi di sussistenza necessari al suo mantenimento. Questo squilibrio avrebbe condotto l'umanità ad una condizione di fame e povertà. E' opportuno notare come la teoria malthusiana si basi sulla considerazione di dati oggettivi e sull'estrapolazione, anche matematica, di tendenze future. Infatti Malthus teorizzò una crescita geometrica della popolazione e una crescita aritmetica dello sviluppo dei mezzi di sussistenza. Queste considerazioni consentirono all'economista inglese di delineare la pericolosità dello scenario pronosticato, sia in termini sociali che di sostenibilità ambientale, e di proporre provvedimenti mirati ad evitarlo (controllo delle nascite, riduzione della natalità). Si tratta del primo esempio storico di studio del futuro, all'interno del quale troviamo l'analisi della condizione presente, la costruzione (anche scientifica) dello scenario, l'individuazione della prospettiva desiderabile e le ricette per poterla realizzare. Siamo alle origini della futurologia, disciplina nell'ambito della quale, in epoca moderna, verranno elaborati i cosiddetti "*future studies*". Il suo sviluppo, nel corso del XIX° Secolo e fino alla seconda metà del XX°, non sarà organico ma piuttosto rintracciabile nei lavori e nelle proposte di singoli studiosi, tra i quali vale la pena di ricordare Emile M.P. Littré e Karl Marx.

Il settore dei "*future studies*" ha origine negli anni sessanta del Secolo scorso, in un momento di grande fermento intellettuale, successivo alla Seconda Guerra Mondiale. In quel periodo furono infatti pubblicate alcune opere chiave come "*The image of the future*" (F. L. Polak, 1961), "*The art of conjecture*" (Bertrand de Jouvenel, 1964) o "*Future Shock*" (A. Toffler, 1969). Questi testi hanno visto un ottimo successo di pubblico, contribuendo all'individuazione e alla diffusione dei principi su cui si articola la futurologia. Le intuizioni

degli autori sono tuttora attualissime. In *“Future Shock”*, ad esempio, Toffler sviluppa un’analisi molto accurata e rigorosa dell’attualità e teorizza una serie di scenari, alcuni dei quali si sono successivamente verificati. Le ricerche su cui si basano le conclusioni dell’autore spaziano dalla statistica alla demografia, dallo sviluppo scientifico-tecnologico alle dinamiche sociali. Proprio in questo periodo di fermento intellettuale andarono formandosi le prime organizzazioni professionali di futurologia. Risale al 1966 la fondazione della statunitense World Future Society mentre nell’anno successivo, ad Oslo, venne organizzato un importante convegno internazionale. In quella sede si definirono le strategie e gli indirizzi su cui si sarebbe basata la costituenda World Future Studies Federation. Anche in Italia accadde qualcosa di analogo: nel 1968 Aurelio Peccei, già dirigente dell’Olivetti e della Fiat, ebbe l’intuizione di riunire un certo numero di imprenditori, personalità accademiche, scienziati e politici in quello che si sarebbe poi chiamato *“Club di Roma”*. Il lungimirante scopo del gruppo fu quello di fare il punto sulle prospettive future, con particolare riferimento ai cambiamenti sociali ed alle *“problematiche globali”* (limiti dello sviluppo, disponibilità di risorse, esplosione demografica, compromissione degli equilibri ambientali, deterioramento delle condizioni di vita delle popolazioni). Si tratta di un’esperienza fondamentale, attraverso la quale è maturato un proficuo dibattito tra il mondo della ricerca, quello imprenditoriale e quello politico. L’analisi delle prospettive future si è così svincolata da una serie di problemi contingenti e limitanti, caratteristici del mondo della ricerca (dalla carenza di finanziamenti all’utilizzo di un approccio esclusivamente accademico). A seguito di questi confronti il Club di Roma commissionò al Massachusetts Institute of Technology uno studio che condusse alla pubblicazione, avvenuta nel 1972, del *“Rapporto sui limiti dello sviluppo”*. In questo contesto vanno individuate le origini dei movimenti ecologisti e dell’idea di sviluppo sostenibile. A quarantacinque anni di distanza la gran parte delle previsioni contenute nel rapporto si è rivelata esatta.

Al giorno d’oggi i *future studies* sono utilizzati in svariati ambiti: da quello industriale a quello economico, da quello politico fino a quello sociale. Sono diversi gli enti, le aziende e le istituzioni che commissionano regolarmente studi finalizzati all’individuazione di scenari possibili, sulla base dei quali si possono attuare le strategie adatte alla realizzazione del futuro desiderabile. Questo successo è sicuramente da ricondurre alle ingenti somme investite nel settore. Inoltre, dal punto di vista tecnico-scientifico, sono individuabili almeno tre fattori fondamentali che lo hanno permesso:

- Lo sviluppo della fisica della complessità. Attraverso la sua formalizzazione, basata su modelli matematici non lineari, è possibile indagare il comportamento dei sistemi complessi. Inoltre l'introduzione di opportuni modelli ha permesso di problematizzare i concetti di incertezza, capacità previsionale e proiezione nel futuro;
- La realizzazione di strumenti informatici dall'enorme capacità di calcolo. Attraverso i moderni computer è possibile effettuare simulazioni fino a pochi anni fa impensabili;
- La disponibilità dei cosiddetti "*big data*". Negli ultimi anni l'uomo ha sviluppato la capacità di raccogliere e gestire enormi moli di dati. Ci riferiamo, in particolare, alla possibilità di usare tutte queste informazioni per elaborare ed analizzare scenari attuali e futuri.

Esiste una moltitudine di report su ogni grande tema d'attualità, sia su scala nazionale che su scala globale a proposito del futuro. Basti pensare agli studi periodicamente pubblicati da enti, organizzazioni e dipartimenti facenti riferimento all'Organizzazione delle Nazioni Unite. Essi evidenziano scenari e tendenze relative alle dinamiche sociali, demografiche, migratorie, sanitarie, culturali, economiche od ambientali. Un esempio significativo dal punto di vista del metodo e dell'importanza è quello dell'IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*). Si tratta di un comitato, istituito nel 1988, la cui funzione è quella di produrre rapporti di valutazione periodici, contenenti lo stato dell'arte sulle conoscenze relative al fenomeno dei cambiamenti climatici. Grande importanza è attribuita alla modellizzazione dei diversi scenari futuri in funzione dell'andamento delle emissioni climalteranti. Le conferenze sul clima e i singoli governi hanno così a disposizione un quadro chiaro sulle conseguenze di ciascuna scelta attuabile. Dobbiamo notare come questo approccio, abbastanza tipico ai più alti livelli politici o imprenditoriali, sia ancora piuttosto lontano dall'immaginario comune. Gli strumenti e le competenze scientifiche di cui disponiamo rendono possibile, oggi più che mai, una lettura delle tendenze e delle dinamiche in atto. La diffusione di questa consapevolezza può essere strategica per il recupero di un rapporto positivo con il presente e, di conseguenza, con il futuro. Si tratta di acquisire nuove chiavi di lettura, utili allo sviluppo della capacità di interazione con la realtà. E', di fatto, un altro esempio evidente di come le competenze scientifiche possano essere utili alla costruzione di competenze di cittadinanza.

In generale i *future studies* hanno una vocazione multidisciplinare. Per elaborarli sono necessarie competenze “soft” (immaginazione, capacità di analisi della realtà, rappresentazione di scenari possibili e auspicabili), spesso accompagnate da competenze “hard” (di tipo scientifico o nell’ambito della modellizzazione e della simulazione). Sulle prime e su parte delle seconde (elementi di fisica della complessità), in una certa misura, si possono sviluppare percorsi di apprendimento finalizzati a ottenere il più alto grado di diffusione dei saperi. Non solo a livello scolastico: in un’ottica di costruzione della *cittadinanza scientifica* è utile pensare a modalità sperimentabili su platee più ampie. Le materie più promettenti, sulle quali applicare tali competenze, appaiono quelle legate all’ambiente, all’economia o alla pianificazione urbanistica. Come vedremo nel prossimo capitolo, la sperimentazione condotta dal gruppo di ricerca in Didattica della Fisica di Bologna, affronta proprio questo tema.

Prima di procedere oltre è utile fare una breve panoramica dei principali metodi di indagine del futuro. Sono diverse le tecniche utilizzabili per definire le condizioni passate (ciò che è successo) e le condizioni attuali (ciò che è), allo scopo di formulare ipotesi su quel che sarà. Molte attingono dal mondo della scienza e da quello della sociologia (analisi statistiche, analogie storiche, esperimenti di laboratorio, simulazioni basate su modelli matematici, sondaggi d’opinione) mentre altre sono state messe a punto indipendentemente, a partire da casi specifici. Tra i metodi più diffusi vale la pena di ricordare i seguenti:

- Elaborazione di scenari: gli scenari descrivono ciò che potrebbe accadere se persistono le tendenze attuali o se si seguono linee d’azione alternative. Non si tratta di previsioni dettagliate ma piuttosto di descrizioni plausibili, attraverso le quali si possono raggiungere almeno due obiettivi strategici. Da una parte la rappresentazione di futuri alternativi, eventualmente accompagnata da valutazioni quantitative, è utile a prendere le decisioni migliori. D’altra parte, anche in assenza di ulteriori dati o informazioni specifiche, la proposizione di scenari può servire ad attivare riflessioni altrimenti difficili. Questo accade soprattutto quando vengono proposti scenari di tipo catastrofico, inquietanti. Pensiamo al tema dei cambiamenti climatici: molto spesso la sensibilità per l’argomento, soprattutto nel grande pubblico, è acuita dalla necessità di allontanare le ipotesi più nefaste, secondo le quali il mondo può diventare pressoché invivibile;

- **Tecnica Delphi:** le origini di questo metodo risalgono alla fine della Seconda Guerra Mondiale ma occorrerà attendere fino gli anni ottanta per pervenire alla versione attuale. Fu sviluppato allo scopo di prevedere quale sarebbe stato, nei decenni a venire, l'impatto della tecnologia sulla società. Oggi trova molto spazio in ambito economico-finanziario. Si tratta di un metodo di indagine iterativo basato sull'impiego di un gruppo di esperti, o di attori sociali, cui viene somministrato, ripetutamente, lo stesso sondaggio. Tra un'intervista e l'altra ad ogni partecipante (definito "oracolo") viene fornita, in forma anonima, una sintesi delle risposte degli altri partecipanti, con relative motivazioni. A questo punto si procede alla riproposizione delle stesse domande, tipicamente relative allo sviluppo futuro della situazione oggetto dell'analisi. Quindi ciascun oracolo, ad ogni fase, può modulare le proprie risposte, anche in virtù delle riflessioni altrui. Il processo si arresta quando le opinioni tendono a convergere in un'unica direzione, delineando il risultato della sperimentazione;
- **Analisi di impatto incrociato:** tecnica spesso associata all'utilizzo del metodo Delphi. Dato il sistema di cui si vuole studiare l'evoluzione, l'analisi di impatto incrociato consiste nella definizione dei principali fattori, sia endogeni che esogeni, che ne definiscono lo stato. A questo punto si possono considerare le diverse dinamiche possibili di ciascun fattore e rappresentare, di conseguenza, il comportamento futuro del sistema. Questo metodo si basa sulla capacità di sintesi dell'operatore: è infatti necessario individuare quali sono gli elementi fondamentali della situazione, anche in funzione del fenomeno che si vuole studiare;
- **Monitoraggio:** all'interno dell'ambiente studiato vengono continuamente rilevati i dati di interesse (scanning). In contemporanea si individuano le tendenze e le proiezioni future di ciascun dato. Queste ultime vengono costantemente rimodulate mano a mano che si acquisiscono i nuovi dati. Il metodo è molto utile non solo per l'aspetto previsionale ma anche dal punto di vista attuativo: ogni volta che le proiezioni di un dato assumono valori indesiderati si agirà in modo tale da ripristinare una tendenza accettabile. E' una sorta di meccanismo di retroazione, molto utile in diversi contesti.

Abbiamo citato solo alcuni dei metodi esistenti. Sono tutti caratterizzati da un contenuto interdisciplinare e si distinguono tra loro per un differente grado di scientificità. Finora ci

siamo riferiti al “*forecasting*”, un approccio alla previsione basato sull’analisi delle condizioni presenti e, in certi casi, di quelle passate. Esiste anche l’approccio inverso: una volta stabilito il futuro desiderabile si procede a ritroso per individuare gli eventi e le strategie adatti a connetterlo con il presente. In questo caso si parla di “*backcasting*”. Il percorso passato - futuro - presente, rispetto al forecasting, ha il pregio di favorire la creatività, altrimenti limitata dalle condizioni contingenti. Si tratta di un vantaggio considerevole: basti pensare al fatto che le condizioni iniziali, interpretabili come vincoli per gli scenari futuri, molto spesso sono conosciute solo parzialmente e risultano comunque mutevoli nel tempo. La possibilità di sganciarsi da queste appare dunque molto promettente, soprattutto in certi contesti (pianificazione urbanistica, gestione delle risorse). Spesso, in tali circostanze, risulta difficile accordarsi sul futuro desiderabile: è necessario partire dalla costruzione di una visione condivisa. Questo passaggio non è scontato: ogni stakeholder è portatore del proprio punto di vista e dei propri interessi, difficilmente compatibili con quelli degli altri. Anche in questo caso l’approccio scientifico può giungere in aiuto. Alla luce del fatto che molti sistemi fisici, naturali e non, sono connessi tra loro attraverso dinamiche complesse (non lineari), è sempre più necessario sviluppare metodologie di pianificazione del futuro basate su dati e principi scientifici. Il backcasting, ad esempio, può essere sviluppato facendo riferimento a principi di sostenibilità oggettivi, scientificamente dimostrabili, volti a tutelare il benessere comune. In questo modo il futuro desiderabile non verrà definito in base alla sola ricerca di un compromesso tra interessi contrapposti, magari esclusivamente economici, ma terrà conto del bene comune, dell’equilibrio dei sistemi, oltre che delle esigenze delle generazioni future. Anche in questo caso possiamo affermare che l’approccio scientifico contribuisce alla costruzione delle competenze di cittadinanza. Una cittadinanza matura, infatti, progetta il futuro tenendo conto anche delle esigenze di coloro che, altrimenti, sarebbero esclusi dal dibattito: le generazioni future, i poveri del mondo, gli elementi del mondo naturale (specie, paesaggi, ecosistemi). In altre parole possiamo affermare che la pianificazione strategica, guidata da principi di sostenibilità scientificamente dimostrabili, contribuisce alla realizzazione del bene comune.

Nell’ambito di questa tesi e della sperimentazione realizzata, al tema del futuro è dedicata esplicitamente l’ultima attività progettata, che riguarda la distinzione tra futuri probabili, possibili e desiderabili da confrontare ed analizzare anche alla luce di riflessioni circa meccanismi di evoluzione non dinamica di un sistema complesso (città). Il tema del futuro si è rivelato dunque funzionale all’analisi e alla compartecipazione delle possibili scelte che un decisore politico può compiere (dimensione politica della cittadinanza scientifica).

1.4 La scienza della complessità come patrimonio per la cittadinanza scientifica

L'obiettivo della fisica, fin dalle sue origini, è quello di comprendere il mondo, di cercare spiegazioni per ciò che accade e, in sostanza, di prevedere gli eventi. Si tratta di un sogno, alimentato dai successi che si sono susseguiti nei secoli e che hanno consentito all'uomo di interpretare ambiti sempre più ampi della realtà. Il progresso scientifico, basato sull'applicazione del metodo galileiano, su un particolare approccio sistemico e su ideali cartesiani, ha col tempo offerto un'immagine di conoscenza neutra, deterministica e oggettiva a cui affidarsi per fare previsioni certe per il futuro. L'approccio sistemico cartesiano presuppone che il sistema sia inteso come porzione di realtà indagata mentre l'ambiente contiene tutto ciò che non è sistema. Sarà lo studioso a determinare, di volta in volta, il confine tra ambiente e sistema, per poi costruire la rappresentazione scientifica, eventualmente formale, di quest'ultimo (modello). L'ideale cartesiano di essenzialità fa riferimento all'individuazione di tutto ciò che è essenziale ai fini della ricerca e alla non considerazione degli elementi superflui, locali. La costruzione del sapere, quindi, si basa su una necessaria semplificazione, praticata attraverso la rimozione di dati, concetti e fenomeni ritenuti secondari. La replica, in ambiti diversi, delle medesime condizioni sperimentali, è garantita proprio dalle semplificazioni. Inoltre, secondo l'impostazione cartesiana, l'uomo è da considerare come qualcosa di esterno, indipendente dalla realtà. Egli deve trovare il punto di osservazione più adatto all'osservazione e all'interpretazione dei fenomeni ma non viene mai coinvolto da questi. L'esistente viene così suddiviso in "*res cogitans*" e "*res extensa*" (Cartesio, 1637).

Tutti questi elementi hanno contribuito alla formazione dello schema di pensiero, su cui si basa la scienza classica, che nei secoli ha fortemente influenzato l'immaginario collettivo. Le sue caratteristiche fondamentali sono:

- Ultraspecializzazione delle discipline scientifiche;
- Riduzionismo come unico approccio all'analisi dei sistemi. I sistemi sono riconducibili alla semplice somma delle loro parti;

- Priorità di un pensiero causale lineare per cui l'entità degli effetti è proporzionale (nel tempo e nello spazio) all'entità delle cause;
- Contrapposizione tra le categorie dell'"ordine" e del "disordine". Alla prima possono essere associati i concetti di determinismo e causalità, mentre al secondo sono riconducibili quelli di indeterminazione e casualità. Filosofia e mitologia hanno sempre attribuito grande importanza a tale dualismo, riconducendolo addirittura a quello tra il bene e il male.

In relazione agli ultimi due assunti si fa spesso riferimento al pensiero di Pierre Simon Laplace e al suo "demone" per illustrare il significato e le implicazioni del determinismo assunto alla base della fisica classica:

"...un intelletto che ad un determinato istante dovesse conoscere tutte le forze che mettono in moto la natura, e tutte le posizioni di tutti gli oggetti di cui la natura è composta, se questo intelletto fosse inoltre sufficientemente ampio da sottoporre questi dati ad analisi, esso racchiuderebbe in un'unica formula i movimenti dei corpi più grandi dell'universo e quelli degli atomi più piccoli; per un tale intelletto nulla sarebbe incerto ed il futuro proprio come il passato sarebbe evidente davanti ai suoi occhi."

(Laplace, 1840)

Questa impostazione, per certi aspetti attraente e rassicurante, è stata messa in discussione dalle principali conquiste scientifiche del XX° Secolo: meccanica statistica, fisica quantistica e fisica dei sistemi complessi. Questi ambiti di ricerca hanno progressivamente portato a rivedere il paradigma classico e ad assumere, tra le altre cose, che: a) molti fenomeni naturali o reali siano descrivibili soltanto da modelli probabilistici (aspetto già sostenuto da Laplace, come dimostra anche il titolo del suo saggio), b) il sistema e l'ambiente siano sistemi interagenti, c) le relazioni causali non siano soltanto lineari e d) l'ordine, invece di essere presupposto alla descrizione, è fenomeno esso stesso che emerge e come tale è da spiegare.

Dal punto di vista storico occorre sottolineare come l'imprevedibilità della natura e la centralità delle interrelazioni fossero già stati anticipati da alcuni scienziati prima dell'introduzione della fisica contemporanea. Si pensi, ad esempio, allo scienziato francese Blaise Pascal (1623-166), cui è attribuita la frase "se il naso di Cleopatra fosse stato più corto, tutta la faccia della terra sarebbe cambiata", al matematico e filosofo Gottfried Leibniz (1646-1716) secondo il quale "tutto è connesso con tutto", o al fisico Henri Poincaré (1854-1912)

che, studiando il problema dei tre corpi, ne comprese la natura caotica. Tutti questi esempi sono accumulati da un'idea di base, allo stesso tempo semplice e sconvolgente, sulla quale si fonderà, a partire dagli anni sessanta del secolo scorso, la scienza dei sistemi complessi.

Per caratterizzare un sistema complesso (da "*complexus*", intrecciato) si fa di solito riferimento ad alcune sue proprietà:

- I sistemi complessi sono aperti (ad eccezione dell'Universo), costituiti da tante componenti interagenti, a loro volta più o meno complesse;
- Le interazioni tra le parti che costituiscono un sistema sono di tipo non lineare. Di qui discende la non validità del principio di sovrapposizione degli effetti: la somma degli effetti di due cause considerate singolarmente non corrisponde all'unico effetto generato dalle due cause;
- Sensibilità alle condizioni iniziali (e alle perturbazioni): due sistemi analoghi, che partono da condizioni iniziali anche solo "leggermente diverse", possono evolvere in modo anche molto diverso. Questa condizione implica che da un semplice troncamento o da una incertezza di tipo sperimentale nella determinazione delle condizioni iniziali può discendere la sostanziale incapacità di prevedere esattamente come evolverà il sistema nel futuro. In altre parole, a configurazioni di partenza quasi sovrapponibili, possono corrispondere traiettorie future radicalmente diverse. L'aforisma di Pascal si riferisce proprio a questo concetto di cui anche Alan Turing, celebre matematico britannico e padre dell'informatica moderna, diede una anticipazione molto chiara:

"Lo spostamento di un singolo elettrone per un milionesimo di millimetro, a un momento dato, potrebbe significare la differenza tra due avvenimenti molto diversi, come l'uccisione di un uomo un anno dopo, a causa di una valanga, o la sua salvezza"

(Alan Turing, 1950)

Questa caratteristica dei sistemi complessi è stata definita "*effetto farfalla*" a seguito della pubblicazione, avvenuta nel 1963, di un fondamentale articolo da parte del meteorologo Edward Norton Lorenz. Egli concepì un semplice modello

dell'atmosfera terrestre, lo simulò al computer e, per la prima volta, osservò l'effetto. Sulla dinamica dei sistemi complessi torneremo a breve;

- La presenza di retroazioni (*feedback*). Le interazioni tra le componenti del sistema non seguono soltanto una logica lineare di tipo causa-effetto. Sono frequenti i casi in cui una componente agisce su un'altra e questa, a sua volta, retroagisce sulla prima, generando un rapporto causa-effetto circolare. In sostanza la conseguenza di un effetto influisce, modificandolo, sulla causa dell'effetto stesso. Il fenomeno può accadere direttamente (tra due elementi del sistema) o indirettamente: in questo caso il cambiamento di una componente genera una serie di conseguenze su altre componenti e, al termine della catena, l'ultimo effetto retroagisce sul primo sottosistema. I feedback sono individuabili in maniera molto intuitiva quando il sistema viene rappresentato attraverso un network, nel quale ogni componente è un nodo e le interazioni sono rappresentate dai link che collegano i nodi.

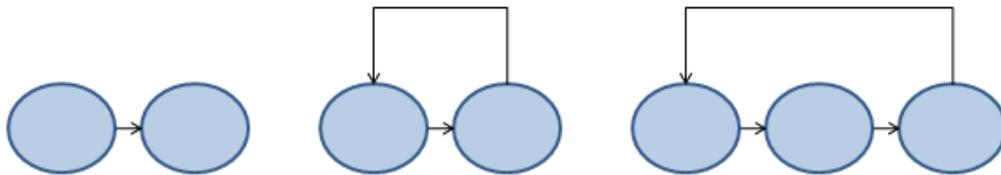


Fig. 1.1. Da sinistra a destra: rapporto causa-effetto lineare, feedback diretto e feedback indiretto tra componenti di un sistema

A seconda di come la causa viene influenzata dall'effetto retroagente si distinguono due tipi di feedback: positivo (retroazione amplificatoria) o negativo (retroazione inibitoria). Il feedback positivo tende ad allontanare il sistema dall'equilibrio attraverso un effetto a valanga: la causa, di fatto, scatena una conseguenza che alimenta la causa stessa. Possiamo trovare numerosi esempi di questo meccanismo anche in ambito non prettamente scientifico: le *escalation* belliche tra nazioni (ad ogni azione ostile corrispondono reazioni ostili), le mode e le tendenze di mercato (che portano i prodotti più in vista ad accrescere il loro successo e, all'aumentare di quest'ultimo, aumenta la fama), l'inflazione (all'aumento del costo della vita corrisponde una crescita del costo del lavoro che, a sua volta, determina la crescita del

costo della vita), la logica dell'assistenzialismo (nei paesi caratterizzati da un alto livello di benessere il sistema del welfare supporta i bisognosi: questi possono reagire assumendo atteggiamenti passivi che conducono ad un maggior bisogno di assistenza) o il principio di Pareto, secondo il quale i ricchi diventano sempre più ricchi. Al contrario di tutto ciò, il feedback negativo facilita il raggiungimento di un regime di equilibrio. Possiamo farne tre esempi macroscopici: i sistemi artificiali di controllo automatico, l'omeostasi degli organismi e la catena alimentare (modello preda-predatore di Lotka-Volterra);

- Auto-organizzazione. La presenza simultanea di feedback positivi e negativi all'interno di uno stesso sistema è all'origine, insieme ad altre caratteristiche come la non linearità e alla molteplicità delle componenti, delle cosiddette "*proprietà emergenti*" e dei fenomeni di *auto-organizzazione*. Con questi termini ci si riferisce all'emergere di strutture ordinate (ad esempio le celle di Bénard) e di proprietà di sistema non riconducibili alle singole componenti ma alla molteplicità di connessioni non lineari che si instaurano tra loro. Una conseguenza inevitabile di questo è che nessuna proprietà emergente è definita da un solo elemento del sistema. Abbiamo qui un'ulteriore conferma dell'importanza delle relazioni tra enti. Gli esempi di proprietà emergenti sono innumerevoli, in diversi ambiti: biologico (colonie di animali sociali, emergenza della coscienza a partire dalle reti neurali), socio-economico (burocrazia, democrazia, mercato finanziario), meteorologico (uragani, temporali) e tanti altri. Il fenomeno dell'auto-organizzazione non caratterizza tutti i sistemi complessi (il pendolo doppio, ad esempio, non lo manifesta) e non contraddice, come potrebbe sembrare, il secondo Principio della Termodinamica. Infatti quest'ultimo prevede che l'entropia di un sistema chiuso non possa diminuire a seguito della manifestazione di un processo irreversibile. Ma i sistemi complessi cui ci stiamo riferendo sono aperti, pertanto possono ridurre la loro entropia scambiando informazioni con l'ambiente esterno;
- I sistemi complessi sono adattativi, dunque capaci di adattarsi all'ambiente. L'auto-organizzazione è orientata e regolamentata da condizioni di equilibrio dinamico. Ogni volta che una perturbazione (indotta dall'ambiente o da un agente interno) è tale da alterare questo equilibrio il sistema si auto-organizza, tendendo al raggiungimento di una nuova condizione di equilibrio. Questo accade, ad esempio, al sistema clima, continuamente sottoposto a sollecitazioni di origine naturale o antropica. Il dibattito

sul taglio delle emissioni climalteranti è legato al fatto che non tutte le condizioni di equilibrio sono compatibili con la presenza della specie umana. Alla luce di quanto detto finora emerge che le responsabilità legate ai cambiamenti climatici non sono tutte imputabili esclusivamente al contributo umano. Le attività antropiche incidono su alcune componenti dell'intricatissimo sistema clima. Ma sono le uniche componenti su cui possiamo agire, per sperare di mantenere uno stato che consenta all'umanità di esistere (Lionello, 2006).

La dinamica dei complessi è l'aspetto più interessante, perché impone una modellizzazione e l'utilizzo di strumenti, come le simulazioni, che hanno sempre più importanza a livello decisionale, economico e politico, ma alle quali la scuola ancora non forma. Per costruire il modello di un sistema, occorre operare scelte forti sulle variabili quantitative che si assume descrivano lo stato del sistema. Lo stato di un sistema in un dato istante consiste nei valori assunti dalle variabili di stato in quell'istante. Se le variabili di stato sono N , l'evoluzione del sistema nel tempo sarà rappresentabile da una successione di punti nello spazio delle fasi N dimensionale. Chiamiamo "traiettoria" la successione degli stati del sistema nel tempo. I sistemi complessi, di solito, sono descritti da modelli costituiti da un numero elevato di variabili di stato. La caratteristica interessante di questi sistemi consiste nel fatto che esistono tre sole possibili tipologie di traiettorie nello spazio delle fasi. Ad ogni tipologia corrisponde un regime specifico:

- Equilibrio stabile: la traiettoria finisce in un punto preciso dello spazio delle fasi (equilibrio statico) oppure descrive una traiettoria stabile, periodicamente ripetuta;
- Equilibrio instabile: la traiettoria tende ad occupare precise regioni dello spazio delle fasi (attrattori). Muovendosi in modo più o meno regolare all'interno di un attrattore, il sistema si trova in uno stato di equilibrio dinamico, instabile. Particolari condizioni o perturbazioni, anche se di piccola entità, possono condurlo in un altro attrattore (diverso stato di equilibrio instabile) o ad assumere un comportamento caotico;
- Caos: la traiettoria del sistema occupa irregolarmente l'intero spazio delle fasi;

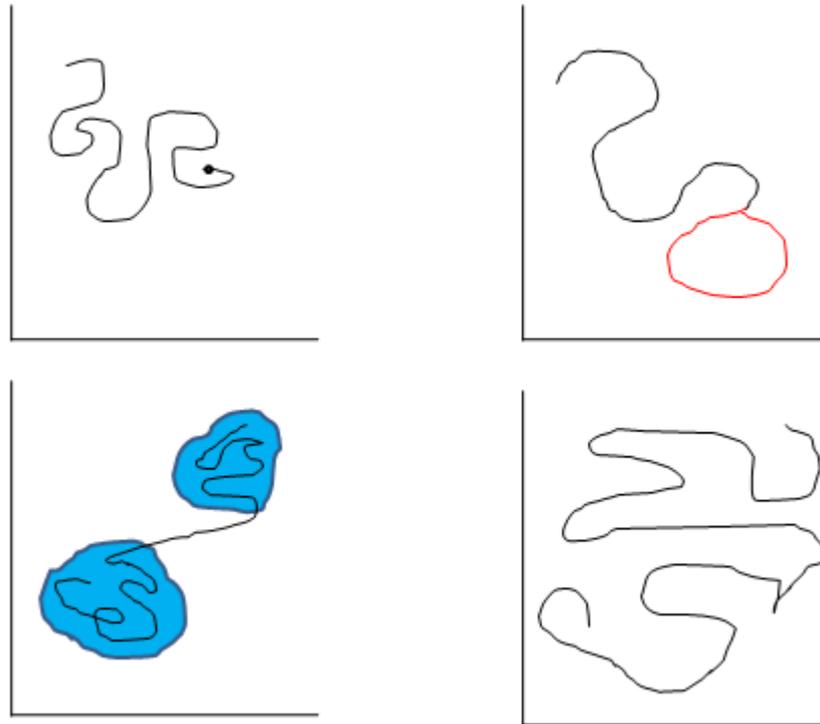


Fig. 1.2: Esempi di rappresentazione dello spazio delle fasi per un sistema a due stati. In alto sono rappresentati una situazione di equilibrio stabile, raggiunto in corrispondenza del punto (cristallizzazione) e una di equilibrio dinamico (il sistema ha uno stato stabile, che evolve periodicamente secondo la traiettoria rossa). In basso a sinistra è rappresentato un esempio di equilibrio instabile. Gli attrattori sono rappresentati dalle regioni azzurre: il sistema passa da un equilibrio ad un altro a seguito di una perturbazione (esempio di manifestazione dell'effetto farfalla). In basso a destra: esempio di regime caotico

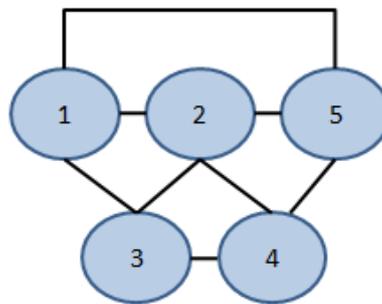
L'evoluzione del sistema, dunque la traiettoria nello spazio delle fasi, dipende dalle relazioni tra le componenti del sistema e tra sistema ed ambiente esterno. Immaginiamo di partire da uno stato: l'incertezza delle condizioni iniziali è definibile da un intorno del punto corrispondente allo stato. Più ampio è l'intorno più incerte sono le condizioni iniziali. L'effetto farfalla implica la possibilità che a differenze molto piccole nelle condizioni iniziali (o a piccole perturbazioni) possano corrispondere stati successivi molto diversi tra loro. Da qui discende la sostanziale incapacità di fare previsioni certe *in un tempo arbitrariamente lungo*. In sostanza esiste una relazione di tipo logaritmico tra il tempo entro il quale possiamo fare una previsione corretta e la conoscenza che abbiamo delle condizioni.

Il principale motivo che ha reso possibile lo sviluppo della scienza della complessità, a partire dagli anni '70, è da individuare nell'introduzione del computer e nella conseguente possibilità di costruire simulazioni. Il primo passo necessario è la definizione del modello che dovrà essere fornito in input al programma di simulazione. A questo punto si presenta una caratteristica tipica dalla complessità: il modello di un sistema complesso, ovviamente,

dipenderà dagli scopi della ricerca e, più in particolare, dal livello di dettaglio che si vuole indagare. Una volta stabilito il livello di dettaglio si procede con la realizzazione del modello vero e proprio: da una parte si individuano le componenti e le connessioni rilevanti, mentre dall'altra si determinano le variabili di stato. Contestualmente occorre formalizzare la descrizione, per fornire al calcolatore qualcosa di elaborabile. Il passaggio dal sistema reale alla sua descrizione qualitativa consiste in una semplificazione che richiede una certa dose di abilità. In primis occorre affinare la capacità di sintesi, necessaria all'individuazione delle componenti che giocano un ruolo importante all'interno del sistema. Dopo di che bisogna avere dimestichezza con le principali caratteristiche della complessità: i concetti di feedback, di proprietà emergente, di processo parallelo - e la dipendenza dalle condizioni iniziali - devono far parte della forma mentis del ricercatore che, anche in questo modo, impara ad osservare la realtà da più punti di vista. Anche la successiva formalizzazione del modello, necessaria alla simulazione, consiste in una semplificazione. In questo caso occorrono competenze di tipo matematico ed informatico. Un esempio di formalizzazione è quello dei modelli stocastici: ad ogni componente del sistema viene assegnata una serie di azioni possibili, ad ognuna delle quali è associata una certa probabilità. Il fenomeno che si manifesta in seguito ad un'interazione è, dunque, aleatorio. Un'altra importante tipologia di formalizzazione consiste nel fissare le regole di interazione tra le componenti del sistema. Esistono tantissimi esempi di simulazioni di questo tipo, tra le quali vanno citati i cosiddetti "automi cellulari", il più celebre dei quali è "Il gioco della vita", sviluppato dal matematico inglese John Conway. Questi strumenti sono molto adatti a visualizzare con efficacia il fenomeno dell'emergenza. Infatti, a partire da poche, semplici, regole, possono manifestarsi comportamenti collettivi complessi e imprevedibili.

I sistemi complessi possono anche essere rappresentati sotto forma di reti di elementi che interagiscono. Si tratta del formalismo più intuitivo: ogni singolo nodo è interpretabile come entità computazionale: riceve degli input, li elabora e fornisce degli output. A partire dai nodi si sviluppano così i link, ciascuno dei quali è descrivibile da attributi specifici (uni direzionalità, bi direzionalità, peso della connessione). Il numero ed il tipo di nodi condiziona inevitabilmente il comportamento della rete mentre la sua forma, stabilita dalle connessioni, ha assunto sempre più importanza con il progredire della ricerca. Sono le interazioni locali, valutate nel loro complesso, a determinare i comportamenti emergenti, la capacità di diffondere le informazioni, o la resistenza della rete rispetto ad eventi destabilizzanti. La rappresentazione grafica di un network prende il nome di grafo. La teoria dei grafi fu introdotta, in ambito matematico, da Leonhard Euler sul finire del XVIII° Secolo (L. Euler,

1736). A partire da quel momento il linguaggio dei grafi ha trovato applicazione in svariati campi, dall'analisi dei circuiti elettrici all'analisi strutturale degli atomi, dalla descrizione delle transazioni economico-finanziarie allo studio delle reti neurali. Se ci riferiamo ad una rete costituita dai nodi N_i (con i che va da 1 a N) e dai link L_k (con k che va da 1 a L), il grafo $G(N_i, L_k)$ è rappresentabile attraverso la cosiddetta matrice di adiacenza M_G . La matrice viene costruita ponendo i nodi come elementi di riga e di colonna (la matrice è quadrata) e riportando un valore pari a 0 se i due nodi di riferimento non sono connessi e un valore pari al peso della connessione se i nodi considerati sono tra loro legati. Otteniamo così una matrice simmetrica che rappresenta matematicamente la rete di riferimento. A questo punto, utilizzando gli strumenti dell'algebra lineare, è possibile studiare le proprietà topologiche della rete, traendo conclusioni sulle sue caratteristiche e sull'evoluzione temporale del sistema.



	N1	N2	N3	N4	N5
N1	0	P_{12}	P_{13}	0	P_{15}
N2	P_{12}	0	P_{23}	P_{24}	P_{25}
N3	P_{13}	P_{23}	0	P_{34}	0
N4	0	P_{24}	P_{34}	0	P_{45}
N5	P_{15}	P_{25}	0	P_{45}	0

Fig. 1.3 Esempio di costruzione di una matrice di adiacenza. Dato il sistema in altro, costituito da 5 nodi tra loro connessi, la matrice risulta essere una 5X5 simmetrica. In corrispondenza di una coppia di nodi non connessi il termine della matrice è nullo, altrimenti, se i nodi sono connessi, l'elemento di matrice è il peso della connessione (quantificazione dell'importanza)

In tal modo sono stati individuati i principali modelli topologici con cui possiamo descrivere le reti reali: modello casuale (P. Erdos, A. Renyi, 1959), modello small world (D. Watts, S. Strogatz, 1998), modello scale free (A. Barabasi, R. Albert, 1999). Questi studi, sviluppati a partire dagli anni '50 del secolo scorso, hanno consentito di dimostrare il cosiddetto "isomorfismo" dei sistemi complessi. Se consideriamo sistemi appartenenti agli ambiti più

disparati (sociale, tecnologico, biologico...), le loro caratteristiche qualitative sono inquadabili all'interno di modelli topologici universali. Questo consente di fare paragoni tra reti che rappresentano sistemi diversi e di trarre conclusioni (anche quantitative) sulle proprietà di ciascuno. In sostanza il formalismo delle reti individua una trama unica, sottostante a tutti i sistemi complessi. Dal punto di vista epistemologico è un successo notevole che stravolge il paradigma del riduzionismo. Lo sguardo d'insieme diventa elemento centrale di ogni tipo di analisi perché è l'unico che consente di dare la giusta importanza alle relazioni tra gli enti, prima ancora che agli enti.

Come è già stato più volte detto in questa tesi, si ritiene che i concetti esposti fin qui possano offrire chiavi di lettura del mondo importanti per la cittadinanza. I motivi sono diversi: sono di fatto concetti utilizzati in molti ambiti della vita economica e sociale; educano ad una visione sistemica e al concetto di previsione così come esso emerge da forme di modellizzazione matematica non lineari; declinano il concetto di incertezza e, anche se mostrano l'impossibilità della sua eliminazione, danno un'idea di come la scienza la tratti e la gestisca; offrono lo spunto per riflettere su come l'azione e l'interazione specifica tra parti di un sistema possano influenzare forme collettive di organizzazione; possono essere la base per sviluppare competenze di futuro non banali, introducendo i concetti di feedback e problematizzando i concetti di "tendenza all'equilibrio", evoluzione, stabilità/instabilità, ordine/disordine.

Nella storia si possono individuare molti casi di sottovalutazione di uno, o più, degli elementi che caratterizzano la scienza della complessità. Si tratta di eventi, decisioni o affermazioni che mostrano con efficacia quanto sia necessario diffondere, su larga scala, i concetti legati alla complessità. Riportiamo alcuni esempi macroscopici, molto noti e discussi:

- Durante la presidenza Johnson, negli Stati Uniti, furono promossi una serie di programmi finalizzati all'abbattimento della povertà e della discriminazione razziale ("*great society*"). Nel dichiarare guerra alla povertà il Presidente affermò che "non sarebbe stata sufficiente una singola arma o strategia" perché il problema presentava caratteri complessi e articolati. Di conseguenza si sarebbe proceduto per tentativi ed errori. A posteriori sono state sviluppate approfondite analisi sulle diverse azioni messe in campo (M. Bailey, S. Danziger, 2013). Una delle misure introdotte riguardò le grandi città, nelle quali furono attuati costosi programmi dedicati ai meno abbienti (sia sotto il profilo occupazionale che per quanto riguarda la casa). Questa misura si rivelò carente: molti poveri si trasferirono nelle città per poter usufruire degli aiuti

che, di conseguenza, non furono sufficienti. Se analizziamo il problema come un problema complesso ci rendiamo subito conto del fatto che il fallimento è dovuto ad un problema di modellizzazione. Le città, infatti, sono sistemi aperti. I fondi per gli aiuti sono stati stabiliti come se ci si riferisse a sistemi chiusi, nei quali il numero dei bisognosi era ritenuto noto, costante. L'arrivo dei poveri dalle campagne ha vanificato lo sforzo;

- Nel novembre del 2008, a seguito del crollo della Lehman Brothers, la Regina Elisabetta fece visita alla *London School of Economics*, uno degli istituti più prestigiosi del settore. In quella sede la Regina rivolse agli economisti una domanda molto semplice: “perché nessuno si è accorto in tempo di quanto stava per accadere?”. Molti analisti concordano nel ritenere che l'accumulo incontrollato di debiti ha finito per portare il sistema lontano dalla condizione di equilibrio (instabile) in cui si trovava (Morris, 2009). La domanda posta dalla Regina ha a che fare con l'imprevedibilità intrinseca dei sistemi complessi (come quello finanziario). Su questa non possono esserci dubbi: bisogna solo comportarsi di conseguenza, stabilendo regole e modalità operative rispettose delle dinamiche dei sistemi;
- L'industria alimentare del Canada e degli Stati Uniti, alla fine degli anni '80, andò in crisi a causa del crollo della pesca del merluzzo. Seguendo una logica causale tipica del pensiero lineare, fu attuata, nel decennio successivo, una tremenda caccia alle foche. In tutto il Nord Atlantico si organizzarono feroci battute, allo scopo di ridurre il numero dei predatori del merluzzo. Malgrado ciò i merluzzi continuarono a calare. A questo punto gli scienziati iniziarono a studiare dettagliatamente il problema e si accorsero ben presto dell'inadeguatezza del modello (lineare) di catena alimentare (Yodzis, 1998). Essi ricostruirono l'intera “rete” alimentare marina, dalla quale si deduce che le foche predano ben 150 specie diverse. Tra queste troviamo sia i merluzzi che molti predatori dei merluzzi. Apparve dunque evidente come l'uccisione delle foche abbia prodotto l'eccessiva proliferazione di molti predatori di merluzzi. Si tratta di un semplice esempio di come le proprietà di sistema, la visione complessiva e l'attenzione per le interazioni siano decisivi per la costruzione di un modello affidabile, utile definire strategie intelligenti;
- Le valanghe, le frane e i terremoti sono eventi catastrofici che si manifestano quando un sistema (complesso), sottoposto a continue perturbazioni, raggiunge un punto di

rottura. Trattandosi di un fenomeno caotico, esso accadrà solo in certe circostanze, a seconda che si presentino o meno cambiamenti anche “piccoli”. Ad oggi conosciamo le principali cause che sono alla base dei terremoti e sono allo studio modelli sempre più accurati anche se, di fatto, non siamo in grado di prevedere quando e dove si verificherà il prossimo (lo stesso vale per le valanghe e le frane). Accade tuttavia regolarmente che, dopo un evento di grande portata, venga chiesto all’esperto se e quando ci saranno nuove scosse. L’educazione al rischio e l’analisi critica di modelli probabilistici sono di fondamentale importanza per la cittadinanza, così come la capacità di leggere razionalmente le carte di pericolosità stilate sull’analisi della probabilità che, in un dato luogo, si verifichi un terremoto in un certo lasso di tempo. La probabilità è quantitativa, determinata. Occorre però che il decisore politico e il cittadino siano in grado di interpretare questi numeri, individuando e riconoscendo i luoghi dove non abitare o dove costruire solo seguendo opportuni criteri antisismici.

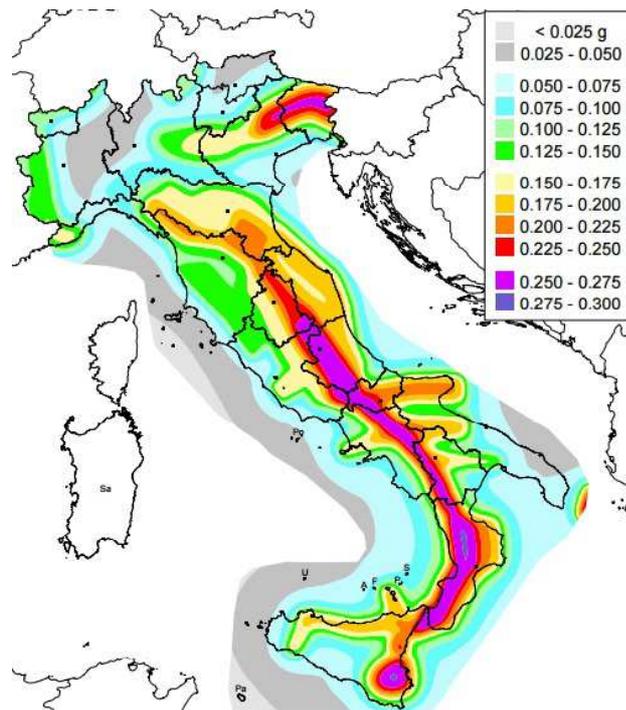


Fig. 1.4: Carta della pericolosità sismica in Italia – periodo di riferimento: 50 anni (2004-2054)

Si potrebbero fare tanti altri esempi di questo tipo, a partire dalla meteorologia. Nel pretendere dai meteorologi previsioni certe ammettiamo la nostra ignoranza a proposito di complessità. Ogni analisi di un sistema meteo, per non dire di quello climatico, infatti, può

produrre solo scenari probabilistici la cui affidabilità è strettamente legata a scale spazio-temporali molto precise.

Nonostante l'importanza di questi temi, la scienza della complessità viene affrontata solo in alcuni corsi di laurea specialistici ed è esclusa dalla programmazione delle scuole secondarie. Come ha affermato Ugo Amaldi, durante la presentazione del libro *“La fisica del caos. Dall'effetto farfalla ai frattali”* (Zanichelli, 2011), “è un capitolo della fisica che non si studia mai [...] eppure il caos deterministico è onnipresente”. I programmi scolastici sono infatti ancora orientati ad una educazione scientifica come sviluppo del pensiero causale, lineare e riduzionista, mentre occorrerebbe un ampliamento di orizzonti.

Per promuovere una cittadinanza attiva e mettere tutti nelle condizioni di esercitare diritti di partecipazione razionale alle decisioni che riguardano temi scientifici è sempre più importante adoperarci affinché opportune competenze diventino patrimonio collettivo. Così come, fin da piccoli, impariamo una lingua per interagire con i nostri simili, è altrettanto necessario che vengano acquisiti la mentalità, il linguaggio e le conoscenze utili ad interagire con la realtà nella quale siamo immersi. Questa operazione va realizzata sia in ambito scolastico (con le nuove generazioni), sia con gli adulti, perché possano, fin da subito, costruire un domani migliore. La sperimentazione sviluppata dal gruppo di ricerca in Didattica della Fisica dell'Università di Bologna si pone proprio in questa prospettiva.

CAPITOLO 2

Contesto della sperimentazione, i materiali e le attività progettate

2.1 Il contesto della sperimentazione

Il ruolo di Sindaco del Comune di Dozza (Bo), che ricopro da quasi tre anni, mi consente di interagire con tante persone, molte delle quali agiscono in ambiti direttamente o indirettamente legati alla dimensione pubblica. Questo aspetto si è rivelato strategico per il progetto di ricerca oggetto della presente tesi.

Lo studio-pilota ha visto coinvolti 34 cittadini adulti volontari. Alcune caratteristiche del campione di indagine sono riportate a seguire:

- sono rappresentati entrambi i sessi (24 uomini e 10 donne);
- tutti i partecipanti sono adulti, di diverse età (la più giovane ha 28 anni, il più anziano 85);
- alcuni sono impegnati nell'amministrazione pubblica (1 Vicesindaco, 2 Assessori, 5 Consiglieri Comunali);
- tutti i partecipanti, per inclinazione personale o per professione svolta o per specifici interessi filosofici o religiosi, sono particolarmente sensibili alle questioni collettive, sociali;
- 10 persone lavorano, o hanno lavorato, in ambito educativo o formativo;
- 5 persone lavorano, o hanno lavorato, come dipendenti presso enti pubblici (comunali o sovra comunali);
- molti dei partecipanti svolgono attività di volontariato presso associazioni operanti in ambito sociale, ambientale o culturale;
- 30 individui risiedono presso il Comune di Dozza, in comuni limitrofi e comunque nella Città Metropolitana di Bologna, i rimanenti 4 risiedono fuori dalla Regione Emilia Romagna (due in Lombardia, uno in Abruzzo e uno nel Lazio) ma, nonostante ciò, tali profili sono stati ritenuti interessanti ai fini della ricerca;
- dal punto di vista della professione svolta e della formazione personale il gruppo presenta un elevato grado di eterogeneità (cfr. Tabella 2.1).

PROFESSIONE – FORMAZIONE
Pensionato, allenatore di atletica, ex alpinista
Vicesindaco, laureato in conservazione dei beni culturali
Operaio specializzato, capogruppo in Consiglio Comunale
Educatore, laureato in antropologia
Architetto urbanista
Montatore macchine automatiche, consigliere comunale
Docente scuola superiore, Presidente del Consiglio Comunale
Docente scuola primaria
Educatrice scuola materna
Imprenditrice, Assessore al bilancio, laureata in economia
Ingegnere, settore energetico
Pensionato, fotografo, guardia ambientale
Architetto
Pensionato, ex docente scuola primaria
Impiegata comunale
Artista, scenografo, consigliere comunale
Docente scuola primaria
Operaio specializzato
Impiegato comunale, Assessore urbanistica, lavori pubblici, ambiente
Sacerdote
Chimico
Docente scuola secondaria primo grado
Architetto

Ingegnere
Pensionato, consigliere comunale
Ingegnere comunale
Archivista storico, laureato in storia medioevale
Ispettore corpo forestale dello Stato, antropologo storico delle religioni
Docente presso istituto privato, laureato in economia
Giornalista
Dirigente scolastico istituto superiore
Ingegnere
Parroco, vicario generale
Impiegata comunale, laureata in scienze politiche

Tab. 2.1: professione e formazione dei cittadini coinvolti

Avendo un campione costituito da soli 34 volontari, non si è preteso di ottenere uno spaccato rappresentativo di tutta la società, ma si è potuta rappresentare una certa eterogeneità della cittadinanza.

La maggior parte delle persone invitate a partecipare ha reagito alla proposta in modo positivo ed interessato, manifestando curiosità. Oltre alla curiosità e all'interesse sono emersi altri atteggiamenti, generalizzabili alla quasi totalità dei partecipanti:

- hanno auspicato di riuscire a ritagliarsi il tempo necessario allo svolgimento delle attività;
- hanno manifestato la preoccupazione legata al fatto di “non avere le competenze adatte” per partecipare a tale indagine;

Per completezza di informazione va detto che, dei 38 cittadini invitati inizialmente, 5 potenziali candidati hanno deciso di non partecipare, principalmente per mancanza di tempo (con particolare riferimento al periodo nel quale si sarebbero svolte le attività), mentre un

sesto candidato ha declinato l'invito perché non si è ritenuto adatto a prendere parte ad una ricerca di questo tipo. D'altra parte vanno registrate le sostanziali auto-candidature di due cittadini i quali, venuti a conoscenza del progetto di tesi, si sono proposti spontaneamente perché attratti dalle argomentazioni sviluppate; trattandosi di profili interessanti, in linea rispetto ai criteri di selezione descritti, sono stati coinvolti nel campione di indagine.

2.2 Attività svolte

La sperimentazione si è articolata in tre fasi.

La prima fase era finalizzata ad individuare le conoscenze scientifiche ed epistemologiche possedute dai partecipanti allo studio-pilota. Per fare ciò, è stata loro sottoposta la lettura di un testo divulgativo di Zygmunt Bauman (2016), "*Scrivere il futuro*", in cui il sociologo utilizza parole derivate dalla scienza dei sistemi complessi (come incertezza, ordine, sistema e probabilità) per interpretare le trasformazioni sociali in corso. Questa lettura è stata affiancata da un questionario guida, preparato dal gruppo di ricerca (cfr. Allegato 1), contenente domande alle quali i partecipanti dovevano rispondere o per iscritto o attraverso un'intervista; la doppia modalità di restituzione è stata proposta per consentire a ciascuno di scegliere quella rispetto alla quale si trovavano maggiormente a proprio agio.

La seconda fase era finalizzata allo sviluppo di competenze scientifiche tipiche della scienza della complessità. I concetti scelti per l'approfondimento sono quelli di causalità circolare, feedback, auto-organizzazione. A tal fine Eleonora Barelli, una laureanda che ha seguito la sperimentazione, ha progettato attività originali che i cittadini hanno dovuto svolgere individualmente. I concetti sono stati quindi ripresi in un'attività – il "*The Fishback game*" – condotta nella prima metà dell'incontro in presenza, avvenuto a Toscanella di Dozza, il 21/12/2017.

La terza fase era finalizzata a valutare se e come le competenze scientifiche veicolate nelle fasi precedenti (*hard skills*) potessero trasformarsi in competenze di cittadinanza e di futuro (*soft skills*), relativamente all'analisi di un problema complesso. Il problema di cittadinanza ha per nome "Futuri immediati, possibili e desiderati per la città di Irene". L'individuazione e la formulazione del quesito sono state ispirate da problemi reali sui quali un decisore politico

è chiamato a deliberare, spesso senza riuscire ad argomentare su cosa si basa il processo decisionale. Per questo contesto, il problema è stato intenzionalmente formulato in modo tale da richiedere, per la sua risoluzione, l'applicazione di una visione sistemica, così come il concetto di feedback positivo e negativo per valutare come la decisione di un sindaco (nel caso specifico relativa alla concessione di ampliamento di un'attività commerciale) possa influire sull'evoluzione della città. Questa terza fase della sperimentazione è stata svolta nella seconda parte dell'incontro avvenuto in presenza a Toscanella il 21/12/2017. Poiché non era possibile, per alcuni partecipanti alla sperimentazione, essere presenti all'incontro avvenuto a Toscanella, a questi è stato chiesto di svolgere l'attività "Futuri immediati, possibili e desiderati per la città di Irene" individualmente, riportando le proprie riflessioni per iscritto.

Possiamo riassumere schematicamente le attività realizzate come segue:

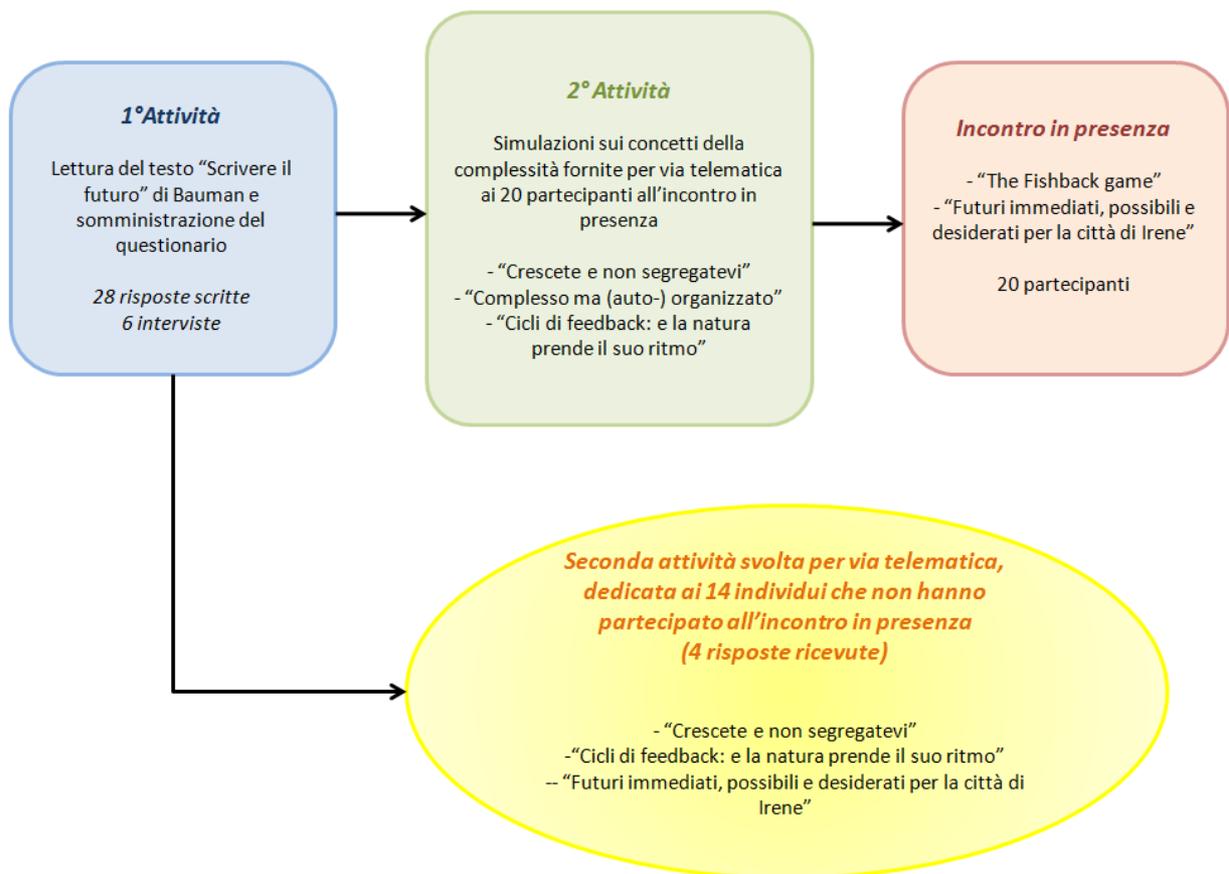


Fig. 2.1 Schematizzazione della partecipazione alle attività

Nelle pagine che seguono le attività saranno descritte più nel dettaglio.

2.2.1 Lettura ed analisi del testo “Scrivere il futuro” di Zygmunt Bauman

Questa prima attività è stata progettata al fine di coinvolgere i partecipanti attraverso una lettura che affrontasse i temi del futuro e della complessità rivolgendosi esplicitamente alla cittadinanza e descrivendo i grandi cambiamenti sociali, politici ed individuali, attraverso un linguaggio semplice da seguire e, al contempo, scientificamente ricco.

La scelta della prima attività da sottoporre a tutti i cittadini coinvolti è ricaduta sulla lettura del testo “*Scrivere il futuro*”, tratto da una lezione magistrale di Zygmunt Bauman, intellettuale di origini polacche. La sua notorietà è prevalentemente legata agli studi compiuti nell’ultimo trentennio, attraverso i quali sono stati introdotti i concetti di “*modernità liquida*”, “*società liquida*” o “*solitudine del cittadino globale*”. In sostanza Bauman si caratterizza per la lucida e brillante critica della società contemporanea, globale, colpevole di creare “vite di scarto”. Egli ha descritto con efficacia il crollo delle certezze nell’epoca moderna, caratterizzata dall’affermarsi dell’individualismo e di un consumismo sfrenato.

La lezione magistrale pubblicata nel testo scelto si è svolta nell’ambito dell’edizione 2014 di “*Futura Festival*”, presso Civitanova Marche (Mc) ed era rivolta alla cittadinanza. Davanti ad un’ampia platea il sociologo ha affrontato alcuni temi molto attuali: dalla migrazione all’esclusione, dal multi - centrismo al dualismo mixofilia - mixofobia. Nella rappresentazione di Bauman, tali temi vengono ricondotti ai concetti, mutuati dal linguaggio scientifico, di complessità ed incertezza. Lo sviluppo argomentativo del sociologo, volto ad interpretare i cambiamenti sociali che il mondo sta vivendo, si articola passando in rassegna tre paradigmi scientifici: quello deterministico di Laplace, quello tipico del “*mondo del divenire*” e quello del “*mondo complesso*”. In primo luogo viene descritta la visione laplaciana, deterministica, ispiratrice di quel modello di tempo lineare ben radicato nell’immaginario (in particolare nelle culture occidentali); da qui discende un’impostazione ottimistica e seducente, che vede il futuro come fonte di benessere, certezze e progresso, data la possibilità di predire in anticipo quel che accadrà. Successivamente viene introdotto il “*mondo del divenire*”, caratterizzato dai concetti di incertezza, probabilità, instabilità, irreversibilità e futuro; in questo mondo cambia il modo di pensare alla pianificazione del futuro che non corrisponde più alla visione laplaciana perché ciò che accadrà “si può scrivere o anticipare ma non è mai dato a priori”. Infine, il lettore viene introdotto al paradigma della complessità, da cui discende la necessità di integrare la descrizione del “*mondo complesso*” facendo uso dei concetti di imprevedibilità, ordine, caos e dei cosiddetti processi

contraddittori; il crollo delle certezze, secondo questa nuova visione, si affianca all'importanza delle piccole variazioni del sistema e quindi alla rilevanza che assume il gesto imprevedibile compiuto anche dal singolo individuo. All'impotenza e allo spaesamento che colpiscono un uomo da sempre bisognoso di certezze si affianca così la necessità di costruire un nuovo senso di responsabilità.

Dopo aver concordato insieme al gruppo di ricerca l'attività da svolgere, ho proceduto alla consegna, a ciascun partecipante, del libro e del questionario di analisi (cfr. Allegato 1) comprendente tredici domande.

Le prime quattro fanno riferimento alla descrizione e all'interpretazione del mondo classico, deterministico: il lettore viene così chiamato a restituire la sua rappresentazione dell'impostazione laplaciana, facendo riferimento sia agli aspetti scientifici sia alle implicazioni sociali.

Le sei domande successive si focalizzano, invece, sul mondo del divenire e sul tema della complessità. Con esse, in primo luogo si è voluta sondare l'interpretazione che i singoli attribuiscono ai concetti che il testo ritiene basilari per la descrizione del paradigma complesso: *incertezza, probabilità, instabilità, irreversibilità, ordine, disordine, processo contraddittorio, sistema*. Ognuna di queste parole ha infatti un significato di senso comune ed un significato scientifico-epistemologico nell'ambito della scienza della complessità. In secondo luogo si è voluta stimolare l'applicazione concreta dei concetti della complessità (con particolare riferimento a quello di sistema) ad un ambito che il soggetto individuava come vicino ai propri interessi; l'obiettivo di questo consiste nel condurre il lettore a rileggere la propria realtà personale attraverso il paradigma della complessità.

Le ultime tre domande sono state pensate per stimolare ulteriori riflessioni sull'approccio ai cambiamenti e sulla capacità di immaginare il futuro, sia dal punto di vista personale che da quello collettivo. Si passa allora dalla richiesta di elencare i grandi cambiamenti in corso e che potranno, secondo il punto di vista del lettore, caratterizzare i prossimi anni a quella di illustrare il significato del concetto di "fare la storia". La richiesta di identificare le differenze tra come la storia veniva fatta sul finire degli anni '90 e come la si fa oggi è dovuta alla volontà di comprendere il ruolo che i grandi cambiamenti sociali e tecnologici occorsi hanno eventualmente giocato in tal senso.

Infine, è stata chiesta un'opinione generale sul testo, lasciando la possibilità di segnalare i passaggi o i concetti che avevano maggiormente colpito il lettore.

Come si descriverà meglio nel capitolo successivo, per poter interpretare le risposte fornite dai cittadini di Dozza, sono stati coinvolti 4 fisici che, mediante un'intervista o mediante

riposte scritte hanno, hanno analizzato il testo di Bauman seguendo un questionario/protocollo leggermente modificato (cfr. Allegato 2).

2.2.2 Attività individuali sui concetti scientifici

La seconda attività, così come la prima, è stata inviata a tutti i 34 partecipanti. Come abbiamo già avuto modo di vedere, il contenuto della scheda è leggermente diverso a seconda del fatto che il singolo volontario avesse dato la disponibilità a partecipare al successivo incontro di gruppo. La scheda mandata ai partecipanti (cfr. Allegato 3) contiene tre attività dal contenuto scientifico: “*Crescete e non segregatevi!*”, “*Complesso ma (auto-)organizzato*” e “*Cicli di feedback: e la Natura prende il suo ritmo!*”, mentre quella spedita a chi, non partecipando all’incontro di gruppo, avrebbe così terminato il lavoro, contiene solo “*Crescete e non segregatevi!*” e “*Cicli di feedback: e la Natura prende il suo ritmo!*” (cfr. Allegato 4); la seconda attività era stata eliminata da questa scheda in modo tale da lasciare ai cittadini più tempo da dedicare ad una terza attività (“*Futuri immediati, possibili e desiderati per la città di Irene*”), che consisteva nella versione cartacea di uno dei due progetti svolti durante l’incontro in presenza.

Secondo l’opinione maturata nel gruppo di ricerca, l’approccio tipico della fisica dei sistemi complessi può sviluppare competenze (*hard skills*) le quali, a loro volta, possono fornire chiavi di lettura del mondo trasformandosi così in competenze di cittadinanza. Sulla base di questa ipotesi abbiamo proceduto con l’individuazione di strumenti che potessero rivelarsi idonei per formare competenze specifiche nell’ambito della scienza della complessità. A tal fine, Eleonora Barelli si è occupata di scegliere i concetti e le relative modalità di presentazione che potessero veicolare tali competenze. Le attività elaborate contengono concetti propri della disciplina (causalità circolare, auto-organizzazione, proprietà emergente, sistema), sviluppati in modo tale da poter essere quanto più comprensibili ad una platea comprendente un’ampia percentuale di persone non scientificamente formate, cercando il più possibile di non snaturarne o banalizzarne il contenuto scientifico.

Le caratteristiche generali delle attività possono riassumersi in due punti essenziali. In primo luogo è stata scelta la dimensione ludica come dimensione di apprendimento, per fare da tramite tra i concetti-chiave della teoria e la loro applicazione ad ambiti specifici; quello del gioco è un linguaggio universale, indicato anche per facilitare l’appropriazione di concetti e dinamiche di non immediata comprensione. In secondo luogo, la struttura stessa delle attività

è stata scelta per veicolare le competenze in oggetto: “Crescete e non segregatevi!” e “Complesso ma (auto-)organizzato” sono infatti attività di simulazione e proprio la simulazione è lo strumento usato in maniera complementare ai cosiddetti *big data* per lo studio dei sistemi complessi.

Il modo in cui le singole attività abbiano declinato le caratteristiche generali sopra descritte sarà spiegato nell’analisi che segue. Come visionabile negli Allegati 3 e 4, tutte le attività somministrate ai volontari sono state accompagnate da un’introduzione contenente l’obiettivo e la descrizione dell’attività stessa.

“Crescete e non segregatevi!”

La prima attività ha l’obiettivo di illustrare, attraverso una simulazione integrata in un “racconto giocabile” interattivo, i concetti di non linearità tra cause ed effetti e di proprietà emergente, applicandoli ad una dinamica di interazione sociale, secondo un modello scientificamente accreditato. Le proprietà emergenti, tipiche dei sistemi complessi, non sono spiegabili con un approccio riduzionista.

L’utilizzo del metodo della simulazione, integrato nell’attività stessa, permette di veicolare una competenza scientifica. Infatti nella fisica dei sistemi complessi le simulazioni sostituiscono, almeno in parte, la tecnica dell’esperimento. Grazie ad esse è possibile studiare il comportamento di sistemi, come quello sociale, che non si prestano ad essere esaminati tramite esperimenti (si pensi anche solo alle implicazioni etiche che avrebbe un tale approccio); la progettazione di software dalle caratteristiche opportune consente ai ricercatori di stabilire le proprietà e le caratteristiche del sistema da modellizzare; una volta fissati i parametri e le condizioni del sistema, il programma consente di studiarne l’evoluzione e, agendo in maniera controllata sulle condizioni, è possibile effettuare innumerevoli esperimenti riuscendo, in tal modo, a trarre conclusioni sulla dinamica e sulla natura del sistema considerato.

Questa specifica simulazione è basata sul modello di segregazione elaborato nel 1971 dall’economista americano Thomas Schelling. Esso dimostra come, a partire da poche regole banali, possano scaturire complesse proprietà emergenti. Secondo il modello di Schelling, in un sistema, composto da quadrati e triangoli che devono condividere una griglia comune, si considera come unica regola quella che porta un poligono a non essere soddisfatto della propria posizione (quindi a spostarsi) se meno di un terzo dei suoi primi vicini sono uguali a lui. Tale regola, relativa al comportamento del singolo individuo, è apparentemente innocua

ma, quando la si va ad applicare ad ogni poligono della griglia, emerge una nuova auto-organizzazione del sistema, riconoscibile nella formazione di ghetto. In questo modo si manifesta il fenomeno della “segregazione”.

Grazie al racconto giocabile interattivo i volontari sono stati guidati gradualmente nell’apprendimento della logica del problema, in modo tale da poter procedere all’esecuzione di diverse prove, arrivando anche a modificare la regola di preferenza dei singoli, così da poter studiare l’evoluzione del sistema all’aumentare o al diminuire del grado di “razzismo”.

Il tema della segregazione razziale, cui la simulazione può essere ricondotta, è stato scelto perché particolarmente adeguato a mostrare come i concetti scientifici possano fornire chiavi di lettura del mondo di oggi, favorendo il coinvolgimento e l’interesse.

“Cicli di feedback: e la natura prende il suo ritmo!”

L’obiettivo dell’attività è quello di introdurre il concetto di feedback e di causalità circolare, facendo uso di una *Ted-Lesson*.

In un video animato della durata di cinque minuti vengono descritti alcuni meccanismi regolatori naturali e viene illustrata l’importanza dei feedback negativi e positivi, facendo uso di una metafora musicale. In particolare il filmato mostra come l’auto-organizzazione stessa possa emergere a partire dal complesso substrato di cicli di feedback di bilanciamento e di rafforzamento. Nel video si sottolinea in modo particolare come la terminologia scientifica specifica dei cicli di feedback non corrisponda al significato che le attribuiamo nel lessico comune: gli attributi “negativo” e “positivo” non sono giudizi morali di “svantaggio” e “vantaggio”.

Il video è accompagnato da domande a risposta multipla ed aperte, per consentire un apprendimento on-line dell’argomento. Infatti, qualora sia fornita una risposta sbagliata, il lettore viene indirizzato al momento del video in cui il concetto in oggetto viene spiegato e può successivamente ritentare fino a quando non dà la risposta corretta. Nella pagina della video-lezione è inoltre presente un breve riassunto scritto del contenuto del video, con rimandi ad alcuni approfondimenti per il soddisfacimento di curiosità o eventuali interessi personali. Nell’area dedicata alla discussione, ciascun partecipante all’indagine può, se lo desidera, lasciare domande, commenti o osservazioni che tutti i partecipanti possono leggere e a cui tutti possono rispondere; in questo modo si rende possibile l’interazione tra volontari e ricercatori anche da remoto, senza dover attendere un incontro in presenza.

“Complesso ma (auto-)organizzato”

Questa attività è stata inserita solo nella scheda fornita ai 20 individui che hanno successivamente partecipato all'incontro di gruppo; non è stata sottoposta agli altri volontari per non appesantire ulteriormente il compito a loro richiesto. Essa ha l'obiettivo di mostrare come l'auto-organizzazione dei sistemi sia una proprietà che si mostra in senso bottom-up, a partire dal comportamento dei singoli, non in direzione top-down, a partire da piani regolatori.

Come per “Crescete e non segregatevi!”, lo strumento di cui questa attività fa uso è una simulazione ed ha per oggetto la vita in una foresta in cui vivono due specie vegetali: gli alberi ad alto fusto e gli arbusti. Tuttavia, mentre nella prima attività descritta l'utente era chiamato a seguire una traccia di scoperta della simulazione, in questa attività l'utente può personalizzare la simulazione, agendo sulle caratteristiche di ogni componente (il tasso di riproduzione e di morte) e sulle modalità di interazione tra le parti (incendi, soffocamenti, infestazioni), visualizzando sulla griglia le conseguenze che si manifestano a livello globale. In tal modo si mostra come l'auto-organizzazione del sistema foresta sia un fenomeno emergente, riconducibile alle interazioni e ai comportamenti spontanei delle sue componenti. La personalizzazione che viene richiesta all'utente per lo svolgimento di questa attività la rende più difficile rispetto a tutte le altre, nonostante siano stati presi degli accorgimenti per “tradurre” il linguaggio tipico della programmazione in un linguaggio logico-verbale.

A completamento dell'attività è stato fornito il link ad un video illustrativo del cosiddetto “gioco della vita”, inventato dal matematico John Conway. Questo modello computazionale riproduce, in maniera semplificata, la dinamica vitale di una cellula la quale muore se ha meno di due celle vicine vive (morte per isolamento) oppure se ha più di tre celle adiacenti vive (morte per sovrappopolazione), mentre sopravvive se ha due o tre celle vive adiacenti. La cellula può anche nascere se ha tre celle vive adiacenti (riproduzione). Da queste semplici regole, lasciando evolvere il sistema, emergono pattern geometrici che costituiscono un'altra manifestazione delle proprietà emergenti.

2.3 Attività di gruppo

Gli strumenti finora considerati fanno riferimento ad una modalità interattiva di tipo virtuale: tutti i giochi, le simulazioni ed i video descritti possono essere utilizzati singolarmente, attraverso il computer. Due attività del progetto, invece, sono state pensate per essere svolte dal vivo, in un contesto di gruppo: un gioco da tavolo (“*The Fishback game*” – cfr. Allegato 5) e un problema urbanistico (“Futuri immediati, possibili e desiderati per la città di *Irene*” – cfr. Allegato 8). La prima attività è stata pensata come completamento della fase di riflessione e acquisizione di concetti scientifici inerenti la complessità: dalla rinuncia alla linearità alla comprensione del concetto di feedback. Il gioco da tavolo si svolge in un contesto di competizione, nel quale i partecipanti, per vincere, devono tenere conto degli equilibri ambientali ed economici. La seconda attività, sulla città di Irene, invece, affronta il tema della pianificazione urbanistica: attraverso il confronto tra idee diverse, in una dinamica di gruppo, i cittadini sono chiamati ad applicare ad una città (sistema complesso per definizione) le competenze scientifiche maturate, con particolare riferimento al concetto di feedback e alle competenze di futuro.

I materiali, così come si presentano negli allegati, sono stati utilizzati in occasione dell’incontro in presenza svoltosi a Toscanella con 20 cittadini. Il gioco da tavolo è stato proposto e adattato da Eleonora Barelli, mentre il problema urbanistico è stato proposto dal sottoscritto.

I 20 cittadini presenti alla serata del 21/12/2016 sono stati suddivisi in cinque gruppi. La composizione dei gruppi è stata stabilita seguendo alcuni criteri:

- minimizzare, per quanto possibile, il grado di conoscenza reciproca tra i singoli componenti di ciascun gruppo;
- perseguire la massima eterogeneità in ciascun gruppo: sia dal punto di vista professionale che sotto l’aspetto delle competenze scientifiche pregresse. Per la valutazione di queste ultime, con particolare riferimento alla complessità, si è tenuto conto anche di quanto emerso dalla lettura dei questionari;

- considerazione delle risposte date al questionario (prima attività – cfr. Allegato 1). I volontari hanno palesato diversi stili di elaborazione del testo di Bauman. Anche in questo caso ho cercato di costruire i gruppi perseguendo la massima eterogeneità;
- considerazione, per quanto possibile, degli interessi e delle inclinazioni personali emerse in occasione del colloquio introduttivo. In ciascun gruppo sono presenti sensibilità diverse anche sotto questo aspetto.

In sostanza abbiamo cercato di realizzare le condizioni migliori per facilitare la manifestazione di dinamiche di gruppo virtuose e costruttive.

“The Fishback game”

La serata del 21/12/2016 si è articolata in due fasi principali. La prima di queste è stata caratterizzata dallo svolgimento di “The Fishback game”. Dopo l’introduzione complessiva alla serata - durante la quale la Professoressa Olivia Levrini ha brevemente riassunto le fasi della sperimentazione chiedendo ai partecipanti commenti relativamente alle attività scientifiche individuali - Eleonora Barelli ha illustrato il gioco e distribuito presso ciascun gruppo la scheda introduttiva (cfr. Allegato 5), le regole del gioco (cfr. Allegato 6) e le carte. Durante la presentazione del gioco, è stato chiesto ai partecipanti di farsi un’idea del concetto di vittoria.

Questo gioco da tavolo ha l’obiettivo di consolidare la rinuncia alla linearità, già introdotta dalla lettura del testo di Bauman e dall’esecuzione delle attività scientifiche precedentemente descritte. La dimensione ludica è stata scelta in modo che potesse veicolare una riflessione dinamica sui meccanismi di feedback, sul concetto di equilibrio di un sistema e sulle conseguenze a lungo termine delle azioni e delle intenzioni di ciascun giocatore.

Il Fishback Game, infatti, presenta una dinamica di gioco curiosa: da una parte risulta vincente il giocatore che accumula più ricchezze ma dall’altra, quando i concorrenti non riconoscono consapevolmente i feedback sottesi alle stesse regole di gioco, possono perdere tutti. Ecco allora che i giocatori, tra loro in competizione, sono chiamati ad esercitare le loro competenze scientifiche (in questo caso di riconoscimento dei meccanismi di feedback positivi e negativi) e a mettere in atto adeguate strategie individuali e collettive. Al termine del gioco abbiamo avviato una breve riflessione collettiva su quanto accaduto per poi distribuire, a ciascun partecipante, una scheda nella quale vengono riassunti i feedback positivi e negativi del Fishback Game (Allegato 7).

“Futuri immediati, possibili e desiderati per la città di Irene”

La seconda fase della serata è stata progettata con l’obiettivo di capire come le competenze disciplinari sviluppate nelle attività precedenti potessero contribuire alla soluzione di un problema urbanistico, veicolando così competenze di cittadinanza.

L’oggetto del problema urbanistico è l’organizzazione di supermercati nella piccola città di Irene. I partecipanti sono chiamati a mettersi nei panni del decisore pubblico che deve scegliere se concedere o meno la licenza di ampliamento ad una delle attività commerciali. La materia urbanistica è stata riconosciuta come interessante in quanto, ovviamente, un approccio rigoroso ad essa necessita di specifiche conoscenze tecniche, giuridiche, politiche e sociali ma, dal punto di vista culturale e non professionistico, risultano altrettanto importanti le competenze di cittadinanza, attraverso le quali si sviluppano la visione di insieme e la capacità di pianificare, collettivamente, un futuro desiderabile.

È su quest’ultimo punto che l’attività svolta ha voluto intervenire. L’approccio alla strategia decisionale può essere suddiviso in due fasi: nella prima (“*problem setting*”) si delinea la rappresentazione del sistema (complesso) città, del quale occorre riconoscere gli stakeholders e le interrelazioni principali tra questi, tenendo conto del fatto che ciascun elemento del sistema è legato a tanti altri attraverso specifiche dinamiche non lineari. Una volta fotografata la situazione della città attuale si passa alla seconda fase, orientata a costruire possibili immagini di futuro della città, all’individuazione di possibili obiettivi futuri e alla programmazione delle strategie più adatte a raggiungerli. In questa seconda fase i cittadini sono guidati a riflettere su come il concetto di feedback possa essere applicato anche ad un problema urbanistico e a sviluppare un vocabolario “*di futuro*” (concetto di *backcasting* e *forecasting*, distinzione tra futuro probabile, possibile e desiderabile), come diremo più in dettaglio.

La scheda consegnata a tutti i volontari (Allegato 8) riporta la descrizione del problema urbanistico della città di Irene e la traccia per l’analisi è suddivisa in tre parti.

La prima richiede ad ogni gruppo di fare l’analisi della situazione e di assumere la decisione conseguente (licenza di ampliamento concessa oppure negata). Ciascun gruppo è stato invitato a produrre una rappresentazione schematica del sistema città (gli attori coinvolti, le loro esigenze e le loro interazioni) e, sulla base di questo, ha immaginato le conseguenze connesse alla decisione da prendere. Le riflessioni si sono sviluppate attraverso una dinamica collettiva e hanno portato ciascun partecipante a prendere la decisione migliore dal proprio punto di vista. Prima di procedere con la seconda parte della scheda, i ricercatori si sono

suddivisi presso ciascun gruppo e hanno dato vita ad un breve momento di meta-riflessione (*focus group*). Coinvolgendo tutti i partecipanti si è cercato di capire quali conoscenze, competenze ed esperienze fossero state messe in atto per la soluzione del problema. L'obiettivo di questo momento di *focus group* era di comprendere se e con quale grado di consapevolezza le competenze scientifiche veicolate dalle attività precedenti fossero state impiegate nell'ambito del problema di cittadinanza.

La seconda parte della scheda è dedicata allo svolgimento, sul problema di Irene, di un'attività di *backcasting*. Lo scopo di questa attività era quello di applicare al problema urbanistico una metodologia di indagine molto nota nell'ambito dei *future studies*, equipaggiandola però con una riflessione sui contenuti scientifici maturati nelle attività precedenti, con particolare riferimento al concetto di feedback. Nel consegnare le schede, la dott.ssa Laura Branchetti ha introdotto brevemente la metodologia del *backcasting*, distinguendola dal più classico *forecasting*. Questa sezione dell'attività presentava ai cittadini due scenari possibili nel 2026, a distanza di dieci anni dalla situazione attuale, e chiedeva loro di individuare tre eventi (scelte di decisori politici o di privati, fenomeni economici, politici e culturali di larga o di piccola scala), accaduti in quell'arco temporale, che potessero aver portato ai due scenari. Inoltre, il *backcasting* è stato arricchito con la richiesta di individuare, per ciascuno scenario, un ciclo di feedback positivo ed uno negativo che avessero potuto giustificarlo. Al termine ed alla luce di queste riflessioni abbiamo chiesto ai vari gruppi se avrebbero preso nuovamente la decisione iniziale, oppure se avrebbero preferito cambiarla.

La terza ed ultima parte dell'attività consiste nella scrittura di uno scenario desiderabile per la città di Irene nel 2026.

CAPITOLO 3

Analisi dei dati raccolti e risultati della sperimentazione

3.1 Raccolta dati e domande di ricerca

Lungo le tre fasi della sperimentazione, sono stati raccolti diversi dati: 28 risposte scritte al questionario e 6 interviste individuali alle persone che hanno preferito questo tipo di risposta; 2 risposte alle domande che hanno seguito le attività scientifiche finalizzate a catturare se il cittadino avevo capito l'essenza dei concetti scientifici; 4 risposte per iscritto alla seconda attività da parte di chi non ha partecipato all'incontro di Toscanella; l'audio registrazione di tutto l'incontro avvenuto a Toscanella e di tutti i lavori di gruppo; le note dei ricercatori. Durante l'incontro a Toscanella sono stati effettuati 5 *focus group*, uno per ciascun gruppo. In ogni gruppo un ricercatore ha stimolato la discussione tra i membri chiedendo loro di pensare alle competenze che stavano usando per affrontare il problema e di condividere la loro riflessione con gli altri.

A due mesi dalla sperimentazione è stato chiesto ai partecipanti di rispondere ad un questionario di gradimento (cfr. Allegato 9). Le risposte ricevute sono state 14.

L'analisi dei dati è stata sviluppata per rispondere alle seguenti domande di ricerca:

- DR1. Qual era lo stato iniziale delle conoscenze di tipo scientifico ed epistemologico dei cittadini che hanno partecipato alla sperimentazione?*
- DR2. Le attività della sperimentazione hanno permesso di sviluppare competenze scientifiche sulla scienza della complessità?*
- DR3. Quali competenze sono state messe in atto nell'analisi della situazione corrente e nella valutazione e costruzione degli scenari possibili?*

Per rispondere alla prima domanda sono state analizzate le interviste e le risposte ai questionari. Inoltre, per capire meglio come cittadini di diversa formazione leggono e interpretano un testo ricco di concetti e termini scientifici, si è deciso di proporre la stessa attività a 4 esperti di complessità o comunque dalla forte formazione in fisica:

- Professor Eugenio Bertozzi, professore a contratto di Storia della Fisica presso il DIFA-UNIBO e contrattista presso il Deutsches Museum di Monaco;

- Professoressa Paola Fantini, docente di Matematica e Fisica presso il Liceo Scientifico “A. Einstein” di Rimini (ha da poco conseguito il Dottorato di Ricerca in Antropologia e Epistemologia della Complessità, Università di Bergamo);
- Dottor Enrico Giampieri, Ricercatore TDA in Fisica Applicata presso il DIFA-UNIBO;
- Prof. Gianni Zanarini, Professore associato in Elettronica (in pensione), DIFA-UNIBO e co-autore (insieme a R. Serra) del libro “*Sistemi complessi e processi cognitivi*”, Calderini, 1994;

Tre di queste persone sono state intervistate mentre una ha fornito le risposte soltanto per iscritto. L’analisi di questi dati è stata condotta al fine di interpretare, per similitudine o per differenza, le risposte fornite dai cittadini.

Per rispondere alla seconda domanda sono state analizzate le risposte dei cittadini alla seconda serie di attività e audio-registrazione del brainstorming iniziale dell’incontro a Dozza al fine di verificare se e quali contenuti scientifici i cittadini avevano capito e che significato hanno attribuito ai concetti di auto-organizzazione, causalità circolare e feedback.

Per rispondere alla terza domanda sono state analizzate le risposte scritte all’attività sulla città di Irene e le audio-registrazioni delle attività di lavoro di gruppo.

Prima di presentare i risultati di queste analisi, riportiamo una sintesi di quanto emerso dal questionario di gradimento.

3.2 Valutazione generale dell’esperienza da parte dei cittadini

Come scritto precedentemente, i vincoli della sperimentazione, fortemente legati alla presenza di cittadini adulti, hanno operato un filtro rispetto al numero di partecipanti alle varie fasi. Il diagramma della Figura 2.1 mostra quanti cittadini sono stati coinvolti nelle varie attività.

Due mesi dopo la fine della sperimentazione, per avere una prima idea di come i cittadini abbiano percepito e/o vissuto l’intera esperienza e di quanto si siano sentiti coinvolti nelle

attività, abbiamo proposto un “*questionario di valutazione sull’attività di cittadinanza scientifica*” (Allegato 9). Di seguito vengono presentati i risultati dell’analisi delle 14 risposte ricevute.

La prima attività (questionario sulla lezione di Bauman) ha attratto l’interesse dei cittadini. Come mostra la figura seguente, essi hanno mediamente impiegato molto tempo ad assimilare i contenuti del testo e a riflettere sulle risposte da fornire.

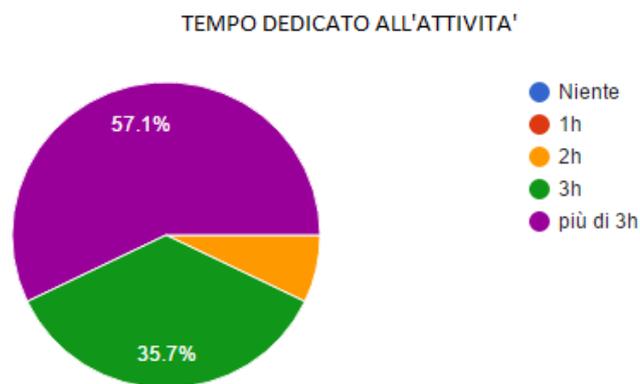


Fig. 3.1: Tempo dedicato dai cittadini al questionario sulla lettura di Bauman

Il riscontro ottenuto in merito al livello di interesse è molto confortevole e trova conferma nel tenore delle risposte dei partecipanti.

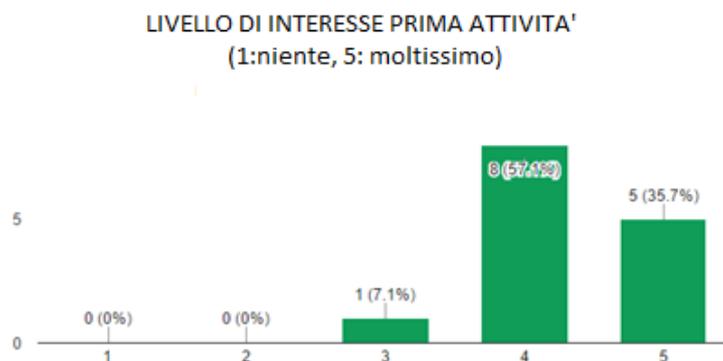


Fig. 3.2: Livello di interesse per la prima attività

Un aspetto molto importante da valutare, data la diversa natura delle attività che compongono il progetto, è l’efficacia della lettura introduttiva in termini di contestualizzazione dei

passaggi successivi. Il testo di Bauman è suddivisibile in due parti, una più vicina all'ambito scientifico e l'altra dalla matrice sociologica. Procedendo a ritroso possiamo affermare che esso si è rivelato utile ad introdurre la seconda e la terza attività, dai contenuti esplicitamente scientifici. Questo aspetto è mostrato con efficacia dal seguente istogramma:

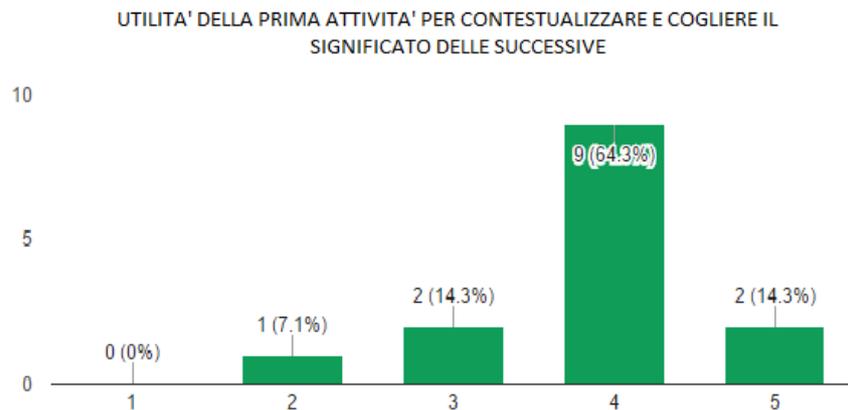


Fig. 3.3: Utilità della prima attività per contestualizzare e cogliere il significato delle successive

Il riscontro sulla seconda attività, incentrata sull'illustrazione dei principali concetti della complessità attraverso l'uso di video e simulazioni, è molto più variegato sia in termini di tempo dedicato sia per quello che riguarda il grado di interesse.

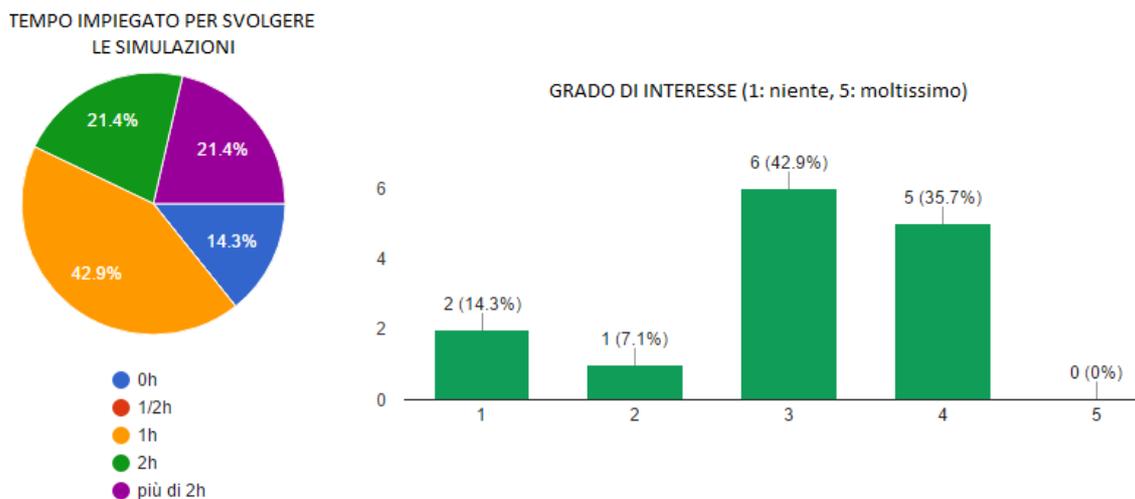


Fig. 3.4: Tempo impiegato e grado di interesse riferiti alla seconda attività

Da quanto appurato possiamo affermare che le reazioni alla somministrazione delle simulazioni sono di diversi tipi. Alcuni partecipanti non l'hanno compresa o comunque non hanno colto l'essenza del messaggio. Le motivazioni possono essere legate alla forma con la quale sono state presentate le simulazioni, al fatto che l'approccio è stato superficiale o, comunque, alla complessità intrinseca del tema, soprattutto per chi non ha una preparazione scientifica o tecnica. Molti volontari hanno probabilmente dedicato poco tempo all'attività. Alcuni di loro non l'hanno eseguita. La modalità ludica e quella della simulazione, sulla carta, appaiono molto indicate per trasmettere concetti, anche difficili, a chi non ha solide basi conoscitive: il linguaggio del gioco è universale. A seguito della somministrazione è emersa, da parte di qualche partecipante, una reazione di rifiuto o fastidio nei confronti di attività di questo tipo. Si tratta di un risultato interessante, difficilmente prevedibile, di cui tenere conto quando si progettano interventi dedicati ad una platea di persone adulte. Il livello di interesse appare quindi disomogeneo e questa tendenza è ancora più marcata se facciamo riferimento al grado di propedeuticità delle simulazioni nei confronti della successiva attività di pianificazione urbanistica ("Futuri immediati, possibili e desiderati per la città di Irene"). Il filo logico tra le due esercitazioni appare più evidente a chi non ha partecipato all'incontro di gruppo: questi volontari hanno svolto le simulazioni e l'esercizio su Irene contestualmente. I partecipanti all'incontro di Toscanella, invece, hanno affrontato il problema urbanistico in una dimensione di gruppo e dopo diverso tempo dall'esecuzione, peraltro non sempre avvenuta, della seconda attività (*"Il testo di Bauman è stato interessante sotto il profilo scientifico e artistico, mentre quello di Irene mi ha coinvolto dal punto di vista socio politico. Il fatto di non aver svolto il secondo test forse mi ha impedito di cogliere l'aspetto scientifico di Irene..."*).

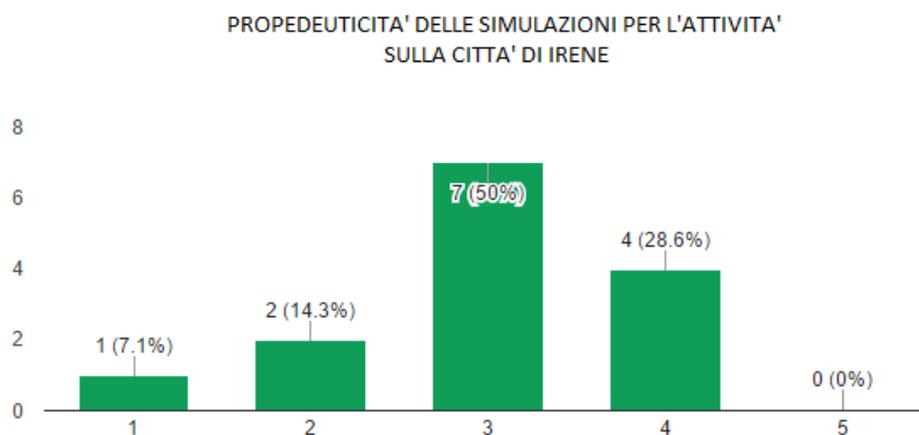


Fig. 3.5: Livello di propedeuticità delle simulazioni per lo svolgimento della successiva attività di pianificazione urbanistica

I volontari che hanno preso parte all'incontro di gruppo hanno svolto anche il "Fishback game". Di seguito viene riportato l'istogramma che illustra quanto è risultato efficace il gioco per facilitare la comprensione di alcuni concetti chiave della complessità: sistema, feedback ed equilibrio.

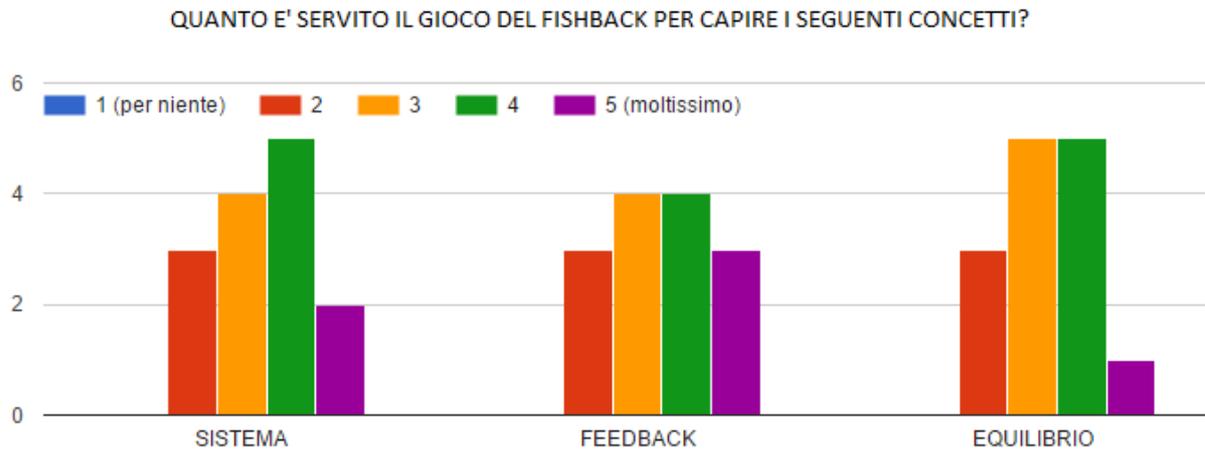


Fig. 3.6: Utilità del Fishback game per comprendere i concetti di sistema, feedback ed equilibrio

Anche se il tempo a disposizione per imparare a giocare è stato oggettivamente poco (*“Un po’ di rodaggio avrebbe facilitato il tutto”*), questi dati sono molto confortanti (*“Molto interessante il concetto di feedback in una accezione più vasta e razionale del semplice uso del termine usato nei film”*). Lo strumento del Fishback appare dunque molto promettente, anche per utilizzi futuri: la sua introduzione in un percorso di apprendimento sul tema della complessità, se opportunamente calibrata nel tempo, può essere utilissima.

A questo punto siamo giunti all'analisi del grado di interesse sul problema urbanistico ambientato nella città di Irene (terza attività). Il seguente istogramma lo rappresenta efficacemente.

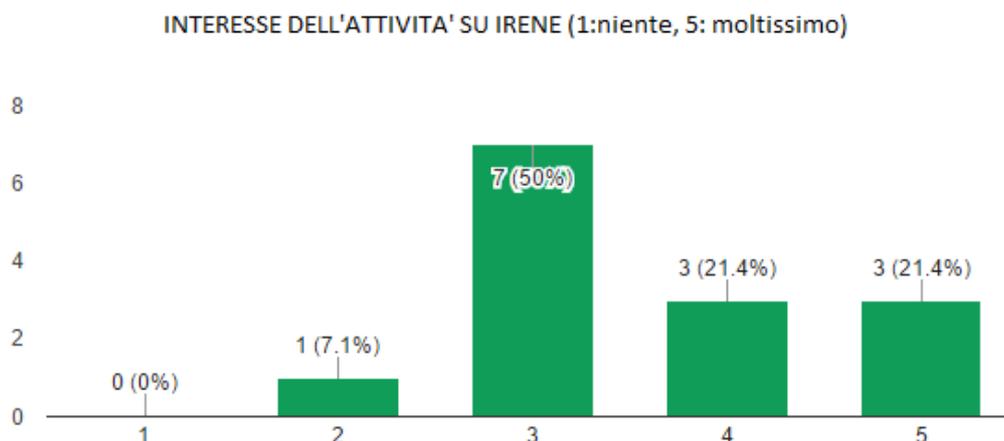


Fig. 3.7: Livello di interesse dei cittadini per l'attività di pianificazione urbanistica

Il riscontro è soddisfacente ma, così rappresentato, appare molto generico. Abbiamo dunque deciso di porre un'ulteriore domanda, pensata per individuare con più precisione le caratteristiche che rendono il problema di Irene interessante. In particolare abbiamo chiesto quanto l'attività si sia rivelata utile per

- A) Innescare una metodologia "particolare" di discussione;
- B) Conoscere altri punti di vista ed ampliare il proprio punto di vista personale;
- C) Applicare concetti scientifici già introdotti nelle attività precedenti ("*sistema*", "*feedback*");
- D) Esplorare le possibili metodologie di analisi di un problema;

Gli istogrammi riportati di seguito illustrano quanto emerso:

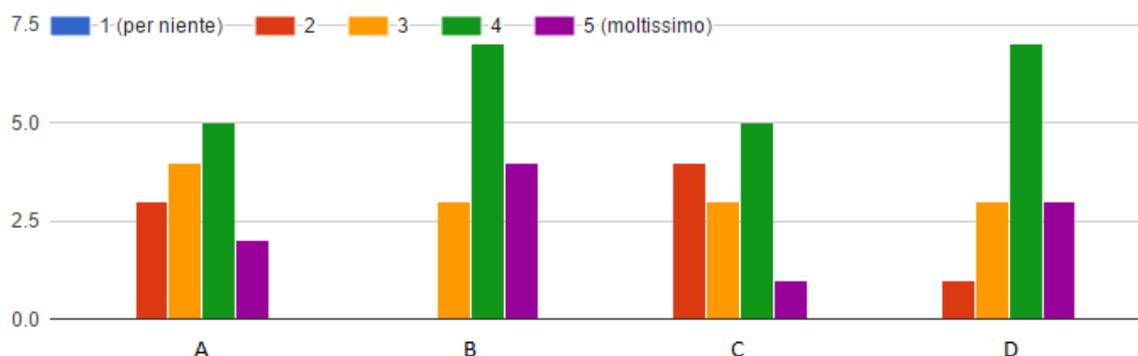


Fig. 3.8: Livelli di utilità percepiti per l'attività di pianificazione urbanistica

Questa esperienza è stata vissuta come una importante attività di cittadinanza attraverso la quale ciascun partecipante può accrescere il proprio grado di consapevolezza personale e, al contempo, imparare ad considerare il punto di vista altrui. Anche in questo caso il tempo a disposizione non è stato sufficiente ma, malgrado ciò, molti volontari hanno sostenuto che sarebbe importante riproporre attività di questo tipo a livello civico, nei contesti cittadini. Riportiamo, perché molto significativi, alcune considerazioni emerse a proposito dell'attività sulla città di Irene:

- “E’ stata utile per comprendere la difficoltà dei processi di valutazione decisionale, che possono ottenere risultati contrari a quelli desiderati pur con le migliori intenzioni e valutazioni iniziali”;
- “Importanza del lavoro di gruppo, ascoltare le idee degli altri componenti del gruppo e studiarle assieme”;
- “Conoscere altre persone in una situazione intelligente, in cui non si deve dimostrare niente a nessuno, ma, al tempo stesso, non si deve nascondere ciò che si è”;

Il successo della sperimentazione, per quanto riguarda la dimensione politica della cittadinanza scientifica, appare con grande chiarezza. Il questionario finale si chiude con la richiesta di fare un commento generale sull'intero progetto. Dalle opinioni dei partecipanti è possibile percepire il grande interesse riscontrato dalla ricerca. Nel caso di una futura riproposizione sarebbero opportuni alcuni accorgimenti di tipo metodologico (più tempo a disposizione per svolgere le attività, rafforzamento e/o parziale rimodulazione della seconda attività). Riportiamo di seguito alcuni commenti generali, raccolti al termine del questionario sul gradimento:

“Progetto molto interessante! Solo un appunto! Per quanto mi riguarda, per poter rispondere in modo adeguato alle domande era necessario avere molto tempo a disposizione e, per consegnare nei termini compatibilmente con gli impegni di lavoro, forse a volte ho sacrificato la completezza delle risposte. Forse un questionario più semplice o più breve mi avrebbe aiutata”;

“Il progetto è parso molto interessante e innovativo nel porre di fronte a testi, fonti, problemi con cui non ci si confronta di solito nel proprio campo di attività”;

“E' stato molto interessante partecipare a questo progetto, perché tra le altre cose mi ha permesso di ampliare le mie conoscenze e di testarne praticamente altre (anche se sotto forma di simulazione), finora usate principalmente in via teorica”;

“Grazie per avermi dato questa opportunità, è stata una esperienza molto originale e interessante”;

“Non avendo alla base una formazione specifica ho incontrato qualche difficoltà, ma è stato interessante partecipare. Questo perché mi ha portato poi ad approfondire alcuni aspetti e concetti emersi nelle varie fasi”;

“Progetto di vasto respiro per la comunità. La comunità si consolida, e la cittadinanza si realizza”;

“Metodologia non affidabile”;

“Anche se ho avuto qualche difficoltà dovuta al mio " modo di essere", la ritengo positiva”;

“Argomenti interessanti, ma andrebbe loro dedicato molto più tempo. Parlo di tutte le attività e soprattutto della serata conclusiva”.

3.2 Prima fase di analisi: lo stato iniziale delle conoscenze

Come anticipato, per interpretare le risposte dei cittadini, si è chiesto a quattro fisici di svolgere l'attività sul questionario di Bauman, così da offrirci la possibilità di confrontare diversi atteggiamenti e approcci al testo. Nel paragrafo che segue riportiamo le considerazioni degli esperti.

3.2.1 La lettura del testo di Bauman da parte di esperti

L'analisi del testo di Bauman da parte degli esperti mostra alcuni atteggiamenti ricorrenti, che hanno accomunato le risposte e consentito di caratterizzare l'approccio esperto alla lettura del testo. Pur essendo molto rilevante il punto di vista di ogni esperto, emerso grazie ad alcuni elementi idiosincratici interessanti che hanno reso ogni analisi personale, ci sono infatti caratteristiche di fondo comuni.

I punti chiave sono quattro:

- a. Riconoscimento e analisi critica dei termini e dei concetti scientifici (dimensione “*tecnica*”);
- b. Riconoscimento e analisi critica del significato metaforico dei termini scientifici a sostegno di argomentazioni di tipo sociologico e individuazione delle implicazioni di tipo epistemologico dell’uso di tali termini nel contesto in esame (dimensione “*epistemologica*”);
- c. Individuazione della tesi sostenuta dal sociologo e presa di posizione personale rispetto a tale tesi e al modo in cui la tesi è stata sostenuta e argomentata (dimensione “*personale*”);
- d. Individuazione dello scopo generale (utilizzare la scienza per sostenere una tesi e/o per cercare chiavi di lettura del mondo e offrire strumenti di cittadinanza), suggerimento di modifiche (puntualizzazioni, integrazioni, sostituzione di concetti con altri, ecc.) per rendere il messaggio più accettabile, più forte o più adatto (dimensione “*comunicativa/formativa*”);

Nella discussione che segue si farà riferimento alle precedenti dimensioni, presentando alcuni esempi tratti da interviste e questionari agli esperti e mettendo in evidenza i tratti comuni che giustificano la categorizzazione.

Dimensione tecnica ed epistemologica

Come anticipato nella descrizione della prima attività nel capitolo 2, alcuni termini scientifici sono definiti e sono usati dal sociologo per costruire dapprima un linguaggio e poi un’argomentazione a favore del “*fare la storia*” e “*scrivere il futuro*”.

Questi termini sono stati ovviamente riconosciuti dagli esperti e ne è discussa, in primo luogo, la correttezza dal punto di vista della definizione.

Prima di entrare nel merito dei concetti specifici, riportiamo alcune frasi in cui è sottolineata l’importanza di concetti che vengono dalla scienza della complessità (definizione di sistema complesso, auto-organizzazione, sensibile dipendenza dalle condizioni iniziali) abbiano una

portata culturale ampia e possano essere importanti per interpretare fenomeni sociali, culturali o economici.

“Un [concetto sicuramente importante per la cittadinanza] è quello dell’auto-organizzazione. Qualunque sistema organizzato in qualche modo non è organizzato a priori (è chiaro che nei sistemi umani la cosa è più complessa perché ognuno ha non solo le sue idee ma una certa visione dell’insieme, anche se non completa... anche perché, come diceva Borges, l’unica carta perfetta coincide con il territorio). Le leggi, le regole, i proclami organizzativi sono elementi di una realtà che è molto più complessa ed è costruita dall’agire. Per esempio, pensavo l’altro giorno ad Aleppo di cui ora nessuno parla più (ci vengono a noia le notizie... durano tre giorni! Mentre quelli là son sempre là). Erano isolati: nessun rifornimento, eppure vivevano. Si era creata un’organizzazione complicatissima ma fatta di piccole cose che permetteva di sopravvivere. Un’organizzazione completamente diversa rispetto all’insieme di regole del prima. Ogni struttura organizzativa non è descritta dalle regole ma dal mettere in atto concretamente! Nel caso di uno stormo di uccelli o di pesci... loro probabilmente seguono regole semplicissime. Chi ha fatto simulazioni dice: stanno vicini gli uni agli altri senza urtarsi, vanno sempre verso il centro e si muovono. Poche regole ma creano organizzazioni. Le formiche... dove addirittura ci sono retroazioni a livello biologico per cui i singoli individui si trasformano in specializzati.”

“[...] per sistema complesso si può intendere l’insieme di parti e delle relazioni che ci sono tra loro, un insieme di cui sono possibili descrizioni e modellizzazioni a livelli e da punti di vista diversi. La complessità nasce dall’insufficienza di una descrizione unitaria, dalla possibilità di privilegiare variabili diverse, indicatori diversi, livelli spazio-temporali diversi, e dalla relazione tra questi mondi diversi che creiamo attraverso le descrizioni. Così, ad esempio, il mondo delle dinamiche politiche influenza ed è influenzato dal mondo dell’economia, il mondo delle felicità individuali influenza ed è influenzato dal mondo dei cambiamenti culturali, ecc. E poi ci sono ordini o disordini, reversibilità o irreversibilità in una certa prospettiva che in un’altra sono incomprensibili e imprevedibili. Può darsi che anche la scienza, nel suo piccolo, possa aiutare a capire meglio questi concetti. Che relazione c’è tra le celle di Bénard e

il movimento delle singole molecole del fluido? Come descrivere la misteriosa relazione circolare tra questi due livelli di descrizione del sistema?”

L'importanza di diversi concetti scientifici che provengono dalla scienza della complessità è riconosciuta, dagli esperti, a diversi livelli, tra cui per l'immagine di fisica e il messaggio che possono veicolare (dimensione epistemologica):

- a) Sono concetti che, di fatto, hanno orientato l'applicazione della fisica in ambiti molto interdisciplinari, dalla sociologia, all'economia, alla politica, allo studio di problemi urbani e di cittadinanza;
- b) Sono concetti che la fisica, attraverso la sua modellizzazione, ha esplorato, elaborato e declinato, mettendo in evidenza la problematicità di fare previsioni e la necessità di contestualizzare il problema, definire un sistema e stabilire la scala spazio-temporale e il livello (macro-micro) della descrizione.
- c) Sono concetti che possono aiutare un cittadino a trattare con serietà e responsabilità temi sociali oggi molto importanti quali la disinformazione scientifica veicolata dalle *fake-news*, *echo-chambers* e *gatedcommunities*.

E' interessante notare come gli esperti, nella lettura del testo, abbiano riconosciuto una dimensione scientifica anche dove non è così evidente e, a partire dal testo, abbiano individuato diversi punti dai quali hanno sviluppato considerazioni di tipo scientifico.

“[...] nella parte finale del testo (mixofilia, mixofobia) mi pare di cogliere tra le righe altri elementi caratteristici della complessità che forse potevano essere più esplicitati (ma ancora una volta sicuramente l'obiettivo di questo testo era atro...). Questi elementi sono differenziazione e la connessione.

La differenziazione comporta eterogeneità, disordine e un sistema disordinato è descritto solo statisticamente. La connessione comporta organizzazione tra le parti, ordine e un sistema ordinato può essere interamente descritto.

Un sistema complesso si colloca tra ordine e disordine (al “margine del caos”).

Siamo abituati a considerare perturbazioni e fluttuazioni nella loro accezione negativa in quanto associate a distruzione di ordine e creazione di rumore; perturbazioni e

fluttuazioni invece, amplificandosi, possono dare origine a una nuova organizzazione, tra le tante possibili, a nuove proprietà del sistema”.

Gli esperti non si esimono tuttavia dall’esprimere perplessità sull’utilizzo tecnico dei termini.

Le principali critiche riguardano:

- La definizione di turbolenza;
- Il riferimento a Prigogine per definire l’irreversibilità;
- La sovrapposizione tra irreversibilità e instabilità;
- La mancanza di precisione nel definire i sistemi, le scale spazio-temporali dei fenomeni e, dunque, nel definire il tipo di incertezza che si può attribuire alla capacità predittiva dei modelli.

Riportando le parole degli esperti:

“Turbolenza è giustamente legata al caos deterministico e si riferisce a sistemi per cui l’orizzonte temporale è estremamente limitato. Dà però questa definizione [leggendo dal testo]: ‘ La turbolenza è la condizione in cui la maggior parte delle cose può accadere – magari persino tutte le cose immaginabili –, ma per cui nulla può essere fatto con certezza assoluta.’ E’ una definizione che si usa nella meccanica dei fluidi e non è trasportabile nel resto dei sistemi caotici. Si fa un passaggio linguistico all’interno della fisica. Utilizza una definizione non sbagliata ma incorretta: è uno stretching di una proprietà dei sistemi caotici che fondamentalmente dice: dagli un po’ di tempo e questo visiterà un po’ tutti gli stati. Però questa non è equivalente al peso che gli dà: ‘non posso sapere nulla di quello che succederà’. Se vado a descrivere la probabilità di un evento, tutti gli stati ‘a cui ho accesso’ (non tutti gli stati immaginabili, però, perché ci possono essere situazioni patologiche) sono possibili. Però il fatto che siano possibili non significa che siano plausibili. Parlando di termodinamica classica: esiste una probabilità non nulla che tutto l’ossigeno di una stanza si concentri in un punto, ma nessuno va in giro coi respiratori per la paura che questo evento accada. Il fatto che una cosa sia possibile non significa che sia plausibile.”

“...secondo Bauman [l’irreversibilità] è una proprietà... ‘la fisica ha dimostrato che è una proprietà ontologica del mondo’. Se la frase fosse questa, sarei perplesso. È un po’ l’idea di Prigogine. Se voi andate a vedere i suoi libri, questa dimostrazione... a parte il fatto che c’è sempre in lui una sovrapposizione-confusione tra realtà e modelli. Per lui realtà e modelli sono un po’ la stessa cosa. Se io dimostro matematicamente che in certe situazioni c’è un fenomeno di irreversibilità perché c’è una dipendenza sensibile dalle condizioni iniziali, ho dimostrato che questo c’è nella realtà. I problemi sono due: uno che il modello e la realtà possono essere anche solo tangenti, e poi perché lui in effetti arriva a un punto culminante, per esempio nel suo libro più famoso, e rimanda a certi matematici russi misteriosi, mai tradotti. Per esempio, l’approfonditissimo studio di Neri [nella sua tesi di Dottorato] ti fa vedere che puoi fare vari modelli a diversi livelli di aggregazione e in alcuni trovi irreversibilità e in altri no.”

“Irreversibilità e instabilità non sono necessariamente legate. La definizione di irreversibile non è triviale [...] l’instabile è un qualcosa che si allontana da un punto di equilibrio, tipicamente in maniera esponenziale. In generale questo non impedisce che il sistema possa tornare lì vicino (nella doppia buca il picco centrale è instabile ma il sistema può oscillare in modo regolare passando continuamente per il punto instabile). L’instabilità non è necessariamente sintomo di irreversibilità. L’irreversibilità è un concetto locale, non globale. Se consideriamo una catena di Markov simmetrica (random walk) abbiamo un processo reversibile. Se prendiamo un random walk in cui posso fare solo passi avanti allora sarà irreversibile. Se lo definisco su un anello chiuso e non sulla linea dei reali ho una locale irreversibilità ma globalmente ho una reversibilità. Bisogna fare una distinzione tra locale, mesoscopico e globale nei sistemi complessi. [...] Il problema della scala sarebbe stato rilevante ma Bauman non lo cita.”

“Andrebbe considerata meglio l’incertezza nei due significati che può assumere nella scienza: classica (epistemica e migliorabile) e quantistica (ignoranza non epistemica).”

“Il manifesto di Laplace è assolutista. Se sapessi tutto e potessi calcolare tutto potrei sapere tutto dell’evoluzione del mondo in un futuro lontano arbitrariamente. Ma non conosciamo tutto. Al diminuire della mia certezza il valore delle mie previsioni (in

termini di tempo) scala proporzionalmente. Nel caos deterministico la proporzionalità tra precisione e previsione è di tipo logaritmico. Ho un orizzonte temporale di imprevedibilità. Prevedere entro un certo limite è economicamente infattibile. [...] Il problema delle previsioni meteo è che non riusciamo ad andare oltre i 3-4 giorni anche se abbiamo una buona confidenza sull'andamento generale. C'è differenza tra il breve e il medio termine. Posso avere sistemi caotici nel breve termine e deterministici nel lungo termine (non che tempo sarà tra una settimana ma so che a luglio sarà caldo)."

"Nel momento in cui ci riferisce alle gated communities, le si tratta come sistema isolati e si parla di normale e diverso, ma si omette il fatto fondamentale che la nozione stessa di diverso e normale dipende dalla scelta della comunità e dalla scala di analisi del problema. Tutto è trattato considerando casi estremi (es. popolazione/immigrati) senza che questo sia esplicitato."

Le critiche, che pure sembrano rivolte all'utilizzo tecnico dei termini, in realtà sono rivolte al loro utilizzo metaforico (*"Dal punto di vista della persona che non conosce i termini, l'uso è dignitoso, ma nel dettaglio tecnico ci sono incorrettezze che non giustificano l'uso in questione"*) o, più nello specifico, al loro utilizzo epistemologico:

- a) le imprecisioni diventano veicolo di una visione di scienza che gli esperti non trovano sostenibile;
- b) le imprecisioni non danno particolare enfasi ad altri aspetti che avrebbero invece rafforzato l'argomentazione.

In relazione al primo punto, si contesta soprattutto l'uso retorico dei concetti fisici che fa leva sull'autorità della scienza *"Se lo dice la scienza, allora..."* che può portare sia ad un eccesso di fiducia sia ad un eccesso di sfiducia nei confronti delle discipline scientifiche:

"Sicuramente da Bauman il discorso è questo qua: "la scienza che è scienza e non chiacchiera mi ha detto che c'è l'irreversibilità e l'incertezza e piccole cause... [...] C'è bisogno della scienza per parlare di irreversibilità? Se io brucio un foglio di carta, non ho già fatto un processo massimamente irreversibile? Citiamo qualunque cosa: la vita e la morte, se vogliamo essere tragici; la matita; il fuoco che si accende; gran

parte delle reazioni chimiche. È l'esperienza quotidiana, anche della realtà inorganica. [...] questi sono argomenti retorici per cui come argomento retorico si può usare anche una specie di iperbole... "La scienza..." mettendo la S maiuscola."

"Perché Bauman dice che Laplace, attraverso questo manifesto, ha elevato la scienza al rango di massima autorità? Quale scienza o visione scientifica c'è alla sua base? Si presenta la scienza in modo autoritario e usa termini come 'la scienza insegna' o 'elevare al rango'. Sono termini quasi religiosi e c'è l'idea che la scienza sia un laboratorio di verità diffuse e che la scienza serva a interpretare i fenomeni sociali ma non ne sia influenzata. La scienza respira, è una specie di corpo nero, assorbe e riemette."

"Alcuni termini [incertezza e turbolenza, se trattate in modo incauto] hanno un grosso impatto nella visione del mondo che si può avere e si può fare una discussione di termini come chiave di lettura e delle conseguenze degli shift sulla visione del mondo da parte delle persone. Per quanto riguarda l'immagine della scienza nella divulgazione, nell'immaginario, la scienza è oggi vista nei termini della incertezza (è imprevedibile ciò che fa lo scienziato e crea disastri, lo scienziato non sa prevedere le sue conseguenze, è una roulette russa): questa visione di incertezza è permeata nella società ed è la visione dominante."

"Usare turbolenza e instabilità come nuovi strumenti per interpretare il mondo richiede un cambio nella visione del mondo come nel Seicento (da un modo di "qualità" e "mutamento" ad un modo di "quantità" e di "stati" successivi), ma qui viene fatta passare come una cosa semplice invece non lo è né da un punto di vista tecnico né dal punto di vista della sua possibilità di generare un cambio di prospettiva."

In relazione al secondo punto (le imprecisioni non danno particolare enfasi ad altri aspetti che avrebbero invece rafforzato l'argomentazione), un commento interessante di un esperto è:

"Che cosa ora ci fa passare ad un mondo in cui instabilità e turbolenza non possono più essere nascoste come polvere sotto il tappeto? Dato che la visione di Laplace è stata sviluppata abbastanza ampiamente da Bauman mi sembra che il passaggio da un

mondo dell'essere ad un mondo del divenire avrebbe potuto essere più argomentata. Mi pare che non sia stato messo in evidenza con abbastanza enfasi che considerare un mondo complesso significa studiare i fenomeni senza 'toglierli' dall'ambiente cioè considerare molti elementi che interagiscono tra loro e con l'ambiente in modo non lineare, che esiste una relazione circolare tra il tutto e le parti. Questo avrebbe reso più chiaro anche il perché, citando lui, 'la complessità accentua l'importanza dell'azione imprevedibile, inattesa, dell'individuo'”

Da tutte queste considerazioni si può osservare che gli esperti non perdono mai di vista che il testo sia una *Lectio magistralis*, pensata per la divulgazione, quindi necessariamente i termini sono stati definiti operando delle semplificazioni. Questo aspetto è ritenuto, ovviamente, necessario. Dei termini scientifici non è quindi analizzato tanto il rigore prettamente scientifico, quanto l'accettabilità dell'uso metaforico o interpretativo che se ne fa nel testo.

Gli esperti colgono tutti questi aspetti, riconoscono le semplificazioni potendo contare su una conoscenza più ampia rispetto a quello che è riportato nel testo e mettono in evidenza le semplificazioni operate, gli aspetti che l'autore coglie e definisce in modo appropriato, ma anche quelli di cui fa un uso ritenuto discutibile o incauto dal punto di vista epistemologico.

Dimensione personale e dimensione comunicativa/formativa

Oltre al riconoscimento dei termini e della dimensione epistemologica, gli esperti individuano la tesi sostenuta da Bauman e ne propongono una lettura personale basata sulla loro concezione di quale sia o quale dovrebbe essere la relazione tra concetti scientifici, modi di vedere il mondo della scienza e possibilità di offrire competenze di cittadinanza.

Vediamo alcuni argomenti, parafrasando e sintetizzando quattro posizioni emerse, da quelle più positive a quelle più critiche:

- Il testo di Bauman, anche se parziale e in diversi aspetti non abbastanza approfondito, dà lo spunto per riflettere su un possibile cambiamento di prospettiva nella scienza e su come questo cambiamento possa aiutare a interpretare fenomeni della contemporaneità. Questo cambiamento ha un grande valore educativo e culturale perché apre spazi di speranza in un momento socio-politico difficile: “[Si è passati da un mondo – quello di Laplace – in cui] il tempo è un parametro, ‘luogo’ in cui si

dispiegano le traiettorie, 'luogo' in cui evolve il sistema seguendo leggi predittive e necessitanti, ad un mondo in cui il tempo non è soltanto chrònos ma anche kairòs, momento favorevole, opportunità di creatività e novità”.

- Il testo di Bauman, soprattutto nella parte sociologica, è interessante. In particolare, *“la creazione delle persone superflue è un concetto molto interessante e drammatico anche. Proprio superflue in quanto persone, non che una loro funzione non serve più. Poi il tema delle migrazioni su cui nessuno riesce a tirarci fuori una soluzione”.* E’ ritenuto anche *“importante quando lui insiste diverse volte dicendo ai giovani ‘impegnatevi perché anche una piccola cosa può portare grandi effetti’.* [Questo aspetto] *però io faccio vedere le equazioni climatiche o i tre corpi dove un piccolo cambiamento nelle condizioni iniziali mi porta da un’altra parte, faccio vedere il battito d’ali”.* Tuttavia per passare questo messaggio ci possono essere diverse strade e diversi messaggi epistemologici. Quella proposta da Bauman, basata sulla visione di Prigogine, invoca l’autorità della scienza che dice *“come è fatto il mondo”*, con questi esempi ti *“ho spiegato la realtà”.* Un’altra strada possibile e, secondo l’esperto, decisamente preferibile è: *“quello che [noi scienziati] facciamo vedere sono modelli matematici. È più il mondo di carta che noi costruiamo [costruendo i modelli nella fisica] che ci dà, per analogia, delle idee che piccole cause portano grandi effetti”.* Si tratta, questa, di una visione più modesta ma anche più critica e problematica della scienza.
- Nel testo di Bauman, *“manca una parte costruttiva: non è che l’incertezza sia negativa o depressiva, la cosa da imparare è come gestirsi nell’eventualità, maturare formae mentis per non irrigidirsi davanti all’eventualità; è importante non confondere questo con il decisionismo, è importante conoscere dei vocaboli da distinguere per arrivare al concetto fondamentale: saper cogliere occasioni in senso positivo. Il rischio è quello di far passare il messaggio che l’incertezza della scienza implica un’incertezza globale sulla società e quello che può accadere a tutti i livelli. Non bastano Gramsci e Avel, usati perché famosi, ma andrebbe costruito un vocabolario.”*
- La scienza ha mostrato che fare previsioni a medio termine è molto difficile e per questo il messaggio di Bauman ‘dobbiamo fare la storia’ fa sorgere dubbi: *“Il ‘non*

possiamo prevedere, allora bisogna prendere in mano le cose e fare la storia' mi lascia perplesso: questa argomentazione soffre del problema della previsione, è antitetico al discorso fatto prima: non so prevedere il risultato di un'azione, quindi la mia intenzione nel cambiare le cose non basta, la mia azione può essere antitetica ai risultati che vuoi. Questo è importante per le richieste di intervento rapido, oggi è un problema importante.” “La chiamata al “fare la storia” è in netta contrapposizione e contraddizione col discorso precedente: non si possono fare previsioni all'indietro e non si può sapere esattamente cosa una azione implica sul medio termine (previsione mesoscopica) quindi non è positivo incitare al fare, ma magari sarebbe opportuno incitare al riflettere per cercare più informazioni e ampliare lo sguardo.” In questa prospettiva, è importante che la scienza, quando si pone l'obiettivo di educare della cittadinanza e a un pensiero scientifico in grado di capire e affrontare meglio il presente, ponga particolare attenzione al tema dell'accesso all'informazione e al ruolo dell'azione: si ritiene che si debba incoraggiare a riflettere e cercare di sapere più, comunicare la concezione di scala temporale della previsione e del sistema di riferimento adottato per individuare e descrivere un sistema e far capire su quale scala ha maggiore peso l'incertezza.

L'analisi condotta sulle risposte degli esperti rappresenterà il quadro di riferimento per l'analisi delle risposte fornite dai cittadini di Dozza. Come si vedrà, l'aspetto che emerge con maggiore chiarezza è che, a differenza di quanto accade con gli esperti, soltanto per qualche cittadino le diverse dimensioni dell'analisi (tecnica, epistemologica, personale e formativa) sono tra di loro integrate. Il più delle volte accade che il contenuto tecnico sia riconosciuto ma non rielaborato epistemologicamente oppure che non sia riconosciuto affatto e l'analisi è condotta in modo personale ma soltanto sulla base della propria esperienza o del buon senso.

3.2.2 La lettura del testo di Bauman da parte dei cittadini

Per confronto, è emerso che solo pochi cittadini, nonostante la guida delle domande focalizzate sui concetti scientifici, hanno riconosciuto la portata della dimensione scientifica ed epistemologica del discorso di Bauman. Solo le persone che hanno riconosciuto queste dimensioni sono state in grado di reinterpretare i concetti utilizzati da Bauman in modo

personale e di sostenere il loro ragionamento utilizzando le competenze derivanti dalle suddette dimensioni.

Più in generale, sono state identificate tre tipologie di risposte: i) risposte di tipo “(scientifico-)tecnico”; ii) risposte di tipo “(scientifico-)epistemologico”; iii) risposte di “buon senso”.

La prima tipologia di risposte, caratterizzata da un approccio “tecnico/scientifico”, è riconoscibile dalla focalizzazione dell’analisi sui contenuti scientifici del testo, dei quali sono date definizioni e/o interpretazioni accettabili. Tuttavia la dimensione scientifica rimane scollegata dalla tesi sociologica generale anche perché i concetti scientifici non sono rielaborati epistemologicamente, ovvero non si riflette sul loro ruolo e significato nel delineare possibili visioni del mondo. In questo caso il volontario si limita a ripercorrere i temi affrontati da Bauman, traducendoli in modo accettabile dal punto di vista tecnico. Un esempio tratto da un’intervista è il seguente:

“Laplace e i deterministi [...] credevano che nell’Universo e nella vita nulla è lasciato al caso, tutto è regolato da leggi precise, ogni cosa ha una causa e un effetto: se si capiscono le leggi si può pervenire alla certezza, alla conoscenza del futuro. Tutto questo ha stimolato... ha conferito un ruolo fondamentale alla scienza e, in ultima analisi, ha portato a grandi risultati in altri campi (sociale, economico, medico). Successivamente sarà introdotto il mondo del divenire, caratterizzato dalla turbolenza e dalle probabilità. E’ un mondo che si evolve in maniera irreversibile non solo secondo leggi chiare e stabilite ma anche in virtù di elementi casuali. La casualità è la sua caratteristica, mentre la causalità è meno definita, può sorgere da più fattori anche imprevedibili”

L’extrapolazione successiva di riflessioni più ampie è però assente e non emerge nemmeno nel caso dell’intervista, anche a seguito di opportune sollecitazioni.

La seconda tipologia di risposte, caratterizzata da un approccio “scientifico/epistemologico”, è riconoscibile dalla focalizzazione su concetti scientifici e da una loro rielaborazione anche dal punto di vista epistemologico. Proprio come hanno fatto gli esperti, questi cittadini, non solo hanno capito il significato tecnico dei termini scientifici, ma hanno anche mostrato di coglierne il ruolo e il significato nell’argomentazione complessiva che il sociologo ha

costruito. A differenza degli esperti, quasi nessuno però si è permesso di criticare né la correttezza scientifica, né l'adeguatezza dell'argomentazione. Complessivamente l'atteggiamento ha permesso di cogliere il significato profondo dell'attività: cercare, anche nella scienza, chiavi per interpretare la complessità del mondo di oggi e immaginare possibili futuri. Riportiamo alcuni esempi significativi di questa argomentazione:

“Il mondo complesso ha sicuramente aspetti positivi: la consapevolezza che ogni tua azione ha un ‘peso’ tale da influire irreversibilmente sul futuro stimola la riflessione, induce ad avere un atteggiamento più responsabile e consapevole”;

“La complessità non può che accompagnarsi a un disordine di fondo, anzi ad una vera e propria tensione al disordine, come esemplificato dal concetto di entropia e formulato nella teoria del caos, in questa naturale tendenza al disordine, l'uomo tenta di ordinare il tutto per una migliore comprensione del mondo e di se stesso; finora, come descritto da Bauman, nessun ordine umano si è dimostrato definitivo e ogni riscrittura dell'ordine crea come effetto secondario una ulteriore sacca di disordine sotto forma di persone ma anche di concetti superflui, che vanno ad alimentare l'entropia, sia sociale che culturale”;

“La consapevolezza che il futuro rimane e rimarrà un grande mistero induce l'uomo ad un pensiero di tipo metafisico e filosofico. Così l'uomo sarà spinto a cercherà sempre il senso ed il significato del suo essere, del suo agire e del suo andare, dando, anche alle più piccole azioni, un valore grandissimo per le conseguenze che ogni azione compiuta con determinazione, “fatta bene” nell'attimo presente, può determinare un cambiamento del futuro”;

“Bauman dà un'interpretazione del mondo complesso della quale condivido ogni espressione. Il fatto di non poterci sbarazzare dell'incognita del futuro e, allo stesso tempo, sapere che anche l'azione del singolo può provocare cambiamenti epocali è una cosa straordinaria”.

Le frasi riportate mostrano un riferimento esplicito a concetti ritrovati nel testo di Bauman ma è altrettanto evidente una loro reinterpretazione di tipo psicologico, sociale o filosofico. A

differenza degli esperti, l'operazione di rielaborazione non sempre riesce a rimanere fedele al significato scientifico dei termini.

L'analisi di tipo "scientifico/epistemologico", inoltre, ha portato alcuni partecipanti a sviluppare riflessioni critiche rispetto all'impostazione di Bauman:

“Bauman dice che ‘l’incertezza non è una questione epistemologica ma ontologica’. E’ un termine duro. C’è la conoscenza ‘quotidiana’ (il sole sorge e tramonta) e c’è la conoscenza ‘scientifica’ (la Terra gira attorno al Sole) poi c’è la conoscenza metafisica cui appartiene l’ordine ontologico. Io penso che l’ontologia [intesa come la intende Bauman] vada ridotta al livello della sola conoscenza scientifica, all’interpretazione che abbiamo delle cose [e non all’ordine metafisico che è di competenza solo di Dio]”;

“Non penserei in termini di seducente, positivo ecc ecc... [in relazione ad una visione di mondo proposta dalla scienza] Se si cerca la definizione o intuizione di leggi che siano positive o piacevoli si cerca sempre una gratificazione dalle proprie paure. Bisognerebbe comprendere la realtà al di là della propria visione egoica”.

Queste due ultime citazioni mostrano evidentemente una presa di posizione personale.

La terza tipologia di risposte, caratterizzata da un approccio personale, basato sulla propria esperienza o sul “buon senso”, è rintracciabile attraverso la mancanza di riconoscimento dell'origine scientifica dei concetti utilizzati da Bauman (come probabilità, incertezza, sistema) e, ovviamente, dalla mancanza di riconoscimento del significato epistemologico delle parole tipiche della scienza della complessità:

“Il significato del manifesto annunciato da Laplace lo definirei stimolante, in quanto l’incertezza in giusta misura è quel qualcosa che ci stimola ad andare alla ricerca della condizione di ‘certezza’, che a mio avviso anche quando pensiamo di averla raggiunta, deve e può essere sempre migliorata”;

“Il mondo tecnologico di oggi ha a che fare col mondo complesso. Il mondo di Laplace è quello di una società stabile: ha condotto all’industrializzazione, all’urbanesimo, alle

ideologie di massa. Era un mondo ancora 'controllabile'. Infatti le forze economiche, la borghesia, il mondo del lavoro e dell'agricoltura erano quello che erano. Dal dopoguerra in poi si è persa la socialità e il tutto è divenuto meno prevedibile. Il futuro diventa più negativo. Nel mondo del divenire esistono anche categorie positive, come accade nel mondo del volontariato”;

“La visione seducente si ha quando, superata l'incertezza, il tutto suscita benessere. Al contrario quando una visione risulta meno seducente crea ad esempio una guerra”;

“Il mondo del divenire è caratterizzato dal fatto che il mondo non è più ordinato da regole, strutture e leggi imposte”;

Le citazioni, oltre a mostrare utilizzi poco cauti o non accettabili dei termini scientifici, sembrano confermare la lettura fatta da un esperto circa l'attuale tendenza ad enfatizzare ed enfatizzare li aspetti di incertezza e imprevedibilità, prendendo spunto anche da ciò che dice la scienza.

Come considerazione conclusiva si può affermare che la maggior parte delle risposte dei cittadini rispecchiano un approccio di “buon senso”. Il primo atteggiamento è stato per lo più identificato in quei partecipanti che avevano un background tecnico/scientifico a causa della loro scuola e/o dei loro studi accademici progressi (4-5 persone). Il secondo atteggiamento è stato manifestato da pochissimi partecipanti (2-3 persone).

3.3 Seconda fase di analisi: le competenze scientifiche sviluppate durante le attività

Nella seconda fase dell'analisi dei dati, abbiamo studiato se, attraverso le attività di simulazione, i cittadini hanno compreso alcuni concetti tipici della complessità (auto-organizzazione, ordine, causalità circolare e feedback) che le attività intendevano sviluppare.

Per fare ciò sono state analizzate le risposte scritte ai questionari allegati alle attività di simulazione e la discussione avvenuta durante il brainstorming tenuto come attività iniziale all'incontro con i cittadini.

Ad una prima lettura, quello che emerge dall'analisi delle risposte è che mentre la maggior parte dei cittadini ha utilizzato con un significato accettabile i concetti di auto-organizzazione e ordine, sono state invece osservate alcune incomprensioni sul concetto di feedback, soprattutto nell'utilizzare in maniera corretta i concetti di feedback positivo e negativo.

Nel seguito riportiamo esempi dei casi che abbiamo ritenuto di successo, rispetto agli obiettivi e ai vincoli che avevamo, e i casi che invece hanno messo in evidenza criticità importanti delle attività.

Casi di successo

I casi di successo sono rappresentati da coloro che nel rispondere alle domande dell'attività 2 o nel brainstorming iniziale hanno manifestato di essere in grado di utilizzare i concetti sviluppati dalle attività in contesti personali.

Un esempio che riteniamo di successo rispetto alla definizione di feedback è il seguente:

“I nativi americani delle praterie, nel XVII e XVIII ° secolo, ottennero dai colonizzatori cavalli e armi da fuoco, che gli permisero di uccidere molti più bisonti e altra selvaggina, e di scambiarne le pelli con altri fucili e prodotti di cui avevano bisogno, si innescò così un ciclo che costrinse i nativi a cacciare sempre più bisonti per soddisfare i loro nuovi bisogni, arrivando a contribuire alla loro quasi estinzione a causa della caccia eccessiva.”

“Esempio di feedback negativo: un feedback negativo potrebbe generarsi nell'agricoltura tradizionale sostenibile, nella quale la produzione non può superare una certa soglia senza impoverire troppo il terreno, quindi bisogna ruotare le coltivazioni e lasciare a riposo i terreni per un certo periodo, in questo modo si crea un sistema in equilibrio nel quale produzione e fertilità del terreno mantengono livelli simili e con lievi oscillazioni, ora a vantaggio dell'uno, ora dell'altro.”

Altri esempi che riteniamo di successo sono i seguenti:

“L’attività [sul modello di segregazione di Schelling] cerca di far sperimentare come sia facile arrivare alla segregazione e quanti fattori “inaspettati” possano determinarla. Colpisce come l’atteggiamento del singolo possa determinare l’esito del gruppo e quanto i pregiudizi passati [che hanno già portato ad una situazione di segregazione] possano influenzare un modello sociale successivo che ne sia privo [anche modificando le regole e alleggerendo i vincoli, il sistema rimane segregato]”.

“Nella mia esperienza scolastica ho notato che, generalmente, quando si valorizzano l’impegno e gli atteggiamenti positivi di un alunno, questo stimola non solo l’alunno stesso ma anche i suoi compagni a compiere azioni che possano avere lo stesso risultato. Si tratta di feedback positivo in quanto il mio agire può portare un’amplificazione di atteggiamenti che determinano lo sviluppo della classe con un conseguente miglioramento del rendimento e degli atteggiamenti di tutti.”

“A volte una privazione/punizione correlata ad un atteggiamento scorretto può riportare un equilibrio o aiutare a mantenere inalterato lo stato delle cose e quindi può corrispondere a quello definito come feedback negativo.”

Casi problematici

I casi di insuccesso o di rifiuto dell’attività sono stati particolarmente utili per individuare le criticità e i nodi problematici dell’attività. E’ possibile identificare i principali elementi di debolezza emersi:

- 1) In alcuni casi si sono presentati problemi di mancata comprensione del significato di termini scientifici. Risulta particolarmente esplicito il caso del feedback positivo o negativo. Anche dopo aver chiarito il significato dei termini nell’ambito della complessità, molti partecipanti sono caduti nell’errore dell’interpretazione classica del concetto: il termine positivo/negativo viene ricondotto ad un giudizio positivo o negativo, per cui feedback positivo/negativo sono intesi in relazione a loro possibili conseguenze desiderabili/non desiderabili;

- 2) La dimensione ludica delle attività di simulazione non è sempre stata interpretata come positiva o utile. In alcuni casi il gioco appare solo come tale e non viene colto il senso modellistico della simulazione. Da qui discende una reazione di rifiuto perché l'attività non acquisisce il giusto significato:

“Premetto che odio i giochini, quindi la scelta ha dato fastidio ... ho capito benissimo la dinamica dei ghetti. La mia idea non cambia, io le ho fatte tutte, sempre più arrabbiato perché volevo arrivare in fondo in fretta.”

- 3) Lo strumento matematico e algoritmico (veicolo di certezze scientifiche) viene rifiutato come strumento utile ad affrontare questioni “sociologiche” (segregazione). Emerge una complessiva mancanza di fiducia nella possibilità di utilizzare un algoritmo matematico che tenga conto della complessità sociale:

“La matematica è potente ma debole allo stesso tempo. Va presa con le molle perché non ci assicura di rappresentare fedelmente la realtà. Le modellistiche algoritmiche applicate al funzionamento della società possono portare a simulazioni parziali che però non sono risolutive. Se un triangolino esula dalle regole (esprimendo un comportamento complesso) cosa succede? Difficile tenere conto del principio di indeterminazione sulle persone che interagiscono”;

“Irragionevole efficacia della matematica ... non ci sono una serie di algoritmi che possono conoscere una tesi perché non posso conoscere il dopo, ci sarà sempre una fetta di ignoto”;

“Io sono rimasto imbarazzato perché sono fiducioso sul fatto che una soluzione ci debba sempre essere [mentre l'algoritmo e la simulazione non danno strumenti per risolvere i problemi]”;

“L'idea complessiva è quella della mancanza di soluzione. Se si crea un ghetto (come sostenuto dall'algoritmo) come posso evitarlo?”;

- 4) In alcuni casi non è stata data la giusta importanza alle attività volte a costruire i concetti scientifici, in preparazione all'attività di pianificazione urbanistica. Probabilmente alla base c'è anche una forma di diffidenza verso attività dal contenuto scientifico. Trattandosi di strumenti pensati per favorire l'appropriazione della terminologia e dei principi scientifici, il mancato riconoscimento della giusta

importanza può aver condotto ad un indebolimento complessivo del progetto (“*Il fatto di non aver svolto il secondo test forse mi ha impedito di cogliere l'aspetto scientifico di Irene...*”). Questa problematica non è stata riscontrata nei volontari che non hanno partecipato al lavoro di gruppo e hanno svolto la terza attività su Irene individualmente. La forma dei materiali forniti a questi ultimi, infatti, è tale da conferire un'importanza paritetica alle attività scientifiche e al problema sulla città di Irene.

Alla luce di tutto ciò, pensando alla possibilità di riproporre sperimentazioni di questo tipo, sarebbe necessario prendere le dovute contromisure per superare i limiti evidenziati. Una delle caratteristiche principali dei progetti pilota, dopotutto, è proprio quella di individuare i punti critici e le migliorie da implementare in vista di esperienze successive. Senza dubbio sarebbe necessario pensare a come offrire uno sguardo organico e complessivo dell'intero progetto, prima dell'inizio delle attività, in modo da fare capire meglio il ruolo e il peso delle diverse fasi. In questo modo verrebbero illustrate le caratteristiche e le finalità di ogni attività della sperimentazione, ponendo particolare enfasi sui passaggi più delicati ed ostici. Gli aspetti problematici inerenti alla immagine di scienza e al ruolo delle simulazioni sono molto delicati e probabilmente fanno riferimento a convinzioni maturate nel lungo tempo a cui è difficile dare una risposta nell'immediato. Tuttavia, una enfasi sulle scelte metodologiche potrebbe dare un qualche aiuto e smussare alcune perplessità. Altra questione da non sottovalutare è quella del tempo a disposizione per le attività. In questo senso l'intero progetto necessiterebbe di una riformulazione che consenta di sfruttare al meglio il poco tempo che una esperienza di cittadinanza impone. Quando si opera con i cittadini adulti, al di fuori del contesto scolastico, questo elemento diventa cruciale.

3.4 Terza fase di analisi: competenze scientifiche come competenze di cittadinanza

Nella terza fase, dall'analisi dei *focusgroup*, sono stati individuati quattro diversi tipi di atteggiamenti nell'affrontare il problema di cittadinanza sulla “città di Irene”:

- A. Casi di successo in quanto si è mostrato un allineamento tra competenze scientifiche e competenze di cittadinanza;
- B. Casi di mancato allineamento tra competenze scientifiche e competenze di cittadinanza;
- C. Casi di approccio di “buon senso” di “esperienza personale” per cui competenze di cittadinanza sono state messe in atto sulla base della propria esperienza personale (nessuna competenza scientifica è messa in atto);
- D. Casi di acquisizione di consapevolezza e riconoscimento della distanza tra un modo di guardare/pensare "emotivo" e le competenze scientifiche.

Nella figura sottostante sono schematizzati i quattro tipi di atteggiamento.

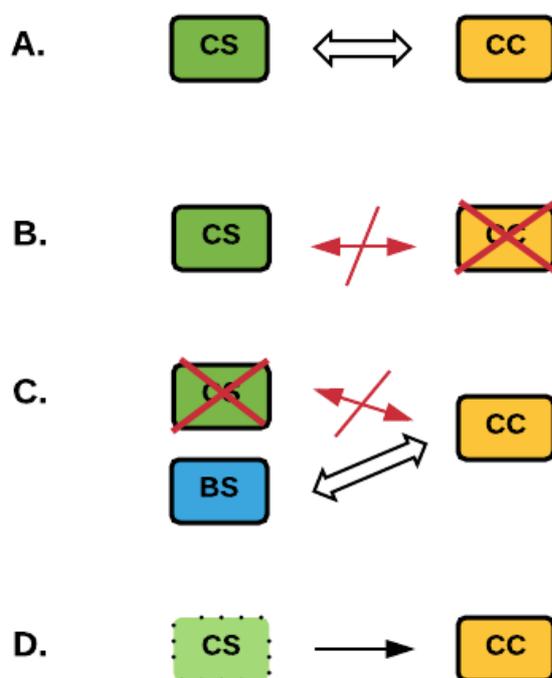


Fig. 3.9: Schematizzazione dei quattro atteggiamenti emersi dall'attività 3

Legenda. CS: competenze scientifiche; CC: competenze di cittadinanza; BS: buon senso

A) Allineamento tra competenze scientifiche e competenze di cittadinanza

Questa tipologia di risposte, caratterizzata dall'allineamento tra le competenze scientifiche e quelle di cittadinanza, è riconoscibile dal fatto che i concetti scientifici della complessità (feedback) sviluppati dalle attività sono stati utilizzati per prendere le decisioni in un problema di cittadinanza.

In particolare questi casi sono riconoscibili per la capacità di decodifica del “messaggio scientifico” trasmesso dalle attività, per l'applicazione dei concetti a contesti vicini ad un proprio ambito di interesse o per l'utilizzo dei concetti per prendere una decisione.

Nei seguenti esempi possiamo notare un uso del concetto di feedback come parola-guida per l'analisi della situazione della città di Irene e per guidare il ragionamento nella scelta della decisione se dare o meno la concessione:

<p><i>“L’attività si basa sui meccanismi della convivenza in una società, problema quanto mai attuale in una società come quella italiana che sta diventando sempre più multirazziale e multiculturale. E’ abbastanza intuitivo che una persona preferisca stare con i suoi simili, mentre è meno scontato, come mostra la simulazione, che è anche vero il contrario, ovvero che non si è soddisfatti nemmeno quando si è troppo simili.”</i></p>	<p>DECODIFICA DEL MESSAGGIO SCIENTIFICO</p>
<p><i>“[...] In conclusione darei parere negativo, cercando di favorire l’ampliamento del Supermercato Ettore, magari rilevato da un nuovo imprenditore, con l’istallazione dell’impianto fotovoltaico su di esso e in particolare ampliando la sua offerta con prodotti a chilometri zero così da innescare un feedback positivo per l’economia della zona. C’è anche da considerare che entrambi i supermercati, difficilmente potrebbero sopravvivere, considerata la concorrenza della vicina zona commerciale”</i></p> <p><i>“Il feedback complessivo può considerarsi positivo, poiché si è innescato uno sviluppo economico graduale su lungo termine, che ha attivato un circuito virtuoso, in grado di dare vita ad ulteriori sviluppi, magari promuovendo i prodotti di Irene oltre il mercato locale, dando vita a produzioni locali di prodotti di qualità [...]”</i></p>	<p>APPLICAZIONE DEI CONCETTI SCIENTIFICI A CONTESTI PERSONALI</p>

<p><i>“... In conclusione darei parere negativo, cercando di favorire l’ampliamento del Supermercato Ettore, magari rilevato da un nuovo imprenditore, con l’istallazione dell’impianto fotovoltaico su di esso e in particolare ampliando la sua offerta con prodotti a chilometri zero così da innescare un feedback positivo per l’economia della zona. C’è anche da considerare che entrambi i supermercati, difficilmente potrebbero sopravvivere, considerata la concorrenza della vicina zona commerciale”</i></p> <p><i>“Il feedback complessivo può considerarsi positivo, poiché si è innescato uno sviluppo economico graduale su lungo termine, che ha attivato un circuito virtuoso, in grado di dare vita ad ulteriori sviluppi, magari promuovendo i prodotti di Irene oltre il mercato locale, dando vita a produzioni locali di prodotti di qualità...”</i></p>	<p>UTILIZZO DEI CONCETTI PER L’ANALISI DELLA SITUAZIONE E PRENDERE LA DECISIONE</p>
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------

<p><i>“L’attività cerca di far sperimentare come sia facile arrivare alla segregazione e quanti fattori “inaspettati” possano determinarla. Colpisce come l’atteggiamento del singolo possa determinare l’esito del gruppo e quanto i pregiudizi passati possano influenzare un modello sociale successivo che ne sia privo.”</i></p>	<p>DECODIFICA DEL MESSAGGIO SCIENTIFICO (messa in evidenza della dipendenza sensibile dalle condizioni iniziali)</p>
<p><i>“Nella mia esperienza scolastica ho notato che, generalmente, quando si valorizzano l’impegno e gli atteggiamenti positivi di un alunno, questo stimola non solo l’alunno stesso ma anche i suoi compagni a compiere azioni che possano avere lo stesso risultato. Si tratta di feedback positivo in quanto il mio agire può portare un’amplificazione di atteggiamenti che determinano lo sviluppo della classe con un conseguente miglioramento del rendimento e degli atteggiamenti di tutti.”</i></p> <p><i>“A volte una privazione/punizione correlata ad un atteggiamento scorretto può riportare un equilibrio o aiutare a mantenere inalterato lo stato delle cose e quindi può corrispondere a quello definito come feedback negativo.”</i></p>	<p>APPLICAZIONE DEI CONCETTI SCIENTIFICI A CONTESTI PERSONALI</p>

<p><i>“Al momento le 3 realtà hanno differenziato l’offerta e sono in uno stato di equilibrio”</i></p> <p><i>“L’amministrazione ha permesso il fiorire delle attività commerciali e questo ha determinato un aumento del loro numero, un aumento di posti di lavoro e di visitatori, ma allo stesso tempo ha determinato il degrado del centro storico: la città risulta più famosa per gli outlet e per i negozi che per la sua storia. (feedback positivo).”</i></p> <p><i>“Decidere di organizzare una volta ogni due settimane un mercato ortofrutticolo ha determinato il moltiplicarsi di iniziative simili e ha permesso che la città risultasse più attrattiva (feedback positivo)”</i></p>	<p>UTILIZZO DEI CONCETTI PER L’ANALISI DELLA SITUAZIONE E PRENDERE LA DECISIONE</p>
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------

Nel caso seguente, invece, il volontario considera una variabile quantitativa, la sottopone ad un feedback e fa delle ipotesi a proposito della sua evoluzione temporale. Il tutto avviene in maniera non esplicita ma si tratta comunque di una analisi molto interessante:

“Poi l’aspetto economico: quando io ho un soggetto come questo [si riferisce al discount] succede che l’economia del luogo cala, perché questo è a 2 km dall’altro comune, per cui mi aumenta il valore immobiliare di un immobile che sta lontano dal mio comune, mentre se io ho il supermercato collegato direttamente con il centro, probabilmente il valore immobiliare del centro è più alto.”

B) Mancato allineamento tra competenze scientifiche e competenze di cittadinanza

Questa tipologia di risposte, caratterizzata dal mancato allineamento tra le competenze scientifiche e quelle di cittadinanza, è riconoscibile dal fatto che vi è la presenza di competenze scientifiche nel proprio background culturale, sviluppate e/o esplicitate grazie alle attività, ma vi è un rifiuto a trasformarle in competenze di cittadinanza per affrontare un problema "soft" dove non c'è una soluzione esatta.

In questa tipologia sono presenti diversi atteggiamenti fra cui quello di delega in cui vi è un riconoscimento del ruolo ma non una compartecipazione (rifiuto ideologico):

“Io dovrei essere quello che ha più competenze perché sono un urbanista e proprio per le mie competenze non scelgo. Ho messo in evidenza tutte le varie situazioni che potrebbero comporre il puzzle ma sono più convinto che io faccio il tecnico, non so la politica del posto in cui vado ad operare... Politica vuol dire che scelgo per una comunità sulla base di un elettorato che poi mi deve confermare o non confermare. Quindi di una comunità, devo cercare di fare il meglio se voglio rimanere lì. Quindi il sindaco in maniera particolare, il politico, ha il dovere di interpretare gli elettori in primis e la comunità tutta.”

***C) Utilizzo di un approccio di "buon senso" per mettere in atto competenze di
cittadinanza***

Questa tipologia di risposte è caratterizzata dal mancato sviluppo delle competenze scientifiche ed è riconoscibile dal fatto che l'individuo che non ha fatto proprie particolari conoscenze scientifiche, dinnanzi al problema urbanistico tende ad applicare la sola logica del “buon senso”. A seconda del soggetto possono così prevalere logiche di principio o riconducibili alla dimensione etica. Sono frequenti i casi in cui si ricorre anche alle esperienze personali o collettive, legate alla propria storia o, più in generale, alla storia della comunità di origine. Di seguito vengono riportati alcuni estratti (affermazioni o dialoghi) esplicativi di questa tipologia di atteggiamento:

- 1) *“Non ho utilizzato nessun tipo di esperienza. Non ho mai fatto questa cosa qui e non ne ho la più pallida idea...[Credo che si debba tenere conto] dell'aspetto ecologico, etico”;*
- 2) *“Io direi [di usare il] buon senso nel cercare di valutare tutte le cose possibili (pro e contro)”;*
- 3) *“Io guardo la tutela ambientale, nel senso di valore, perché ne va della salute di tutti. È la cosa al primo posto...”;*
- 4) *“Io non ho competenze né conoscenze né esperienze nell'ambito commerciale o urbanistico o ambientale. Banalmente dico che ascoltando le varie cose [illustrazione del problema, punti di vista dei membri del gruppo] ho seguito quello che secondo me è buon senso...”;*

- 5) - *“Abbiamo come conoscenza comune [del gruppo] quella del rispetto dell’ambiente, ovvero l’importanza di difenderlo”;*
 - *“Io invece ho l’esperienza di aver avuto per 16 anni un negozio in centro a un piccolo paese a conduzione familiare quindi abbiamo cercato di preservare quella situazione”;*
- 6) *“Non concedo la variante di ampliamento del discount per motivi etico-territoriali: rispetto ambientale, conservazione del terreno agricolo”;*
- 7) *“Noi abbiamo l’esperienza di fruitori di negozi. Non ha molto di scientifico...”;*
- 8) *“Io ho un’attività commerciale e quindi ho pensato questa a eventualità in termini di effetti positivi e negativi nei confronti della mia attività commerciale, nell’eventualità di un’altra attività commerciale quindi di un potenziale concorrente che però vuole dire che le persone vanno là però nel frattempo passano davanti alla mia attività commerciale e quindi mi può creare anche qualcosa di positivo...”;*

D) Riconoscimento della distanza tra “pensiero emotivo” e competenze scientifiche

Questa tipologia di atteggiamento è caratterizzata dal riconoscimento dell’importanza che le competenze scientifiche possono avere nello svolgimento di esperienze partecipative. Malgrado ciò, tali competenze non sono state colte del tutto e prevale un atteggiamento di tipo emotivo nell’approccio al problema. Questa impostazione non appare esplicitamente ma risulta riconoscibile attraverso l’interpretazione di alcuni passaggi. Un esempio di questo tipo è il seguente dialogo:

A - *“E’ stata un’esperienza carina ma servirebbe una giornata intera”;*

B - *“E’ un argomento nuovo, non faccio questo lavoro e non ho mai fatto un’esperienza così”;*

A - *“Neanche io ho mai fatto una cosa così ma è simpatica! Ci vuole un po’ e bisogna concentrarsi: [occorre tenere in considerazione un approccio nuovo, scientifico, fatto di] scenari, ipotesi, condizioni...”;*

C - *“Non è una decisione “vera” però ti immedesimi. E’ come un gioco di ruolo”;*

B - *“Anche perché sarebbe interessante, una volta prese delle decisioni, poter vedere cosa è accaduto dopo 10 anni”;*

C - *“In questo modo però puoi monitorare sempre e correggere il tiro durante il percorso”;*

3.5 Considerazioni sulla dimensione politica della cittadinanza scientifica

Sotto l'aspetto della dimensione politica della cittadinanza scientifica si sono manifestate diverse dinamiche virtuose all'interno dei gruppi. I volontari hanno beneficiato delle competenze e delle attitudini dei compagni di lavoro, ampliando la propria visione:

“Io non ho competenze urbanistiche di nessun tipo però qui mi aveva colpito il discorso dell'impianto fotovoltaico che subito mi aveva fatto dire: diamo la variante. Poi però lui [altro membro del gruppo] che ha delle competenze diverse dalle mie ha spiegato che comunque non è così rilevante perché il fotovoltaico servirebbe solo alla sua attività [il fotovoltaico funzionale solo agli interessi dell'esercente privato]. Per cui a me è piaciuta questa cosa. Io non ho delle competenze [tecniche, urbanistiche] e mi aveva colpito questa cosa, lui che ha queste competenze mi ha spiegato, si è fatto capire e ho visto che il mio pensiero iniziale poteva essere modificato”;

La sperimentazione ha dato la possibilità a ciascun volontario di esprimersi in maniera paritetica rispetto agli altri, indipendentemente dai ruoli, dalle professioni o dalle convenzioni sociali. L'approccio è stato costruttivo, ispirato dalla volontà di realizzare il bene comune, ed inclusivo. Infatti in ogni gruppo si è creata una dinamica attenta a considerare l'opinione di ogni componente:

“La cosa bella è il principio che ci ha unito nella decisione: la questione dell'ambiente, la preservazione del centro e soprattutto il fatto di dire che abbiamo già qui una possibilità che può essere ampliata in maniera economicamente sostenibile...”

“Il decisore pubblico ha tante variabili in gioco, però le priorità te le devi dare. Noi ce le siamo date e abbiamo un risultato”

“Il risultato [che abbiamo raggiunto è quello] di questo gruppo. Se ci fosse stato un elemento diverso nel gruppo che magari dava una lettura diversa del problema [probabilmente l’opinione condivisa sarebbe stata differente]”

La dinamica decisionale ha portato molti partecipanti ad esternare le proprie posizioni e a mediarle con quelle degli altri per arrivare alla formulazione di una decisione comune. Una situazione di questo tipo, in certi casi, ha condotto a spogliarsi dei propri panni, evitando così di assumere atteggiamenti egoistici o di parte:

“Io sono architetto per cui di questi argomenti ne ho masticato e ne mastico però in quest’ambito, viste le persone con cui vado ad interloquire, ho ragionato più con il buon senso che con la mia professione. Mi sono tirato fuori dalla veste di architetto [...] se avessi ragionato da solo avrei potuto fare un altro tipo di ragionamento perché da libero professionista potresti pensare in maniera egoistica: ‘adesso provo a prendermi l’incarico’. Come decisore pubblico secondo me avrei preso la stessa decisione [che abbiamo preso noi]. Questo risultato qui sarebbe stato uguale [...] se mi tiri fuori dall’ambito personale. Il problema è che il decisore pubblico ha tante variabili in gioco, però le priorità te le devi dare, noi ce le siamo dati, e abbiamo un risultato”

Nel realizzare questo “laboratorio di cittadinanza” ci siamo basati sull’ipotesi che le competenze scientifiche - sulla scienza della complessità e sul futuro - possano trasformarsi in competenze di:

- analisi di una situazione complessa;
- analisi delle implicazioni future che scaturiscono da azioni di cambiamento di tale situazione;

Per rappresentare la realtà esistente e prendere decisioni ponderate sono sicuramente utili anche altri strumenti: dal logical thinking ai modelli matematici, dai modelli economici (SWOT analysis) alle analisi sociali. Si tratta di metodi efficaci, complementari, attraverso i quali è possibile progettare laboratori di cittadinanza *science - based*. Nel nostro caso l'analisi è stata realizzata in un contesto di compartecipazione che ha consentito ai volontari di sperimentare una nuova esperienza, finalizzata a prendere decisioni e/o a condizionarle e/o a valutarle. In questo modo si possono sviluppare quelle competenze di cittadinanza e di democrazia che fanno riferimento alla dimensione politica della cittadinanza scientifica. Non esistono molte esperienze di questo tipo: il nostro studio si colloca in un contesto promettente che può condurre alla definizione di protocolli e modelli tesi a rafforzare il rapporto tra scienza e democrazia.

CONCLUSIONI

Come abbiamo avuto modo di vedere, diversi *report* internazionali, molteplici scienziati ed autorevoli istituzioni sono concordi nell'affermare che stiamo vivendo un'epoca di grande trasformazione, sia sotto l'aspetto sociale sia dal punto di vista della tecnologia e della comunicazione. Il mondo attuale, fortemente interconnesso e caratterizzato da rapide trasformazioni, necessita di nuove chiavi di lettura che consentano ai cittadini di interpretare i cambiamenti e di prendere parte, consapevolmente, ai processi decisionali. La gran parte dei beni e dei servizi su cui si fonda l'economia globale si basa sulla *conoscenza* (tra cui la conoscenza scientifica, tecnologica e informatica) e, al contempo, grazie alle nuove tecnologie, siamo sottoposti a valanghe di flussi informativi. La formazione di individui consapevoli, che concorrono alla realizzazione di una *cittadinanza attiva*, passa attraverso opportune forme di educazione mediante le quali possono affermarsi nuovi *diritti di cittadinanza* e nuove forme di *compartecipazione*.

Tenendo conto di tutto ciò, la sperimentazione che abbiamo attuato con i cittadini di Dozza costituisce uno studio di frontiera. Innanzitutto bisogna considerare che sono stati coinvolti, in un contesto extra – lavorativo, cittadini adulti, volontari, molti dei quali sono già direttamente coinvolti nella dimensione pubblica: amministratori pubblici, dipendenti comunali, giornalisti, volontari, tecnici, antropologi, insegnanti, educatori, parroci, studiosi. D'altra parte un gruppo di questo tipo implica una serie di problematiche non presenti con tale forza, ad esempio, in contesti scolastici: il pochissimo tempo a disposizione, la sporadicità degli interventi e le diverse formazioni dei partecipanti. Tutto ciò ci ha portato a formulare una serie di ipotesi e proposte di ricerca che potranno essere utili per la progettazione di ulteriori esperienze. In questo modo sono state definite le attività, i metodi attraverso i quali misurare le modalità di interazione con i partecipanti e il grado di successo. Ogni fase del progetto è stata messa a punto dal gruppo di ricerca in Didattica della Fisica dell'Università di Bologna con il quale ho potuto vivere un'esperienza unica, coinvolgente e molto interessante. I risultati che abbiamo ottenuto sono senza dubbio promettenti e costituiscono il punto di partenza per ulteriori approfondimenti e nuove esperienze che potranno essere sviluppate in futuro. I cittadini sono apparsi, fin dalla prima attività, particolarmente attratti dalle argomentazioni sviluppate. La lettura del testo di Bauman è stata utile ad introdurre il progetto: i partecipanti hanno reagito alla lettura dimostrando grande coinvolgimento. Molti di loro hanno affermato di non aver mai sviluppato, in precedenza,

riflessioni sui temi legati alla complessità, soprattutto se riferiti alla dimensione sociale o al concetto di *“fare la storia”*. Abbiamo potuto distinguere, anche grazie al confronto con quanto prodotto da un campione di esperti, le diverse tipologie di risposta a seconda del background di ciascun partecipante. La seconda attività è stata progettata con lo scopo di entrare nel merito dei contenuti scientifici. In questo senso la fase di definizione degli strumenti è stata interessante perché abbiamo dovuto conciliare l’esigenza di semplificare i contenuti scientifici senza però snaturarne il significato. L’obiettivo sembra raggiunto attraverso la messa a punto di una serie di simulazioni e giochi somministrati da remoto o, nel caso del Fishback Game, durante l’incontro in presenza. A posteriori abbiamo notato che sarebbe stato il caso di porre maggior enfasi su queste attività, sottovalutate dalla gran parte dei partecipanti. Molti di loro non sono stati messi nella condizione di cogliere il fatto che i giochi e, soprattutto, le simulazioni possono essere strumenti scientifici.

A partire dall’analisi del problema urbanistico, progettato appositamente per mettere in campo le acquisizioni legate alla complessità, alla capacità di analisi del presente e di progettazione del futuro, abbiamo potuto riconoscere quattro diverse categorie di reazione. Dato che l’ipotesi su cui si basa l’intero progetto è che *le competenze scientifiche possono trasformarsi, se opportunamente mediate, in competenze di cittadinanza*, tali categorie vanno dal successo all’insuccesso, passando attraverso la rivelazione di impostazioni di “buon senso” e di reazioni che denotano la sola acquisizione di una maggiore consapevolezza.

Anche se i casi di successo non sono molti, essi fanno ben sperare perché, partendo dall’analisi di quanto emerso, è possibile mettere a punto opportune strategie migliorative in vista di future sperimentazioni. Per quanto riguarda la cosiddetta *“dimensione politica”* della cittadinanza scientifica (secondo il significato ad essa attribuito da Pietro Greco) le attività sembrano aver avuto molto successo. I partecipanti all’incontro in presenza hanno manifestato, quasi unanimemente, non solo grande coinvolgimento ma hanno anche riconosciuto esplicitamente l’importanza di sviluppare, collettivamente, modalità di analisi di situazioni complesse e di condivisione dei processi decisionali. Da questo punto di vista abbiamo potuto registrare virtuose ed innovative dinamiche di compartecipazione che meriterebbero uno studio mirato. I pochi individui che hanno sollevato dubbi in questo senso ci hanno consentito di verificare la presenza di punti di vista ed impostazioni personali inevitabili, di cui è importante tener conto per migliorare le attività.

In sostanza riteniamo che lo studio contenga diversi spunti per riflettere concretamente sul ruolo della scienza nel mondo di oggi e su come l’educazione scientifica possa farsi promotrice di innovazione sociale, contribuendo allo sviluppo di competenze di cittadinanza.

BIBLIOGRAFIA

- A. Spinelli, E. Rossi, E. Colorni, U. Hirschmann (1944) “*Per un'Europa libera e unita. Progetto d'un manifesto*”;
- Amaldi U. (2011) “*La fisica del caos. Dall'effetto farfalla ai frattali*”, Ed. Zanichelli;
- Barabasi A. (2002) “Statistical mechanics of complex networks”, *Review of modern Physics*, 74, pp. 47-91;
- Barabasi A. (2002) “*Linked: the new science of networks*” Cambridge, MA: Perseus;
- Barabasi A., Albert R. (1999) “Emergence of scaling in random networks”, *Science*, 286, pp. 509-512;
- Bauman Z. (2016) “*Scrivere il futuro*”, Ed. Castelvecchi;
- Bertrand de Jouvenel (1967) “*The art of conjecture*”, Basic Books New York;
- Bailey M., S. Danziger (2013) “*Legacies of the war on poverty*”, Ed. Bailey e Danziger;
- Cartesio (1637) “*Discorso sul metodo*”;
- Cerroni A. (2016) “La società della conoscenza”, “Centro Studi Città della Scienza”;
- Cerroni U. (2016) “Aprire la conoscenza per il bene della scienza e della democrazia”, “Centro Studi Città della Scienza”;
- Donella H. Meadows, Dennis L. Meadows; Jørgen Randers; William W. Behrens III (1972) “*The Limits to Growth*”;
- EC (European Commission) (2015) “*Science Education for Responsible Citizenship*”;
- EPC (European Parliament and Council) (2006) “*Recommendation of the European Parliament and of the Council of 18 December 2006 on key competences for lifelong learning*”, Official Journal of the European Union, L 394 (pp. 10-18);
- Erdos P., Renyi A. (1959) “On random graphs”, *Publicationes Mathematicae (Debrecen)*, vol. 6, pp. 290-297;
- Eurydice (2012) “*Citizenship Education in Europe*” Brussels: Education, Audiovisual and Culture Executive Agency;
- Euler L. (1736) “*Solutio problematis ad geometriam situs pertinentis*”;

- Gardner M. (1970) "The fantastic combinations of John Conway's new solitaire game Life", Scientific American 223, pp. 120-123;
- Greco P. (2015) "*Giancarlo Quaranta, pioniere dei diritti di cittadinanza scientifica*", "Centro Studi Città della scienza";
- Greco P. (2015) "*Le basi per una società democratica della scienza*", "Centro Studi Città della Scienza";
- Horizon 2020: <https://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/>
- Labini F.S. (2016) "*Rischio e previsione: Cosa può dirci la scienza sulla crisi*", Laterza;
- Laplace P. S. (1840) "Essai philosophique sur les probabilités";
- Leccardi C. (2009) "*Sociologie del tempo. Soggetti e tempo nella società dell'accelerazione*", Laterza;
- Lionello P. (2006) "*Il sistema clima e il ruolo degli oceani*" apparso in "*Kyoto e dintorni – I cambiamenti climatici come problema globale*" di A. Pasini, Ed. Angeli;
- Lorenz E. N. (1963) "Deterministic nonperiodic flow", Journal of Atmospheric Sciences, Vol. 20, pp. 130-141;
- Yodzis P. (1998) "Local trophodynamics and the interaction of marine mammals and fisheries in the Benguela eco system", The Journal of Animal Ecology, Vol. 67, N. 4, pp. 635-658;
- Millar, R., & Osborne, J. (Eds.). (1998). "*Beyond 2000: Science education for the future*", London: Nuffield Foundation
- Morris C. (2008) "*Crack. Come siamo arrivati al collasso del mercato e cosa ci riserva il futuro*", Elliot Edizioni;
- Osborne, J. (2010). Science for citizenship. In J. Osborne & J. Dillon (Eds.), "Good practice in science teaching" (pp. 46-67). Maidenhead, UK: McGraw Hill Open University Press
- Pasini, Mazzocchi (2005) "Operare nella complessità. Strategie modellistiche nella scienza del clima", Nuova civiltà delle macchine Analisi trend, pp. 112-128;
- Polak F. (1973) "*The Image of the Future*", Elsevier;
- Rosa H. (2015) "*Accelerazione e alienazione. Per una teoria critica del tempo nella tarda modernità*", Piccola Biblioteca Einaudi;

- Schelling T. (1971) “Dynamic Model of Segregation”, *Journal of Mathematical Sociology*, Vol.1, pp. 143-186;
- Sissa, Laboratorio dell’immaginario scientifico, autori vari (1996) “*Caos e complessità*”;
- Tasquier, G., Levrini, O., & Dillon, J. (2016), “Exploring Students’ Epistemological Knowledge of Models and Modelling in Science: Results From a Teaching/Learning Experience on Climate Change”, *International Journal of Science Education* 10.1080/09500693.2016.1148828
- Toffler A. (1970) “*Future Shock*” Random House;
- Turing A. (1950) “Macchine calcolatrici ed intelligenza” *Mind* 59 pp. 433-460;
- Venturelli I. (A.A. 2014/2015) “*Cittadinanza scientifica e educazione al futuro: analisi di una sperimentazione didattica sui cambiamenti climatici in una classe quarta di liceo scientifico*”, Tesi di Laurea, DIFA - Alma Mater Studiorum Bologna;
- Watts D., Strogatz, S. (1998) “Collective dynamics of ‘small world’ networks”, *Nature*, 393, pp. 440-442;
- Zanarini G. (1993), “*Finestre sulla complessità*”, Editoriale Scienza;
- Zanarini G., Serra R. (1994) “*Sistemi complessi e processi cognitivi*”, Calderini;

ALLEGATI

Allegato 1 – “Attività numero 1 – Questionario iniziale”

Introduzione

Carissima/o, prima di tutto vogliamo ringraziarti per aver dato la tua disponibilità a questa collaborazione. Ogni attività di ricerca è basata sul lavoro di squadra e sul confronto di molteplici punti di vista. La realtà in cui viviamo può essere indagata solo attraverso l'iniziativa, lo spirito di sacrificio, la conoscenza e, soprattutto, la valorizzazione del fatto che ogni contributo può essere decisivo. Questo è lo spirito con il quale abbiamo pensato di coinvolgere un gruppo di persone, di cui fai parte, allo scopo di avviare una riflessione innovativa su concetti importanti sia dal punto di vista scientifico che sotto quello socio-culturale.

Siamo molto interessati al ruolo che può avere la scienza nell'aiutare a comprendere la complessità del mondo e nel divenire strumento di cittadinanza attiva.

Cercheremo di approfondire alcuni argomenti importanti della teoria della complessità, del rapporto tra scienza ed innovazione sociale e del legame tra uomo e tempo, con particolare riferimento al futuro ed alla sua pianificazione.

I metodi scelti sono mirati ad affrontare queste tematiche in modo semplice, coinvolgente e divertente, laddove possibile. Da parte nostra speriamo che anche voi possiate trovare questa esperienza utile. Molti dei temi che affronteremo sono sicuramente di grande interesse ed hanno una valenza multidisciplinare.

Grazie di cuore.

La prima attività è rappresentata dalla lettura del testo intitolato “Scrivere il futuro”, tratto da una lezione magistrale del sociologo e filosofo polacco Zygmunt Bauman. La lezione, aperta al pubblico, è stata svolta nell’ambito dell’edizione 2014 di “Futura Festival”, presso Civitanova Marche. Di seguito riportiamo una breve introduzione al testo:

“Possiamo superare l’incertezza che grava su di noi e sul futuro? L’inquietudine che contraddistingue le nostre vite non è epistemologica, ma ontologica: a partire da questa constatazione Bauman traccia la grammatica del nostro tempo, caratterizzata da parole quali “probabilità”, “instabilità”, “turbolenza”. Eppure, l’imprevedibile che permea la realtà in cui viviamo non è solo negativo: ciascuno di noi può scrivere il futuro secondo i propri desideri. Bauman attraversa le questioni più urgenti della contemporaneità: migrazione, diaspora, assimilazione, multicentrismo, estraneità, mixofilia e mixofobia. In un confronto serrato con la comunicazione tecnologica e la globalizzazione, il sociologo polacco dialoga con grandi figure dei secoli scorsi quali Laplace, Havel e Prigogine, convocandoci a fare la storia come insegnava Antonio Gramsci”

Il testo di Bauman è stato selezionato perché affronta il tema del futuro rivolgendosi alla cittadinanza e trattando di cambiamenti sociali e politici attraverso un linguaggio semplice ma scientificamente ricco.

Nel testo, infatti, sono utilizzate alcune parole chiave come *incertezza, ordine, futuro, probabilità, etc...*, che, mutuata dalla scienza, sono utilizzate per interpretare la società odierna e alcuni grandi cambiamenti che essa sta vivendo.

Per orientarti al meglio nella lettura del testo è stata formulata una griglia di analisi, rappresentata da domande di diversa natura:

- Domande-guida per una lettura condivisa del testo, finalizzate a focalizzare la discussione su alcuni punti del discorso di Bauman;
- Domande “libere”, utili a stimolare una riflessione che vada oltre il testo.

Ti suggeriamo di farti un'idea complessiva dell'attività prima di leggere attentamente il testo di Bauman.

Guida alla lettura del testo

Nel testo di Bauman si trova questa frase:

“Il manifesto annunciato da Laplace fu accolto favorevolmente dalla maggior parte delle persone perché la prospettiva per cui il futuro non sarebbe più un mistero – un mistero forse persino pericoloso -, ma vi sarebbe, invece, la possibilità di predire in anticipo quel che accadrà, apparve senza dubbio molto seducente;”

- 1) Come restituiresti, a parole tue, il significato principale del manifesto annunciato da Laplace?
- 2) Perché Bauman dice che Laplace, attraverso questo manifesto, ha elevato la scienza al rango di massima autorità? Quale scienza o visione scientifica c'è alla sua base?
- 3) Riesci a trovare esempi dell'influenza di questa visione di futuro nella storia, nella cultura e nella società più in generale? Perché Bauman sostiene che “Il manifesto di Laplace è stato uno dei pilastri centrali nel plasmare la *forma mentis* dei tempi moderni”?
- 4) Perché si parla di una “visione seducente” e quali implicazioni meno seducenti ha o ha avuto?

Quindi Bauman parla del “**mondo del divenire**”.

- 5) Che cosa caratterizza il “mondo del divenire”? In che modo concetti come incertezza, probabilità, instabilità, irreversibilità, futuro lo caratterizzano?

- 6) Per te il “mondo del divenire” ha aspetti positivi o seducenti? Se sì, quali? Se no, perché?

Continuando nel ragionamento, Bauman introduce l’espressione “**mondo complesso**”.

- 7) Che cosa lo caratterizza?
- 8) In che modo incertezza, imprevedibilità, “processi contraddittori”, ordine e disordine lo caratterizzano?
- 9) Per te un “mondo complesso” ha aspetti positivi o seducenti? Se sì, quali? Se no, perché?
- 10) Considera un ambito che senti particolarmente vicino ai tuoi interessi e/o competenze (scientifico, educativo, sociale, economico, politico...) e prendi la parola “**sistema**”: quale significato le attribuisce e quali proprietà lo caratterizzano?

Il testo come base per ulteriori ed importanti riflessioni

In questa sezione ti proponiamo tre domande fondamentali, utili a sviluppare una riflessione sull’approccio ai cambiamenti, sulla capacità di immaginare il futuro e sulla possibilità, sia personale che collettiva, di “fare la storia”.

- 11) Quali sono i grandi cambiamenti in corso che più ti colpiscono e quali, secondo te, caratterizzeranno il futuro nei prossimi 20-30 anni?
- 12) Che cosa significa, oggi, sia singolarmente che collettivamente, porsi nella prospettiva di “fare la storia”? Che differenze ci sono tra come lo si fa oggi e come lo si faceva alla fine degli anni ’90?

13) Quali sono i passaggi del testo che ti hanno maggiormente colpita/o o che hai sottolineato? Puoi indicarci e spiegarci il motivo per cui li hai trovati interessanti?

Allegato 2 – “Questionario dedicato agli esperti”

Questionario su “Scrivere il futuro” dai sistemi complessi alla cittadinanza

Introduzione

Il gruppo di ricerca in Didattica della Fisica presso l’Università di Bologna, nell’ambito di due tesi di laurea magistrale, ha condotto una sperimentazione che ha visto coinvolti il sindaco e alcuni cittadini di Dozza (BO). L’insieme dei partecipanti era costituito da 34 cittadini adulti volontari, di differenti età, generi, professioni, formazioni scolastiche/accademiche, ruoli di collaborazione nell’amministrazione comunale. L’obiettivo della sperimentazione nel suo complesso è quello di indagare se e come l’utilizzo di competenze scientifiche (*hard skills*) possa veicolare lo sviluppo di competenze di cittadinanza (*soft skills*). La sperimentazione è stata articolata in tre fasi.

Abbiamo deciso di rivolgerci ad alcuni esperti di scienza della complessità per rendere più solida l’analisi dei dati relativa alla prima fase della sperimentazione, che descriviamo brevemente di seguito.

L’obiettivo della prima fase della sperimentazione era quello di “fotografare” le competenze scientifiche pregresse del campione.

Per far emergere tali competenze in modo indiretto, è stata proposta ai cittadini la lettura della *lectio magistralis* “Scrivere il futuro” del sociologo polacco Zygmunt Bauman ed è stato successivamente somministrato un questionario. Tale testo è stato scelto in quanto affronta il tema del futuro rivolgendosi alla cittadinanza e tratta il tema di cambiamenti sociali e politici attraverso alcune parole chiave come incertezza, ordine, futuro, probabilità che, mutuata dal

linguaggio scientifico, vengono utilizzate per reinterpretare la società odierna e alcuni grandi cambiamenti che essa sta vivendo.

L'idea di fondo di questa prima fase della nostra ricerca è quella di estrapolare informazioni circa le competenze scientifiche possedute da cittadini adulti attraverso la loro interpretazione del testo.

I cittadini del campione hanno quindi letto ed analizzato il testo di Bauman e risposto alle domande del questionario che, come vedrà, sono finalizzate più a una analisi “concettuale” del testo che non a una sua analisi complessiva di tipo politico o sociologico. Non avendo i nostri interlocutori un solido background nell'ambito scientifico, durante l'analisi degli elaborati prodotti dai cittadini, desidereremmo poter fare un confronto con letture del testo di Bauman fatte da esperti di scienza della complessità. E' per questo motivo che le chiediamo la disponibilità di leggere il testo della conferenza “Scrivere il futuro”, che le inviamo in allegato in formato digitale, e di rispondere alle domande del questionario. Nelle sue risposte, ci farebbe anche molto piacere se volesse commentare il testo e l'attività nel suo complesso, a partire dal suo ruolo di esperto. Per questo abbiamo introdotto alcune domande “Extra” che non erano previste nel questionario rivolto ai cittadini.

Il questionario

Nel testo di Bauman si trova questa frase:

“Il manifesto annunciato da Laplace fu accolto favorevolmente dalla maggior parte delle persone perché la prospettiva per cui il futuro non sarebbe più un mistero – un mistero forse persino pericoloso –, ma vi sarebbe, invece, la possibilità di predire in anticipo quel che accadrà, apparve senza dubbio molto seducente.”

1. Qual è il significato principale del manifesto annunciato da Laplace?
2. Perché Bauman dice che Laplace, attraverso questo manifesto, ha elevato la scienza al rango di massima autorità? Quale scienza o visione scientifica c'è alla sua base?
3. È possibile rintracciare esempi dell'influenza di questa visione di futuro nella storia, nella cultura e nella società più in generale? Perché Bauman sostiene che “il manifesto di Laplace è stato uno dei pilastri centrali nel plasmare la *forma mentis* dei tempi moderni”?

Extra 1: È d'accordo con la lettura che fa Bauman della visione di Laplace? Perché?

Quindi Bauman parla del “**mondo del divenire**”.

4. Come è caratterizzato il “mondo del divenire”? In che modo concetti come incertezza, probabilità, instabilità, irreversibilità, futuro sono detti caratterizzarlo?

Extra 2: È d'accordo con la lettura che fa Bauman del mondo del divenire e del modo con cui i termini scientifici sono utilizzati? Perché?

Continuando nel ragionamento, Bauman introduce l'espressione “**mondo complesso**”.

5. Che cosa lo caratterizza?

6. In che modo incertezza, imprevedibilità, “processi contraddittori”, ordine e disordine lo caratterizzano?

7. Consideri un ambito che sente particolarmente vicino ai suoi interessi e/o competenze (scientifico, educativo, sociale, economico, politico...) e prenda la parola “**sistema**”: quale significato le attribuisce e quali proprietà lo caratterizzano?

Extra 3: È d'accordo con la lettura che fa Bauman del “mondo complesso” e del modo con cui i termini scientifici sono utilizzati? Perché?

Extra 4: Desidera fare commenti generali sul testo di Bauman e sull'utilizzo che Bauman fa di termini e concetti scientifici per interpretare fenomeni di tipo sociale?

Gruppo di ricerca in Didattica della Fisica
Dipartimento di Fisica e Astronomia
Università di Bologna

Allegato 3 – “Seconda attività somministrata ai cittadini che hanno partecipato all’incontro in presenza”

EDUCAZIONE SCIENTIFICA E COMPETENZE DI CITTADINANZA

Premessa generale alle attività proposte

Pensate come strumenti di costruzione e, al tempo stesso, di consolidamento di competenze specifiche nell’ambito della scienza della complessità, queste attività sono state scelte perché, si ritiene, possano formare abilità trasversali di cittadinanza.

Le loro caratteristiche essenziali possono riassumersi in tre punti:

- la rilevanza del contenuto scientifico;
- la dimensione ludica come dimensione di apprendimento;
- la struttura stessa delle attività come veicolo delle competenze in oggetto.

In particolare le attività permettono di riflettere su alcuni concetti cardine della complessità: feedback (positivo e negativo), auto-organizzazione, proprietà emergenti, dinamica di interazione tra le parti, sistema (chiuso o aperto), evoluzione temporale e formazione di pattern spaziali e strutturali.

Attraverso la dimensione del “gioco intelligente”, è stato realizzato un ponte tra la descrizione sommaria dei concetti chiave della teoria della complessità e la loro applicazione in contesti tecnici specifici. In questo senso le prime due attività permettono di elaborare i concetti chiave in maniera interattiva.

Infine abbiamo seguito il principio per il quale la forma va a rispecchiare il contenuto: in particolare, le attività 1 e 2 sono simulazioni, strumenti usati in maniera complementare ai cosiddetti *big data* per lo studio dei sistemi complessi. L’attività 3, invece, è proposta come lezione interattiva basata su un video animato, seguito da alcune domande e da uno spazio lasciato per l’eventuale discussione con i ricercatori e con gli altri utenti.

Consegna

1) Dopo aver svolto le attività proposte, si provi a dare una definizione dei termini-chiave, caratteristici della scienza della complessità, indicando l'attività (o la parte di essa) che maggiormente ha aiutato nella costruzione del concetto specifico:

feedback (positivo e negativo),
auto-organizzazione,
proprietà emergente,
dinamica di interazione tra le parti,
sistema (chiuso e aperto),
evoluzione temporale e formazione di pattern spaziali e strutturali.

2) Nello svolgere le attività si rifletta sui contesti nei quali le competenze sviluppate possono essere utilizzate per prendere decisioni o svolgere azioni di cittadinanza.

Si indichi il tempo dedicato complessivamente alle attività: _____

Attività n° 1

“Crescete e non segregatevi!”

Obiettivi

Comprendere, tramite una simulazione (strumento tipico dello studio dei sistemi complessi), la non linearità tra cause ed effetti (a piccole cause a livello di singoli individui possono corrispondere grandi effetti a livello di sistema). Individuare il manifestarsi di proprietà emergenti, tipiche dei sistemi complessi, non spiegabili con un approccio riduzionista.

Link alla pagina web

<http://ncase.me/polygons-it/>

Descrizione

Si tratta di una storia interattiva, un “racconto giocabile”, su come scelte apparentemente innocue dei singoli individui possono avere effetti macroscopici e dar luogo a proprietà emergenti sulla società.

Per una serie di motivi è praticamente impossibile studiare sistemi sociali complessi attraverso la tecnica dell’esperimento: pensiamo alla difficoltà di manipolare variabili fortemente intrecciate tra loro (l’aggettivo *complesso* ha proprio questa etimologia: *complexus*, intrecciato insieme), ma anche alle conseguenze etiche di questo approccio.

Per questi motivi si usano le simulazioni, ovvero si replicano, tramite uno specifico software, le proprietà principali e le dinamiche di un sistema sociale. A questo punto, attraverso la manipolazione controllata di alcuni parametri di riferimento, si eseguono degli esperimenti.

Il racconto proposto per questa attività fa riferimento al modello di segregazione di Thomas Schelling (*Dynamic Model of Segregation*), per il quale l’autore ha ricevuto il premio Nobel per l’Economia nel 2005.

L’ambiente è un mondo bidimensionale abitato da quadrati e triangoli, nel quale semplici regole di convivenza danno vita a dinamiche di segregazione razziale. Il giocatore è guidato attraverso l’apprendimento della logica del problema che porta in sé numerose caratteristiche proprie della teoria dei sistemi complessi.

Attività n° 2

Complesso ma (auto-)organizzato

Obiettivo

Comprendere l’auto-organizzazione dei sistemi come una proprietà che si manifesta a partire dal comportamento dei singoli (bottom-up – dal basso verso l’alto) e non da cosiddetti “piani regolatori” (direzione top-down – dall’alto verso il basso).

Link alla pagina web

http://ncase.me/simulating/model/?remote=-KUprPJtidnbs_UvsJ6Z

Descrizione

Si tratta di una simulazione personalizzabile che mostra come da regole semplici discende un'auto-organizzazione che non è mai stata richiesta come condizione sul sistema.

Nello svolgere l'attività vengono applicati i concetti-chiave della scienza della complessità alla vita di una foresta. Attraverso una manipolazione dei principali parametri alla base dello sviluppo della foresta (tasso di crescita degli alberi, delle erbacce e di scoppio degli incendi), il giocatore può entrare in confidenza con il concetto di emergenza, con comportamenti complessi che nascono da regole semplici, con i cicli di feedback e con l'auto-organizzazione che permette di vedere l'insorgere di un ordine a partire da comportamenti spontanei, non dettati a priori.

Il giocatore dovrebbe essere motivato ad osservare cosa accade al procedere degli step della simulazione e, a suo piacimento, è invitato ad agire sulle proprietà dei singoli elementi del sistema e delle loro interazioni. Ogni modifica introdotta può generare conseguenze sul comportamento globale.

Suggerimento per l'approfondimento dell'attività n° 2

Link alla pagina web

<https://www.youtube.com/watch?v=dKfs0uVZjrg>

Descrizione

Come approfondimento rispetto all'attività proposta, si consiglia di guardare il breve video illustrativo del cosiddetto "Gioco della vita", inventato dal matematico John Conway. Si tratta di un altro interessante esempio di come da minimi ingredienti (poche, semplici regole) possano emergere fenomeni complessi. Nel gioco tali fenomeni si mostrano sotto forma di pattern geometrici.

Attività n° 3

Cicli di feedback: e la natura prende il suo ritmo!

Obiettivo

Comprendere l'importanza dei feedback (negativi e positivi) in natura, attraverso una metafora musicale, per sostituire il concetto di causalità circolare a quello di causalità lineare.

Link alla pagina web

<http://ed.ted.com/on/gRTevP1S>

Descrizione

Si tratta di una video-lezione animata sull'argomento dei feedback positivi e negativi nei sistemi ecologici. Con una metafora musicale, il video dà strumenti immaginativi per pensare all'emergere dell'auto-organizzazione a partire da un complesso substrato di cicli di feedback.

La video-lezione è corredata da domande a risposta multipla ed aperte per consentire un apprendimento on-line dell'argomento. E' presente un breve riassunto scritto del contenuto del video, contenente alcuni collegamenti ad altre lezioni Ted-Ed suggerite per il soddisfacimento di eventuali curiosità personali.

Nell'area dedicata alla discussione ciascuno può, se lo desidera, lasciare domande, commenti od osservazioni che tutti i partecipanti possono leggere e a cui tutti possono rispondere. Come recita l'introduzione all'area di discussione, infatti, "i meccanismi di feedback insegnano che un problema può causarne molti altri, ma d'altro canto anche una soluzione può generarne molte altre...".

Allegato 4 – “Seconda attività somministrata ai cittadini che non hanno partecipato all’incontro in presenza”

EDUCAZIONE SCIENTIFICA E COMPETENZE DI CITTADINANZA

Attività n° 1

“Crescete e non segregatevi!”

Obiettivi

Comprendere, tramite una simulazione (strumento tipico dello studio dei sistemi complessi), la non linearità tra cause ed effetti (a piccole cause a livello di singoli individui possono corrispondere grandi effetti a livello di sistema). Individuare il manifestarsi di proprietà emergenti, tipiche dei sistemi complessi, non spiegabili con un approccio riduzionista.

Link alla pagina web

<http://ncase.me/polygons-it/>

Descrizione

Si tratta di una storia interattiva, un “racconto giocabile”, su come scelte apparentemente innocue dei singoli individui possono avere effetti macroscopici e dar luogo a proprietà emergenti sulla società.

Per una serie di motivi è praticamente impossibile studiare sistemi sociali complessi attraverso la tecnica dell’esperimento: pensiamo alla difficoltà di manipolare variabili fortemente intrecciate tra loro (l’aggettivo *complesso* ha proprio questa etimologia: *complexus*, intrecciato insieme), ma anche alle conseguenze etiche di questo approccio.

Per questi motivi si usano le simulazioni, ovvero si replicano, tramite uno specifico software, le proprietà principali e le dinamiche di un sistema sociale. A questo punto, attraverso la manipolazione controllata di alcuni parametri di riferimento, si eseguono degli esperimenti.

Il racconto proposto per questa attività fa riferimento al modello di segregazione di Thomas Schelling (*Dynamic Model of Segregation*), per il quale l'autore ha ricevuto il premio Nobel per l'Economia nel 2005.

L'ambiente è un mondo bidimensionale abitato da quadrati e triangoli, nel quale semplici regole di convivenza danno vita a dinamiche di segregazione razziale. Il giocatore è guidato attraverso l'apprendimento della logica del problema che porta in sé numerose caratteristiche proprie della teoria dei sistemi complessi.

Consegna

Si riportino brevemente (3-4 righe) il messaggio principale dell'attività e gli aspetti che hanno maggiormente colpito.

Attività n° 2

Cicli di feedback: e la natura prende il suo ritmo!

Obiettivo

Comprendere l'importanza dei feedback (negativi e positivi) in natura, attraverso una metafora musicale, per sostituire il concetto di causalità circolare a quello di causalità lineare.

Link alla pagina web

<http://ed.ted.com/on/gRTevP1S>

Descrizione

Si tratta di una video-lezione animata sull'argomento dei feedback positivi e negativi nei sistemi ecologici. Con una metafora musicale, il video dà strumenti immaginativi per pensare all'emergere dell'auto-organizzazione a partire da un complesso substrato di cicli di feedback.

La video-lezione è corredata da domande a risposta multipla ed aperte per consentire un apprendimento on-line dell'argomento. E' presente un breve riassunto scritto del contenuto del video, contenente alcuni collegamenti ad altre lezioni Ted-Ed suggerite per il soddisfacimento di eventuali curiosità personali.

Nell'area dedicata alla discussione ciascuno può, se lo desidera, lasciare domande, commenti od osservazioni che tutti i partecipanti possono leggere e a cui tutti possono rispondere. Come recita l'introduzione all'area di discussione, infatti, "i meccanismi di feedback insegnano che un problema può causarne molti altri, ma d'altro canto anche una soluzione può generarne molte altre...".

Consegna

Si rifletta sui concetti di feedback positivo e feedback negativo e si riportino due esempi (uno per ogni tipo di feedback) tratti dalla propria esperienza o dalla propria conoscenza (diversi dagli esempi riportati nel video), argomentando perché si tratta di un feedback positivo o di un feedback negativo.

Attività n° 3

Futuri immediati, possibili e desiderati per la città di Irene

Introduzione

L'attività è articolata in tre parti, rispettivamente finalizzate a far riflettere sulle strategie per pensare al futuro immediato (conseguenze di un'azione del presente), a futuri possibili (scenari che possono crearsi in un tempo medio-lungo) e al futuro desiderabile (uno scenario che rispecchia i propri valori).

Si svolgano le attività dopo avere letto della città di Irene.

La città di IRENE

A Irene, una piccola città di campagna (8000 abitanti circa) attraversata da una strada di grande comunicazione e posta a pochi chilometri di distanza da un'importante zona commerciale (di competenza di un'altra Amministrazione Comunale), sono presenti tre attività commerciali, operanti nel settore alimentare.

La prima, collocata in centro, a ridosso della strada principale e dotata di un comodo parcheggio, è gestita dalla famiglia Degli Esposti che vende prodotti alimentari di nicchia. Si tratta di una bottega molto curata, al fianco della quale è presente un piccolo bar. Le due attività fungono da punto di aggregazione per tutta la comunità e nei pressi ci sono pochi altri negozi. A causa della crisi economica, negli ultimi anni gli affari non sono andati a gonfie vele e il margine di guadagno si è progressivamente ridotto. La sostenibilità è garantita dal fatto che la conduzione familiare consente di ridurre al minimo i costi di personale, garantendo un'inalterata cura degli spazi e dell'offerta.

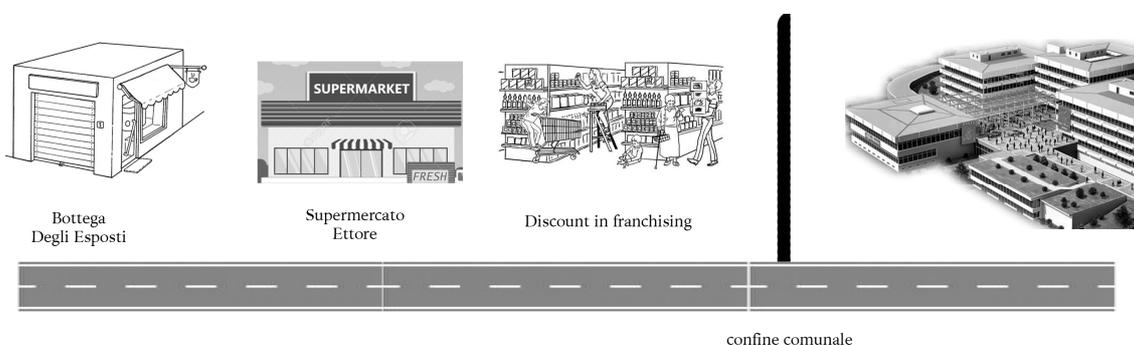
Poco al di fuori del paese, sempre lungo la strada principale, in direzione della zona commerciale (nella quale sono presenti altre realtà analoghe), si trova un piccolo supermercato. Il proprietario, Ettore, gestore dell'attività da molti anni, ha 6 dipendenti e non ha mai rinnovato l'offerta pur avendo la possibilità, prevista dalle regole urbanistiche, di espandere i locali e di ampliare in tal modo la gamma dei prodotti disponibili. L'avvicinarsi

dell'età pensionabile e la scarsa disponibilità di denaro da investire hanno indotto la proprietà a perseguire una strategia di minima.

In un futuro non troppo remoto, la gestione potrebbe essere rilevata da un imprenditore o da una grande catena. Anche se questo non è ancora accaduto, si ritiene che un potenziale investitore possa ritenere appetibile l'area, proprio in virtù della possibile espansione e ristrutturazione dei locali. Il piano regolatore, nonostante la vicinanza della zona commerciale, prevede una espansione massima del doppio della superficie esistente, in un'area comunque compromessa dal punto di vista ambientale.

Infine, ancora più fuori dal cuore del paese, a circa 2 Kilometri di distanza dal supermercato, c'è un piccolo discount, appartenente ad una grande catena, nel quale lavorano 10 persone. Il piano regolatore vigente non consente alcuna possibilità di ampliamento. La proprietà, attraverso una variante urbanistica, vorrebbe raddoppiare i locali e realizzare un parcheggio nell'area adiacente, oggi destinata ad uso agricolo. L'investimento sarebbe finalizzato alla realizzazione di un innovativo reparto dedicato alla vendita di prodotti biologici sfusi (carne, frutta, verdura, latticini) e del relativo magazzino di stoccaggio. Sui tetti verrebbe installato un grosso impianto fotovoltaico. La contiguità del discount e del negozio biologico consentirebbe l'assunzione di 4 sole persone.

Prima di chiedere la variante urbanistica la proprietà ha considerato l'ipotesi di rilevare il supermercato di cui abbiamo parlato in precedenza, presso il quale le regole urbanistiche consentirebbero già oggi di realizzare il progetto. Questa eventualità avrebbe consentito di evitare la possibile venuta di un nuovo concorrente sul territorio ma, d'altra parte, sarebbe stata necessaria una maggior spesa in termini di personale. Di conseguenza l'ipotesi è stata scartata e si è proceduto con la richiesta della variante.



Parte 1. Futuro immediato - Analisi della situazione e decisione

Si immagini di mettersi nei panni del decisore pubblico, chiamato ad operare una scelta in merito alla concessione della variante urbanistica, richiesta dalla proprietà del discount.

Per arrivare alla decisione, si costruisca una schematizzazione della situazione, nella forma preferita, nello spazio sottostante. Nella schematizzazione si esplicitino: a) gli attori coinvolti, b) le loro esigenze e i loro interessi, c) le interazioni che esistono (*se si fanno disegni o schematizzazioni, si alleggi, per cortesia, la fotografia dello schema prodotto*).

Quindi, si ragioni sui potenziali effetti (sociali, economici, occupazionali, ambientali) che possono scaturire dai due scenari alternativi (espansione concessa o negata).

Se si ritiene di avere necessità di dati in più, per conoscere meglio la situazione urbanistica e sociale di Irene, si introducano questi “dati mancanti” o si contestualizzi il problema a proprio piacimento, esplicitando le scelte fatte.

DECISIONE: _____

Parte 2. Futuri possibili: Attività di *backcasting* con l'individuazione di *feedback positivi* e *negativi*

Con attività di backcasting si intende una attività di riflessione che parte dal futuro – “scenari possibili” - per valutare a ritroso possibili percorsi che li hanno determinati. E’ in questo senso che si differenzia dal forecasting che, invece, parte dal presente per immaginare il futuro. Il backcasting è un approccio che cerca di stimolare, più del forecasting, nuove soluzioni di rottura rispetto all’esistente.

Si leggano dunque i due possibili scenari per la città di Irene e si svolgano le attività descritte di sotto, cercando di svincolarsi il più possibile dalle considerazioni sul presente fatte nella prima parte dell'attività.

Scenario 1: Nel 2026 la città è diventata un centro di attrazione a causa delle tante attività commerciali che si sono sviluppate oltre la zona commerciale, lungo la strada di grande comunicazione. Catene commerciali importanti ed outlet attirano persone da fuori e hanno offerto ai giovani oltre 100 posti di lavoro ma il centro storico si è progressivamente vuotato. Rimane un bar frequentato dagli anziani del paese, mentre i giovani, per il loro tempo libero, si spostano in cittadine vicine.

Scenario 2: Nel 2026 la città è diventata un centro di attrazione per un turismo locale ma differenziato, grazie all'offerta gastronomica dei negozi di prodotti di nicchia del centro e a ristoranti curati ma non esclusivi. Gli agricoltori della zona hanno stipulato accordi con i supermercati e con alcuni negozi per la vendita dei loro prodotti a Km0 e, ogni due settimane, organizzano mercati in centro storico che attirano anche famiglie con bambini e giovani per eventi creativi ed artistici, organizzati a latere del mercato. I bar sono diventati due.

Si individuino 3 eventi, accaduti dal 2016 al 2026, che possano aver portato allo scenario 1 e 3 eventi che possono avere portato allo scenario 2 (gli eventi possono essere scelte operate dai decisori politici, decisioni di privati o fenomeni economici, politici e culturali).

Per ogni scenario si individui almeno un feedback (positivo e/o negativo) che lo possa avere determinato e si dica se è, per sé, uno scenario desiderabile oppure no.

Scenario 1

Evento 1.1	
Cosa	
Quando	
Implicazioni	

Evento 1.2	
Cosa	
Quando	
Implicazioni	

Evento 1.3	
Cosa	
Quando	
Implicazioni	

Feedback (indicare se positivo o negativo)

Si tratta di uno scenario desiderabile? _____

Scenario 2

Evento 2.1	
Cosa	
Quando	
Implicazioni	

Evento 2.2	
Cosa	
Quando	
Implicazioni	

Evento 2.3	
Cosa	
Quando	
Implicazioni	

Feedback (indicare se positivo o negativo)

Si tratta di uno scenario desiderabile? _____

Alla luce di quest'ultima attività di backcasting si prenderebbe ancora la decisione assunta nella parte 1?

Parte3. *Futuro desiderabile*

Si pensi ad uno scenario finale: quale città vorrebbe fosse Irene nel 2026?



Allegato 5 – “The Fishback Game”

The Fishback Game

Obiettivo

Consolidare la rinuncia alla linearità con un breve gioco che permette di riflettere, in modo dinamico, sui meccanismi di feedback e sulle conseguenze a lungo termine delle azioni e delle intenzioni di ciascun giocatore.

Materiale allegato

Regole del gioco

Carte

Descrizione

Si tratta di un gioco da tavolo per quattro giocatori, della durata di circa 15 minuti, e riguarda l'attività di pesca da parte di imprenditori del settore ittico. La strategia di gioco emerge come caratteristica del gruppo di concorrenti: dalla strategia messa in campo non esce necessariamente un vincitore, dal momento che le regole del gioco prevedono che tutti possano perdere. Se non è semplice stabilire quale sia la strategia che porta sicuramente alla vittoria, è piuttosto facile individuare il modo migliore per perdere: esso consiste nel non tenere in considerazione i cicli di feedback su cui il gioco si basa.

Le regole del gioco sono illustrate nel dettaglio nella scheda in allegato ma, per descrivere in modo sommario il gioco, si può dire che esso si sviluppa in dieci turni di gioco (uno per anno) e che ciascuno di essi si articola in otto fasi.

Scopo del gioco è vincere e ciò accade al giocatore più ricco al termine dei dieci turni di gioco, ma può anche non vincere nessuno nel caso in cui vengano pescati tutti i pesci oppure nel caso in cui ci siano tre turni consecutivi di pesca scarsa.

In questo gioco è però contenuto un Gioco molto più sottile che si basa sul riconoscimento dei cicli di feedback presenti nella dinamica del problema: sta ai giocatori, opportunamente guidati, riconoscerli e classificarli come positivi o negativi. Tenendo presente questa circolarità causale intrinseca al gioco, il suo vero scopo risulta quello di adottare strategie di gioco (singole e di gruppo) intelligenti e *future-oriented*.

Allegato 6 – “The Fishback Game – regole del gioco”

The Fishback Game

Numero dei giocatori: 4

Materiale occorrente: 30 pesci

30 monete

24 carte di 6 tipologie diverse

carta dei prezzi

tabella dei turni di gioco e segna-turno

Inizio del gioco

Preparare 24 pesci sul tavolo di gioco, a costituire la piscina

Mettere in un angolo del tavolo le 30 monete, a costituire la banca

Consegnare a ciascun giocatore la carta da 0\$

Regole del gioco

Il gioco si articola su 10 turni di gioco (10 anni), ognuno dei quali si articola in 8 fasi diverse:

- spedizione di pesca: tutti i giocatori giocano nello stesso momento una carta tra quelle possedute;
- determinazione della priorità: i giocatori possono investire monete, tra quelle possedute, per ottenere la priorità nella pesca, che viene concessa al miglior offerente (questa fase di gioco non è indispensabile ma può rivelarsi utile in anni in cui nella piscina ci sono pochi pesci);
- pesca: a partire da giocatore che si è aggiudicato la priorità (o dal giocatore più giovane qualora non si sia determinata una priorità), procedendo in senso antiorario, i giocatori pescano un numero di pesci pari a quelli indicati nella carta giocata;
- determinazione del prezzo di mercato: in base alla carta dei prezzi, si determina il prezzo per ciascun pesce;
- incassi: ogni giocatore preleva dalla banca tante monete quanto è il prezzo di ciascun pesce moltiplicato per il numero di pesci pescati;

- investimenti: ogni giocatore può acquistare nuove carte al prezzo indicato sulle carte stesse in alto a destra (una volta acquistate, queste carte rimangono sempre nelle mani del giocatore il quale, ad ogni fase di spedizione di pesca, decide quale utilizzare);
- rigenerazione delle risorse: si aggiunge un pesce ogni tre rimasti nella piscina, fino ad un massimo di 30 pesci totali;
- fine dell'anno: si sposta il segna-turno nello spazio libero successivo e si ricomincia con il successivo anno di gioco.

Obiettivo del gioco

Al termine dei dieci anni, vince il giocatore con più monete. Il gioco può però finire prima del decimo anno o nel caso in cui si esauriscano completamente le risorse o nel caso in cui ci siano tre turni di gioco con pescato inferiore ai 7 pesci: in questi due casi, tutti perdono.

Allegato 7 – “Scheda esplicativa dei feedback nel Fishback Game”

The Fishback Game

Feedback negativi (o di bilanciamento)

Definizione: si parla di feedback negativo quando i risultati di un sistema vanno a smorzarne le cause.

- Un primo ciclo di bilanciamento è quello che cerca di spostare lo stato attuale nello stato desiderato (il limite dei 30 pesci) tramite la riproduzione, bilanciando così la perdita per via della pesca e della morte naturale dei pesci.
- Un secondo feedback negativo è la legge di domanda che è presente in generale nel mercato: più si pesca, maggiore è l'offerta e minore è il prezzo del singolo pesce; ciò comporta che al turno successivo si peschi meno, si abbia minor offerta e, dunque il prezzo del singolo pesce aumenti, e così via. Questo di base dovrebbe essere un deterrente alla sovrappesca, in modo tale da non far scendere il prezzo di mercato.

Feedback positivi (o di rafforzamento)

Definizione: si parla di feedback positivo quando i risultati di un sistema vanno ad amplificarne le cause.

- Un primo ciclo di rafforzamento è il “richgetsricher” riguardo il fatto che chi ha più carte a disposizione, può pescare, può ricevere soldi, e di conseguenza può acquistare altre carte importanti che gli permettono di pescare molto e di ricevere molti soldi.
- In tempi di scarsità di risorse, cioè di pesci pescabili, il mercato è vuoto, per cui vi è una grande tentazione di estrarre le risorse rimanenti per un maggior guadagno: nasce così un ciclo di feedback positivo perché c'è scarsità di pesci, quindi si pesca poco, si guadagna molto e si continua a pescare aggravando la scarsità.

*Allegato 8 – “Futuri immediati, possibili e desiderati per la città di Irene” –
scheda utilizzata durante l’incontro in presenza*

Futuri immediati, possibili e desiderati per la città di Irene

A Irene, una piccola città di campagna (8000 abitanti circa) attraversata da una strada di grande comunicazione e posta a pochi chilometri di distanza da un’importante zona commerciale (di competenza di un’altra Amministrazione Comunale), sono presenti tre attività commerciali, operanti nel settore alimentare.

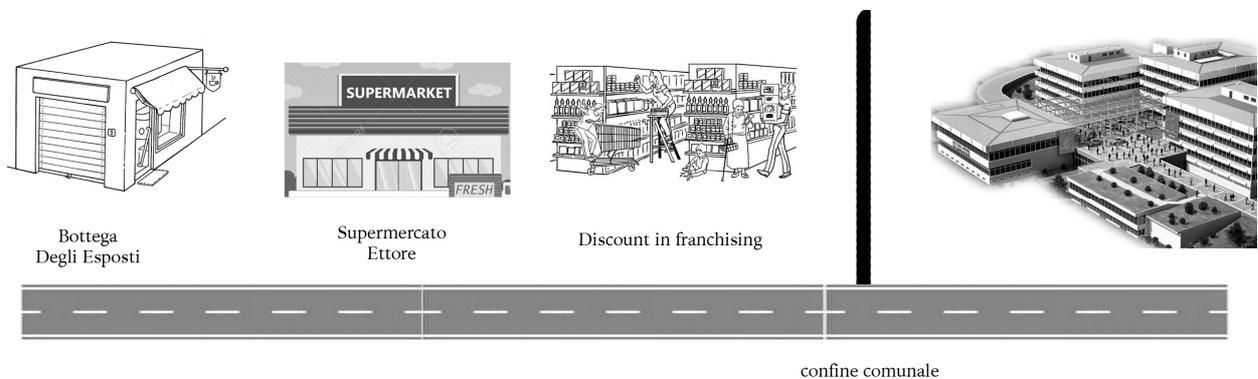
La prima, collocata in centro, a ridosso della strada principale e dotata di un comodo parcheggio, è gestita dalla famiglia Degli Esposti che vende prodotti alimentari di nicchia. Si tratta di una bottega molto curata, al fianco della quale è presente un piccolo bar. Le due attività fungono da punto di aggregazione per tutta la comunità e nei pressi ci sono pochi altri negozi. A causa della crisi economica, negli ultimi anni gli affari non sono andati a gonfie vele e il margine di guadagno si è progressivamente ridotto. La sostenibilità è garantita dal fatto che la conduzione familiare consente di ridurre al minimo i costi di personale, garantendo un’inalterata cura degli spazi e dell’offerta.

Poco al di fuori del paese, sempre lungo la strada principale, in direzione della zona artigianale (nella quale sono presenti altre realtà analoghe), si trova un piccolo supermercato. Il proprietario, Ettore, gestore dell’attività da molti anni, ha 6 dipendenti e non ha mai rinnovato l’offerta pur avendo la possibilità, prevista dalle regole urbanistiche, di espandere i locali e di ampliare in tal modo la gamma dei prodotti disponibili. L’avvicinarsi dell’età pensionabile e la scarsa disponibilità di denaro da investire hanno indotto la proprietà a perseguire una strategia di minima.

In un futuro non troppo remoto, la gestione potrebbe essere rilevata da un imprenditore o da una grande catena. Anche se questo non è ancora accaduto, si ritiene che un potenziale investitore possa ritenere appetibile l’area, proprio in virtù della possibile espansione e ristrutturazione dei locali. Il piano regolatore, nonostante la vicinanza della zona commerciale, prevede una espansione massima del doppio della superficie esistente, in un’area comunque compromessa dal punto di vista ambientale.

Infine, ancora più fuori dal cuore del paese, a circa 2 Kilometri di distanza dal supermercato, c'è un piccolo discount, appartenente ad una grande catena, nel quale lavorano 10 persone. Il piano regolatore vigente non consente alcuna possibilità di ampliamento. La proprietà, attraverso una variante urbanistica, vorrebbe raddoppiare i locali e realizzare un parcheggio nell'area adiacente, oggi destinata ad uso agricolo. L'investimento sarebbe finalizzato alla realizzazione di un innovativo reparto dedicato alla vendita di prodotti biologici sfusi (carne, frutta, verdura, latticini) e del relativo magazzino di stoccaggio. Sui tetti verrebbe installato un grosso impianto fotovoltaico. La contiguità del discount e del negozio biologico consentirebbe l'assunzione di 4 sole persone.

Prima di chiedere la variante urbanistica la proprietà ha considerato l'ipotesi di rilevare il supermercato di cui abbiamo parlato in precedenza, presso il quale le regole urbanistiche consentirebbero già oggi di realizzare il progetto. Questa eventualità avrebbe consentito di evitare la possibile venuta di un nuovo concorrente sul territorio ma, d'altra parte, sarebbe stata necessaria una maggior spesa in termini di personale. Di conseguenza l'ipotesi è stata scartata e si è proceduto con la richiesta della variante.



NOME E COGNOME _____

GRUPPO _____

Attività 1: Analisi della situazione e decisione

Si immagini di mettersi nei panni del decisore pubblico, chiamato ad operare una scelta in merito alla concessione della variante urbanistica, richiesta dalla proprietà del discount.

Per arrivare alla decisione, si costruisca una schematizzazione della situazione nella forma preferita sul cartoncino bristol allegato. Nella schematizzazione si esplicitino: a) gli attori coinvolti, b) le loro esigenze e i loro interessi, c) le interazioni che esistono.

Quindi, si ragioni sui potenziali effetti (sociali, economici, occupazionali, ambientali) che possono scaturire dai due scenari alternativi (espansione concessa o negata).

Se si ritiene di avere necessità di dati in più, per conoscere meglio la situazione urbanistica e sociale di Irene, si introducano, in accordo con il gruppo, questi “dati mancanti” o si contestualizzi il problema a proprio piacimento, esplicitando le scelte fatte.

DECISIONE: _____

Attività 2: Attività di *backcasting* con l'individuazione di *feedback* positivi e negativi

Scenario 1: Nel 2026 la città è diventata un centro di attrazione a causa delle tante attività commerciali che si sono sviluppate oltre la zona commerciale, lungo la strada di grande comunicazione. Catene commerciali importanti e outlet attirano persone da fuori e hanno offerto ai giovani oltre 100 posti di lavoro ma il centro storico si è progressivamente vuotato. Rimane un bar frequentato dagli anziani del paese, mentre i giovani, per il loro tempo libero, si sono spostati in cittadine vicine.

Scenario 2: Nel 2026 la città è diventata un centro di attrazione per un turismo locale ma differenziato, grazie all'offerta gastronomica dei negozi di prodotti di nicchia del centro e

ristoranti curati ma non esclusivi. Gli agricoltori della zona hanno stipulato accordi coi supermercati e con alcuni negozi per la vendita dei loro prodotti a Km0 e, ogni due settimane, organizzano mercati in centro storico che attirano anche famiglie con bambini e giovani per gli eventi creativi e artistici, organizzati a latere del mercato. I bar sono diventati due.

Si individuino 3 eventi, accaduti dal 2016 al 2026, che possano aver portato allo scenario 1 e 3 eventi che possono avere portato allo scenario 2 (gli eventi possono essere scelte operate dai decisori politici, decisioni di privati o fenomeni economici, politici e culturali).

Scenario 1

Evento 1.1	
Cosa	
Quando	
Implicazioni	

Evento 1.2	
Cosa	
Quando	
Implicazioni	

Evento 1.3	
Cosa	
Quando	
Implicazioni	

Scenario 2

Evento 2.1	
Cosa	
Quando	
Implicazioni	

Evento 2.2	
Cosa	
Quando	
Implicazioni	

Evento 2.3	
Cosa	
Quando	
Implicazioni	

Si individuino, per ogni scenario, almeno un fenomeno di feedback positivo e/o negativo che possa giustificarlo.

Scenario 1	
Feedback positivo	
Feedback negativo	

Scenario 2	
Feedback positivo	
Feedback negativo	

Alla luce dell'attività di backcasting, il gruppo prenderebbe ancora la decisione assunta nell'attività 1?

Attività 3: *Futuro desiderabile*

Il gruppo scriva uno Scenario 3: quale città vorrebbe fosse Irene nel 2026?

Allegato 9 – “Questionario di gradimento complessivo”

Questionario di valutazione sull'attività di cittadinanza scientifica

- 1) Quanto tempo hai dedicato alla prima attività (il questionario e la lettura su Bauman)?
 - Niente
 - 1h
 - 2h
 - 3h
 - più di 3h

- 2) Quanto hai trovato interessante questa attività?
 - 1 (per niente)
 - 2
 - 3
 - 4
 - 5 (moltissimo)

- 3) Quanto l'hai trovata utile per contestualizzare e cogliere il significato delle attività successive?
 - 1 (per niente)
 - 2
 - 3
 - 4
 - 5 (moltissimo)

- 4) Quanto tempo hai dedicato alla seconda attività (quella che esplorava i concetti della fisica della complessità attraverso l'utilizzo delle simulazioni)?
 - 0h

- 1/2h
- 1h
- 2h
- più di 2h

5) Quanto hai trovato interessante questa attività mentre la facevi?

- 1 (per niente)
- 2
- 3
- 4
- 5 (moltissimo)

6) Quanto l'hai trovata utile o propedeutica all'attività successiva ("Futuri immediati, possibili e desiderati per la città di Irene")?

- 1 (per niente)
- 2
- 3
- 4
- 5 (moltissimo)

7) Hai qualche commento da fare sulle attività di simulazione? (FACOLTATIVO)

8) Quanto ti è servito il gioco del "Fishback" per capire i seguenti concetti (sistema, feedback, equilibrio)?

- 1 (per niente)
- 2
- 3
- 4
- 5 (moltissimo)

9) Quanto hai trovato interessante l'attività di IRENE in generale?

- 1 (per niente)
- 2
- 3
- 4
- 5 (moltissimo)

10) Quanto è stata interessante questa attività per:

1 (per niente)...5 (moltissimo)

Innescare una tipologia "particolare" di discussione

Conoscere altri punti di vista e ampliare il tuo personale

Applicare concetti come sistema, feedback, introdotti nelle attività precedenti (per chi le ha svolte)

Esplorare possibili modi di analizzare un problema

Altro

Innescare una tipologia "particolare" di discussione

Conoscere altri punti di vista e ampliare il tuo personale

Applicare concetti come sistema, feedback, introdotti nelle attività precedenti (per chi le ha svolte)

Esplorare possibili modi di analizzare un problema

Altro

N.B.: Nel caso in cui si sia selezionata la voce "altro" nella domanda precedente, ti chiediamo di specificare qui sotto cosa intendi

11) Commenti generali sull'intero progetto?

RINGRAZIAMENTI

*“Abbiamo bisogno di contadini,
di poeti, gente che sa fare il pane,
che ama gli alberi e riconosce il vento.*

*Più che l’anno della crescita,
ci vorrebbe l’anno dell’attenzione.
Attenzione a chi cade, al sole che nasce
e che muore, ai ragazzi che crescono,
attenzione anche a un semplice lampione,
a un muro scrostato.*

*Oggi essere rivoluzionari significa togliere
più che aggiungere, rallentare più che accelerare,
significa dare valore al silenzio, alla luce,
alla fragilità, alla dolcezza”*

Franco Arminio

Ho voluto riportare questa frase perché densa di significati importanti. *Attenzione, disponibilità, semplicità, fragilità, dolcezza.* Ad ognuna di queste parole corrisponde un’idea intrisa di speranza, di bellezza. *Idee rivoluzionarie*, che dovrebbero ispirare la nostra quotidianità. Il primo pensiero, colmo di amore e gratitudine, va a *Floriano e Daniela*. Sarò per sempre riconoscente ai miei genitori per tutto l’amore, la stima, il supporto e la fiducia che mi dimostrano quotidianamente. Mi hanno insegnato tanto e moltissimo mi resta ancora da imparare. Soprattutto in relazione al fatto che da parte loro e di *Leonora*, mia compagna di vita, ho la fortuna di vedere espressi, in concreto, la spontaneità, l’amore e la gratuità che fanno riferimento alle “idee rivoluzionarie” sopra citate. Spesso mi capita di pensare al destino delle persone: molto di ciò che ci succede dipende da noi, dalla volontà e dalle capacità che abbiamo. Altrettanta importanza va attribuita a fattori ignoti, non descrivibili compiutamente dagli esseri umani. Sotto questo aspetto posso dire di aver potuto godere delle migliori condizioni che si possano desiderare. La mia famiglia è il luogo ideale nel quale

vivere e crescere serenamente, con armonia, rispetto e amore. Grazie mamma, grazie papà. Siete il mio faro, la luce cui mi ispirerò anche nella costruzione della mia famiglia.

Poco più di tre anni fa il mio cammino ha incrociato quello di *Leonora*, una ragazza speciale, sempre presente, appassionata, piena di vita. A te va il mio ringraziamento, in assoluto, per come sei.

La nonna *Imelde*, mio fratello *Francesco*, *Chiara* e la zia *Simona* hanno un posto speciale nel mio cuore e un pensiero affettuoso va a loro. Una dedica altrettanto speciale per i *nonni* che non ci sono più. Ogni mia soddisfazione è la *nostra* soddisfazione.

Un ringraziamento speciale, che va oltre la contingenza della tesi, va agli *amici*, quelli veri. Non sono tante le persone su cui si può veramente contare, soprattutto in caso di necessità. Alle volte la vita insegna che l'amicizia può essere anche effimera o dimostrata in gesti inattesi, sorprendenti. In questo senso penso agli amici di un giorno e a quelli di una vita. Preferisco non fare citazioni specifiche. Ciascuno, nel suo cuore, è consapevole del sentimento che ci lega. In un momento di felicità, come questo, vi dico "Grazie!" perché ogni amico, con i suoi pregi ed i suoi difetti, è un tesoro.

Un pensiero affettuoso anche agli amici e ai compagni di corso. Insieme abbiamo condiviso questa sfida. Ci siamo aiutati, ci siamo sostenuti. L'esperienza universitaria porta con sé sfide difficili e soddisfacenti ma, col passare degli anni, saranno i nostri rapporti a lasciare il ricordo migliore. Grazie di cuore a *Luigi*, per tutto.

L'esperienza della tesi mi ha dato la possibilità di conoscere e frequentare il gruppo di ricerca in Didattica della Fisica. Un gruppo stimolante, dinamico, sicuramente unico nel modo di lavorare e di confrontarsi. A ciascuno dei ragazzi che lo compongono va un ringraziamento particolare per i tanti contributi e le idee offerte a questo lavoro. Un grande ringraziamento va soprattutto alla Professoressa *Olivia Levrini*, e alle dottoresse *Giulia Tasquier*, *Laura Branchetti*, *Eleonora Barelli*, *Monica Russo*. Senza la vostra grande disponibilità, non scontata, questo lavoro, ricco di insidie e di difficoltà, non sarebbe stato possibile. Buona fortuna per le future ricerche, spero che conducano ai risultati che meritate!

Infine voglio esprimere grande gratitudine al gruppo di volontari che ci ha dato la possibilità di sviluppare la nostra ricerca. *Alessio*, *Andrea*, *Barbara*, *Dario*, *Davide*, *Don Andrea*, *Don Lindo*, *Enrico Am.*, *Enrico An.*, *Fabio*, *Filippo B.*, *Filippo T.*, *Flavia*, *Francesca*, *Gaspare*,

Gian Maria, Gianni, Giovanna, Giulia, Giuseppe, Graziano, Ivan, Laura, Loris, Michelangelo, Piero, Roberta, Roberto A., Roberto C., Sandra, Simonetta, Stefano P., Stefano S., Susanna: avete dedicato diverso tempo al progetto. Il tempo, una risorsa preziosa. E lo avete fatto in maniera seria, interessata, consapevole. Lo considero un gesto di amicizia e di vicinanza grande, non banale. Con molti di voi, tra l'altro, sto vivendo delle esperienze uniche, stiamo crescendo insieme. Grazie di tutto!

Luca