

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRENTO

Dipartimento di Fisica

Tesi di Dottorato in Fisica
XXVIII Ciclo

Progetti didattici ed educativi sull'energetica.

**Analisi di situazioni per la proposta di un incontro
rinnovato con la fisica**

Dottorando:
Giuliano Zendri

Anno Accademico 2014-2015

*La semplicitá é una grande virtú,
ma occorre un duro lavoro per raggiungerla
nonché gusto per apprezzarla.
E come se non bastasse: la complessitá vende meglio.*
(Edsger Wybe Dijkstra)

Tre anni, racchiusi in pochi centimetri di carta e (forse non) poche parole.
Tre anni, libero di studiare, di provare, di fallire, di sperimentare.
Tre anni, fianco a fianco a Stefano, che ringrazio per tutto.
Tre anni, in cui ho conosciuto persone che porterò con me.
Tre anni, in cui la mia vita è cambiata, la famiglia si è allargata e il cuore con lei.
Grazie a tutti.

Indice

Introduzione	v
Chiave di lettura	v
Motivi per un dottorato in fisica in comunicazione e didattica	vi
Motivazioni per il tema dell'energetica	viii
1 Comunicare	1
1.1 Divulgazione vs. didattica	2
1.1.1 I 'principia' della comunicazione	2
1.1.2 Didattica	5
1.1.3 Divulgazione scientifica	12
1.1.4 Riassunto conclusivo	24
2 Motivi per divulgare la scienza	29
2.1 Le ragioni	29
2.1.1 Problemi attuali - per la società	30
2.1.2 Problemi attuali - per il mondo accademico	39
2.1.3 Possibili miglioramenti - per la società	42
2.1.4 Possibili miglioramenti - per il mondo accademico.	45
2.2 La fisica risolverà tutto?	46
2.3 Il mondo accademico e la ricerca in didattica.	47
2.3.1 Influenze dal mondo accademico alla società.	50
2.4 Riassunto conclusivo	51
3 Analisi del panorama	53
3.1 Istituzione scolastica	53
3.1.1 Indagine sull'utilizzo dei laboratori:	57
3.2 I musei scientifici	61
3.2.1 Museo nazionale scienza e tecnologia Leonardo Da Vinci	62
3.2.2 Deutsches museum', Monaco	69
3.2.3 Museo Galileo Galilei', Firenze	73
3.2.4 MUSE, MUseo delle ScienzE, Trento	74
3.2.5 Museo dell'energia idroelettrica, Cedegolo (BS)	76
3.3 Il Festival della scienza di Genova	80

3.4	Libri, internet e multimedialità	82
3.4.1	Libri	82
3.4.2	Siti web, blog e canali youtube	85
3.4.3	Simulazioni	93
3.4.4	Applet per tablet e smartphone (Android)	93
3.5	Riassunto conclusivo	94
4	Indagini sul tema energia	97
4.1	Sulla consapevolezza degli studenti	101
4.1.1	Lo stato dell'arte	101
4.1.2	L'indagine condotta nel dottorato	102
4.1.3	I risultati	103
4.1.4	Commenti e riflessioni	114
4.2	Cittadinanza scientifica	116
4.2.1	L'indagine	116
4.2.2	I risultati	116
4.2.3	Commenti e riflessioni	125
4.3	Comparazione delle due indagini svolte	126
5	Progetti didattici/divulgativi	127
5.1	Exhibit museale "Centrale idroelettrica"	127
5.1.1	Criticità	127
5.1.2	Scheda progetto	128
5.1.3	Il progetto e la sperimentazione	133
5.1.4	Risultati e commenti	137
5.1.5	Sviluppi futuri	137
5.2	Progetto "Utenti consapevoli di energia elettrica"	138
5.2.1	Le criticità	138
5.2.2	Scheda progetto	139
5.2.3	Il progetto e la sperimentazione	142
5.2.4	Risultati	148
5.2.5	Sviluppi futuri	154
5.3	Progetto "L'energia, la Terra e l'Uomo"	155
5.3.1	Le criticità	155
5.3.2	La scheda progetto	156
5.3.3	Il progetto	159
5.3.4	Risultati	168
5.3.5	Sviluppi futuri	174
5.4	Gioco da tavola 'Power Plant'	174
5.4.1	Le criticità	175
5.4.2	Scheda progetto	176
5.4.3	Il progetto	179
5.4.4	Risultati	180
5.4.5	Sviluppi futuri	181

5.5	Progetto ‘L’energia...’	181
5.5.1	Le criticità	182
5.5.2	Scheda progetto	182
5.5.3	Il progetto	184
5.5.4	Sviluppi futuri	188
6	Conclusioni e progetto ‘Strumentarium’	189
6.1	Premesse Fondanti	189
6.1.1	Punti di forza da mantenere/proporre nel progetto “Strumentarium”	190
6.1.2	Criticità da superare attraverso “Strumentarium”	191
6.2	“Strumentarium”	192
6.3	Business Project	195
6.3.1	Conto economico	211
6.3.2	Piano investimenti	212
7	Attività extra	213
7.1	Attività di ricerca e pubblicazione articoli scientifici:	213
7.2	Gioco di carte, “Elementary”	214
7.2.1	Le criticità	215
7.2.2	La scheda progetto	215
7.2.3	Il progetto	217
7.2.4	Sviluppi futuri	219
7.3	Collaborazione per lo sviluppo di un videogioco didattico	220
7.4	Collaborazione progetto CORDATA	220
7.5	Organizzazione evento IPSP2015	221
7.6	Rassegna KID SCIENCE	222
7.7	Photonics week	222
	Allegato 1	223
	Allegato 2	229
	Allegato 3	239
	Allegato 4	247
	Allegato 5	255
	Allegato 6	263
	Bibliografia	267

Introduzione

Questo scritto, tesi di un percorso di dottorato in fisica condotto presso il laboratorio di Comunicazione delle Scienze Fisiche, è una presentazione dei progetti, delle osservazioni e delle esperienze svolte dall'autore nel corso di tre anni. Per poter proporre con maggior efficacia il lavoro svolto, nel proseguo del testo si elencano alcuni spunti di lettura che permettono di inquadrare meglio quanto trattato.

Chiave di lettura

La ricerca scientifica svolta nel contesto della didattica e comunicazione delle scienze non può essere raccontata attraverso una presentazione asettica dei lavori condotti, come spesso si richiede in altri ambiti di ricerca.

Di frequente, infatti, la ricerca scientifica effettuata in un percorso di dottorato, sia essa di stampo sperimentale che teorico, si contestualizza all'interno di un gruppo di ricerca che da anni opera in un determinato settore e nel quale il dottorando si inserisce portando avanti, con il proprio contributo, attività che seguono direttive imposte tempo addietro dal responsabile del laboratorio. Al contrario il lavoro qui presentato riguarda progetti, osservazioni e studi ideati, sviluppati e condotti dal candidato nel suo percorso di dottorato, in coordinamento con il tutor. Per questo motivo si rende necessario affiancare alla presentazione tecnico-scientifica un inquadramento e una spiegazione più personale e soggettiva. In questo settore non è possibile scindere il tipo di lavoro svolto, i progetti creati, gli scopi perseguiti e le tecniche comunicative scelte dalla personalità del ricercatore che le ha ideate e sviluppate.

Quanto viene proposto, quindi, è un connubio di riflessioni e obiettivi personali che, come tali, possono essere oggetto di critica e perfettibilità. Gli stessi principi e ideologie che hanno ispirato i progetti presentati possono essere più o meno condivisibili, tuttavia, essi si ergono quali fondamenta del lavoro svolto. Nel leggere quanto presentato, quindi, si richiede di accettare i citati pensieri personali quali ipotesi di un teorema dalle quali discendono i progetti elaborati. Come è noto in ambito scientifico, in ogni dimostrazione matematica la mancata condivisione delle ipotesi conduce a differenti conclu-

sioni: questo è altrettanto valido in questo contesto. Per onestà intellettuale si è quindi esplicitata ulteriormente la soggettività dei progetti, affiancando alla presentazione delle attività le rispettive ipotesi di lavoro – chiamate criticità. Si richiede al lettore lo sforzo di accettare le premesse iniziali che verranno presentate e, sulla base di esse, analizzare i progetti e le idee presentate. Si rimanda ad altra sede la discussione riguardo la fondatezza e la condivisione delle premesse.

Motivi per un dottorato in fisica e in didattica

A differenza di molte persone, per le quali la scienza è sempre stata motivo di interesse e stimolo per la carriera studentesca, per l'autore di questa tesi la passione per la scienza è stata una scoperta nata e coltivata nel tempo. Il liceo ha contribuito molto, permettendo la distinzione in termini di propensione e capacità per le materie di stampo razionale/scientifico rispetto alle materie umanistiche. La scelta di un percorso di laurea in fisica, in seguito, è stata condotta più per il desiderio di coltivare una cultura di base capace di fornire strumenti e concetti di ampia applicabilità, che per una reale conoscenza e comprensione di quale sarebbero stati la disciplina studiata o il futuro lavorativo prospettato.

Nell'incontro con la Fisica è inoltre nato e maturato un secondo interesse: il voler diffondere correttamente e con metodi moderni la bellezza di questa materia a coloro che sono interessati e, in particolare, agli studenti. La tesi magistrale dal titolo "Fisica del volo: un approccio didattico alla fluidodinamica" rispecchia l'ambivalenza di questo percorso, proponendo con attività informali e interattive un percorso corretto e coerente alla scoperta della fluidodinamica connessa al volo di un aereo. L'esperienza di lavoro presso il "Museo dell'Aeronautica Gianni Caproni", condotta dal termine degli studi fino all'inizio del dottorato, ha ulteriormente radicato la passione per la diffusione della cultura scientifica, fornendo strumenti e metodologie tali da potersi interfacciare con qualsiasi interlocutore, sia esso di tipo scolastico o il cosiddetto "pubblico generico".

La scelta di avviare un percorso di dottorato in fisica è maturata con molta attenzione e convinzione, portando il candidato alla prosecuzione della sua formazione nel settore della didattica e comunicazione delle scienze fisiche, unico settore di interesse dell'autore per una scuola di dottorato. Il percorso di dottorato, infatti, è stato intrapreso con la volontà di occuparsi e formarsi in ambito didattico-divulgativo con maggior professionalità e competenza, dedicandosi all'ideazione e sviluppo di progetti innovativi affiancati da puntuali analisi dei riscontri ottenuti (condotti con precisi criteri, come si richiede ad ogni settore di ricerca).

Sebbene in ambito accademico il settore della comunicazione e didattica della scienza, come si avrà modo di discutere approfonditamente in seguito,

sia spesso denigrato e trattato superficialmente, è opinione dell'autore che si tratti di un settore strategico tanto per la società, quanto per l'ambito accademico e che debba essere coltivato e incluso stabilmente all'interno del mondo della ricerca. A causa della posizione "trascurata" di questo settore, si ritiene necessario discutere più approfonditamente le motivazioni che hanno spinto il candidato ad intraprendere il percorso di dottorato di ricerca in fisica e quali siano gli obiettivi che sono stati perseguiti:

- vi è la convinzione che per poter promuovere e diffondere efficacemente qualsiasi tipo di cultura sia necessario possedere una profonda conoscenza a riguardo, a maggior ragione questo accade in un settore complicato come la scienza, spesso disdegnata e considerata una cultura elitaria. Si ritiene, quindi, che per diffondere con maggior efficacia la cultura scientifica, siano necessarie persone, uomini e donne, che abbiano vissuto la scienza nella sua quotidianità e che, al tempo stesso, siano estremamente preparate e formate nella disciplina che intendono dischiudere all'occhio curioso della società;
- il successo e l'efficacia di ogni comunicazione, didattica o divulgativa, possono essere determinati da numerosi fattori, molti dei quali sono legati al fascino dell'argomento e all'interesse che il pubblico possiede a riguardo. Complici del successo sono anche la bravura e le capacità comunicative dell'oratore e l'abilità nel rendere comprensibile e accessibile al pubblico l'argomento. Esistono tuttavia altri aspetti che spesso in ambito scientifico vengono disdegnati, ma che sarebbe bene tenere in grande considerazione. Un ulteriore presupposto per una comunicazione efficace è, ad esempio, la creazione di una connessione positiva tra il comunicatore e il pubblico, che nasce anche attraverso molti fattori, tra cui alcuni che riguardano anche la soggettività del relatore. Sono elementi di assoluto valore in questo ambito, infatti, la stima di cui gode il relatore, l'interesse legato alla sua storia personale e il fascino - personale e professionale - che suscita la sua figura. Questi aspetti trascendono dal contenuto della comunicazione e, per quanto non siano risolutivi, in alcuni contesti diventano i veri motori che assicurano attenzione ed interesse da parte del pubblico. Chi, in ambito scientifico, non ha mai visto lo sguardo di rispetto misto a stupore quando ad una cena tra sconosciuti si fa sapere di essere uno scienziato? Molto spesso basta questa piccola rivelazione per scatenare innumerevoli domande, dalle più pertinenti - "... *ma il bosone di Higgs cos'è?*" - alle più discutibili - "*sentì... ma, tu che sei uno scienziato... credi agli ufo?*". Questo fascino trova la sua massima espressione nell'incontro con scolaresche di ragazzini delle scuole primarie, per le quali lo scienziato è una tra le figure di massimo rispetto e fascino. Nonostante questi incentivi richiedano che siano gli scienziati ad occuparsi di scienza anche in fatto di diffusione della cultura scientifica, troppo spesso quest'ulti-

ma viene delegata a professionisti della comunicazione che non hanno formazione scientifica e, quindi, non possono portare con sé la passione, il *modus operandi* o la forma *mentis* propri di uno scienziato. Questa “delega” ad esperti “esterni” genera varie problematiche: innanzitutto cade l’interesse per la figura dello scienziato, in secondo luogo ciò contribuisce al distacco tra le persone che fanno scienza e le persone che si interessano ad essa, con la conseguenza di rendere i primi inadatti al dialogo e alla presentazione dei propri risultati ad un pubblico non specializzato e i secondi impossibilitati a conoscere gli Scienziati con la S maiuscola. Sebbene la laurea fornisca alcuni strumenti e metodi di pensiero tipici di uno scienziato, la professionalità di uno Scienziato è ancora molto distante al termine di un corso di laurea, in cui la vita della ricerca è limitata a qualche mese durante la tesi e il resto del tempo si ha a che fare con libri ed esami. Il dottorato è la scuola dedicata alla formazione di futuri ricercatori e per questo l’autore ha ritenuto importante prendervi parte per potersi formare adeguatamente e presentarsi in futuro con un bagaglio culturale ed esperienziale di maggior spessore;

- l’esperienza lavorativa presso il “Museo Tridentino di Scienze Naturali” di Trento ha permesso al candidato di operare attivamente nella conduzione di attività con pubblico generico e studenti appartenenti ad ogni ordine e grado scolastico. Ciò ha permesso di vivere in prima persona la realtà della mediazione culturale, utilizzando tuttavia un ridottissimo margine di tempo per la propria formazione e per l’ideazione e sperimentazione di nuovi prodotti/progetti. La realtà del dottorato, al contrario, offre – ed ha offerto - maggiori opportunità in questo senso.

Motivazioni per il tema dell’energetica

Tra gli argomenti di maggior fascino incontrati nel percorso di laurea di fisica vi è il concetto di energia. La possibilità di definire in ogni fenomeno fisico un ente astratto che, una volta quantificato e analizzato, permetta di scoprire l’evoluzione futura del sistema ha un enorme fascino. Una sorta di strategia nascosta da rivelare. La definizione dell’energia nel contesto della termodinamica permette, inoltre, di comprendere numerose evoluzioni scientifico/tecnologiche avvenute nel corso della storia e ciò ha ulteriormente accresciuto il fascino dell’autore per questa grandezza fisica.

A dispetto della curiosità e dell’interesse prettamente personale, esistono argomentazioni di carattere più concreto e oggettivo, che hanno fatto propendere per la scelta del tema “energetica” quale settore di ricerca. Queste motivazioni possono essere riassunte come segue:

- l'energia è uno tra i concetti fisici che contamina ogni altro settore scientifico: chimica, astronomia, medicina, biologia e molto altro. Introdurre con correttezza ed efficacia il concetto di energia in fisica, permette di formare basi solide con cui poter affrontare numerose altre discipline scientifiche, altrimenti precluse;
- l'energia non ha grande rilevanza solo in ambito scientifico: una sua profonda comprensione schiude allo studente la possibilità di affrontare e interpretare con maggiore consapevolezza molti accadimenti sociali e storici. Alcuni esempi celebri di ciò possono essere la rivoluzione industriale, il benessere sociale che ne è conseguito, la robotizzazione dell'industria, il passaggio al settore terziario o la meccanizzazione nel settore dell'agricoltura. Ma l'energia non riguarda solo la storia, è argomento estremamente attuale e di grande impatto civile: il cambiamento climatico e il fabbisogno energetico mondiale sono solo i due settori di maggior impatto e rilevanza globale in cui il concetto di energia svolge un ruolo primario. Parlare di incremento dell'efficienza degli strumenti di conversione energetica e di utilizzo di fonti rinnovabili per la diminuzione dell'emissione di agenti inquinanti equivale a parlare di giustizia sociale, cura per l'ambiente, salvaguardia del futuro comune. Le direttive ministeriali scolastiche puntano molto su queste riflessioni e quindi affrontare correttamente il concetto di energia diventa fondamentale;
- sebbene nel paragrafo precedente ci si sia soffermati unicamente su benefici che potrebbero ottenere gli studenti, vi è da sottolineare che una più profonda conoscenza dell'energia, volta alla sensibilizzazione nei confronti della tutela dell'ambiente e del cambiamento climatico, è fondamentale per ogni cittadino. Nei prossimi anni, molto probabilmente, si osserveranno nuove importanti rivoluzioni in ambito energetico, con petrolio e fonti fossili che scarseggeranno a favore, si spera, di un grande contributo delle fonti rinnovabili. Questo sarà possibile solo attraverso un cammino impervio, condiviso tra legislatori, enti di ricerca e cittadinanza. Non è del tutto inverosimile che, in qualche punto della nostra storia, verremo richiamati a decidere delle scelte future tramite un referendum a riguardo e, in questo scenario, sarebbe bene che ogni cittadino fosse correttamente informato e avesse gli strumenti per comprendere quanto potrà accadere;
- in un quadro di interesse più ampio, l'energia è "Lo" strumento che decide ogni evoluzione del nostro universo. Interessarsi all'energia permette di studiare l'evoluzione della vita sulla Terra, il clima e i suoi straordinari cambiamenti e l'evoluzione dell'universo stesso. Il Big bang, l'inflazione, il contrasto tra materia e anti-materia trovano comprensione solo attraverso analisi energetiche. Comprendere l'energia permette di

avvicinarsi ad alcune risposte fondamentali per l'uomo: da dove veniamo? Come è iniziato tutto? Dove andiamo? Perché siamo e appariamo in questo modo?

Per questi e molti altri motivi, secondo l'autore è di fondamentale importanza la necessità di affrontare con correttezza il tema energia, in ambito scolastico e non solo.

Questa tesi è stata organizzata secondo il seguente criterio:

Capitolo 1: si introducono le fondamenta della comunicazione per poter proporre e discutere in seguito i progetti elaborati con terminologie appropriate e condivise. I punti cardine di ogni comunicazione sono discussi per due settori specifici riguardanti la scienza: la didattica e la divulgazione. Tale confronto si rende necessario per comprendere i limiti e le possibilità offerti dai due approcci.

Capitolo 2: in ambito accademico lo sviluppo di progetti ed attività didattiche/divulgative trova talvolta difficoltà di condivisione con colleghi, ricercatori e professori che non comprendono gli sforzi diretti in questo settore. Si espongono quindi le motivazioni principali che richiedono l'intervento del mondo accademico in questo settore. In questa sezione si trova l'occasione di sottolineare i problemi esistenti nella cultura odierna e i benefici sociali che potrebbero conseguire da una maggior diffusione della cultura scientifica. A risposta degli accademici che non vedono motivi per dedicare risorse alla didattica/divulgazione scientifica, si propone anche una discussione dei numerosi benefici che il mondo della ricerca potrebbe trarre da una maggior comunicazione e condivisione di intenti con la cittadinanza. Segue queste osservazioni una breve analisi sui classici approcci negativi che una parte del mondo accademico riserva alla ricerca in didattica e comunicazione della scienza.

Capitolo 3: si espongono e discutono alcuni degli enti e istituzioni che svolgono attività di diffusione della cultura scientifica. In particolare trova posto in questo capitolo una breve discussione riguardo l'istituzione scolastica, con l'accento sull'indagine condotta dal candidato che riguarda l'utilizzo dei laboratori sperimentali. A seguire, sono presenti alcune riflessioni riguardo alcuni enti museali visitati, manifestazioni scientifiche a cui l'autore ha partecipato, libri e siti internet affrontati nel corso della ricerca. Per ognuno dei soggetti discussi si presentano un'analisi di carattere generale circa i contenuti e le metodologie osservate ed un focus più puntuale su come viene trattato il tema dell'energia.

Capitolo 4: vengono proposti e discussi i risultati di un'indagine inedita svolta nel corso del dottorato che ha coinvolto circa 700 soggetti, tra

cittadini e studenti di scuole secondarie di secondo grado. Scopo di quell'analisi è quello di investigare quali siano le premesse culturali riguardo il tema dell'energia per poter sviluppare progetti divulgativi con maggior efficacia.

Capitolo 5: si espongono i progetti didattici/divulgativi sviluppati nel corso del dottorato. Per ognuno di essi si cerca di sottolineare le motivazioni che ne hanno determinato l'ideazione e ne hanno plasmato obiettivi, contenuti e metodologie. Si cerca, qualora sia stata condotta, di presentare la sperimentazione e i risultati ottenuti. Ogni discussione termina, infine, con i possibili sviluppi futuri che si intende perseguire per i progetti presentati.

Capitolo 6: le analisi e le discussioni condotte nei capitoli precedenti conducono ad un progetto imprenditoriale di carattere didattico/divulgativo che rappresenta il vero cuore e conclusione del lavoro di ricerca e che è esposto. In particolare è convinzione dell'autore che sia necessario lo sviluppo di un nuovo metodo di incontro con la scienza e che questo non trovi spazio nel contesto scolastico attuale. Per tali motivi si propone un'idea di impresa in forma di Start Up accademica volto all'apertura di un centro scientifico che presenti le caratteristiche adatte per la concretizzazione di progetti innovativi e di grande attrattività, anello di congiunzione tra il contesto scolastico e la ricerca scientifica. In questa sezione verranno quindi presentati i documenti progettuali definiti per la Start Up: business project, conto economico previsionale e piano investimenti.

Capitolo 7: un dottorato di ricerca non si limita allo studio di un unico settore ma è un percorso di vita più ampio e con molteplici sfaccettature. In questi tre anni il candidato si è occupato non solo di energetica, ma anche di portare avanti numerose altre attività legate alla ricerca condotta dal laboratorio di comunicazione delle scienze fisiche e volte a diffondere la cultura scientifica anche in settori differenti. Nel capitolo si presentano e discutono brevemente tutti questi progetti "extra-energetica" che hanno coinvolto il candidato.

Al termine dei sette capitoli descritti sono poi introdotti alcuni allegati a complemento della presentazione del percorso di ricerca.

Una doverosa nota a margine, infine, va fatta riguardo la bibliografia, elenco di cui fanno parte numerosi link ad internet. I collegamenti ai siti qui riportati sono stati visualizzati dal sottoscritto, l'ultima volta, nel dicembre 2015.

Capitolo 1

Comunicare

La comunicazione è uno dei pilastri fondanti della nostra società, è tra le principali caratteristiche umane che ha permesso la tessitura di una trama in grado di portare i singoli individui, centinaia di secoli fa, a raggrupparsi in piccoli gruppi nelle caverne, evolvendosi fino a formare le grandi e complesse società, in cui viviamo oggi. Lo sviluppo della conoscenza, sia in termini di quantità che di complessità, rende oggi necessaria una maggiore attenzione verso lo stile e le tecniche comunicative, verso le nuove generazioni e in senso più ampio verso la società.

Per poter presentare, analizzare e discutere con maggiore concretezza e organizzazione i progetti sviluppati nel corso del dottorato, in questo capitolo si analizzano gli aspetti su cui si fonda la comunicazione e si contestualizzano nell'ambito specifico della didattica e della divulgazione scientifica. L'obiettivo di quanto scritto è l'esplorazione delle differenze, delle potenzialità e dei limiti di questi due settori.

Prima di introdursi nel cuore di questo capitolo, vi è un'importante osservazione epistemologica da fare: nel prosieguo si utilizzano il termine comunicazione riferendosi ad ogni azione volta a trasmettere un messaggio tra due o più persone e il termine divulgazione per le pratiche comunicative atte ad ampliare la cultura della cittadinanza. Quest'ultimo, quindi, è utilizzato senza l'accezione etimologica di "parlare al volgo", spesso criticata in quanto sottintende una distacco e superiorità da parte del mittente.

Sebbene spesso la sfumatura negativa già citata faccia preferire al termine "divulgazione" la "comunicazione scientifica", si vogliono nel seguito scindere questi due concetti utilizzando le definizioni descritte per recuperare il significato generale di comunicazione del quale si ritiene faccia parte anche la didattica, specifico settore della stessa.

1.1 Divulgazione vs. didattica

Per quanto talvolta didattica e divulgazione scientifica possano sovrapporsi, essi sono due approcci alla diffusione della cultura scientifica profondamente differenti tra loro, per scopi e modalità.

Semplicisticamente parlando, la divulgazione scientifica ha come scopi principali l'informazione e la creazione di una consapevolezza il più possibile ordinata presso cittadini interessati. In questo contesto, i beneficiari di essa possono avere una formazione molto lontana dall'argomento trattato e non possedere gli strumenti adeguati per una comprensione approfondita. La didattica, al contrario, educa studenti all'utilizzo di strumenti e di contenuti caratteristici del pensiero scientifico, perché possano farli propri e metterli in pratica in vari contesti.- Per questo, infatti, si crea una carriera scolastica che porti gli alunni, passo dopo passo, a formare le competenze necessarie all'acquisizione di strumenti sempre più elaborati e sofisticati.

La marcata differenza negli scopi dei due approcci comunicativi si riflette nell'adozione di modalità e strumenti molto differenti. Per poter comparare puntualmente didattica e divulgazione scientifica, si evidenziano di seguito i concetti cardine ("principia") su cui si fonda ogni tipo di comunicazione, sia essa verbale o scritta, specialistica o divulgativa, scientifica o umanistica.

1.1.1 I 'principia' della comunicazione

Scopo: è al tempo stesso motivo per il quale si avvia la comunicazione e obiettivo che si intende raggiungere attraverso essa. Spesso non esiste un unico scopo ma possono esistere variegate motivazioni a differenti livelli di importanza a seconda degli attori coinvolti ed è molto frequente che il mandante (figura che viene introdotta nel punto seguente) avvii una comunicazione con uno scopo che viene coniugato dal mittente (anch'esso spiegato in seguito) in una serie di azioni e tecniche volte a raggiungere ulteriori obiettivi differenti o secondari.

Mandante: colui che richiede e dà il consenso all'avvio della comunicazione. Non sempre egli coincide con il mittente e tipicamente è il vero beneficiario della comunicazione, nonché il finanziatore. In alcuni casi, specialmente quelli ove mittente e mandante non coincidono, quest'ultimo è colui che decide lo scopo della comunicazione e vincola il contenuto del messaggio veicolato.

Mittente: soggetto che invia il messaggio. A seconda del tipo di veicolo comunicativo scelto il mittente può essere palese – si pensi ad esempio al relatore di un seminario o al conduttore di una trasmissione televisiva – oppure "nascosto" – nel caso ad esempio dell'autore di un gioco

educativo. Il mittente rappresenta una figura chiave della comunicazione, in quanto può instaurare e alimentare un rapporto di fiducia con il ricevente e creare i presupposti necessari per una comunicazione efficace.

Messaggio: contenuto comunicativo che il mittente invia per perseguire lo scopo preposto. Nella fase di definizione della comunicazione è importante porre particolare attenzione nella distinzione tra il messaggio e lo scopo. Talvolta, soprattutto in ambito scientifico, accade che il contenuto e lo scopo coincidano tra loro, compromettendo l'efficacia dell'azione e conducendo a una sorta di cortocircuito comunicativo in cui è decentrata la buona riuscita della comunicazione a veicolare a tutti i costi il messaggio e non a raggiungere lo scopo prefissato.

Veicolo comunicativo: si tratta dello strumento con il quale il mittente invia il messaggio. Esistono numerosissimi canali comunicativi che si sono evoluti nel corso della storia e continuano a mutare nel corso del tempo. La trasmissione orale e scritta certamente rimane il caposaldo della comunicazione, tuttavia trovano grandissimi riscontri positivi anche la comunicazione corporale, visiva e gestuale, sebbene non vengano sfruttate efficacemente in tutti i settori, specialmente in quello scientifico. Con l'avvento della comunicazione radio-televisiva prima e l'utilizzo diffuso di internet e smartphone poi, si è raggiunta una amplificazione in ogni comunicazione impensabile fino a pochi decenni fa.

Beneficiario ipotetico: è il soggetto al quale si intende inviare il messaggio. La pianificazione di una strategia comunicativa, di qualsiasi tipo, si fonda sulla definizione di un ricevente "virtuale" al quale indirizzare il progetto ideato. L'identificazione del beneficiario ipotetico è fondamentale per tarare il linguaggio, il contenuto del messaggio e il veicolo comunicativo stesso. A seconda della scelta di ognuno di essi, infine, potrebbe essere conveniente optare per differenti mittenti per il raggiungimento degli obiettivi.

Ricevente: reale soggetto che riceve il messaggio inviato. Per quanto si possa teorizzare nei minimi dettagli il beneficiario virtuale, si deve tenere in considerazione che il reale ricevente del messaggio potrebbe non coincidere con quanto previsto. Nella migliore delle possibilità il beneficiario ipotetico è un sottoinsieme che è completamente incluso nell'insieme dei riceventi, tuttavia si deve comunque tenere in considerazione che il messaggio può raggiungere assieme a lui anche altre persone. Nella progettazione della comunicazione, quindi, se ne dovrebbero cercare di prevedere i possibili significati negativi o utilizzi

indesiderati, che potrebbero essere raccolti e fatti propri da eventuali riceventi inaspettati.

Codice di interpretazione: ogni messaggio è espresso tramite un linguaggio e, per la massimizzazione dell'efficacia della comunicazione, si dovrebbe essere consapevoli di quale sia la capacità interpretativa dei beneficiari virtuali. In ambito scientifico questo rappresenta uno dei punti cruciali, in quanto il linguaggio tecnico-matematico - utilizzato solitamente in contesti specialistici - non è sufficientemente diffuso e comprensibile dalla popolazione da poter dare per scontata la corretta interpretazione di un messaggio che ne faccia uso.

Accanto ai concetti chiave appena descritti esistono alcuni ulteriori aspetti che gravitano attorno al mondo della comunicazione. Sebbene essi possano essere reputati come collaterali o accessori, sono concetti che, se tenuti presenti e sfruttati adeguatamente, possono portare efficaci valori aggiunti alla comunicazione. Parte di essi potrebbero essere considerati sottoinsieme di alcuni "principia" precedentemente descritti ma, data la loro importanza, si ritiene corretto ed importante sottolinearli separatamente.

Contesto della ricezione: si tratta del contesto nel quale il ricevente ottiene il messaggio della comunicazione. Esso include molti e variegati aspetti, alcuni dei quali sotto controllo del mittente ed altri, invece, fuori dai suoi poteri decisionali. Nel contesto sono di particolare importanza il luogo fisico in cui viene recapitato il messaggio, lo stato emotivo del ricevente, le persone dal le quali il mittente è accompagnato e il contesto storico culturale.

Tecniche di comunicazione: è l'insieme delle scelte stilistiche e metodologiche che si utilizzano per veicolare il messaggio sfruttando il mezzo di comunicazione scelto. Nel contesto di informazione diffusa e di facile reperibilità in cui ci troviamo oggi, la tecnica di comunicazione scelta diventa di centrale importanza per catturare l'attenzione del ricevente e riuscire ad instaurare un legame con egli che permetta l'invio del messaggio. La fortissima concorrenza presente nel mondo dell'informazione sta richiedendo ai mittenti l'utilizzo di tecniche di grande effetto - talvolta anche stravaganti - per suscitare l'interesse nei riceventi e distinguersi dalla "massa".

Caratteristiche personali del mittente: sebbene non si tratti di un aspetto fondamentale in ogni comunicazione, non va sottovalutata l'importanza della figura personale del mittente. Se, infatti, nel punto precedentemente descritto ci si è riferiti alla figura professionale del mittente, è da sottolineare che può essere un elemento importante anche il fascino legato ad uno o più aspetti personali del mittente. Sono infatti elementi di grande impatto comunicativo la presenza fisica del mittente, per

esempio, il suo tono di voce, qualora si tratti di una comunicazione verbale, o l'interesse suscitato nei riceventi grazie ad uno o più aspetti legati alla sua sfera personale.

Tempistica della comunicazione: è l'ammontare di tempo necessario per riuscire a veicolare il messaggio desiderato. A seconda del veicolo scelto, della tecnica adottata e del contenuto del messaggio che si vuole inviare, sono necessari tempi diversi per la sua ricezione. Nella definizione del beneficiario virtuale si dovrebbe riuscire a prevedere anche la tempistica necessaria per poter progettare una comunicazione che stia nei tempi a disposizione.

Per poter, come già enunciato, evidenziare con maggiore efficacia le differenze tra didattica e divulgazione scientifica, si analizzano ora i due mondi sulla base dei punti sopraelencati.

Ripercorrendo le fondamenta della comunicazione, si espongono i principali punti di forza e limiti di questi due aspetti. I progetti sviluppati nel corso del dottorato, presentati nei capitoli seguenti, sono quindi direzionati a sfruttare o ridurre le criticità qui evidenziate.

Perseguendo lo scopo di trattare il settore della diffusione della cultura scientifica, non sono presenti analisi di contesti culturali che non siano legati al panorama scientifico. Le analisi, inoltre, cercano di focalizzarsi il più possibile sulla trattazione di questi aspetti nell'ambito della disciplina fisica.

1.1.2 Didattica

I progetti didattici sviluppati in questa tesi sono prevalentemente rivolti a scuole secondarie di primo e secondo grado e per questo, nel trattare la didattica scientifica, si analizza prevalentemente la didattica scolastica, trascurando quella accademica. In particolare, le osservazioni condotte vertono su due discipline: matematica e fisica. Il contesto educativo scolastico è un ambiente ricco di comunicazioni che si realizzano con modalità molto peculiari, sfruttando canali privilegiati e tutelati. Nonostante questo, esistono alcuni punti critici che non assicurano l'efficacia della comunicazione per ogni studente.

Scopo: gli obiettivi principali sono educare gli studenti alla cultura scientifica e fornire loro degli strumenti - concettuali e concreti - da utilizzare nella vita, lavorativa e non. La scuola non vuole, infatti, limitarsi ad addestrare futuri lavoratori, ma persegue lo scopo di crescere ed educare cittadini consapevoli, informati su ciò che li circonda e pronti ad essere chiamati in causa per prendere decisioni che riguardino il bene comune. La didattica scientifica, inoltre, dovrebbe perseguire un'ulteriore scopo, più elaborato, che è destinato al successo solo per un

numero ristretto di studenti: istruire e formare futuri scienziati. Questo scopo è messo in secondo piano poichè è statisticamente il meno rilevante. In alcune scuole, ad esempio in quelle professionalizzanti, le percentuali di successo sono sostanzialmente trascurabili. Per questo motivo, le lezioni di fisica e matematica non sono condotte con lo scopo di portare ogni studente alla vittoria di un premio Nobel, ma con l'intento di creare la cultura scientifica di base della nostra società – sebbene spesso non sia chiaro per alcuni insegnante. Inoltre qualora si riscontrasse l'interesse di alcuni studenti ad una futura carriera accademica scientifica, allora, e solo per essi, si potrebbe perseguire lo scopo secondario descritto e quindi modificare il contenuto del messaggio e le tecniche comunicative.

Mandante: il mandante della didattica presso la scuola pubblica è lo Stato, il quale fornisce le risorse economiche per il personale, le strutture architettoniche e “obbliga” i cittadini più giovani a partecipare all'educazione. In un senso più ampio potremmo dire, quindi, che il mandante è la società stessa, la collettività nel suo insieme. Esistono studi, ad esempio [1], che hanno rilevato infatti una diffusa convinzione e sensibilità riguardo l'importanza strategica della formazione scientifica di ogni studente odierno e per questo si richiede a gran voce che la scuola si adoperi a fornire un certo grado di cultura scientifica. Il mandante della didattica possiede un potere decisionale molto forte: tramite il programma ministeriale delinea i contenuti che verranno affrontati, attraverso l'esame di maturità fissa gli obiettivi culturali e le competenze da raggiungere al termine degli studi e con le direttive ministeriali e le riforme scolastiche¹ delinea alcune tecniche didattiche da adottare. Queste direttive intervengono concretamente all'interno dell'istituto scolastico, definendo le ore di laboratorio e obbligando ad avviare progetti extra-curricolari che richiedono numerose ore preziose e vincolando numerosi altri aspetti.

Mittente: salvo rare eccezioni, si tratta solitamente del docente che tiene il corso. La professione dell'insegnante è accessibile solo a coloro che seguono percorsi che li portano ad essere idonei al ruolo e ciò è un elemento di tutela per l'istituzione scolastica. Una delle caratteristiche principali della didattica riguarda il rapporto su base annuale - molto spesso pluriennale - tra il docente di un corso e gli studenti. Questa lunga tempistica permette l'instaurazione di una relazione e la reciproca conoscenza tra insegnante e alunno che facilita la comunicazione.

¹La riforma della scuola secondaria di secondo grado n. 89/2010 ha introdotto da qualche anno, ad esempio, l'obbligatorietà di tenere alcuni corsi in lingua inglese secondo la cosiddetta metodologia *Content Language Integrated Learning*, in seguito CLIL [2]. Scelta discutibile che, indipendentemente dal giudizio personale, vincola i docenti a codificare ulteriormente ogni messaggio inviato.

Tuttavia ciò può anche ledere la comunicazione didattica, qualora il rapporto non sia positivo. In ambito scolastico, infatti, non esiste possibilità da parte di uno studente di variare il proprio mittente. Qualora il docente non si rivelasse efficace, non vi è modo per uno o più alunni di cambiare e trovare un insegnante più congeniale.

È inoltre importante sottolineare che, dal punto di vista professionale, un docente della classe di concorso 38/A [3] – classe definita per l’insegnamento della fisica negli istituti secondari di secondo grado – può non possedere una formazione specifica in ambito fisico: sono ammessi a questa classe infatti laureati provenienti dai corsi di matematica e ingegneria. Sebbene non si voglia discutere della professionalità o della preparazione disciplinare dei singoli docenti, si ritiene fondamentale sottolineare che uno studente che partecipa con profitto ad un qualunque corso di laurea non acquisisce solo concetti e nozioni. Ogni corso di laurea plasma lo studente che vi partecipa, introducendolo ed educandolo ad una specifica forma mentis e ad una filosofia di approccio alla vita propri di quella disciplina². Per questo motivo, se un fisico, un matematico ed un ingegnere venissero messi a confronto su un qualsiasi problema o argomento, si otterrebbero da loro tre soluzioni/argomentazioni differenti. Questa differenza non è determinata solamente dalle personalità uniche delle tre figure, ma anche dalle loro differenti formazioni. Per questo motivo, un laureato in matematica o in ingegneria che si dedichi all’insegnamento della fisica, non può trasmettere appieno il ragionamento fisico o il metodo d’indagine proprio della disciplina. Difficilmente, inoltre, potrebbe trasmettere come un fisico la stessa passione e lo stesso interesse per la fisica, aspetti fondamentali per una comunicazione coinvolgente e, quindi, efficace.

Questo stesso ragionamento trova la sua massima esemplificazione nella classe d’insegnamento 59A - scienze matematiche, chimiche fisiche e naturali nella scuola secondaria di primo grado. I titoli per l’ammissione a questa classe sono 21 e comprendono, oltre alla fisica, alla chimica e alla matematica, anche corsi di laurea scientifici non di base quali “laurea in Scienza della Produzione Animale” o “laurea in Scienze Agrarie Tropicali e Subtropicali”.

Messaggio: il docente ha ampio spazio nella scelta del messaggio da inviare agli studenti. Il Ministero fornisce ai docenti precise indicazioni riguardo ai contenuti da trattare, molte di esse rese necessarie dalla propedeuticità degli argomenti. Nonostante queste linee guida, il

²Più di ogni contenuto disciplinare, la scuola secondaria di secondo grado dovrebbe educare i propri studenti all’acquisizione di questa forma mentis. Non sono i contenuti a plasmare un cittadino, che possono essere facilmente scordati o reperiti in internet, ma il tipo ragionamento e l’educazione al pensiero razionale/scientifico. Tutti aspetti che trascendono i contenuti.

docente ha libertà di azione nella scelta del curriculum studiorum degli studenti e nella creazione di percorsi didattici personalizzati. Per quanto riguarda la scelta del messaggio, il contesto scolastico è un ambiente molto protetto: il docente ha la possibilità di trattare una vasta serie di argomenti senza la necessità di dover interessare o catturare l'attenzione degli studenti³. Inoltre vi è da sottolineare che lo studente, per quanto riguarda i contenuti del messaggio, è per definizione meno preparato a riguardo del docente, che, rispetto a lui, risiede in una posizione di privilegio quale esperto del settore a cui viene affidata la fiducia sulla veridicità dei contenuti proposti. Nonostante la libertà di azione nella scelta dei contenuti, il desiderio di completare il programma ministeriale appare, talvolta, da “avvoltoio in volo sopra il capo” per alcuni docenti, i quali tendono a serrare i ritmi di studio e a trattare quanti più argomenti possibile a discapito dell'efficacia della comunicazione. Si travisa così lo scopo della didattica, distorcendo l'obiettivo di *fornire consapevolezza scientifica* - ossia anche attraverso l'educazione al metodo e al pensiero critico/razionale - in *fornire la conoscenza di quante più nozioni sia possibile*. Vi è infine da sottolineare che la mancata conclusione del programma ministeriale può innescare forti sensi di frustrazione nei docenti che possono quindi giungere a fine anno stremati e delusi da questo fallimento didattico. La snervante corsa alla conclusione del programma ministeriale è un aspetto comune in molti contesti didattici ed è fortemente influenzato dalla presenza di un esame di maturità statale, progettato sulla base del programma ministeriale. Per questo motivo molti docenti, sebbene liberi nella scelta degli argomenti da trattare, si sentono in dovere di preparare i propri studenti su tutti i temi dell'intero programma, per non compromettere la loro maturità trascurando alcuni temi che potrebbero essere loro chiesti in fase di esame.

Veicolo: i veicoli principali sono la trasmissione orale - durante le lezioni frontali dell'insegnante - e la comunicazione scritta del libro di testo. Per la fisica vi sarebbe la possibilità di sfruttare l'esperienza diretta degli alunni attraverso attività di laboratorio ma, come vedremo in seguito, questa possibilità non viene sempre utilizzata dal docente. Vi è anche da rimarcare un sostanziale ritardo della didattica nel confronto delle nuove possibilità dischiuse negli ultimi anni grazie alle conquiste tecnologiche. L'esplosione dell'utilizzo di internet ha portato al mondo dell'informazione un radicale cambiamento: video, testi e immagini si possono condividere ad una velocità impensabile solo qualche decennio fa. Gli studenti di oggi si affacciano al mondo della scuola incontrando docenti molto spesso impreparati, parte di in un sistema che fatica a

³Sebbene sia comunque una buona prassi quella di trovare argomenti che suscitino l'interesse degli studenti o di proporli con tecniche attraenti.

reggere il passo. Si è rimasti alla penna e al foglio di carta, al gesso e alla lavagna, in un mondo dove la quotidianità vive di realtà aumentata, touchscreen, video in 3D, connettività globale e smartphone. Ciò non è necessariamente negativo, ma ne si deve avere coscienza per strategie didattiche competitive e attraenti. Il tema dell'incontro tra le nuove tecnologie e la scuola è sempre aperto e in costante aggiornamento. È un ambito di ricerca molto attivo che, come presentato in [4], spesso riserva numerose sorprese. Recentemente si sente spesso parlare di *nativi digitali* e delle abilità informatiche e cognitive che le nuove generazioni posseggono grazie ad un utilizzo delle ICT fin dalla nascita. Ciò che numerose ricerche evidenziano, tuttavia, è che gli studenti moderni non sempre presentano spiccate doti di utilizzo di internet e delle tecnologie moderne⁴ e un gran parte di loro non richiede un utilizzo invasivo di tali strumenti in ambito scolastico, riconoscendo alla scuola il ruolo educativo su cui è fondata. Tuttavia, nonostante ciò, è pur vero che nella didattica il principale salto evolutivo è stata l'introduzione della videoproiezione di presentazioni, versione digitale del lucido e della lavagna luminosa.

Beneficiario ipotetico: un aspetto di grande pregio per la didattica è la chiara identificazione del beneficiario. Gli studenti sono suddivisi per età, raggruppati in classi a numero sufficientemente gestibile e frequentano corsi di studio secondo il loro interesse – o almeno idealmente dovrebbero nell'istruzione superiore di secondo grado. Sebbene questa strutturazione semplifichi la progettazione degli interventi didattici, la frammentazione degli studenti in funzione dell'età talvolta può rappresentare un limite per l'efficacia della comunicazione. Il raggruppamento per età anagrafica raramente corrisponde a simili predisposizioni per la disciplina, stessa maturità e analogo impegno profuso nello studio. Queste differenze determinano la suddivisione del gruppo classe in sottogruppi che complicano la progettazione didattica, obbligando la scuola a fornire incontri pomeridiani di supporto quali sportelli o percorsi di approfondimento.

Per questo motivo sarebbe auspicabile che gli studenti fossero raggruppati in base alle loro capacità, competenze ed interessi e non in funzione dell'età.

Ricevente: un'ulteriore elemento di tutela nel contesto comunicativo della didattica, che agevola i docenti nella fase di progettazione delle loro lezioni, è la coincidenza tra il ricevente e il beneficiario ipotetico. Il docente, quindi, può organizzare le proprie lezioni conoscendo realmente i propri riceventi e le loro abilità. Si deve sottolineare che questo elemento positivo può rivelarsi un'arma a doppio taglio nelle mani del

⁴Ad eccezione dell'utilizzo del telefonino, dell'e-mail e dei social network

docente: quest'ultimo, infatti, potrebbe rilassarsi e diminuire gli sforzi volti alla ricerca di nuove tecniche comunicative, certo della buona riuscita delle tecniche utilizzate in precedenza con studenti simili. Infine, è bene ricordare infine che, se la comunicazione è stata efficace – o particolarmente inefficace – lo studente è propenso a far risuonare il messaggio ricevuto presso la propria famiglia e i suoi conoscenti, che diventano di fatto riceventi secondari della comunicazione.

Codice: in ambito scientifico la codifica del messaggio è l'aspetto più critico. La lingua parlata, l'utilizzo della simbologia propria della matematica e della geometria, la lettura e l'utilizzo di grafici, tabelle e formule sono alcuni dei codici che si amalgamano in un unico messaggio che deve essere interpretato dal ricevente in ciascuna delle sue sfumature. Il contesto scolastico è tutelato anche in questo senso in quanto, sviluppandosi su lunghi periodi di tempo, educa gradualmente gli studenti a questi linguaggi. Nonostante esista questa caratteristica, è da tenere presente che vi è un secondo codice, distinto rispetto al precedente, che entra in campo quando si trattano argomenti scientifici, riguardanti in particolare la fisica. Esponendo e analizzando fenomeni legati alla vita quotidiana, la fisica si rende passibile di interpretazione attraverso il codice proprio di ogni persona derivato dalle proprie esperienze personali e dalle conquiste effettuate nella vita quotidiana. Questa interpretazione si presta ad essere un ostacolo per la corretta codifica della fenomenologia analizzata. Un esempio concreto è la difficoltà di interiorizzazione della seconda legge della dinamica, spesso interpretata e interiorizzata attraverso una codifica simile all'impeto aristotelico, teoria più vicina alle esperienze quotidiane che può spesso perseverare anche presso studenti universitari e docenti [5].

Contesto: si tratta di un ulteriore elemento protetto per la comunicazione, in quanto la struttura nella quale avvengono le lezioni rimane sostanzialmente costante nel corso degli anni di studio. Lungo il corso degli studi un alunno vive al riparo da evoluzioni incontrollate, in un contesto stabile in cui non variano l'edificio, la strutturazione delle lezioni, l'organizzazione scolastica e il gruppo classe, se non in minima parte. Per quanto ciò possa aiutare a creare un contesto favorevole per l'apprendimento, vi sono tuttavia alcuni elementi critici che possono compromettere l'efficacia della comunicazione per alcuni studenti:

I compagni di scuola: l'invarianza del gruppo classe è una caratteristica dell'istituzione scolastica italiana che può, a seconda dei casi, essere un elemento positivo o negativo. La presenza di un buon gruppo classe, unito, che risponde positivamente agli input del docente è un aspetto positivo su cui si possono fondare efficaci percorsi didattici. Al contrario, si può rivelare una spiacevole

esperienza qualora uno più studenti presentino difficoltà di integrazione oppure nel caso in cui il gruppo classe presenti dinamiche tali da disturbare e compromettere l'atmosfera necessaria per un buon insegnamento.

L'obbligatorietà dello studio: si tratta di un disincentivo molto forte per alcuni soggetti. Dover studiare per obbligo istituzionale non è una motivazione sufficiente a stimolare tutti gli studenti e si rende quindi necessario avviare percorsi didattici che possano essere stimolanti e di interesse, per poter catturare l'attenzione e motivare allo studio.

La predeterminazione dei tempi scolastici: la definizione standardizzata di orari e materie di studio, per quanto sia efficace per l'organizzazione, può essere di ostacolo alla comunicazione quando impedisce l'ideazione e la creazione di percorsi "ad hoc" che necessiterebbero di tempi differenti rispetto a quelli programmati.

Tecniche di comunicazione: le due tecniche maggiormente utilizzate sono le lezioni frontali e gli esperimenti di laboratorio. Una nota importante riguardo l'approccio didattico dell'istituzione scolastica italiana è il ritardo nei confronti delle nuove metodologie comunicative. Non trovano ampio spazio di utilizzo in ambito scolastico le nuove direttive didattiche, che propongono tecniche di *Inquired Base Science Education* (in seguito IBSE) [6], *cooperative learning* [7], *flipped learning* [8] e *context-based learning* (in seguito CBL)[9]. Per quanto riguarda l'utilizzo del laboratorio, invece, accade talvolta che esso sia utilizzato per mostrare dimostrazione alla cattedra, tramutando l'esperienza personale in una lezione frontale in cui si osserva alla lavagna un esperimento, al posto di formule scritte. Non esistono direttive ministeriali riguardo le modalità di utilizzo del laboratorio, se non un'indicazione delle ore che devono essere dedicate ad esso. La sicurezza della presenza degli studenti, la quotidianità dell'esperienza scolastica e la ripetitività degli argomenti portano spesso i docenti a standardizzare le proprie lezioni e non esplorare le numerose tecniche comunicative possibili.

Caratteristiche personali: solitamente in ambito scolastico non emergono aspetti personali dei docenti e quanto far trapelare di sé durante le lezioni è una scelta privata di ogni professore. Vi è da sottolineare, inoltre, che per poter entrare a far parte del corpo docenti un candidato deve unicamente soddisfare i requisiti di formazione professionale discussi nei punti precedenti. I punteggi che permettono l'ingresso a scuola tengono di poco conto eventuali esperienze formative personali, attività extra-lavorative o partecipazioni a realtà di volontariato. Sebbene aver – o non aver – vissuto tali esperienze non sia certezza di una maggior efficacia nell'insegnamento della disciplina, un docente

che abbia un “ricco” bagaglio personale può essere di maggior stimolo per i suoi studenti.

Tempistica della comunicazione: i tempi sono predefiniti e fissati. L’aspetto più positivo dei tempi a disposizione riguarda la possibilità di progettare percorsi di lunga durata, che si sviluppino nel corso di mesi o anni, permettendo di fornire agli studenti strumenti concreti che possano essere fatti propri attraverso uno studio lungo e continuativo, accompagnato da un costante esercizio. Tuttavia, la rigida definizione dell’orario scolastico è un forte limite: avere a disposizione un’unica ora di 50 minuti, talvolta, è eccessivamente limitato per approfondire sufficientemente un discorso. Vi è inoltre da sottolineare che non tutte le ore a calendario hanno uguale efficacia. Ogni docente sa che la prima ora al lunedì mattina non ha lo stesso impatto sullo studente che la stessa ora al mercoledì oppure che le ore di venerdì e sabato sono “a rischio estinzione” a causa di ponti festivi. Tuttavia, la definizione di un orario annuale fa sì che il docente “sfortunato” a cui capita la prima ora del lunedì manterrà quella condizione per tutto l’anno scolastico e, quindi, sa che dispone di un’ora poco efficace in cui insegnare la sua materia⁵. A questo proposito un docente di fisica in un liceo scientifico, con cui è stato svolto uno dei progetti che verranno presentati in seguito, ha affermato di essere riuscito a condurre solo 75 delle 101 ore teoricamente a disposizione a causa di ponti, festività, assemblee e progetti speciali.

1.1.3 Divulgazione scientifica

Come nel precedente paragrafo, anche per quanto riguarda la divulgazione scientifica si cerca di soffermarsi prevalentemente sulla diffusione di temi legati alla fisica, settore di studio del candidato.

Tuttavia, qualora fosse necessario enfatizzare pregi o limiti di questo settore della comunicazione, vengono presi in prestito esempi eclatanti anche da altri ambiti scientifici.

Nel trattare la divulgazione scientifica sono analizzati principalmente progetti divulgativi strutturati correttamente nel panorama dell’informazione scientifica. Non è scopo del capitolo il discutere di interventi di divulgazione a scopo promozionale e si trattano solo marginalmente la divulgazione di concetti pseudoscientifici, o vere e proprie frodi, per sottolineare i pericoli insiti in alcuni ambiti.

Trattandosi, infine, di un contesto culturale particolarmente vasto e variegato, è fuori dagli scopi di questa tesi una trattazione esaustiva e completa di

⁵Se questo docente avesse a disposizione due ore a settimana, come nel caso della fisica in alcuni contesti, si avrebbe a disposizione il 50% in meno del tempo per discutere e trattare quanto previsto nel programma.

tutte le possibili modalità di divulgazione di contenuti scientifici. Si individuano e analizzano solo gli elementi più distintivi di questo settore, lasciando ad altri testi più approfonditi questo compito, quali ad esempio [10]

Scopo: l'obiettivo basilare di ogni attività di divulgazione è accrescere la cultura e l'interesse della cittadinanza riguardo le tematiche scientifiche. Ciò può possedere variegata sfumature od obiettivi secondari che focalizzino gli intenti in direzioni più precise: alcuni progetti, ad esempio, possono essere volti a creare una cultura approfondita, altri a stimolare l'interesse dei più piccoli e altri ad emozionare e sbalordire attraverso la scienza. L'efficacia intrinseca della divulgazione, riguarda proprio la possibilità di proporre e sviluppare progetti basati su obiettivi differenti. Per questo, è possibile ideare attività che possono essere direzionate con precisione verso specifici riceventi, trascurando il resto.

Mandante: al contrario della didattica, per questo settore non esiste un unico mandante standardizzato e questo determina il ricco panorama di eventi, metodologie e tecniche che popolano il mondo della divulgazione scientifica. È possibile trovare varie figure professionali quali mandanti di eventi o attività divulgative: organizzatori di fiere o festival scientifici, curatori museali, professori universitari, case editrici o autori di libri e molto altro. In questo ambito è d'interesse sottolineare l'esistenza di una legge italiana, la cosiddetta 6/2000 [11], che promuove bandi volti a finanziare progetti di divulgazione scientifica.

Mittente: è la figura professionale del divulgatore scientifico, tutt'ora in fase di sviluppo. Negli ultimi decenni la sua presenza si è resa necessaria per il progressivo allontanamento tra la società e la crescente – in termini di quantità e complessità dei suoi contenuti e del linguaggio adottato - cultura scientifica. A questa categoria appartengono professionisti della scienza attuali e futuri - docenti, laureati e studenti - e persone che provengono da realtà molto distanti dalla sfera scientifica – quali giornalisti, scrittori e attori. La possibilità di ideare progetti che non hanno obiettivi formativi permette il coinvolgimento di mittenti di formazione lontana dalla cultura scientifica. Sebbene la varietà di figure che orbitano attorno alla divulgazione scientifica sia una preziosa risorsa, essa al contempo è un aspetto di difficile gestione. L'assenza di un albo professionale dei divulgatori scientifici a cui fare riferimento per eventuali tutele e l'ampia offerta di mezzi di comunicazione fanno sì che la divulgazione possa essere una realtà alla mercé di truffatori e comunicatori raffazzonati. Chiunque pensi di avere qualcosa di interessante da raccontare – e non necessariamente corretto – può ad esempio aprire un blog ed iniziare a diffondere la propria cultura.

Nonostante sia impossibile impedire a “falsi” o “improvvisati” divulgatori di comunicare, è da sottolineare che ogni attività di divulgazione è

inserita in un contesto di mercato. Ciò determina una sorta di autocontrollo riguardo la qualità dei progetti. Il ricevente, infatti, attraverso la partecipazione e il proprio gradimento, ha il potere di decretare il successo e il fallimento delle attività a cui assiste e, di conseguenza, del mittente che li propone. Questa dinamica, sebbene non perfetta⁶, agisce da scrematore.

Messaggio: è tra gli aspetti più interessanti della divulgazione scientifica, grazie all'enorme quantità di contenuti che è possibile veicolare. A differenza del contesto scolastico, non esiste un programma ministeriale a cui fare riferimento per i contenuti, è possibile spaziare su tutta la conoscenza scientifica ad oggi nota – e anche sulle ipotesi o prospettive future. Tuttavia vi è da tenere presente che la scelta del messaggio è anche tra gli aspetti più critici, in quanto è subordinato ai restanti aspetti della comunicazione: scopo, veicolo, tecnica adottata, beneficiario, tempistica a disposizione e contesto. Il contenuto del messaggio è l'aspetto che deve essere deciso per ultimo, una volta chiariti i restanti punti. Non è raro, infatti, trovare attività divulgative con problemi di incoerenza nella progettazione, legati alla scelta del messaggio. Un esempio è la rivista "Asimmetrie" edita da INFN. Sulla pagina web di INFN in cui viene presentato questo periodico [12] si dichiara di voler realizzare una rivista dedicata agli studenti degli ultimi anni di liceo. Si tratta di un progetto di lodevoli intenzioni, volto a presentare al pubblico argomenti poco conosciuti e 'di frontiera' per la ricerca. Tuttavia, talvolta, sfogliando alcuni degli articoli presenti all'interno di questa rivista [13] è possibile trovare trattazioni di argomenti specialistici non affrontati in classi di quarta superiore – e raramente in quinta. Il progetto, nelle sue intenzioni e nella trattazione di molti argomenti, rimane estremamente positivo, tuttavia vi è da segnalare questa difficoltà di incontro tra i contenuti 'specialistici' e il target di riferimento.

Sebbene alcuni veicoli permettano un buon grado di approfondimento – ad esempio libri, riviste o blog specialistici – troppo spesso accade che si cerchi di introdurre nei progetti divulgativi un'eccessiva quantità di contenuti. Potrebbe essere più opportuno, invece, che queste attività fossero mirate innanzitutto ad affascinare e a motivare le persone e non a voler formare esperti del settore. Non si deve scordare che se le persone che si avvicinano alla realtà della divulgazione scientifica avessero voluto essere formate su tutta la complessità di un determinato tema, avrebbero seguito un altro percorso di vita.

⁶Il controllo esercitato sui progetti divulgativi attraverso la dinamica di mercato descritta è spesso nelle mani di persone che non conoscono i contenuti che vengono presentati e, quindi, fondano il proprio giudizio solo su argomentazioni qualitative e di gradimento personale.

L'accesso diffuso alla cultura presente sulla rete web e la nascita dei Social Network hanno inoltre introdotto un'ulteriore dinamica che influisce negativamente sulla divulgazione scientifica e i contenuti dei suoi messaggi: l'attività di pubblicazione frenetica che stiamo vivendo sui social network⁷ ci sta lentamente, ma inesorabilmente, abituando ad una costante apparizione di notizie, argomenti e scoperte ogni giorno, molte delle quali presentate impropriamente con eccessiva enfasi per attirare l'interesse del navigatore. La divulgazione scientifica si ritrova così a dover competere con questa caciera di notizie e contenuti e, per questo, si sta direzionando verso messaggi che, prima di un grande contenuto, hanno almeno in fase iniziale grande fascino ed effetto sul soggetto di cui deve catturare l'attenzione.

Veicolo: la grande efficacia della divulgazione scientifica è sicuramente legata alla vastissima varietà di veicoli comunicativi che ritrova a disposizione. Tuttavia è bene tenere a mente in fase di progettazione che il veicolo scelto è strettamente connesso al beneficiario che si vuole raggiungere, alle tempistiche a disposizione e al contesto in cui verrà effettuata la comunicazione. Si deve scegliere il veicolo più adatto per raggiungere il beneficiario desiderato e non il veicolo migliore per il mittente. Il mittente può essere selezionato in seguito, a seconda del veicolo migliore.

Senza la presunzione di elencare la totalità dei veicoli a disposizione, si espongono brevemente i principali esistenti:

- *Libri:* sono il veicolo comunicativo per antonomasia, permettono un maggiore approfondimento rispetto agli altri grazie al lungo tempo a disposizione per veicolare il messaggio e al contesto favorevole che viene ricercato dal lettore durante la lettura. È da sottolineare che il libro è un veicolo scelto volontariamente dal lettore per il proprio intrattenimento o raccolta di informazioni e per questo è tipicamente destinato a persone già interessate e ben disposte verso l'argomento trattato.
- *Articoli/post su blog:* a differenza dei libri, gli articoli si basano su tempistiche di fruizione molto più brevi e per questo devono limitare i contenuti da trasmettere. Il giornale su cui viene pubblicato un articolo – che basa la propria diffusione ed efficacia sulla possibilità di racchiudere al suo interno argomenti di vario genere – permette ad esso di migliorare la propria diffusione, raggiungendo lettori non necessariamente interessati all'argomento. La possibilità di fidelizzare i lettori ad una rubrica editoriale o ad

⁷Si stima che ogni 60 secondi siano pubblicati su facebook oltre 41000 post e twittati circa 278000 messaggi. Nello stesso minuto, inoltre, google viene interpellato per risolvere circa 2 milioni di richieste e sui blog di wordpress compaiono 347 nuovi post [14].

un blog permette inoltre di sorpassare il problema della riduzione dei contenuti, fondando il proprio progetto comunicativo sulla serialità degli articoli.

- *Mostre ed exhibit museali*: la possibilità di visitare musei scientifici è un'altra tradizione storica della divulgazione scientifica. Questo veicolo fonda la propria efficacia sulla possibilità di riunire in un'unica esperienza comunicativa numerosi linguaggi: testi scritti, immagini, esperimenti e, molto importante, il coinvolgimento emotivo del visitatore. Negli ultimi decenni le istituzioni museali si sono dedicate con crescente tenacia alla trasformazione della classica esposizione di reperti, in un incontro attivo con la scienza alla portata di tutti, grazie al coinvolgimento del visitatore nella conduzione di esperimenti e nella partecipazione ad attività culturali, trovando positivi riscontri [15]. La “croce delizia” di questo veicolo è la volontà di coinvolgere tutti i tipi di visitatori⁸. Infatti, sebbene il museo sia un luogo idoneo per raggiungere il vasto pubblico, ciò richiede la strutturazione di percorsi ed exhibit a vari livelli di lettura, per poter intrattenere efficacemente tutti i visitatori, azione assolutamente non banale.
- *Laboratori sperimentali informali*: spesso inseriti in contesti divulgativi quali quelli proposti da musei, centri della scienza o eventi, tali percorsi esplorativi tuttavia trovano spazio anche all'interno di attività ricreative di campi o colonie estive per ragazzi, ad esempio [16] [17] e [18]. La possibilità di permettere agli iscritti di attivarsi in prima persona stimola fortemente il loro interesse e li predispone positivamente all'ascolto. Tuttavia la specificità delle attività progettate e la necessità di dotare di strumenti e materiali ogni partecipante limitano l'accesso alle attività di questo tipo: si tratta spesso di percorsi a numero chiuso in cui si definiscono anche l'età adatta a partecipare e comprendere quanto trattato. La tempistica è un altro punto critico: molto spesso gli esperimenti richiedono lunghi tempi per l'attuazione e analisi e ciò preclude la possibilità di condurre un vasto numero di esperimenti.
- *Seminari*: riprendendo l'importanza della tradizione orale per la comunicazione, i seminari devono successo ed efficacia quasi esclusivamente all'oratore e alla sua abilità comunicativa⁹: sta a lui la scelta del messaggio, del registro e delle tecniche comunicative da

⁸Di fondamentale importanza anche per il sostentamento stesso del museo, in quanto a livello economico non si può permettere di selezionare il proprio pubblico ma deve aprirsi al maggior numero di visitatori per “staccare” il maggior numero di biglietti

⁹Un ulteriore aspetto che ne decreta il successo è un'ampia diffusione e promozione dell'evento che assicuri la presenza di un elevato numero di partecipanti.

utilizzare. Nel corso degli ultimi anni, è fiorita una serie di variazioni sul tema: dai celebri Ted talk [19] che propongono dialoghi su un vastissimo spettro di argomenti, ai caffè o alle cene scientifiche, fino ai contest in 3 minuti proposti dai FameLab [20]. Il punto critico per questi seminari rimane, come per quanto discusso nel caso del libro, la partecipazione di persone già ben disposte o interessate all'argomento: difficilmente un gruppo di amici disinteressati alla scienza e indecisi su come passare in modo diverso una serata deciderebbe di seguire un seminario scientifico.

- *Programmi Radiofonici e podcast*: vi sono numerosi aspetti positivi per questi strumenti: la possibilità di unire alla voce del conduttore musiche e canzoni permette di coinvolgere emotivamente l'ascoltatore, attraverso queste trasmissioni è possibile avvicinare contemporaneamente un grandissimo numero di persone ed, infine, è possibile trasmettere messaggi registrati. Tuttavia esistono anche alcune criticità, molto simili a quanto discusso al punto precedente: in prevalenza gli ascoltatori di questi veicoli sono già interessati al tema e per questo seguono la trasmissione. Inoltre visto il fatto che l'unico elemento che raggiunge l'ascoltatore è la voce del conduttore della trasmissione, le capacità di quest'ultimo sono il fulcro attorno al quale ruotà l'efficacia della comunicazione. L'opportunità di diffondere messaggi precedentemente registrati permette la produzione di file audio "ad arte", con il pregio di ridurre al minimo la presenza di errori e inesattezze. Tale metodologia di diffusione, inoltre, permette nel caso dei podcast di lasciare il comando della riproduzione della trasmissione nelle mani dell'ascoltatore, assicurandosi la fruibilità in contesti adatti.
- *Programmi televisivi*: i programmi televisivi aggiungono ai pregi della comunicazione radio la possibilità di sfruttare la potenzialità delle immagini. Esiste un elevato numero di programmi televisivi di divulgazione scientifica¹⁰ e di canali interamente dedicati ad essa – quali Focus, Discovery o History channel, ad esempio. Sebbene l'elevato numero di programmi non sia indice di una buona qualità divulgativa, rappresenta comunque un dato sintomatico di un'elevata richiesta di informazione scientifica da parte della cittadinanza. I programmi di divulgazione scientifica devono confrontarsi con la spietata concorrenza presente nel palinsesto televisivo, adattandosi allo stile narrativo dei suoi concorrenti per poter rimanere sull'onda e catturare l'attenzione. In questo ambito è da segnalare un lento spostamento verso la pubblicazione di notizie

¹⁰Alla pagina Wikipedia "Programmi televisivi di divulgazione scientifica" si contano 51 programmi TV [21].

e servizi basati sul mistero, sulla sensazionalità e il fascino, abbandonando la missione educativa che aveva la televisione prima dell'avvento di internet [22]. Questa lenta deriva nella modalità di presentazione di contenuti scientifici è legata alla variazione del pubblico medio televisivo: se un tempo la televisione era il principale strumento di informazione, alla quale ogni cittadino faceva riferimento, l'avvento di internet ha modificato sensibilmente il panorama, 'rubandole' una quota di pubblico e modificando gusti e sensibilità dei telespettatori. L'autore di un programma non può più dare per scontata la presenza di telespettatori che ricercano il suo prodotto tra i tanti esistenti, deve riuscire a coinvolgerlo e catturarne l'attenzione per superare la concorrenza e impedire che il proprio pubblico preferisca reperire le stesse informazioni attraverso internet.

- *Software/app*: dalla nascita di tablet e smartphone si stanno moltiplicando i software e le applicazioni che sfruttano queste tecnologie. Si tratta di prodotti che spaziano in molti settori, tra cui la divulgazione scientifica. Esistono applicazioni/giochi che permettono di visualizzare la fluidodinamica di un sistema scegliendo geometrie opportune, le funzioni d'onda degli orbitali atomici e molto altro. Il limite che l'autore di queste applicazioni deve cercare di superare risiede, nuovamente, nell'avvicinare prevalentemente persone già interessate all'argomento, che devono sapere dell'esistenza di questo prodotto e decidere di installarlo sul proprio dispositivo.
- *Video in internet*: in ambito divulgativo, questi mezzi di comunicazione possono essere distinti in video (in)formativi e video mirati a stimolare l'interesse. I primi godono delle stesse potenzialità e pregi dei servizi inseriti all'interno di programmi televisivi, sebbene siano spesso visualizzati da persone già predisposte all'argomento – equiparabili ai lettori di libri divulgativi. A differenza di trasmissioni televisive, l'ulteriore elemento di pregio ed efficacia dei video sta nella possibilità offerta allo spettatore di visionare questi prodotti a suo piacere, nel contesto a lui più favorevole e nelle tempistiche desiderate, svincolato dalla programmazione del palinsesto. I video volti a stimolare l'interesse, al contrario, ricercano anche l'attenzione degli spettatori non predisposti all'ascolto di tematiche scientifiche. Quindi questi mezzi devono affiancarsi a tecniche di cattura dell'attenzione¹¹ per colpire l'eventuale

¹¹Di particolare interesse per il suo crescente utilizzo nei Social Network sono i messaggi basati sul cosiddetto effetto "Zeigarnik": si tratta di messaggi che, sfruttando frasi ad effetto che esaltano la particolarità e il fascino della notizia, ne lasciano in sospenso la conclusione stimolando in questo modo la maggior recettività mnemonica dello spettatore

pubblico quando non se lo aspetta e direzionarlo verso di essi. Si tratta tipicamente di video molto veloci ed immediati che devono restare all'interno di tempistiche molto strette per catturare l'attenzione nei primissimi secondi. Il contenuto formativo è ridotto al minimo e, nel caso di buona riuscita, presenta allo spettatore riferimenti - siti/video/libri a maggior contenuto scientifico - per ulteriori approfondimenti. Queste categorie di video necessitano di elevata diffusione e risonanza mediatica e, per questo, si devono appoggiare ad altri mezzi comunicativi per ampliare la propria visibilità; una diffusione tipica viene fatta ad esempio attraverso Social Network.

- *Social Network*: i social network sono veicoli molto recenti, di enorme diffusione e caratterizzati ognuno da specifiche regole “del gioco”, che ne definiscono peculiarità e dinamiche comunicative. Sebbene non tutti potrebbero essere d'accordo con questa definizione, è opinione dell'autore che i social network non debbano essere intesi quali strumenti per fare informazione, in quanto basati su messaggi brevissimi con lo scopo di inoltrare il lettore ad altre pagine web, ricche di informazioni. Si preferisce immaginare i Social Network, quindi, come “vasche di pesci” in cui ogni persona, istituzione o attività commerciale, interessata ad avere visibilità ed incontrare il favore del mercato, possa andare a “pescare”. Messaggi brevi, immagini ad effetto, video sorprendenti sono le esche che si possono – e devono – utilizzare per direzionare l'attenzione della propria “preda” verso le proprie pagine ad elevato contenuto informativo. Gli utenti di Social Network hanno le più disparate formazioni ed è possibile ritrovare una simile varietà di persone a quella che usufruiva della televisione 50 anni fa.
- *Giochi/attività ludiche*: il gioco è da sempre un veicolo importante per l'educazione e la formazione soprattutto dei più piccoli. Oltre ai giochi dedicati all'educazione dei bambini, esiste una vasta comunità di persone adulte che utilizzano giochi da tavola e videogiochi per intrattenimento e, per questo, il gioco si presta ad essere veicolo ad ampia visibilità. Inoltre, si tratta di uno strumento che ha il grandissimo pregio di poter sfruttare tempi lunghi e la predisposizione del giocatore ad imparare regole nuove – spesso piuttosto complesse - appartenenti a contesti anche fantasiosi e distanti dal quotidiano. Queste caratteristiche lo rendono uno strumento molto utile per veicolare contenuti scientifici. Sebbene non sia ancora largamente sfruttato, la possibilità di produrre giochi da tavola divulgativi potrebbe beneficiare di persone non necessariamente interessate o informate a riguardo,

ma semplicemente bendisposte verso il veicolo scelto.

- *Fumetti*: l'utilizzo di questo veicolo è di particolare interesse nel campo della pubblicazione cartacea. In occidente si tratta di una forma di comunicazione tradizionalmente destinata ai più giovani, tuttavia, se progettato propriamente, il fumetto è un canale comunicativo direzionabile anche a lettori adulti. Rispetto a un libro o a un articolo esso riduce il testo scritto, fondando la propria comunicazione sull'uso intensivo di immagini e colori permettendo sia di veicolare contenuti, sia di catturare efficacemente l'immaginazione e la fantasia del lettore attraverso suggestioni visive. Sebbene già in passato siano stati sviluppati prodotti molto interessanti – ad esempio la collana “Horrible Science” di Nick Arold [23] oppure la discussione di alcune tematiche fisiche attraverso spunti estrapolati dai poteri dei supereroi dei fumetti [24] -, recentemente questo veicolo sta vivendo un rinnovato interesse anche in campo scientifico, dimostrato da numerosi fumetti a tema scientifico pubblicati recentemente, ad esempio [25], o dall'apertura del settore “Comics & Science” presso il festival 2014 di Lucca “Lucca Comics & Games” [26]. Tuttavia ad ora il suo utilizzo è molto statico e tradizionale, per lo più utilizzando le tavole grafiche per rappresentare delle spiegazioni condotte da scienziati celebri (quasi sempre Einstein), una sorta di fotoromanzo di una lezione frontale. Si auspica che nel prossimo futuro possa essere rivisto in una chiave più moderna ed efficace.
- *Teatro e performance artistiche*: è un altro settore fortemente in crescita, che riguarda la produzione di materiale o attività in connubio tra arte e scienza. Lo scopo di queste azioni è quello di fornire suggestioni che avvicinino le persone al mondo della scienza tramite quadri, spettacoli teatrali [27] [28], canzoni [29], performance artistiche o installazioni provocatorie e bizzarre [30]. Sono numerosissime le possibilità in questo campo e per lo più ancora poco esplorate. La grande potenzialità è legata alla possibilità di avvicinare anche persone tipicamente distanti dalla sfera scientifica, predisposte alla cultura e all'informazione.

Come sottolineato, ognuno di questi veicoli è specifico per differenti beneficiari e sfrutta meccanismi di attrazione e tempistiche diverse. La grande potenzialità della divulgazione scientifica, che rende i festival della scienza come quello di Genova eventi di grande interesse per la cittadinanza, è la possibilità di servirsi contemporaneamente di molteplici veicoli, in modo da attrarre il più ampio spettro di visitatori.

Beneficiario ipotetico: l'aspetto centrale nella progettazione di attività divulgative è la definizione del beneficiario che si vuole raggiungere. È

il primo aspetto che si deve definire, dal quale conseguono il veicolo che si dovrà usare, il contesto, i tempi e le tecniche a disposizione. Le categorie a cui fare riferimento sono molteplici e variegate: bambini o anziani, giovani o adulti, maschi o femmine, professionisti del settore o persone con formazione nulla a riguardo, persone interessate o disinteressate, bendisposte nei confronti dell'argomento trattato o scettici e molto altro. Ognuna delle categorie citate può essere beneficiaria di un progetto comunicativo e richiede specifiche regole di approccio e differenti sensibilità da parte del mittente.

Ricevente: la maggior differenza con la didattica riguarda proprio l'impossibilità di controllare completamente il ricevente della propria comunicazione. Questo impone particolare attenzione riguardo la scelta del registro e del tipo di messaggio in quanto, nella progettazione dell'attività, è necessario cercare di prevedere se potranno essere presenti anche riceventi differenti da quelli ipotizzati. In tal caso, si deve cercare di non escludere a priori tali figure, per cercare di diffondere al massimo la cultura scientifica. In ogni incontro, infatti, è buona prassi non perdere occasioni per avvicinare persone potenzialmente interessate. Escludere dalla comunicazione alcune persone solo perché originariamente non incluse nella progettazione dell'attività è un clamoroso "autogol". È da sottolineare, infine, che l'esclusione di una parte del pubblico può non essere sempre indolore: nel caso di un seminario, ad esempio, non coinvolgere una parte degli ascoltatori potrebbe dare spazio ad azioni di disturbo da parte loro.

Codice: la codifica e traduzione del messaggio è tra gli aspetti più critici della divulgazione. Il beneficiario verso cui si dirige l'azione determina il registro che si deve utilizzare per la comunicazione e si dovrebbe cercare di conoscere quale sia il suo livello di preparazione. Tipicamente, per attività rivolte al grande pubblico si evita l'utilizzo della matematica e di formule, in quanto di difficile interpretazione per un interlocutore medio. L'adattamento del registro è tra gli aspetti più complessi di questo settore. Quando i divulgatori sono professionisti della scienza che, immersi quotidianamente in un linguaggio specialistico elaborato, hanno perso il contatto con il registro quotidiano, essi risultano "starati" ed utilizzano termini incomprensibili ai più. Si può portare a favore di questa affermazione un esempio già citato in precedenza, la rivista "Asimmetrie" [13]. Abbiamo già osservato che l'obiettivo di questo periodico è " ...raggiungere il personale INFN e le loro famiglie, gli studenti degli ultimi anni dei licei ... A un pubblico non specializzato vogliamo trasmettere informazione corretta...", identificando, quindi, un target ben definito. Nonostante il lodevole impegno profuso e l'elevata qualità degli argomenti presentati, scor-

rendo alcuni articoli è molto comune trovare termini quali “Interazione forte”, “forza debole”, “modello standard”, “rinormalizzabile”, che per la maggior parte del “pubblico non specializzato” non hanno alcun significato. Il messaggio non potrà essere tradotto dal target identificato, rendendo di fatto nulla la comunicazione. Scrivere lo stesso articolo in ideogrammi cinesi, per un pubblico italiano, sortirebbe effetto simile.

Contesto : la possibilità di utilizzare veicoli e tecniche differenti deve essere gestita in funzione del contesto in cui avverrà la ricezione del messaggio. Tipicamente per attività formative ad alto contenuto è bene che il ricevente sia a proprio agio e abbia scelto autonomamente di porsi in relazione con il mittente. L’uditore di un seminario, il lettore di un libro o il navigatore su un sito specialistico ha scelto di propria sponte di avviare la comunicazione. Questa caratteristica è evidente dal successo di siti di broadcast video come youtube che permettono di visualizzare video a proprio piacere: molte persone visualizzano servizi e programmi televisivi sul web poiché questo permette loro di decidere le tempistiche e il contesto in cui avviare la riproduzione senza sottostare alla programmazione dei palinsesti TV. Al contrario, per tutte quelle attività in cui si vuole catturare l’attenzione di visitatori “ignari”, si deve tenere a mente che essi possono non essere in un contesto efficace per la ricezione del messaggio e si deve cercare di comprendere la situazione e creare l’ambiente adatto all’avvio della comunicazione.

Tecniche di comunicazione: un’altra grande differenza con la didattica scientifica è proprio la possibilità di utilizzare tecniche di comunicazione sempre nuove e mutate da altri settori. Trattandosi di un settore “sul mercato”, non protetto da nessun sistema e, al contrario, alla mercé dell’interesse e del gusto del pubblico, la divulgazione necessita di un continuo rinnovamento nelle proprie tecniche, alla ricerca della chiave giusta per aprire le porte dell’interesse dei beneficiari. Un esempio di questa evoluzione riguarda i musei: un tempo dedicati alla raccolta e conservazione di reperti e alla loro esposizione in bacheche, ora mutano in centri della scienza, dove le collezioni sono esposte all’aperto e alla portata dei visitatori. Anche le possibilità di azione all’interno di questi centri della scienza sono variate molto: ci si aspetta di poter toccare exhibit, osservare video e immagini che catturino la fantasia, eseguire esperimenti e partecipare alla scoperta dell’informazione. In contesto divulgativo trova maggiore spazio, inoltre, l’interazione con il pubblico, l’utilizzo di strumenti e linguaggi informali per coinvolgere attivamente i partecipanti.

Caratteristiche personali: sono spesso sfruttate in ogni comunicazione per attirare l’attenzione e l’interesse dei destinatari. Basti pensare all’utilizzo del corpo di uomini e donne in ambito pubblicitario, seb-

bene non sia necessariamente un esempio positivo. Questa dinamica è introdotta talvolta anche nell'ambito della divulgazione scientifica, dimostrandosi un fattore di grande efficacia per la ricezione del messaggio. Un seminario sulla conquista nello spazio non avrebbe lo stesso effetto se fosse tenuto dal dott. Nespoli Paolo o dall'astronauta Nespoli Paolo. La curiosità di vedere un astronauta, di poter sentire da lui la sua esperienza personale nello spazio accende sicuramente l'interesse di un maggior numero di persone rispetto alla conferenza di un professore universitario che racconta le stesse cose. Sebbene questo aspetto sia tenuto in buona considerazione in ambito divulgativo, generalmente in molte comunicazioni scientifiche si preferisce astrarsi da aspetti e contesti personali per parlare asetticamente dei contenuti. Questa freddezza nella comunicazione è uno degli aspetti che allontana alcune persone, in particolare coloro che ricercano informazioni e intrattenimento caratterizzato da un connubio di nozioni, emozioni e storie di persone, prima che di scienza. Introdurre componenti "umane", raccontando esperienze, gioie e dolori delle conquiste scientifiche si potrebbe rivelare una leva interessante per poter attirare quelle persone che vedono nella scienza una disciplina di puro raziocinio senza fantasia e creatività.

Tempistica della comunicazione: la tempistica di una comunicazione non è sempre sotto il controllo del divulgatore anzi, se escludiamo i seminari e tutte quelle attività in cui il mittente dialoga in prima persona con il proprio pubblico, si può dire che non sia mai sotto controllo del mittente. Tipicamente il veicolo che si sceglie per la comunicazione fornisce un'indicazione del tempo necessario alla ricezione del messaggio e su di esso si deve quindi progettare l'attività.

Come si è cercato di evidenziare brevemente in queste pagine, il mondo della divulgazione scientifica è molto complesso e richiede grande attenzione in fase di progettazione. È infatti da notare che una volta inserita un'idea, un'affermazione nella testa dei propri destinatari non è più possibile estrarla ed essa risulta fuori dal controllo del mittente (ne sa qualcosa la comunità medica nell'ambito delle vaccinazioni, come vedremo nel capitolo seguente). È importante concludere questo capitolo sottolineando che, indistintamente che si tratti di didattica o divulgazione, colui che progetta un'attività di comunicazione deve cercare sempre di interrogarsi su due aspetti cardine: correttezza del contenuto ed efficacia della comunicazione. Si tratta di due aspetti costantemente a rischio: nella didattica si veicolano – quasi - sempre informazioni corrette, ma trasmesse con modalità talvolta inefficaci; nella divulgazione la presenza di numerose tecniche comunicative giova notevolmente all'efficacia della trasmissione del messaggio, ma si deve cercare di non perdere l'attenzione per il contenuto dello stesso, talvolta semplificato al punto da essere travisato dal suo originale significato.

1.1.4 Riassunto conclusivo

Tabella 1.1: *Tabella riassuntiva.*

	Didattica		Divulgazione	
	Pro	Contro	Pro	Contro
Mandante	L'istituzione pubblica non ha secondi fini. Ha creato un sistema per non discriminare e fornire il supporto necessario ai docenti.	Il sistema creato vincola fortemente la didattica e le scelte dei docenti.	Pluralità di mandanti che rendono il panorama variegato e competitivo.	Il mercato non è votato alla qualità, ma alla sopravvivenza del progetto stesso.
Mittente	Possibilità di instaurare un buon rapporto con il docente.	Impossibilità di cambiare docente se non si ha un buon rapporto. Assenza di controllo sulla qualità dell'insegnamento. Formazione richiesta per i docenti di fisica troppo ampia.	Il mercato seleziona i divulgatori talentuosi e competenti, stimolandone la creatività per ottenere progetti sempre più efficaci e attuali.	Il sistema non tutela da divulgatori impreparati o truffatori.
Messaggio	Il docente ha discreto margine di manovra nella scelta dei messaggi. I messaggi possono essere complessi a piacere.	Assenza di necessità trattare argomenti che interessino e coinvolgano emotivamente lo studente, il quale non è chiamato a decidere del contenuto del programma da seguire.	Grandissima varietà di aspetti da trattare.	Il contenuto del messaggio è subordinato a tutti i restanti aspetti e va scelto per ultimo. In fase di progettazione risulta, di fatto, l'aspetto secondario della comunicazione.

...continua nella pagina successiva

...continua dalla pagina precedente

	Didattica		Divulgazione	
	Pro	Contro	Pro	Contro
Veicolo comunicativo	Possibilità di utilizzare libri e testi specialistici.	Struttura troppo vincolata alla classica lezione frontale alla lavagna. Non si utilizzano sufficientemente laboratori e nuove tecnologie.	Ampissima varietà di veicoli a disposizione.	Ogni veicolo ha pregi e difetti specifici. La difficoltà maggiore sta nel trovare veicoli che raggiungano persone non interessate alla scienza e nello scardinare il loro disinteresse.
Beneficiario ipotetico	Molto ben definito: personalità, caratteristiche e anche formazione posseduta.	Il raggruppamento in un gruppo classe in base all'età non permette l'impostazione di un ritmo didattico efficace per tutti, ne risulta una velocità intermedia che scontenta tutti.	Il beneficiario è a totale discrezione di mandante e mittente ed è possibile sceglierlo nella totalità dello spettro della popolazione.	Impossibile conoscere nel dettaglio i propri beneficiari.

...continua nella pagina successiva

...continua dalla pagina precedente

	Didattica		Divulgazione	
	Pro	Contro	Pro	Contro
Ricevente	Coincidenti con i beneficiari.		Alcuni progetti possono raggiungere una diffusione molto più ampia di quanto previsto.	Impossibilità di gestire i reali riceventi - si devono progettare attività malleabili, che possano essere adattate per raggiungere anche dei riceventi non preventivati.
Codice	Il codice si costruisce nel tempo e gli studenti vengono formati al suo utilizzo e alla sua interpretazione.	Propedeuticità del percorso: se un ragazzo non comprende le basi, è difficile che segua il resto.		Molto raro utilizzare codifiche complesse (forte limite per il contenuto del messaggio). La matematica, le formule e la statistica sono da evitare.
Contesto	Molto protetto, sia per quanto riguarda il sistema, che il gruppo classe.	Qualora alcuni studenti abbiano difficoltà - di tempi (malattie, ambiente con i compagni, ecc.) è difficile adattare la comunicazione alle loro esigenze.	Possibilità di sviluppare progetti - libri, video ecc. - che verranno usufruiti in contesti favorevoli.	Necessità di strutturare la comunicazione in funzione del contesto di azione. Impossibilità di controllarlo con precisione.

...continua nella pagina successiva

...continua dalla pagina precedente

	Didattica		Divulgazione	
	Pro	Contro	Pro	Contro
Tecniche	L'uso di didattica frontale permette l'instaurazione di un buon legame tra docente e studenti.	In ambito scientifico viene trascurato molto il laboratorio. La sicurezza del sistema non stimola i docenti a ricercare tecniche nuove.	Grande varietà di tecniche. La vivace evoluzione dei gusti e delle richieste della società impone continue evoluzioni delle tecniche adottate.	In alcuni progetti la tecnica diventa il punto centrale, a dispetto del messaggio. Si deve porre attenzione a bilanciare bene il progetto.
Aspetti personali mittente	Non necessari, ma, qualora presenti ed interessanti, aiutano l'incontro personale con gli studenti.	Sono raramente introdotti in contesto didattico e ciò limita il rapporto che si può instaurare. Nessun requisito sull'esperienza personale di un docente.	Possibilità di sfruttare personalità di grande fascino quali mittenti.	Ogni personalità di spicco, indipendentemente dalla preparazione, è più titolata di ogni altra persona non famosa.
Tempi della comunicazione	Protetti - ci sono momenti ben definiti a disposizione. Il percorso didattico si sviluppa su tempi molto lunghi e permette grandi approfondimenti.	Orari e tempi scolastici rigidi e difficilmente adattabili nel caso di esigenze particolari.	Alcuni veicoli - libri e video - danno una chiara indicazione del tempo necessario.	Non interamente dominata dal mittente, spesso subordinata al veicolo scelto. La società spinge verso una comunicazione sempre più immediata e veloce, in contrasto con la complessità dei messaggi.

Tabella 1.1: *Tabella riassuntiva.*

Capitolo 2

Motivi per divulgare la scienza

Nel capitolo precedente si sono espone e discusse le caratteristiche della comunicazione e le loro declinazioni nel campo della didattica e della divulgazione scientifica per delineare la complessità da gestire in fase di progettazione di un'attività destinata alla comunicazione stessa.

In questo capitolo si analizzeranno invece le motivazioni che rendono necessaria una corretta diffusione della cultura scientifica presso la cittadinanza. Per corroborare le affermazioni proposte, esse sono presentate attraverso uno o più esempi, celebri o meno, adatti a mostrare concretamente quali insidie si celino dietro una debole cultura scientifica.

A fronte delle motivazioni di un maggior impegno nella diffusione della cultura scientifica, nel proseguo si analizza poi il complesso rapporto tra il mondo della ricerca e la divulgazione, ad esempio evidenziando alcuni tipici comportamenti che è possibile osservare fra gli accademici. Infatti, in ambito accademico il lavoro di ricerca e produzione di progetti di avanguardia per la didattica e la divulgazione della scienza risulta un'operazione complessa sia per le numerose difficoltà insite nella professione sia, e forse soprattutto, per il contesto di diffidenza e mancanza di rispetto in cui spesso si è costretti ad operare. Una buona parte del personale accademico scientifico italiano, infatti, ritiene che il settore di ricerca in didattica e divulgazione sia una perdita di fondi e risorse. Alcuni docenti, ad esempio, ostacolano apertamente il finanziamento di questo settore non riuscendo a comprendere quale sia il ritorno di una ricerca di successo. Per questo, nel seguito, si cercano di mostrare le motivazioni che spingono i professionisti a proseguire la loro "missione" e quali siano alcuni obiettivi che si vogliono raggiungere attraverso questa ricerca.

2.1 Le ragioni

La necessità di aumentare la cultura scientifica della società è evidente per numerose osservazioni e riflessioni, che si possono suddividere in due cate-

rie:

1. *Problemi attuali*: che comprende tutti quei problemi esistenti nel nostro quotidiano che si potrebbero risolvere o limitare negli effetti, grazie ad una miglior diffusione della cultura scientifica;
2. *Migliorie e benefici*: tutte le possibili migliorie e benefici che si potrebbero raggiungere grazie ad una società capace di padroneggiare maggiormente la cultura scientifica e il pensiero critico razionale. Si tratta, in questo caso, di osservazioni che si basano su condizioni ad ora decorose, per le quali non esistono problemi reali.

Per ogni categoria si identificano due sottoinsiemi che focalizzano separatamente l'attenzione su problemi/benefici per la società o per il mondo accademico.

Nel trattare questo argomento è a priori da comprendere che, sebbene per un professionista la distinzione tra fisica, matematica, chimica e tutte le varie discipline scientifiche sia chiara e palese, questa demarcazione non è altrettanto percepita e compresa dal cittadino medio. Per la maggioranza delle persone, le differenze tra queste discipline non sono nette ed esse non saprebbero quindi distinguere i rispettivi ambiti di azione. Assume maggior senso in questo contesto, quindi, parlare di cultura scientifica in senso ampio, senza focalizzare troppo l'attenzione su l'una o l'altra disciplina. Ad esempio i pregiudizi sociali sulla chimica possono influenzare negativamente anche la fisica e viceversa e pensare di svolgere divulgazione scientifica verso la cittadinanza trattando esclusivamente una disciplina ignorando le altre sarebbe un comportamento alquanto miope. Per questo, sebbene si abbia un occhio di riguardo nell'espone ed analizzare esempi che abbiano legami con la fisica, non si trascurano fatti e problemi in cui siano coinvolte altre discipline scientifiche.

2.1.1 Problemi attuali - per la società

Difesa pseudoscienze e truffatori: rischi per la salute e il portafoglio.

Una delle problematiche che stanno emergendo notevolmente e ottenendo grande risalto grazie alla visibilità offerta da Social Network e in generale internet, riguarda la nascita e la diffusione di numerose credenze pseudoscientifiche che trovano grande appeal sulla cittadinanza. Si tratta di culture non riconosciute dalla comunità scientifica, che, grazie allo stile e al linguaggio "scientificheggiante" adottato e alla complessità dell'argomento su cui si innestano, non vengono interpretate correttamente da alcune categorie di cittadini. La mimesi che traveste queste credenze, che le porta ad essere erroneamente associate alla sfera scientifica, genera molta confusione e lede sia la cittadinanza, affidata a idee non supportate da nessun controllo di

veridicità, sia la Scienza, che si vede sfiduciata dalla cittadinanza stessa se cerca di contrastarle.

L'ambito di appartenenza delle affermazioni pseudoscientifiche nominate è ampissimo: vendita di dispositivi domestici, "cure mediche", trattamenti per il corpo e molto altro. I danni causati da queste credenze sono molteplici: da quelli economici, in cui ignari cittadini vengono truffati pagando anche migliaia di euro per strumenti e cure inefficaci, a quelli sulla salute, nel caso in cui pazienti si sottopongano a cure pseudo-mediche delle quali non si ha controllo sugli effetti. La vastità del settore è tale da rendere impossibile una trattazione esaustiva e di seguito si trattano solo alcuni esempi celebri per chiarire meglio quale sia il panorama culturale a cui si vorrebbe porre rimedio.

Dispositivi domestici: è possibile trovare in rete numerosi dispositivi destinati agli utenti domestici e volti a risolvere problematiche specifiche della casa. In questo paragrafo se ne descrivono due particolarmente interessanti per i fantasiosi meccanismi di funzionamento che vengono millantati. Si tratta di dispositivi rispettivamente volti alla risoluzione dell'umidità in risalita dai muri e alla riduzione della bolletta dell'energia elettrica:

Aquapol [31]: è destinato a risolvere definitivamente il problema dell'umidità di risalita nei muri domestici. Per ogni scienziato interessato al suo funzionamento, il sito internet di Aquapol riserva grandi sorprese, prodigandosi in informazioni e dettagli riguardo i meccanismi di azione di questa antenna. Per convincere della efficacia dello strumento gli inventori di Aquapol non tardano a portare in causa altisonanti concetti scientifici - "campi elettro-magnetici", "unità di polarizzazione" - o presunti tali - "vibrazioni (onde) magneto-gravitazionali". Questi termini sono volti a confondere le idee dell'utente medio e necessari a creare la parvenza di serietà, fondamentale per conquistare la fiducia dell'acquirente. Sono numerose, tuttavia, le lacune scientifiche che si dischiudono ad un occhio critico: dall'accenno alla - mai sentita nominare - energia cosmica libera, alla possibilità di compiere lavoro senza la necessità di energia in ingresso o all'accostamento ad altre teorie pseudoscientifiche, che si fondano sull'esistenza di centri geopatogeni sulla superficie terrestre.

W10 riduttore intelligente [32]: è qui menzionato per la rilevanza fisica e per la particolare sfacciataggine con cui ne viene descritto il meccanismo di funzionamento. Il dispositivo promette ai malcapitati di ridurre la bolletta dell'energia elettrica domestica del 35%, agendo sulla dissipazione di energia elettrica per effetto joule nei cavi. È interessante osservare come si appoggi ad una fenomenologia realmente esistente, sebbene essa non influisca in questa percentuale sulla bolletta. Sul sito

dedicato a W10 è possibile trovare un video che ne mostra il funzionamento ed è “interessante” scoprire che i suoi benefici trovano spiegazione grazie alla superconduttività. L’apparecchio elettrico, infatti, se inserito in una qualunque presa di corrente di casa sarebbe in grado di stimolare le coppie di Cooper negli elettroni del filo di rame per ridurre la resistenza elettrica e quindi la perdita di energia elettrica. Inutile sottolineare l’infondatezza di tale spiegazione ad un occhio esperto. Tuttavia, ad un cittadino medio e non del mestiere, che sente nominare concetti complessi ma “sensati” - ossia che realmente esistono in ambito scientifico - può non essere così evidente che si tratti di una bufala.

Per onestà intellettuale si deve sottolineare che l’autore non ha condotto delle prove sperimentali per confermare o smentire il funzionamento di questi dispositivi¹, tuttavia si ritiene che le descrizioni del loro funzionamento siano discordanti da tutto ciò viene insegnato nel corso degli studi in fisica. Qualora si dimostrasse efficace il funzionamento di questi dispositivi, non si avrebbero dubbi nell’affermare che comunque, non troverebbe giustificazione nei principi fisici adottati nelle rispettive descrizioni di funzionamento ritrovate in internet.

È interessante notare come, in entrambi questi esempi, si sprechino i riferimenti a teorie fisiche o termini scientifici realmente esistenti. Ciò può indurre a dare fiducia a questi dispositivi ed acquistarli, per ridurre i propri consumi o migliorare la propria abitazione. È particolarmente esemplificativo, in questo senso, vedere che Aquapol è un sistema che riesce a far dubitare anche persone sufficientemente preparate come i frequentatori di “ingegneri forum” [33]. Solo una miglior cultura di base e la capacità di mettere in campo il pensiero critico possono aiutare a difendersi da questi meschini tentativi di truffa.

Filosofie e dispositivi pseudoscientifici per la cura della persona: esistono numerose filosofie volte a promuovere idee e concetti pseudoscientifici per la cura della persona, la prevenzione di malattie o il supporto psicologico. In alcuni contesti si tratta unicamente di filosofie di pensiero o di approcci alla vita che supportano la persona nella sua quotidianità, in altri casi è possibile trovare veri e propri trattamenti, che propongono l’utilizzo di pietre, bevande o strumenti particolari mirati a dare benefici nei più disparati aspetti personali di chi li adotta. Sebbene uno studio corretto e risolutivo di queste discipline non sia di facile conduzione, molte di esse fondano la loro efficacia sull’effetto placebo e sono trattamenti che al più non sortiscono alcun effetto. Ci si ritrova quindi di fronte ad un argomento particolarmente delicato, in quanto consiste in pratiche che non hanno particolari controindi-

¹Non è sembrato opportuno spendere 4000 euro per scoprire il funzionamento di Aquapol.

cazioni e che causano un reale e misurabile miglioramento delle condizioni di salute per una sensibile frazione delle persone che ne usufruiscono. Dal punto di vista scientifico, tuttavia, la preoccupazione è che il diffondersi di queste pratiche e teorie possa da un lato alimentare il senso di sfiducia crescente verso la Scienza – spesso la Medicina in questo caso - e dall'altro condurre le persone a credere ciecamente negli approcci descritti, in questa fase al più innocui, al punto da abusarne anche per la cura di patologie molto più importanti, che necessitano di reali cure mediche. Di particolare interesse per l'ambito fisico, sono l'utilizzo di pietre e minerali, di cui si portano due esempi emblematici:

Sungite : si tratta di un fantomatico minerale reperibile solo in Russia, da cui si estrae una pietra, utilizzata spesso in forma piramidale [34]. La peculiarità della pietra, a quanto si può capire attraverso numerosi siti internet, riguarderebbe la composizione. Si tratta di una pietra composta interamente da fullereni i quali, "ovviamente", permetterebbero di neutralizzare qualsiasi radiazione. Le indicazioni che si reperiscono in rete sono di sfruttare questa piramide per la protezione dalle onde elettromagnetiche emanate da pc e televisori, per lo stimolo delle difese immunitarie e, tra le varie cose, come ottimo concime. Perdonerete il tono ironico, ma si tratterebbe di una vera e propria panacea per tutti i mali. Sarebbe possibile addirittura venire a conoscenza del fatto che questo materiale non si carichi di energia negativa poiché, a differenza dei cristalli, non emana la sua energia per irradiazione ma attraverso un 'Vortice Quantico'. Questo esempio è sintomatico per come riesca a radunare in un solo oggetto tutte le speranze migliori e le più grandi paure riguardanti la fisica: la paura delle onde elettromagnetiche e le emanazioni quantistiche, positivamente misteriose – o misteriosamente positive.

Cristalloterapia : sebbene si possano trovare alcuni riferimenti concreti già nella bibliografia proposta precedentemente per la piramide di sungite, esistono centinaia di siti internet che trattano il tema della cristalloterapia a tal punto da rendere inutile un riferimento specifico in bibliografia. In breve questa terapia prevederebbe l'utilizzo di specifici cristalli per il bilanciamento della propria energia vitale e richiederebbe l'utilizzo di opportuni minerali a seconda del beneficio di cui si ha bisogno. Ricerche riguardo i fondamenti concettuali di questa pseudo-scienza mostrano come essa affianchi a filosofie dal sapor orientaleggiante, per le quali l'aura energetica è una realtà indiscussa, alcuni concetti scientificamente corretti come l'assorbimento della radiazione visibile e la ri-emissione nell'infrarosso. Nuovamente la chiave del successo sono anche la credibilità e la fiducia ottenibili attraverso l'utilizzo di termini e concetti presi a prestito dalle discipline scientifiche.

Come visto nei paragrafi precedenti, troviamo in questi esempi una forte commistione di concetti pseudoscientifici e di scoperte/teorie scientifiche corrette come il fullerene o l'irraggiamento nell'infrarosso. Questa compenetrazione richiederebbe ad un eventuale paziente in fase di indagine riguardo la disciplina a cui si avvicina, grande attenzione e conoscenza. Vi è quindi la necessità di incoraggiare ed educare la popolazione all'utilizzo di spirito critico e sano scetticismo nella fase di documentazione.

Prevenzione medica: al fianco di filosofie pseudoscientifiche per la cura della persona, vi sono credenze popolari molto diffuse, che compromettono seriamente il sistema sanitario ufficiale. Si tratta di miti e leggende - o vere e proprie truffe - nati in particolari contesti favorevoli, che sopravvivono grazie al passaparola o, addirittura, ai canali ufficiali scientifici, e permangono nella cultura popolare a causa del forte impatto emotivo. L'aspetto più drammatico di queste credenze, riguardante anche gli altri settori discussi, consiste nel fatto che esse permangono nella cultura popolare, stagnando anche per anni prima di tornare alla ribalta, anche se viene comprovata e divulgata la loro infondatezza scientifica. L'esempio più concreto e grave che si può addurre riguarda la falsa correlazione tra:

Autismo e vaccini : la correlazione tra i due aspetti è stata affermata per la prima volta in una pubblicazione scientifica nel 1998 dal medico² Andrew Wakefield [35]. Lo studio relativo ha ovviamente creato molto scalpore e le indagini che ne sono seguite hanno mostrato l'infondatezza scientifica dei risultati e la malafede del medico - che aveva ricevuto finanziamenti da parte di un avvocato impegnato in alcune cause contro alcune case farmaceutiche produttrici di vaccini. Nonostante la smentita, il dado era ormai stato tratto e molte persone tutt'ora sono saldamente persuase che esista una correlazione tra autismo e vaccini, al punto da boicottare anche la vaccinazione obbligatoria dei propri figli. Come è ben noto in ambito scientifico, ma non nella cultura popolare, la scelta di non vaccinarsi non ha effetto solo sulle famiglie che la compiono ma sull'intera società, in quanto la vaccinazione di massa ha effetto se almeno il 95% della popolazione la attua. Già accade che alcuni casi ed epidemie di malattie debellate da tempo ritrovino margine di azione, proprio grazie alla presenza di una porzione consistente di persone che non si è sottoposta a vaccinazione [36]. Un esempio che si sarebbe preferito non citare [37] è il caso di difterite che ha colpito e ucciso un bambino di 6 anni in Spagna, figlio di anti-vaccinisti i quali avevano pensato di evitare di vaccinarlo. Si tratta del primo caso spagnolo di difterite da 30 anni a questa parte.

²Radiato dall'albo dei medici dopo la scoperta della pubblicazione fraudolenta dell'articolo in questione.

L'esempio descritto è emblematico sotto molti punti di vista. Innanzitutto poiché è nato in contesto scientifico, ad opera di un medico che rivestiva un ruolo credibile, tipicamente oggetto di stima e fiducia. In secondo luogo poiché mostra come sia difficile sradicare un'idea di grande impatto emotivo una volta che è stata avviata. Si deve quindi agire in anticipo, fornendo alla popolazione concetti e strumenti concreti per difendersi da queste credenze, evitando così di dover "rincorrere" in un secondo tempo la diffusione a macchia d'olio di una notizia scorretta.

Cure mediche: meritano un paragrafo a parte, sono le pratiche o discipline avulse dalle terapie riconosciute dalla comunità scientifica e volte alla cura di patologie riconosciute clinicamente. Ritroviamo in questo contesto pseudo-terapie e pseudo-medicinali entrati così a fondo nella nostra quotidianità da trovare spazio sugli scaffali delle farmacie accanto ai medicinali sviluppati seguendo le rigide procedure e protocolli previsti dagli standard scientifici. Si vogliono presentare, anche in questo contesto, alcuni esempi clamorosi e particolarmente interessanti anche dal punto di vista scientifico-razionale:

Omeopatia : particolarmente celebre è il caso dell'omeopatia, sulle cui mancanze di riscontri sperimentali e assenza di fondatezza scientifica non ci si sofferma ulteriormente, si veda la bibliografia per riferimenti in questo senso [38]. Ci si vorrebbe concentrare su uno degli aspetti estremamente affascinanti di questa pratica dal punto di vista scientifico; essa è un ottimo banco di prova per ogni fisico che voglia riflettere sull'importanza degli ordini di grandezza e delle diluizioni spinte di una soluzione. Esistono in commercio prodotti omeopatici a diluizioni così elevate da non contenere nessuna traccia del principio attivo. Per ribattere a quanto appena scritto, una semplice³ osservazione, i sostenitori dell'omeopatia si sono direzionati verso la trasmissione dei benefici medici attraverso una presunta memoria dell'acqua [39] e lo scambio di informazioni quantistiche⁴ tra le molecole di acqua e le sostanze utilizzate. Ad una persona preparata queste affermazioni suonano ridicole, tuttavia non è così per molte altre. Tuttavia, a fianco delle nozioni che è necessario possedere per smascherare questa bufala, vi sono anche argomentazioni di carattere logico e razionale che dovrebbero portare a riflettere sull'efficacia di questo prodotto. Le "nuove" affermazioni riguardo la memoria dell'acqua schiudono problemi di altra natura: per quanto tempo funzionerebbe questa fantomatica memoria? Poiché in

³Semplice per chi ha qualche base di fisica, in particolare sul numero di Avogadro, e sa fare di conto con le diluizioni. Per un cittadino medio si tratta di un'osservazione che ha quasi dell'impossibile.

⁴Sfruttando nuovamente l'aura misteriosa ma positiva che circonda la meccanica quantistica.

tempi tutto sommati brevi una molecola d'acqua entra in contatto con numerosissime sostanze e non tutte piacevoli... Sarebbe bene che le informazioni trovate in una toilette dell'autogrill rimanessero lì e non venissero trasportate dalle molecole d'acqua in nessun altro posto. La cieca fiducia di molte persone riguardo le pseudo medicine apre, quindi, spaccati di assoluto interesse psicologico non solo per quanto riguarda la cultura scientifica, ma anche per la capacità di utilizzo di pensiero logico/razionale. Il tema omeopatia è, nonostante l'ironia con cui è stato proposto, molto serio, offrendo dibattiti e petizioni per rendere questi pseudo-medicinali rimborsabili dalla mutua statale [40] e, inoltre, in alcuni casi consistente in pseudo-cure che alcuni omeopati ritengono di poter prescrivere anche per malattie molto serie come il cancro.

Stamina : questa pseudo-terapia è salita “agli onori” della ribalta nel biennio 2013/2014 per una serie di vicissitudini, diligentemente riportate da Beatrice Mautino in [41], sulle quali non è scopo di questo testo soffermarsi. Si vuole qui sottolineare uno degli aspetti più peculiari di questo caso che ne ha decretato non solo la fortuna iniziale, ma anche la risonanza mediatica necessaria a creare una confusione tale che per molto tempo non si è saputo discernere il vero dal falso. La (s)fortunata circostanza che ha portato molte famiglie a fidarsi della terapia a base di cellule staminali mesenchimali è strettamente connessa alla scelta dei pazienti: bambini. Dopo l'insuccesso della terapia su alcuni anziani⁵, infatti, la possibilità di somministrare questa terapia a bambini ha permesso ai promotori di Stamina Foundation di ottenere un riscontro fisiologico positivo sui pazienti ed emotivo sui genitori. Poco importa se per natura i bambini sono in costante fase di evoluzione e portati al miglioramento delle loro abilità. Quando le famiglie dei piccoli pazienti hanno osservato delle evoluzioni positive⁶ ne hanno immediatamente attribuito il merito alla terapia. Correlazione questa molto azzardata, in quanto senza una sperimentazione controllata potrebbero esserci mille e più motivi per uno specifico miglioramento. I presunti riscontri positivi della terapia hanno dato vita ad un coro di famiglie disperate che a gran voce richiedevano lo stesso trattamento e che esso venisse riconosciuto in ambito medico. Il desiderio di cura e l'affetto per i propri figli hanno comprensibilmente portato i genitori a chiudere gli occhi e a richiedere un trattamento mai testato.

In questo contesto non si vuole assolutamente criticare chi, nel tentativo di curare i propri cari, ha cercato disperatamente di percorrere tutte le vie

⁵Che stava decretando l'insuccesso della terapia e le numerosissime peripezie legali avviate fin dai primi anni di nascita e operatività.

⁶Sulle quali si potrebbe aprire un acceso dibattito. Ogni genitore che sottopone il proprio figlio a terapie e trattamenti medici costosi ed invasivi vuole vedere dei miglioramenti nel proprio figlio. E può autoconvincersi di vederli.

possibili, è più che comprensibile e giustificato. Tuttavia, si deve tenere presente che la società non può muoversi su basi emotive, ma dovrebbe fornire ai propri cittadini strumenti testati e validati scientificamente di cui si conoscono i possibili benefici e soprattutto i rischi. La buona pratica di definire e proporre solo terapie validate da procedure standardizzate, quali ad esempio il test chiamato ‘trial a doppio cieco random’⁷ [42], nel quale si confronta il campione sottoposto alla terapia con uno sottoposto a semplice placebo, assume il massimo del beneficio solo se viene condivisa dai cittadini stessi, che devono riporre in esse la loro fiducia. Si deve quindi cercare di far comprendere ai cittadini la necessità di usufruire di terapie e cure basate su fatti osservabili e misurabili scientificamente, obiettivo raggiungibile solo attraverso una maggior diffusione del pensiero critico e razionale.

Problematiche connesse alla “res publica”.

La carenza di cultura scientifica mostra effetti anche nella gestione dei beni pubblici. Sono numerosi i casi di interventi fuori luogo da parte di politici⁸ e legislatori su temi scientifici o pseudoscientifici, che incentivano riflessioni approfondite riguardo l’utilizzo dei beni pubblici, siano essi monetari o tempo lavoro del governo/parlamento. In entrambi i casi si tratta di beni sostenuti dai contributi della cittadinanza e, per questo, che devono essere utilizzati per il bene pubblico e gestiti nel modo più appropriato possibile. Prima di volgere lo sguardo al nostro piccolo orto, si vuole citare un esempio d’oltreoceano infelice. In Australia sono stati aperti 19 corsi di laurea - in altrettante università pubbliche - in cui si frequentano lezioni di medicine alternative quali omeopatia, riflessologia, naturopatia e molto altro, discipline tutte in aperta contraddizione con quanto la comunità scientifica ha fin ora osservato. Queste iniziative trovano, fortunatamente, un forte contrasto da parte di esponenti della comunità scientifica - ad esempio l’associazione Friends of Science in Medicine [44] -, ma si tratta comunque di un palese esempio di malgoverno, che ricerca unicamente consenso civico. Se la società richiede questi corsi a gran voce, la politica risponde accontentandola, senza esercitare spirito critico riguardo la richiesta, ma ricercando solo riscontri popolari. Solo una maggiore consapevolezza scientifica della cittadinanza potrebbe risolvere a monte il problema, non richiedendo corsi di laurea fasulli, ma dimostrandosi attenta verso investimenti pubblici per altri di indubbia fondatezza. Nonostante l’eclatante esempio australiano, non è necessario ricercarne altri agli antipodi terrestri. All’ospedale pubblico di Merano è stato aperto recentemente il reparto per il servizio di cure alternative [45], in cui malati cronici ricevono cure non riconosciute nell’ambiente sanitario ufficiale.

⁷Tale test, ad esempio, non è mai stato sorpassato da nessuna cura omeopatica, come riportato dal report [38]

⁸Di particolare ilarità, per un fisico, l’affermazione dell’allora Ministro Gelmini, sul finanziamento pubblico per la costruzione del tunnel tra Ginevra e i laboratori del Gran Sasso [43].

Nuovamente, non si critica il singolo individuo che ricerca un po' di sollievo tramite pratiche non convenzionali, è comprensibile. Tuttavia non è corretto che soldi pubblici vengano investiti in personale e medicine che non hanno mostrato a nessun livello un'efficacia superiore all'effetto placebo. Non si tratta solo di soldi collettivi utilizzati più o meno impropriamente, ma del miglioramento dell'efficienza dell'intera macchina pubblica. Spesso, infatti, il Parlamento italiano viene chiamato in causa per interrogazioni o per legiferare su argomenti di cui non ha competenza o che non hanno nessun motivo di essere. È emblematico, in questo senso, che in Italia ci siano state dal 2003 ad oggi ben 14 interrogazioni parlamentari riguardo il “problema” delle scie chimiche [46], classico argomento complottista molto celebre in internet e assolutamente privo di fondamenta scientifiche. Ogni vana interrogazione, ovviamente, necessita di tempo prezioso che il parlamento potrebbe destinare a problematiche più impellenti.

Demagogismo eccessivo

Un'ultima problematica riscontrabile tutt'ora nella nostra società e connessa ad una scarsa cultura scientifica⁹ riguarda il dilagarsi di idee e concetti demagogici. La facilità di comunicazione di idee e pensieri attraverso smartphone e Social Network sta sempre di più evidenziando la semplicità con cui ogni persona, anche senza motivo alcuno, possa esprimere le proprie idee, senza controllo e raggiungendo centinaia di migliaia di persone. È celebre il recente sfogo dello scrittore Umberto Eco in questo senso [47] “I social network . . . danno diritto di parola a legioni di imbecilli, che prima parlavano solo al bar dopo due o tre bicchieri di rosso, e quindi non danneggiavano la società. . . Sono gente che di solito veniva messa a tacere e adesso ha lo stesso diritto di parola di un premio Nobel”. Il diritto di parola e la diffusione capillare delle comunicazioni creano un fertile substrato per numerosissime notizie false, le cosiddette bufale e per un fenomeno molto più pericoloso, che riguarda il dilagarsi di ideologie e credenze populiste. Queste convinzioni, che per loro natura attirano e sono benviste da persone impreparate e di scarsa cultura, vengono ora ricevute e condivise acriticamente con la propria rete di contatti ad una velocità e con possibilità di diffusione impensabili fino a una decina di anni fa. Le conseguenze di ciò sulla nostra società non devono essere accolte con superficialità e sottostimate. Un'eccessiva diffusione di idee ed opinioni, alcune di esse di natura demagogica, possono dare luogo a numerose problematiche di diversa pericolosità:

- il sovraffollamento dei canali comunicativi con contenuti, riflessioni e soluzioni che impediscono una corretta scrematura di quali siano le

⁹Lo stesso problema può essere interpretato attraverso chiavi di lettura che prendano in esame altre culture, non necessariamente solo quella scientifica. Tuttavia, una maggior cultura scientifica, potrebbe portare beneficio anche in questa problematica e quindi si ritiene sensato trattarla anche sotto questo punto di vista.

idee veramente importanti, [48];

- la condivisione acritica di informazioni, che sta lentamente contagiando anche il mondo del giornalismo¹⁰ e mostra una chiara tendenza di incremento dell'importanza del parlare rispetto ai contenuti proposti;
- demagogismo senza controllo: il fascino delle idee demagogiche, utilizzate da sempre in politica, trae rinnovato beneficio dalla risonanza permessa dai Social Network e si potrebbe dimostrare una leva efficace per l'acquisto di consenso pubblico a fronte di promesse vane e discorsi insensati.

Per poter contrastare l'azione di notizie false e vani profeti, che propongono soluzioni a tutti i mali indirizzando l'attenzione e l'odio della cittadinanza verso problematiche contingenti – l'euro, il “terrone” (ieri) o l'immigrato extracomunitario (oggi) – vi è solo la necessità di mostrare la complessità dei problemi che si affrontano. In questo, la cultura scientifica - e in particolare la fisica - può giocare un ruolo determinante. Ogni fenomeno fisico indagabile, per quanto si possa manifestare in una forma semplice, mostra sempre alle sue spalle un intero mondo che si deve affrontare e risolvere, composto da articolate connessioni causa-effetto e meccanismi retroattivi talvolta imprevedibili. La consapevolezza dell'esistenza dei cosiddetti sistemi complessi è un ottimo cavallo di troia per mostrare ad ogni cittadino quale sia la difficoltà di analisi e risoluzione di tali sistemi. Si dovrebbe riuscire a convincere queste persone che la risoluzione di problemi articolati, come la crisi che stiamo passando in questi anni, non si può raggiungere attraverso soluzioni semplici – usciamo dall'Euro – come alcuni vorrebbero portarci a credere. Ancora una volta la risposta – o parte della risposta – è l'utilizzo del pensiero critico/razionale.

2.1.2 Problemi attuali - per il mondo accademico

La diffusione di una corretta cultura scientifica presso la società potrebbe portare benefici sensibili anche ad alcune problematiche attuali, che si ritrovano nel contesto accademico. Si tratta sia di ottenere benefici diretti – non ostacolando la ricerca svolta costantemente da università e centri di ricerca – sia indiretti – grazie ad un miglioramento dell'efficienza delle risorse umane.

¹⁰Si pensi alla facilità con cui alcune testate giornalistiche hanno riportato la notizia della morte di Manlio Sgalambro, compositore del cantante Franco Battiato, affermando che fosse anche l'autore dei testi di Fra Martino. Tale informazione era stata reperita attraverso Wikipedia, senza analizzare se fosse corretta oppure, come si è rivelato essere, fosse una correzione ad hoc effettuata come scherzo in occasione della morte del compositore [49]. Oppure si pensi alla divulgazione da parte del Corriere della Sera della notizia della realizzazione di una macchina che funziona ad acqua, [50], senza aver indagato se tale informazione fosse corretta o meno.

Ostacoli alla ricerca

Sebbene l'immaginario comune veda la comunità scientifica e i professori universitari come personaggi mitici che vivono in laboratori posti in torri d'avorio distanti mille miglia dal resto della società, questo non corrisponde alla realtà. I ricercatori e i loro laboratori sono in mezzo alle persone, vivono nella società e subiscono forti influenze da parte di essa, più di quanto alcuni scienziati vorrebbero ammettere. Incrementare la cultura di base della cittadinanza potrebbe ridurre alcuni ostacoli o azioni che intervengono a gamba tesa, quali docce fredde, nel contesto di ricerca, vanificando talvolta anni di lavoro. Ecco alcuni celebri esempi che riguardano il nostro “bel paese”:

- *Farmacologia e sperimentazione animale* [51]: il 20 aprile 2013 alcuni animalisti hanno fatto irruzione nel dipartimento di Farmacologia di Milano liberando cavie e distruggendo in poche ore numerosi anni di lavoro. Così commentava la direttrice del dipartimento Francesca Guidobono Cavalchini “I danni sono enormi. Ci hanno fatto buttare via sei o sette anni di lavoro, hanno bruciato migliaia e migliaia di euro...”. Si sarebbe potuto cercare di prevenire questi interventi dolosi attraverso una maggior condivisione di intenti e metodologie con la cittadinanza, che ad oggi ancora ignora quale sia il ruolo della sperimentazione animale in contesto di ricerca e le tecniche adottate e per questo può immaginare atroci e dolorose torture.
- *Biotecnologie e OGM* [52]: una storia tristemente interessante per la sperimentazione Italiana in campo biotecnologico riguarda l'esperienza del professore emerito Silvano Sansavini, che, con il suo gruppo di ricerca, nei primi anni Novanta ha sequenziato il genoma della mela selvatica e ha sviluppato una mela corredata di un gene – proveniente da una mela selvatica, quindi della stessa specie – che le fornisce la resistenza alla ticchiolatura, malattia che infesta spesso le piantagioni di mele. Le piante di queste mele, dette cis-genetiche, furono ottenute nel 2002 grazie ad una collaborazione italo-svizzera e si trattò di un primato mondiale che spostava l'orizzonte degli OGM verso piante cis-genetiche. Tuttavia, a causa della forte stigmatizzazione degli alimenti OGM, in Italia non si ottenne mai il permesso alla sperimentazione all'aperto¹¹, bloccando di fatto il lavoro di eccellenza condotto dal team italiano¹². Nel libro “Contro natura” [52] si riporta parte del dialogo con Tartarini, altro ricercatore del team di Sansavini: “Quando ci chiedono se abbiamo ancora le piante transgeniche abbiamo un po' di paura a rispondere perché ci aspettiamo che entrino qui di notte e

¹¹Questa sperimentazione è stata condotta in Olanda, grazie alla sensibilità di Sansavini che ha reso pubblico il gene resistente alla ticchiolatura evitando il brevetto ed ha confermato le previsioni fatte dal team italiano.

¹²Che aveva investito cospicui fondi pubblici e richiesto tempo.

distruggano tutto”. Affermazioni così rendono ancora più evidente il clima teso che circonda questo settore di ricerca.

Come si è cercato di evidenziare, il mondo della scienza non è immune da azioni sociali concrete e molto forti contro di esso, quali referendum o proteste più o meno violente. Una miglior condivisione di intenti con la cittadinanza e una cultura scientifica più diffusa potrebbero ridurre questi ed altri contrasti. Per quanto riguarda la fisica ad ora non si sono raggiunti contrasti così aspri con la società, sebbene l’energia nucleare sia un settore fortemente stigmatizzato, più per paure irrazionali ed emotive, che per opinioni basate sulla conoscenza e su fatti concreti. Basti pensare, ad esempio, alla terapia NMR - Nuclear Magnetic Resonance – comunemente chiamata risonanza magnetica, omettendo il termine nucleare per evitare di scatenare inutili paure nei pazienti.

Miglioramento dell’efficienza delle risorse umane

Un secondo aspetto concreto che coinvolge il mondo accademico e che potrebbe migliorare qualora la cittadinanza beneficiasse di una cultura scientifica più diffusa, riguarda un miglior utilizzo delle risorse umane ed economiche in possesso dell’università. Tra i vari aspetti critici per le Università, uno è sicuramente la gestione del personale, professori, esercitatori o tutor, per il supporto allo studio dei propri studenti. Secondo i dati ANVUR [53], ad oggi nel settore scientifico ed ingegneristico circa uno studente su tre abbandona gli studi al primo anno. Questo calo dei numeri causa difficoltà a livello organizzativo, in quanto al primo anno si ha a che fare con un numero di studenti molto più alto di quello che realmente avverrà poi negli anni a seguire e, nonostante questa consapevolezza, si deve comunque disporre del numero adeguato di docenti ed esercitatori a cui destinare il corrispettivo economico per istruire persone che, l’anno successivo, non saranno più presenti. Ma non si tratta solo di organizzare le risorse umane: avere un terzo di studenti in più il primo anno significa dotarsi di apparecchiature e spazi adeguati, fornire loro i servizi che completano il corredo di ognuno – possibilità di alloggio, borsa di studio e supporto di tutor – e molto altro. Questo dato di abbandono va interpretato sia in termini dell’alta selezione da parte degli esami proposti al primo anno, sia a causa di un inefficace orientamento scolastico. Esiste una terza chiave di lettura riguardo il problema, che coinvolge la consapevolezza di uno scarso collegamento tra il mondo accademico e il contesto quotidiano di questi studenti. È possibile osservare infatti che alcune matricole che decidono di interrompere al primo anno il proprio studio scientifico, ad esempio, si dedicano ad altri corsi di laurea molto diversi dal ramo scientifico. Non si tratta, quindi, di persone demotivate allo studio, ma di studenti con un’errata percezione della carriera che intendevano intraprendere. Per potersi tutelare maggiormente da queste scelte affrettate, il mondo accademico dovrebbe preoccuparsi di diffondere con maggiore sforzo

ed efficacia la propria cultura e professione presso la cittadinanza.

2.1.3 Possibili miglioramenti - per la società

Bufale, ma non mozzarelle.

Si è già accennato in precedenza a come alcuni pericoli siano insiti all'utilizzo diffuso della comunicazione via Social Network a causa di un mancato controllo dei messaggi inviati e della difficoltà con cui è possibile discernere scrittori autorevoli da ciarlatani o "imbecilli", per usare le parole di Eco citate in precedenza. A fianco dei problemi concreti esposti, esiste anche una dinamica di creazione, diffusione e affidamento ad una serie di informazioni false o bufale, che contribuiscono al folklore popolare che tipicamente popola questi strumenti di comunicazione e internet in generale. Navigando alcuni minuti su Facebook è possibile ritrovare riferimenti alle notizie più disparate:

- Marte che in un momento preciso dell'anno sarà visibile grande quanto la Luna;
- asteroidi che colpiranno la terra in un prossimo futuro e la comunità scientifica decide di non allertare la popolazione;
- ere glaciali che si intravedono sul nostro orizzonte;
- margherite mutanti nei pressi di Fukushima;
- gatti bonsai allevati all'interno di bottiglie e molto altro;

In aiuto dei cittadini, possiamo trovare alcuni siti dedicati allo smascheramento di queste bufale. Di particolare rilevanza sono i siti web "Disinformatico" di Paolo Attivissimo [54], che conta ad oggi 375 indagini, "Medbunker" [55] e "Bufale un tanto al chilo" [56], molto attivi su Facebook. L'analisi di queste false informazioni, che va condotta caso per caso, è faticosa e richiede tempo e grandi abilità per essere smascherate. In questo contesto si potrebbero condurre interessanti riflessioni sulla diffusione capillare che alcune notizie riescono ad avere e si potrebbero dischiudere interessanti osservazioni sulla psicologia umana. Tuttavia esse si discosterebbero molto dall'obiettivo di questa tesi e quindi evitiamo la loro trattazione focalizzando l'analisi sulla seguente domanda.

È da temere la presenza e la diffusione di queste false informazioni che, per lo più, si limitano ad essere condivise senza causare particolari danni ai malcapitati?

Sebbene questi fenomeni non siano particolarmente problematici e si possano ritenere parte del folklore dei Social Network e spunti di dialogo tra gli utenti – in più di un'occasione l'autore è stato interpellato da alcuni suoi contatti per smentire o confermare alcune di queste bufale – vi è da riflettere attentamente circa le prospettive future che si paventano. La credulità popolare, su cui si basano le bufale, trova in queste notizie un terreno fertile in

cui alimentarsi e sul quale porre fondamenta e crescere. Il timore è che esse stimolino e incentivino eccessivamente il pensiero acritico e arazionale delle persone, portandole a credere ad ogni informazione e a condividerle senza esercitare un minimo raziocinio a riguardo. Dove può condurre questo? Nella migliore delle ipotesi ad avere una continua ed innocua condivisione di bufale via Social Network. Tuttavia, il timore è che oggi si tratti di bufale, ma che, alcuni di questi utenti, domani possano riporre la propria fiducia nell'oroscopo, dopodomani coltivare l'orto attraverso preparati biodinamici, il giorno seguente farsi ripulire l'aura energetica da un santone che, per una "modica cifra", è in grado di togliere la sfortuna in amore che li circonda e in un futuro vicino, curarsi tumori utilizzando flebo di bicarbonato di sodio [57] o clisteri di caffè [58]. Sebbene volutamente iperbolico, questo scenario non è utopico e si deve contingentare sul nascere. La sola possibilità per risolverlo è fornire alla cittadinanza le capacità di pensiero razionale e critico (proprie di molte culture, tra cui la scienza) e tutti i mezzi opportuni necessari (quali ad esempio "disinformatico", "butac" ecc.). In aggiunta alle precedenti osservazioni vi sono due ulteriori aspetti da sottolineare. Le false notizie riempiono a tal punto i Social Network, da satollarli di informazioni, oscurando quello che potrebbe invece richiedere – e meritare – più attenzione. In secondo luogo, ma non per importanza, queste bufale imbruttiscono parecchio la Cultura, qualsiasi essa sia. Pensare che Marte possa essere visibile per una sera e solo per una, ad una grandezza comparabile con quella della luna, è qualcosa che fa inorridire nell'ordine Galileo, Copernico, Newton e tutti i fisici e astronomi che da loro discendono¹³.

Partecipazione attiva alla vita politica.

La partecipazione attiva della popolazione nella vita della cosa pubblica avviene attraverso il voto e l'utilizzo del referendum, strumenti che già in passato hanno coinvolto in numerose occasioni gli italiani riguardo temi delicati di ambito scientifico: si pensi al doppio referendum sul nucleare (1987 e 2011) oppure a quello sulla fecondazione assistita e sulla ricerca clinica e sperimentale sugli embrioni (2005) [59]. Osservando il futuro, si ritiene probabile che questi non saranno gli unici casi in cui i cittadini sono stati chiamati in causa per scelte collettive, anzi. Il mondo che si prospetta, composto da una realtà di comunicazione continua e condivisa in cui è possibile coinvolgere velocemente un numero elevato di persone per la raccolta di opinioni, bene si presta a questa dinamica referendaria. Non è impossibile che in un futuro non troppo remoto le opinioni dei cittadini possano partecipare molto più attivamente alla scelta comune di leggi e scelte civiche. Già ad ora il Movimento 5 Stelle sta coinvolgendo intensamente le persone attive, attraverso

¹³Tuttavia è da osservare che da queste credenze può emergere un po' di positività: esse sono un ottimo mezzo attraverso cui osservare e analizzare misconcezioni, lacune culturali, nozionistiche e di pensiero, su cui poi basare interventi didattici ed educativi.

votazioni e sondaggi riguardo le scelte da intraprendere, che possono essere in seguito implementate dai loro rappresentanti in parlamento. Sebbene di lodevoli intenti, questo meccanismo rende tutta l'istituzione passibile di decisioni e votazioni da parte di persone impreparate o che si fidano del consiglio del fratello, dell'amico o del parroco. Vi è quindi da intensificare gli sforzi, anche in campo scientifico, per contribuire all'aumento della cultura della nostra società. Esistono, infatti, in campo fisico/scientifico numerose tematiche di interesse globale sulle quali potremmo essere chiamati a prendere decisioni: scelte in ambito energetico per l'approvvigionamento e la produzione di energia elettrica o riguardanti l'inquinamento e i cambiamenti climatici e molte altre. La democrazia è il potere nelle mani del popolo e internet la può avverare con una concretezza senza precedenti. Il limite che potremmo incontrare riguarda la cultura della società. Perché una democrazia globale funzioni, infatti, si deve preparare una cittadinanza consapevole, informata e critica e la cultura scientifica deve essere una delle chiavi di lettura del mondo in suo possesso.

Motivazioni culturali. Perché, in fondo, basterebbe questo.

Spesso, precauzione che anche l'autore di questa tesi, controvoglia, ha dovuto prendere per poter essere compreso con certezza, ci si riferisce a quella parte di cultura che comprende la fisica, la matematica e tutte le scienze in genere utilizzando l'aggettivo "scientifica". Si aggiunge quest'ultimo aggettivo come se esistessero la Cultura – quella con la C maiuscola - e qualcosa di diverso, un'opzione aggiuntiva che è la cultura scientifica. Tale dinamica è resa palese anche dalla differente importanza che si percepisce, soprattutto in Italia, riguardo le nozioni e i contenuti scientifici rispetto a quelli umanistici. Molti cittadini o cittadine, di varie età, sanno che Alessandro Manzoni ha scritto i Promessi Sposi, Giovanni Verga i Malavoglia, che Michelangelo Buonarroti ha scolpito il David e Leonardo da Vinci, invece, ha dipinto la Gioconda ed è più che positivo che esista una base culturale molto forte in ambito umanistico. Tuttavia, quegli stessi cittadini possono permettersi di ignorare il contributo di Galileo Galilei, possono trascurare quali siano le conquiste scientifiche di James Clerk Maxwell ed è socialmente accettato che non ci si ricordi nemmeno l'ordine di grandezza del numero di Avogadro. Come se la cultura avesse quella base necessaria a tutti, quella umanista, e un corollario, una protesi, uno scalino aggiuntivo che solo chi vuole può salire: la cultura scientifica. Tuttavia, riprendendo la terzina dantesca che ritroviamo nel canto ventiseiesimo de L'inferno nella Divina Commedia

*“Considerate la vostra semenza:
fatti non foste a viver come bruti,
ma per seguir virtute e canoscenza”*

dobiamo ricordare che la “canoscenza” a cui siamo portati non ha confini e limiti, non ha scalini a cui è lecito - e accettato - fermarsi, escludendo interi panorami¹⁴ Non si pretende che ogni cittadino diventi uno scienziato, tanto quanto non si pretende che diventi un critico d’arte, ma che ognuno sappia orientarsi in ogni conoscenza attraverso 4 o 5 pietre miliari si. Dopotutto la scienza è l’unico settore della cultura che ci offre spiegazioni concrete e coerenti riguardo il funzionamento del nostro pianeta e del nostro universo. L’Ulisse che cresce in ognuno di noi e vuole aprire gli occhi alla scoperta del mondo che lo circonda, non può esimersi da sbirciare nel mondo scientifico e portare sulla propria barca una parte di questa cultura.

2.1.4 Possibili miglioramenti - per il mondo accademico.

Maggior disponibilità economica.

Una maggior condivisione della ricerca condotta nei centri scientifici può portare benefici non solo alla cittadinanza, ma anche ai ricercatori stessi. La diffusione delle tecniche utilizzate, degli obiettivi prefissati attraverso eventi quale la Notte dei Ricercatori, che hanno dimostrato un grande interesse da parte dei cittadini, è un passaggio fondamentale per la creazione di un substrato culturale di condivisione di intenti con la società, che permette al mondo della ricerca di operare in un ambito favorevole. Non ci si vuole in questo senso riferire solo ad un positivo contesto psicologico in cui lo scienziato trova conforto e sostegno dalla cittadinanza, sentendosi compreso e ritenuto di valore per la società. La possibilità di essere compresi permette alla società di partecipare attivamente all’indagine scientifica, attivando canali privati per il finanziamento di settori di ricerca – attraverso eventi volti alla raccolta fondi o, ad esempio, attraverso l’utilizzo dello strumento 5 per mille - oppure richiedendo al legislatore una spesa dei soldi pubblici più attenta nel finanziamento della ricerca. Sono numerosi gli eventi volti alla raccolta di fondi privati, spesso dedicati all’ambito medico. Il più noto di essi è sicuramente la raccolta fondi Telethon [61], che vanta il finanziamento di 2200 progetti di ricerca e 1400 ricercatori, numeri molto importanti. Esistono ulteriori esempi a riguardo, celebri azioni in settori di ricerca scientifico/tecnologici per i quali sono stati compiuti grandi sforzi nella ricerca di un consenso civico fondamentale per creare premesse popolari adatte a investimenti pubblici a riguardo. L’esempio migliore che è possibile citare riguarda la collaborazione tra la casa cinematografica Disney e Werner von Braun [62], allora alle dipendenze della NASA, per la produzione di articoli per giornali, immagini e video che potessero mostrare le future conquiste spaziali e instillare nel cuore degli americani il sogno e il desiderio di vedere l’uomo espugnare lo spazio.

¹⁴Si suggerisce il nuovo libro di Edoardo Boncinelli [60] per alcune riflessioni a riguardo.

Possibilità di ricevere studenti più motivati, meritevoli e preparati.

Una miglior diffusione della cultura scientifica presso la cittadinanza potrebbe permettere al mondo accademico di accogliere nei suoi banchi studenti più motivati, più preparati, che potrebbero permettere un ulteriore salto di qualità. Tuttavia l'abbandono ai primi anni, la difficoltà nell'apprendere le lingue e la presenza di alcune classiche misconcezioni, che attraversano senza problemi tutti i gradi scolastici fino a scontrarsi con la realtà universitaria (creando non pochi imbarazzi) sono piccoli ostacoli che il mondo accademico deve fronteggiare anziché dedicarsi ad esplorare nuovi orizzonti didattici.

2.2 La fisica risolverà tutto?

Analizzate le motivazioni che spingono a una miglior padronanza della cultura scientifica da parte della società, è da sottolineare un aspetto importante riguardante le possibili soluzioni che verranno proposte nel proseguo di questo scritto. Come è stato anticipato, alcune delle motivazioni presentate non coinvolgono direttamente la fisica. Potrebbe quindi sorgere spontanea la domanda:

perché presentare problemi di settori distanti dalla fisica, che attraverso progetti educativi in questa disciplina non si possono risolvere?

È opinione dell'autore che la domanda sia mal posta. Sebbene per molti settori scientifici specialistici la stessa affermazione potrebbe essere valida, la fisica appartiene alla categoria di "scienze fisiche di base" e come tale fornisce strumenti concettuali e concreti che possono - e devono - essere applicati nei più disparati settori culturali e della vita quotidiana. La natura stessa della fisica, disciplina che fin dai suoi albori si è prodigata nella definizione delle unità di misura, nella progettazione di procedure e protocolli standard per la sperimentazione e nella strutturazione del metodo scientifico, è multidisciplinare. Attraverso lo studio della fisica si acquisiscono competenze e abilità che risultano essere di grande efficacia nella risoluzione di problemi derivanti anche da settori solo apparentemente molto distanti. Un celebre esempio a riguardo è il fondamentale apporto dato da Richard Feynman nella scoperta della dinamica che ha portato al disastro dello shuttle Challenger nel 1986 [63]. Sebbene il fatto fosse ritenuto un'indagine di pertinenza di ingegneri e tecnici, fu un fisico, per altro teorico, ad avere l'intuizione corretta su quale potesse essere la dinamica che condusse all'esplosione dopo 73 secondi di volo. I metodi di approccio all'esperimento, l'abitudine alla misura e agli ordini di grandezza, la creatività e il pensiero critico-razionale che vengono esercitati nello studio della fisica sono strumenti che, come in questo caso, possono rendersi adatti all'analisi di fenomeni appartenenti a contesti molto distanti dalle nozioni disciplinari. Per questo, si ritiene che

una migliore diffusione della cultura scientifica possa giovare anche in settori apparentemente scollegati e distanti.

2.3 Il mondo accademico e la ricerca in didattica.

Sebbene in molti contesti il ruolo della comunicazione sia riconosciuto di fondamentale importanza - si pensi alla pubblicità o alla politica -, in ambito accademico le attività di divulgazione scientifica sono spesso trattate con grande freddezza, denigrate e talvolta addirittura ostacolate¹⁵.

Infatti in ambito accademico la principale difficoltà per la ricerca e la produzione di progetti didattico/divulgativi a stampo scientifico non è l'assenza di idee o interesse da parte della cittadinanza, ma l'atteggiamento di alcuni colleghi che non condividono la necessità di tali azioni. Essi vedono la ricerca nel settore come uno spreco di risorse destinabili ad altri laboratori, declassando la ricerca in didattica alla serie B, non condividendone intenti ed effetti. Per questo, la diffusione corretta ed efficace di contenuti scientifici sia verso la cittadinanza che verso gli studenti viene lasciata alla buona volontà del singolo.

In questo paragrafo si descrive brevemente quali siano le principali prese di posizione riscontrabili in ambito accademico da professori e ricercatori nei confronti della ricerca in didattica e comunicazione delle scienze.

Esistono varie filosofie di approccio alla diffusione della cultura scientifica da parte di ricercatori e professori universitari. Ovviamente una buona parte di essi, pur non lavorando in questo settore, è positiva riguardo la diffusione della cultura scientifica e sensibile ai problemi precedentemente descritti. Tuttavia ci si vorrebbe, in questa sede, soffermare sulle tipiche affermazioni denigranti e sulle prese di posizione contrarie da parte di alcune figure in ambito accademico.

‘È solo una distrazione.’

Molti ricercatori e professori vedono l'università quale centro di ricerca che deve perseguire lo scopo di alta formazione dei propri studenti - anche se per alcuni professori anche la didattica universitaria sembra una distrazione dal loro vero lavoro - e l'attività di ricerca. Essi scordano sistematicamente la cosiddetta "terza missione culturale e sociale" dell'università, sebbene recentemente (15 marzo 2015) siano stati pubblicati da ANVUR - Agenzia Nazionale di Valutazione del Sistema Universitario e della Ricerca - i criteri per la valutazione delle attività di "terza missione" delle Università italiane [64].

¹⁵Ovviamente non si tratta di una condizione universalmente vera, si pensi all'importanza data dalla NASA alla comunicazione dei propri risultati. Tuttavia nel panorama delle università pubbliche italiane è una condizione spesso comune.

‘Tutti sono capaci, basta saper sorridere e parlare bene.’

Un'altra classica immagine dell'attività di comunicazione e diffusione della cultura scientifica che aleggia in ambito accademico da parte di alcuni esponenti della comunità scientifica è la considerazione di essa quale attività banale e di facile attuazione. Molti docenti, infatti, ritengono che non siano necessari una preparazione specifica o particolari abilità nel riuscire a trasmettere con chiarezza, correttezza e completezza contenuti di elevato spessore scientifico a persone che non hanno una specifica formazione a riguardo. Secondo queste figure, infatti, per poter spiegare efficacemente ad un pubblico qualsiasi argomento, quello che occorre è “studiare un po' di materiale e poi saper sorridere e rispondere alle domande”. Non è necessario dedicare ulteriore tempo a questa filosofia di pensiero. Il fiorire di corsi di laurea e master di alta formazione [65] interamente dedicati alla comunicazione e diffusione della cultura scientifica dimostra chiaramente il livello di preparazione che si rende necessario in aggiunta alla mera conoscenza nozionistica della disciplina.

‘È una perdita di tempo con ritorno non certo.’

Un'altra parte della comunità accademica non riesce a percepire concretamente il ritorno ottenibile dall'investimento in questo settore e per questo non ritiene efficace che parte dei fondi destinati alla ricerca universitaria siano destinati a queste attività reputate infruttuose. Vi sono varie risposte per queste affermazioni. La prima, più banale, è che non è possibile valutare il ritorno di nessuna attività di ricerca, per la quale talvolta si può osservare un clamoroso buco nell'acqua. Perché allora trattare in modo diverso la didattica, esigendo ritorni immediati e misurabili? Si vuole però, in questa sede, elevarci rispetto a queste affermazioni e ribattere ad esse quantitativamente. Infatti, sebbene sia difficile valutare la maggior parte dei risultati dell'attività di divulgazione, alcuni progetti conducono a risultati tangibili e di chiaro interesse per tutta la comunità scientifica. Un parametro misurabile legato all'efficacia di alcune attività formative è il rinnovato aumento di iscrizioni nei corsi scientifici di base - Matematica, Fisica e Chimica - che nei primi anni duemila aveva registrato un drastico calo [66]. Dal 1985 al 2001, infatti, in ambito scientifico si è vissuta una contrazione nelle iscrizioni in media del 45%. Il drammatico fenomeno ha spinto il ministero a destinare fondi alle università per la progettazione e attivazione di percorsi di formazione e orientamento scientifico¹⁶ [67] presso scuole secondarie di Secondo Grado. Dopo 10 anni di attività, questi progetti hanno mostrato buoni frutti, come riportato in [68], con un rinnovato interesse nelle discipline scientifiche di base da parte degli studenti, riportando le iscrizioni nazionali ai livelli dei primi anni novanta. C'è ancora strada da fare, ovviamente, ma l'efficacia di questi interventi è prova misurabile. Altre osservazioni concrete sono l'au-

¹⁶Chiamati Piano Nazionale Lauree Scientifiche, PNLIS.

mento dell'alfabetizzazione scientifica riportata da OBSERVA [69] oppure il declino delle credenze paranormali degli ultimi anni. Se, infatti, poche decine di anni fa era possibile trovare numerose persone, sia in ambito nazionale che internazionale, che millantavano poteri sovranaturali, da alcuni anni a questa parte il panorama è modificato radicalmente. Grazie alle attività di sensibilizzazione e alla conseguente miglior cultura, il numero di questi sedicenti maghi è drasticamente ridotto al punto da costringere CICAP – allora Comitato Italiano per il Controllo delle Affermazioni sul Paranormale – a modificare il proprio nome sostituendo a Paranormale la parola Pseudoscienze [70]. Il lavoro come si è visto non è terminato e se molto è stato fatto per debellare credenze paranormali, c'è ancora molto su cui lavorare in campo pseudoscientifico.

‘So tutto e sono così bravo nella fisica che so anche spiegarla facilmente.’

Alcune persone ritengono che la formazione nozionistica e un'adeguata e approfondita conoscenza dei contenuti disciplinari siano sufficienti per spiegare correttamente a chiunque qualsiasi contenuto. Non ci si dilunga molto a sottolineare l'insensatezza di questo pensiero, ma si vuole in questa circostanza sottolineare l'esistenza di questa filosofia di pensiero che è tra le più complicate da sradicare. È possibile evidenziare le ragioni che motivano la divulgazione scientifica a chi non ne capisce le ragioni d'essere, è possibile mostrare i benefici della diffusione della cultura scientifica a chi non sa vederli, ma far comprendere a chi pensa di saper fare tutto che siano necessari specifica preparazione e profonde riflessioni per spiegare con correttezza e semplicità un argomento complesso è drammaticamente difficile. Il binomio “so quindi so spiegare” è una tra le cause di disaffezione in campo educativo: ognuno nella sua carriera ha sicuramente sperimentato i danni causati da un insegnante certamente colto ma altrettanto inadatto all'insegnamento. Tuttavia, lo stesso docente si può ritenere auto-titolato all'insegnamento proprio per via della vasta cultura che possiede e può credere di meritare rispetto e ascolto scordando che la comunicazione si basa non solo sul mittente ma anche sugli altri pilastri discussi nel capitolo precedente.

‘È troppo complicato, impossibile spiegare a zoticoni ai quali non interessa nulla.’

Un'ulteriore filosofia di pensiero riguarda la convinzione che sia impossibile spiegare a persone non formate i progressi della ricerca e della scienza in quanto troppo complessi. La difficoltà di quest'operazione è ovviamente indubbia, ma talvolta questa convinzione nasce da una mal interpretazione dello scopo dell'attività divulgativa. Non si vuole diffondere la cultura per spiegare ogni dettaglio alla cittadinanza e magari formare nuovi professionisti, ma fornire loro suggestioni e quante più informazioni corrette sia possibile, per poter condividere gli scopi e le possibili conseguenze dell'attivi-

tà di ricerca che si sta sviluppando. Questa misinterpretazione degli obiettivi delle attività divulgative si rende spesso palese in seminari in cui i relatori si concentrano su come essi stiano sviluppando la loro linea di ricerca – ricca di dettagli complessi –, tralasciando quasi completamente la descrizione del contesto in cui operano e degli obiettivi più elevati a cui si vuole giungere. Sono quest’ultimi gli aspetti che, in un seminario divulgativo, hanno maggiore importanza e appeal sul pubblico: se gli ascoltatori volessero sapere i più intimi dettagli di una determinata ricerca, ne prenderebbero parte prima.

‘Non è il mio settore e quindi non mi interessa, io continuo a vangare il mio orticello.’

L’ultima categoria che si vuole presentare riguarda quella serie di persone operante nel mondo della ricerca ritenendo che la divulgazione presso i cittadini dei loro risultati non sia “affar suo”. Queste persone non mettono apertamente i bastoni tra le ruote a chi lavora nel mondo della ricerca in didattica e comunicazione delle scienze, ma, al tempo stesso, non fanno nulla per impedire il degrado della cultura scientifica della società in cui vivono e non sentono, quali scienziati, la necessità di diffondere il proprio lavoro presso il prossimo. Si spera che l’elenco di motivazioni esposto in precedenza possa essere uno stimolo per profonde riflessioni da parte di un’eventuale lettore appartenente a questa filosofia di pensiero.

2.3.1 Influenze dal mondo accademico alla società.

Sono stati descritti alcuni approcci della comunità scientifica accademica alla divulgazione scientifica. Si è osservato come spesso alcuni accademici snobbino il contatto con la cittadinanza come se quello che accade nel mondo della ricerca sia scollegato da quanto succede nel mondo quotidiano. Eppure già nei precedenti paragrafi è stato osservato come non sia così: la società ha pesanti influenze sul mondo accademico e tutti gli scienziati dovrebbero interessarsi di cosa i cittadini pensino del loro lavoro. Tuttavia questa funzione di interazione tra ricerca e società è biunivoca. Esiste, infatti, una fortissima influenza da parte della comunità scientifica nei confronti della società, un passaggio involontario di contenuti, avulso dalle attività di divulgazione scientifica, che trasmette prospettive di speranza, miti e talvolta anche bufale. Sebbene spesso sia ritenuto perfetto e privo di errori, il mondo scientifico rimane un’attività umana e come tale passibile di errori, inganni e vere e proprie truffe. Senza la pretesa di creare un elenco esaustivo e completo, si vogliono di seguito elencare alcuni esempi celebri di influssi scorretti ricevuti dalla società ad opera di esponenti della comunità scientifica, che hanno dato luogo a pratiche pseudo-scientifiche e famose misconcezioni:

- I neutrini viaggiano a velocità maggiore della luce, *Antonino Zichichi, fisico italiano;*

- La fusione fredda, *Martin Fleishmann elettrochimico ceco e Stanley Pons, chimico statunitense;*
- L'HIV è un virus innocuo e l'AIDS non ha natura virale, *Peter Duesberg, docente statunitense di citologia e biologia molecolare;*
- Nascita e definizione dell'omeopatia, *Samuel Hahnemann, medico tedesco;*
- La memoria dell'acqua, *Jacques Benveniste, immunologo francese;*
- La cura dei tumori attraverso dieta vegetariana e clisteri di caffè, *Max Gerson, medico tedesco,*
- La cura dei tumori con il metodo Di Bella, *Luigi di Bella, medico Italiano;*
- Il cancro è un fungo e si può curare attraverso bicarbonato di Sodio, *Tullio Simoncini, medico italiano;*
- Esistenza della correlazione tra vaccini e autismo, *Andrew Wakefield, ex-medico e chirurgo britannico;*
- I nodi radianti e le geopatologie, *Ernst Hartmann, medico tedesco;*

Si rende quindi evidente come alcune teorie nate in contesto scientifico siano state prese ed inserite nel contesto sociale indipendentemente dal controllo della comunità scientifica, dando i natali a misconcezioni popolari e terapie pseudoscientifiche che ora è quasi impossibile rimuovere. Per questo si ritiene strategico un maggior e miglior impegno da parte della comunità accademica che rinforzi non solo il sistema di controllo interno – che ha dato comunque prova di numerose lacune, la più celebre è lo scandalo di Hendrick Schoen [71], dettagliatamente descritto da S. Ossicini in [72] – ma anche il sistema di divulgazione dei risultati presso la società.

2.4 Riassunto conclusivo

Le motivazioni che richiedono un maggior impegno nella diffusione della cultura scientifica si possono riassumere in:

- miglioramento la capacità del cittadino di difendersi da pseudoscienze e truffatori;
- incremento dell'efficienza di utilizzo dei contributi pubblici e del tempo di lavoro dei legislatori per azioni di indubbio interesse collettivo;
- riduzione della diffusione acritica di informazioni e idee non supportate da nessun fondamento culturale;

- condivisione di intenti e metodologia della ricerca scientifica con la cittadinanza per evitare azioni di intralcio e sabotaggio;
- aumento dei fondi a disposizione della ricerca attraverso una maggior sensibilità verso di essa da parte della classe politica e della cittadinanza;

In questo settore l'educazione al metodo sperimentale e di indagine proprio della disciplina fisica può giocare un ruolo molto importante. La natura multidisciplinare della fisica, infatti, ben si presta a formare una cultura di base per la cittadinanza che possa essere applicata ai più disparati settori scientifici e non solo. Questa possibilità non può prescindere da una maggior consapevolezza del mondo accademico della necessità di un loro diretto coinvolgimento nel processo di divulgazione della disciplina. Il contatto diretto tra ricercatori e cittadini potrebbe creare una connessione professionale ed umana capace di risollevarlo il classico pregiudizio sulla scienza di materia fredda, asettica e senza creatività.

Capitolo 3

Analisi del panorama

In questo capitolo si individuano e discutono gli enti e le strutture principali che operano nell'ambito della diffusione della cultura scientifica. Tale settore è molto ampio e variegato, nel quale coesistono istituti scolastici, istituzioni museali, fiere e festival. L'analisi che segue è condotta sulla base delle missioni, degli studi e delle indagini svolte nel corso del dottorato dall'autore di questa tesi. Tuttavia è necessario sottolineare che le riflessioni sono fondate anche sull'esperienza personale e professionale del candidato, che ha svolto il ruolo di operatore museale per due anni presso il Museo dell'Aeronautica Gianni Caproni, e per questo alcune di esse hanno intrinsecamente natura soggettiva. Per questo motivo si richiede al lettore di interpretare le analisi esposte come osservazioni soggettive dell'autore e non quali verità "scientifiche" misurabili o insindacabili. Si tratta di affermazioni che sfruttano questo elaborato quale occasione – talvolta provocazione – per incentivare discussioni e dibattiti a riguardo.

Questo capitolo, infine, è la prima occasione di questo scritto per introdursi nel contesto dell'energetica: per alcuni degli elementi analizzati sono proposte sia osservazioni di carattere generale sia riflessioni specifiche che lo riguardano.

3.1 Istituzione scolastica

Il primo pilastro della diffusione della cultura scientifica è certamente la scuola, ente preposto alla formazione della cultura di base della società. Un'indagine esaustiva volta ad analizzare il ruolo dell'istituzione scolastica è un lavoro complesso, che richiederebbe un'indagine al di fuori degli scopi di questa tesi. In questa sede si preferisce quindi concentrare alcune osservazioni riguardo il tipico approccio didattico alla fisica e presentare un'indagine svolta durante il dottorato, finalizzata alla comprensione dell'utilizzo del laboratorio didattico di fisica.

Nel primo capitolo è già stata affrontata la discussione riguardo alcuni pre-

gi e alcune criticità che la didattica formale scolastica presenta in contesto scientifico. All'analisi precedentemente esposta, si portano all'attenzione del lettore anche alcune osservazioni di carattere curriculare e organizzativo riscontrate in ambito didattico.

In ogni istituto scolastico, sia esso liceo, istituto tecnico o professionale, il percorso che si segue nell'incontro con la fisica è sempre il medesimo:

- introduzione del concetto di unità di misura e incertezza;
- cinematica;
- dinamica ed equilibrio del punto;
- le forze, il lavoro e l'energia;
- dinamica di corpi rigidi, momento di una forza e macchine semplici;
- fluidostatica e principio di Bernoulli;
- calorimetria e termodinamica;
- ottica;
- elettrostatica e magnetismo;
- fisica moderna (solo di recente introduzione).

I docenti hanno discrete libertà di manovra e possono alterare questo percorso. È a loro discrezione, ad esempio, cambiare l'ordine con cui affrontare gli argomenti, aggiungere percorsi paralleli o ulteriori inserti didattici che permettano di approfondire un determinato tema. Questa libertà permetterebbe di formulare un incontro con la disciplina fisica di volta in volta personalizzato in base agli studenti. Nonostante questo, accade talvolta che un misto di tradizione didattica ed inerzia del sistema determina la stasi della disciplina. Molti studenti che si avvicinano allo studio della fisica, indipendentemente dai loro interessi e personalità, incontrano gli stessi argomenti, nello stesso ordine. La trattazione della fisica, talvolta, non varia nemmeno tra istituti differenti, che conducono i propri studenti a professioni diverse. Ciò che cambia, tra questi istituti, è la tempistica in cui essi affrontano la disciplina fisica e il conseguente grado di approfondimento: l'offerta formativa di un liceo scientifico include questa materia in tutti e cinque gli anni di scuola mentre tipicamente in un istituto tecnico la si trova solo nei primi due.

Sorge, tuttavia, una domanda: *se uno studente ha scelto un percorso di formativo che lo porti a diventare un cuoco, un grafico pubblicitario o un falegname, che senso ha introdurre gli stessi concetti con lo stesso ordine, rispetto a coloro che hanno scelto una formazione più scientifica?* Si ritiene che potrebbe essere più interessante avvicinare i ragazzi al mondo della fisica

attraverso argomenti e concetti propri di questa disciplina, ma caratterizzati in base alla formazione scelta dallo studente: con un alunno di un istituto alberghiero si potrebbe/dovrebbe discutere del ruolo della viscosità nei fluidi e di come si possa misurare questo parametro¹, con uno studente di un istituto grafico si potrebbero approfondire i ruoli dell'occhio e della luce per la visione e introdurre alcuni approfondimenti riguardo la polarizzazione di quest'ultima mentre, per un futuro falegname, potrebbe essere di maggior interesse la trattazione della statica e della meccanica applicata su una struttura da lui costruita e, possibilmente, grazie alle sue abilità manuali, lo si dovrebbe coinvolgere nella progettazione e realizzazione di strumenti di misura.

La fisica è un argomento tanto vasto, che si ritiene impossibile una trattazione esaustiva, in un contesto di scuola secondaria di secondo grado. Per questo il docente è necessariamente obbligato a scegliere alcuni argomenti da trattare. Perché, quindi, non trattare quegli argomenti più vicini alla sensibilità dei propri studenti e che potrebbero catturare maggiormente la loro curiosità e il loro interesse?

L'obiezione comune che viene rivolta in merito a questa provocazione riguarda il ruolo della fisica nel creare la cultura di base, quella conoscenza propria di ogni cittadino. Come è già stato sottolineato, però, non interessare gli studenti e non incuriosirli, non permette di instaurare il rapporto che avvia la comunicazione didattica e, quindi, equivale a non insegnare loro nulla. Anzi, questo stimola la forte repulsione verso la fisica che si riscontra in un elevato numero di studenti di scuola secondaria di secondo grado. Inoltre, contestualizzare ciò che si propone attraverso lo studio della fisica non sminuisce la vocazione di questa disciplina quale scienza di base, anzi, permette di comprendere concretamente quali possano essere i risultati del proprio studio in una materia che, apparentemente, sembra essere troppo generica e quindi astratta.

È inoltre da discutere un'ulteriore osservazione riguardo i materiali didattici tipicamente a disposizione di uno studente: i libri di testo in utilizzo sono strumenti sia per il supporto alla comprensione teorica sia, e talvolta soprattutto, per il reperimento di esercizi e problemi con cui si possono mettere alla prova le proprie capacità. Molto spesso i libri di testo non propongono solamente un percorso teorico distante dal quotidiano e spesso molto astratto, ma anche gli esercizi subiscono la stessa sorte. Un esempio su tutti: la meccanica. Salvo alcuni studenti con esperienza di navigazione su barche a vela, quanti ragazzi di 15-19 anni hanno mai avuto esperienza di un paranco? Quanti hanno mai avuto bisogno di utilizzare una carrucola mobile? Eppure queste macchine semplici sono introdotte in innumerevoli esercizi di meccanica come se fossero strumenti comuni, di indispensabile utilizzo e noti

¹La viscosità è, addirittura, comunemente trascurato in fluidodinamica, assumendo di trattare solo fluidi ideali non viscosi

a tutti i lettori.

Similmente, quale studente ha mai avuto bisogno di sollevare un masso da un piano inclinato o, in funzione del coefficiente di attrito del piano, ha dovuto decidere quanto inclinare un asse per caricare un barile su un ponte di una nave? Certo si tratta di domande provocatorie e non si vuole affermare che la comprensione di questi fenomeni non sia tutt'ora di interesse, tuttavia tutti i classici esercizi di meccanica introdotti attraverso carrucole, piani inclinati e leve avevano un enorme significato ed interesse in un'epoca ottocentesca, quando queste erano le tecnologie a disposizione. Da allora, però, la tecnologia ha fatto grandi passi in avanti, al punto che nessuno ora ha che fare con questi strumenti.

O meglio, tali strumenti sono stati inglobati in macchinari più evoluti, come il paranco a motore, che però nascondono all'utente la strumentazione su cui si fondano. Accade quindi che uno studente medio possa non aver problemi di abilità matematica nel risolvere un esercizio sull'equilibrio di momenti applicati al paranco ma presenti una grossa difficoltà nel sapere cosa sia questo strumento e, quindi, a capire cosa sia l'esercizio in sé. È quindi necessario un ammodernamento degli argomenti nella fisica tradizionale anche dal punto di vista degli esercizi, proponendo problemi e quesiti che siano più vicini alla sensibilità degli studenti.

Con questo non si vuol dire che si debbano evitare argomenti e tecniche fondamentali almeno per la storia della tecnologia, quali carrucole, paranchi e piani inclinati. Quello che si sostiene è che inizialmente si potrebbero introdurre esercizi di maggior attualità ed interesse per gli studenti, per incentivare la voglia di studiare l'argomento. In un secondo tempo, una volta introdotti i ragazzi nel contesto di studio, avvicinarli anche alla conoscenza di strumenti storicamente importanti ma, ahimè, ormai desueti.

Entrambi i punti precedenti, riguardanti l'approccio teorico e gli esercizi proposti quali aiuto alla comprensione dell'utilizzo della fisica, richiedono a gran voce una maggiore contestualizzazione dell'offerta formativa presentata. Gli argomenti presentati rimangono troppo distanti dalla realtà quotidiana in cui vivono gli studenti e questo distacco è una delle concause dell'allontanamento dei cittadini dal pensiero critico/razionale. Infatti, dato che in ambito didattico non si ricercano connessioni con il mondo esterno, gli studenti risultano conseguentemente incapaci di utilizzare gli strumenti scientifici a cui sono educati – siano essi intellettuali o concreti – per interpretare ciò che sta loro attorno.

L'incapacità di utilizzare all'interno di un ambito quotidiano extrascolastico quanto appreso nel contesto didattico è una problematica seria, a cui conseguono criticità di notevole interesse. Alcuni esempi di esse possono essere la cieca fiducia o la credulità popolare che spingono persone, anche di elevata cultura, ad affidarsi a culture e filosofie pseudoscientifiche quali l'omeopatia o la biodinamica, basate su credenze in aperto contrasto con i contenuti della cultura scientifica. Opinione dell'autore è che, se alcune di queste persone

che si affidano alle filosofie citate fossero interrogate in contesti idonei, simil-scolastici, in cui mettere in pratica quanto appreso attraverso la formazione scientifica, comprenderebbero subito il nonsenso di quanto gli viene offerto. Tuttavia, esternamente al contesto scolastico o lavorativo si spengono determinate abilità; non si trasferisce la propria competenza al di fuori degli ambienti professionali/di studio e si tende a fidarsi, senza mettere in campo il senso critico razionale allenato durante la propria formazione.

L'abilità di trasferire conoscenze e competenze in contesti differenti da quelli in cui sono state elaborate deve essere insegnata. Molto spesso le discipline scolastiche sono proposte indipendentemente tra loro, fraposte da rigide separazioni temporali. La necessità della valutazione degli alunni, inoltre, comporta che anche all'interno della stessa materia si introducano argomenti separatamente, frapposti da verifiche che agli occhi degli studenti a scollegano il tema in esame al successivo. Si tratta di una caratteristica trasversale all'istruzione. In matematica, per esempio, molti alunni non percepiscono le equazioni di secondo grado, la risoluzione di parabole e il metodo grafico come diverse facce di una stessa medaglia. Analogamente, in fisica la necessità di completare il programma citato non incentiva un approccio multidisciplinare, col quale mettere in pratica tutto l'appreso per la comprensione di un sistema complesso.

Questa mancanza deve essere colmata attraverso un nuovo approccio all'educazione scientifica, che non proponga solo l'apprendimento di leggi e tecniche di risoluzione di esercizi da utilizzare solo ed esclusivamente nel contesto in cui è stato imparato. Si dovrebbe cercare di stimolare gli studenti attraverso analisi di sistemi complessi in cui l'applicazione di quanto studiato in precedenza possa essere stimolo per la comprensione delle vere finalità dello studio, fornire non solo cultura nozionistica, ma anche metodi di pensiero, proprietà di linguaggio e strumenti concreti.

3.1.1 Indagine sull'utilizzo dei laboratori:

Per la fisica il confronto con l'esperimento e la misura ha un'importanza basilare. Il celebre fisico R. Feynmann lo ricorda in una delle sue citazioni più famose:

“All'inizio tiriamo a indovinare. Non ridete, è così. Poi calcoliamo le conseguenze di tale ipotesi, per vedere quale sarebbe la conseguenza e cosa comporterebbe, se la legge fosse vera. Poi compariamo tali calcoli alla natura, o come diciamo noi, ad un esperimento o all'esperienza, compariamo direttamente alle osservabili sperimentali per vedere se funziona. *Se non è in accordo con l'esperimento è sbagliata.* In questo semplice assunto è la chiave della scienza. Non importa quanto sia elegante la tua teoria, non importa quanto tu sia intelligente o quale sia il tuo

nome. Se non è conforme con gli esperimenti è sbagliata. E questo è tutto”.

L’approccio sperimentale alla conoscenza non ha rilevanza solo per il progresso scientifico/tecnologico. La natura stessa dell’uomo richiede di apprendere per esperienza: dai primi incerti passi, che attraverso numerosi e vani tentativi ci portano a camminare, fino alle prime esperienze sentimentali, che guidano ognuno di noi alla ricerca di una propria felicità. La scienza non è da meno, apprendere per sentito dire, attraverso la lettura di un libro di testo, rimane un’avventura importante ma certamente non conclusiva nel suo vasto mondo. Tanto più che è stato evidenziato da alcune ricerche che la sola risoluzione di esercizi ‘tradizionali’ non aiuta una maggior comprensione della fisica nemmeno se ripetuta per un migliaio di volte [73], è necessaria una pluralità di linguaggi, tra cui quello pratico-sperimentale, per l’avvicinamento di alunni caratterizzati da differenti personalità e sensibilità.

Per questo motivo nel corso del dottorato è stata avviata un’indagine volta a comprendere l’ammontare dell’utilizzo dei laboratori didattici negli istituti liceali. Sebbene il numero di ore in cui gli studenti registrano la propria presenza in laboratorio non sia certezza di un’efficace trasmissione di concetti e competenze, si ritiene che possa essere un primo indicatore circa l’utilizzo di modalità didattiche differenti per l’approccio alla disciplina fisica.

La ricerca ha coinvolto alcuni licei scientifici presenti sul territorio provinciale trentino. Gli istituti coinvolti sono:

- Liceo “A. Maffei” di Riva del Garda (TN)
- Liceo Scientifico “G. Galilei” di Trento
- Liceo Scientifico “L. Da Vinci” di Trento
- Liceo “A. De Gasperi” di Borgo Valsugana (TN)
- Liceo “B. Russel” di Cles (TN)
- Liceo “La Rosa Bianca” di Cavalese (TN)

I dirigenti di questi istituti sono stati interrogati riguardo:

- il numero di ore annuo in cui si utilizza il laboratorio di fisica;
- il numero di laboratori a disposizione;
- il numero di docenti impegnati nell’insegnamento della fisica;
- il numero di classi in cui viene insegnata fisica;
- il numero di studenti a cui viene insegnata fisica.

Le risposte ottenute rivelano un netto contrasto tra due categorie di istituti:

1. una prima categoria, a cui appartengono quattro dei sei istituti contattati, per i quali l'utilizzo del laboratorio è del tutto sporadico, tipicamente minore del 4% delle ore annuali a disposizione. Si tratta mediamente di due incontri di due ore l'anno;
2. una seconda categoria, che include i due istituti rimanenti, i quali paiono utilizzare maggiormente il laboratorio didattico, con una percentuale in alcuni casi superiore del 50% delle ore scolastiche.

Visto il forte contrasto tra le due categorie descritte e le risposte sbrigative ricevute in alcuni casi, che presentavano informazioni contrastanti, si è pensato di approfondire l'indagine attraverso alcuni incontri di persona. In particolare, sono stati organizzati due momenti con altrettanti docenti ai quali è stata affidata l'indagine dal dirigente. Ciò che è emerso dai colloqui è l'esistenza di una forte ritrosia, da parte dei colleghi degli intervistati, nel mostrare apertamente i loro registri di classe. I docenti incontrati ritengono che proprio questo timore del giudizio abbia operato come forte disincentivo in questa indagine, sebbene si fosse garantito l'anonimato.

Per chiarire l'elevato utilizzo del laboratorio da parte degli istituti della seconda categoria, si sono condotte alcune interviste a campione, che hanno coinvolto docenti di fisica. Il quadro che è emerso dalla lettura di alcuni registri dei docenti è sensibilmente ridimensionato, con percentuali di utilizzo che scendono al 20-25% del monte ore a disposizione con classi del biennio e 10-15% con classi del triennio. Sebbene la partecipazione reale sia ridimensionata rispetto a quanto precedentemente comunicato, si tratta comunque di una maggior presenza in laboratorio rispetto alla prima categoria di istituti.

Per poter comprendere e analizzare con più informazioni i dati ottenuti è da sottolineare che la prima categoria di licei, apparentemente meno virtuosi e caratterizzati da percentuali ridotte di utilizzo del laboratorio, ha a disposizione un unico laboratorio di fisica – che deve essere condiviso con circa 20-25 classi – e gestito da un unico tecnico talvolta non laureato in fisica. Al contrario, i due istituti caratterizzati da un'elevata proposta sperimentale per i propri alunni sono dotati, rispettivamente, di tre e quattro laboratori di fisica – condivisi da circa 50 classi - e di tre tecnici strutturati e formati in ambito fisico a disposizione dei docenti. Vi è, quindi, una sensibile differenza nella disponibilità di mezzi per gli istituti coinvolti.

In occasione dell'indagine svolta, è di particolare interesse l'incontro con una docente di fisica del triennio di un liceo scientifico, si citano alcune osservazioni:

‘La parte sperimentale della fisica è talmente staccata dalla teoria, come approccio, visione e filosofia, che è quasi un'altra materia. Non ha quasi significato condurre attività di laboratorio per spiegare meglio la materia. Il laboratorio non aiuta gli studenti a comprendere maggiormente la fisica...’

Le indicazioni ministeriali sono di fare almeno il 30% delle ore attraverso attività sperimentale di laboratorio, ma il programma richiesto è mostruoso e sono sempre di corsa, nel tentativo di non rimanere indietro per non escludere argomenti che potrebbero esserci alla terza prova. Diverso per licei non scientifici dove non c'è la corsa al programma e quindi si può evitare di correre e fare quello che si crede...’

La scuola sta diventando un “progettificio”, l'anno prossimo faremo partire 100 progetti: incontri con Trentino Trasporti per parlare delle nuove tecnologie di timbratura, con la polizia postale per la sicurezza in internet, incontri sul lago di Tovel, giornalisti e Samantha Cristoforetti. Tutto molto bello, ma sono tantissime cose e richiedono tempo...’

In un anno ci sono 34 settimane. Per la classe quinta, nella quale ho 3 ore a settimana, 102 ore totali, al 15 maggio mi ritrovo ad aver fatto 72 ore. Ho dovuto destinare 7/8 ore le ad assemblee d'istituto e di classe. Tutte le altre per progetti...’

Le classi quarte sono obbligate a due settimane di stage all'anno e, tenendo conto di una settimana prima per il corso di formazione e una settimana dopo per la restituzione al pubblico di quello che han fatto, se ne va interamente un mese.

Il tecnico di laboratorio per il triennio è un biologo, molto bravo e professionale nel suo settore, addirittura si dedica al CLIL nella sua materia. Egli ce la mette tutta, ma la fisica non è proprio il suo mestiere per cui aiuta fin dove può. Mi ritrovo quindi a dover pensare al tipo di esperimento, agli strumenti da utilizzare, all'allestire e disallestire...’ E il tutto in orario extrascolastico! Inoltre, il laboratorio che abbiamo a disposizione è molto scarno, contiene qualche kit di ottica, qualche circuito per l'elettronica, un po' di aste e morsetti. Nulla di particolare con cui svolgere buoni percorsi.’

Questo incontro è stato importante e di grande interesse per l'autore: l'affermazione che più è stata sorprendente riguarda la convinzione che la pratica sperimentale non sia funzionale agli studenti per apprendere con maggior efficacia la disciplina fisica. La testimonianza ha senso solo se inquadrata in

un'ottica contenutistica della disciplina, nella quale l'unica cosa che conta è quante nozioni si riescono a trasmettere e far comprendere agli studenti. In quest'ottica, l'attività di laboratorio che non aiuta lo studente a memorizzare o comprendere meglio alcuni contenuti appresi in classe viene ritenuta inefficace e, probabilmente, limitata negli anni successivi, in quanto inutile allo scopo didattico. Si trascura completamente l'importanza delle competenze e abilità sperimentali che si potrebbero trasmettere agli studenti attraverso l'indagine di laboratorio, si esclude la necessità di porli di fronte a condizioni sconosciute e chiedere loro di applicare quanto studiato, ammettendo che essi possano non riuscire, poiché sarebbe visto come un fallimento didattico, in quanto non funzionale alla comprensione della teoria. Tuttavia, ciò contrasta fortemente sia con l'obiettivo che si pone la scuola di educare al pensiero critico/razionale attraverso lo studio di materie scientifiche, sia con l'obiettivo più esteso dell'educazione di fornire competenze e strumenti che possano essere fatti propri dagli studenti per l'interpretazione della realtà. In conclusione, si ricorda che questa ricerca si è limitata ad indagare il numero di ore di utilizzo del laboratorio ma non è l'unico parametro importante, anche la qualità nel suo utilizzo dovrebbe essere un elemento sotto analisi. Utilizzare per il 20% del tempo il laboratorio, ma proporre solo attività dimostrative alla cattedra non significa fare attività sperimentale. Tuttavia, vista la ritrosia media dei docenti nell'espone la loro attività professionale, si è ritenuto prematuro interrogarli anche riguardo le modalità di utilizzo del laboratorio.

Inoltre è da sottolineare che gli istituti che sono stati coinvolti sono unicamente quelli che offrono agli studenti una formazione che prevede l'introduzione della fisica fin dal primo anno e, quindi, che hanno maggior tempo per intraprendere percorsi approfonditi. Negli istituti tecnici, nei quali la fisica è relegata al biennio, e negli istituti professionali, il monte ore dedicato all'attività sperimentale di laboratorio per quanto riguarda la fisica di base sia ulteriormente ridotto.

3.2 I musei scientifici

I musei sono enti storicamente preposti alla conservazione di reperti atti a tramandare la conoscenza nelle generazioni a venire. In ambito tecnico-scientifico, il panorama è vastissimo, presentando al pubblico ad esempio musei di storia naturale, dell'aeronautica, dell'automobile e della scienza e della tecnica in senso lato. Negli ultimi decenni, a fianco a queste strutture preposte alla conservazione e catalogazione di reperti, sono nati grandi centri della scienza. Queste ultime sono strutture dedicate alla divulgazione al grande pubblico di contenuti scientifici, proponendosi quali veri e propri centri di intrattenimento a tema scientifico.

Nel percorso di dottorato l'autore ha avuto occasione di condurre alcune trasferte allo scopo di documentarsi riguardo questa tipologia di mediazione di contenuti scientifici, visitando alcuni dei principali centri museali. Le visite condotte sono state²:

- Museo nazionale scienza e tecnologia Leonardo da Vinci, Milano [74]
- Deutsches Museum, Monaco [75]
- Museo Galileo, Firenze [76]
- MUSE, MUseo delle ScienzE, Trento [77]
- Museo dell'energia idroelettrica, Cedegolo (BS) [78]

Sono qui presentate alcune impressioni e riflessioni connesse alle visite condotte alle strutture. Per ognuna, si propongono una prima parte in cui si discute in termini generali la visita e un secondo paragrafo in cui si presentano commenti e osservazioni legati alla sezione e/o mostra temporanea dedicata al mondo dell'energetica.

3.2.1 Museo nazionale scienza e tecnologia Leonardo Da Vinci

Il Museo nazionale scienza e tecnologia di Milano è una struttura di eccellenza nel panorama museale italiano ed espone al suo interno collezioni di grande valore in svariati ambiti scientifici e tecnologici: auto, motori, sistemi per la produzione di energia, treni, navi e molto altro. Principalmente si tratta di un museo basato su uno stile espositivo tradizionale, con una collezione di enorme valore, conservata egregiamente ed esposta al pubblico attraverso vetrine e targhette identificative. In alcune aree e sezioni è stata aggiornata la modalità di mediazione di contenuti al pubblico, proponendo exhibit interattivi, in cui i visitatori possono sperimentare attivamente i fenomeni trattati.

La vastità degli spazi espositivi e l'elevato numero di strumenti esposti sono tali da richiedere un'intera giornata per una visita approfondita. Entrando nel museo, si viene subito trasportati nel passato grazie ad ambientazioni molto curate, che spesso richiamano il periodo di utilizzo dei macchinari esposti, siano essi alternatori per la prima produzione di energia elettrica in Lombardia o locomotive a carbone, esposte in un hangar esterno. Una nota negativa nella gestione degli spazi riguarda l'assenza, almeno apparente, di un percorso di lettura. Si può passare, in un unico piano, dall'osservare alcune macchine a vapore, a contenuti di chimica, alle macchine tessitrici, agli

²Una nota amara per l'autore sono i due incendi della Città della Scienza di Napoli e di Parigi, avvenuti entrambi poche settimane prima della visita programmata. Se non predominasse il pensiero razionale l'autore sarebbe tentato di ritenere di portare sfortuna.

aerei concludendo il percorso in uno spazio sul ciclo vita degli oggetti. Si fatica a comprendere quale tragitto intraprendere per guidarsi alla scoperta del museo.

La scelta di esporre al pubblico una vasta collezione contrasta, talvolta, con la leggibilità dell'esposizione stessa e la capacità di dare la corretta importanza a quanto si sta osservando. Non conoscendo gli oggetti e il loro valore, si potrebbe prestare più attenzione allo strumento più imponente, per dimensioni, rispetto a quello più particolare e tecnologicamente più rilevante. Spesso, inoltre, le collezioni antiche sono esposte dietro ad una rete metallica che, per quanto sia di fondamentale utilizzo per la protezione dello strumento stesso, risulta di cattivo gusto in un contesto espositivo. Una critica che l'autore ritiene importante, valida spesso per molti altri musei, riguarda il personale a disposizione per la mediazione delle informazioni. A meno di non usufruire di una visita guidata, nelle sale non è presente personale disponibile a fornire informazioni ai visitatori riguardo la collezione. Sono presenti dei custodi, che si limitano a preservare l'integrità delle esposizioni. Si ritiene che l'assenza di mediatori scientifici limiti ulteriormente la leggibilità di un museo che, per sua stessa natura, presenta molti strumenti complessi facenti parte di un settore disciplinare considerato difficile. L'impossibilità di interfacciarsi con un operatore rischia di lasciare alla maggior parte dei visitatori solamente l'emozione di aver osservato una collezione affascinante di treni, aerei o motori, terminando la visita senza informazioni concrete in più.

Miglior spunto



Figura 3.1: Fotografia dell'allestimento di un muro 'della scienza' costruito da mattoni che rappresentano le ipotesi e le teorie fisiche che ancora oggi sono ritenute valide.

Data la qualità di fisico di chi scrive, l'esposizione che è stata maggiormente apprezzata, per quanto probabilmente trascurata dai più, è una piccola mensola all'interno di una bacheca nel settore delle fonti energetiche. Al suo interno si trovano racchiusi due muretti costruiti con piccoli mattoni, si veda figura 3.1. Il primo muro è in crescita e completamente stabile, su ogni mattone che lo compone sono scritti una teoria o un principio della fisica riconosciuti oggi come ancora validi. Il secondo muro, al contrario, è crollato

e tutti i mattoni sono sparsi a terra; su questi mattoni vi sono scritti una teoria o un principio scientifico che, nel corso della storia, sono stati dimostrati errati. Ritengo che questa parte sia una piccola perla, che permetta di raccontare in maniera superba le conquiste scientifiche ottenute e dare loro un senso generale nella costruzione del pensiero moderno. È un peccato che un così bel concetto sia stato relegato in una sezione con la quale ha poco a che fare, potrebbe tranquillamente essere il filo conduttore per l'allestimento di un intero piano di un qualsiasi museo scientifico.

Sezione permanente sull'energia.

Al piano -1 dell'edificio monumentale si può trovare la sezione "Sistema energetico", che consta di una serie di 24 pannelli disposti lungo un corridoio, che espone le principali fonti energetiche e alcuni concetti ad esse connessi, descrivendone il funzionamento e l'utilizzo.



Figura 3.2: *Fotografia dei pannelli esposti nella sezione permanente sull'energia presso il museo di Milano.*

I pannelli sono di grande impatto visivo, illuminati rispetto al resto della stanza e presentano immagini molto evocative, si veda figura 3.2. Quanto però è riportato su essi è di scarsa attrazione e offre limitate possibilità di informazione. In allegato 1 si propone la trascrizione estesa dei testi dei pannelli; in questa sede si presenta e discute il pannello più significativo: L'energia solare.

“ENERGIA TERMICA E LUMINOSA La radiazione solare è alla base di tutte le fonti di energia presenti sul pianeta (eccetto quelle nucleare, geotermica e delle maree). Determina infatti il ciclo dell'acqua, la circolazione dei venti e lo sviluppo di tutte le

forme animali e vegetali, comprese quelle all'origine dei combustibili fossili. L'energia solare è anche utilizzabile direttamente per accumulare calore o produrre corrente elettrica."

Il testo riportato descrive con eccessiva sintesi il contributo dell'energia proveniente dal sole e non fornisce informazioni concrete. Esso è molto vago, lascia intendere che la fonte a cui si riferisce sia alla base di ogni fenomeno che riguarda la vita, ma non spiega in nessun modo come sia possibile. Accade, quindi, che un eventuale visitatore interessato a conoscere qualcosa in più riguardo l'argomento non trovi informazioni che gli permettano di incrementare la propria cultura. Al tempo stesso, i visitatori non interessati alla lettura, ma bisognosi di essere partecipanti attivi nella visita, "costruttori" del loro sapere, non trovano nessuno strumento con il quale informarsi. Un elemento caratterizzante della sezione è l'assenza di un'analisi quantitativa del tema di riferimento, privilegiando un approccio discorsivo in cui esporre qualitativamente quanto accade. Tuttavia, si ritiene che in un museo scientifico tecnologico si debbano introdurre analisi e discussioni quantitative dei temi trattati. Sebbene in ambito scientifico sia trasversalmente riconosciuta l'importanza di fondare analisi e osservazioni su approcci quantitativi, questo approccio è di estrema rilevanza in ambito energetico. Un esempio su tutti: ognuno sa dell'esistenza di pannelli solari e turbine eoliche che possono produrre energia elettrica in modo "pulito"³ Una domanda che potrebbe nascere spontanea è perché non costruiamo quindi un numero così grande di pannelli e turbine da produrre sufficiente energia per tutti? Il problema è proprio la quantità! Per dare risposta ad un quesito "semplice" come questo, è indispensabile una trattazione quantitativa, stimando l'energia necessaria, la distribuzione media dell'insolazione e dei venti, la quantità di silicio presente in natura e molti altri aspetti. Solo con approcci quantitativi è possibile trattare efficacemente argomenti complessi, tuttavia in ambito museale si tende ad evitare questo tipo di approccio, perché considerato complicato e di scarso fascino.

Mostra temporanea ENERGIA 2020

La visita al Museo della scienza e della tecnica Leonardo Da Vinci è stata condotta in occasione dell'apertura della mostra temporanea "ENERGIA 2020". La mostra, di cui è possibile osservare una fotografia in figura 3.3, presenta un carattere espositivo moderno, più vicino alla sensibilità museale attuale. Sebbene di dimensioni ridotte, essa si presenta come un connubio di molteplici linguaggi, in cui si affiancano alla tradizionale pannellistica alcuni exhibit interattivi, provocazioni e quesiti aperti a cui dare risposta, video multimediali e contributi audio.

³Se trascuriamo l'impatto ambientale legato alla loro produzione e smaltimento.



Figura 3.3: *Fotografia scattata all'ingresso alla mostra ENERGIA 2020.*

I 7 pannelli presenti per accompagnare il visitatore si differenziano enormemente da quelli proposti nella sezione permanente: non sono testi con i quali apprendere informazioni ma strumenti per interessare il visitatore, stimolandolo con domande e riflessioni. L'assenza di personale qualificato che possa accompagnare i visitatori nel percorso, tuttavia, riduce l'efficacia delle domande "provocatorie" presenti, in quanto non vi è nessun esperto con cui confrontarsi sulle proprie idee ed intraprendere un dialogo a riguardo. La presenza di exhibit interattivi, come la costruzione del mix energetico italiano attraverso 100 dischi da ruotare appositamente, mostrato in figura 3.4, è lodevole, ma di discutibile efficacia sia per l'elevato numero di possibilità – e quindi la necessità di essere informati a priori a riguardo – sia per il tempo necessario all'interazione con esso.

Sono presenti inoltre alcuni documenti volti alla spiegazione del funzionamento delle centrali elettriche, vedi figura 3.5, ma si tratta di descrizioni eccessivamente schematiche, limitate ad un elenco dei componenti. Non sono presenti descrizioni del funzionamento di tali componenti o spiegazioni riguardo il meccanismo di formazione delle fonti energetiche primarie utilizzate. Si ritiene molto interessante e stimolante la descrizione della bolletta dell'energia elettrica tipo, quale occasione per la contestualizzazione nel quotidiano di concetto scientifico e per questo lo si è utilizzato in uno dei progetti presentati nel quinto capitolo.

Spunto di maggior dubbio:

Un aspetto su cui già in precedenza è stato posto l'accento, poichè sta acquisendo sempre maggior rilevanza nella nostra società, riguarda la sezione della mostra titolata "Hai qualcosa da dire?". In questo settore si propongono al visitatore filmati in cui vi sono alcuni esperti che portano il loro punto di vista su tematiche inerenti l'energia. Tra le varie scelte di interazione, è data al visitatore la possibilità di filmarsi dando la propria opinione in uno

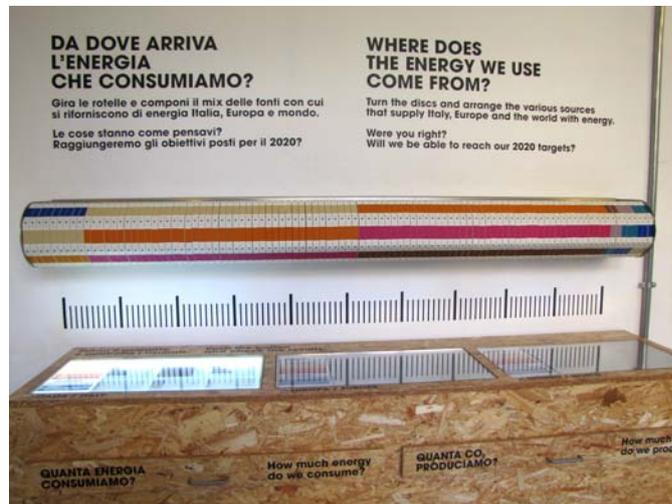


Figura 3.4: Fotografia dell'exhibit 'Da dove arriva l'energia che consumiamo?', con il quale è richiesto al visitatore di ruotare i dischi qui ritratti per la formazione del mix di fonti energetiche utilizzate per soddisfare il fabbisogno energetico italiano.

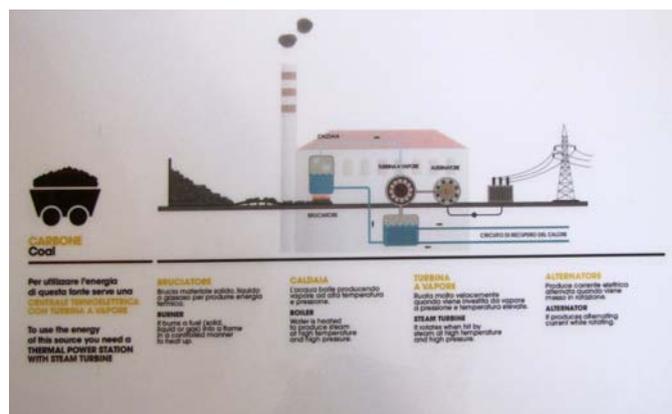


Figura 3.5: Fotografia di uno degli schemi per la descrizione del funzionamento di una centrale elettrica.

scenario che simula un'intervista condotta per un servizio di telegiornale. Per quanto si ritiene nobile il pensiero di voler dare voce ad ogni visitatore e questo per l'efficacia dell'intrattenimento sia sicuramente un'azione vincente, ci sono alcune osservazioni che si ritiene importante condurre:

Come viene utilizzata questa registrazione? Interagendo con questo exhibit non è ben chiaro quale sia l'utilizzo che viene fatto del video. Esistono, quindi, più possibilità a riguardo: se venisse ignorato, non si capisce il motivo di registrarlo se non per dare un'occasione di attenzione al visitatore, che potrebbe essere fornita in altri modi e non educandolo a fornire opinioni anche quando non ha idea di ciò di cui parla. Al contrario, se fossero filmati destinati ad analisi statistiche sulla percezione popolare riguardo l'energetica, ciò non è comunicato con efficacia e il lavoro derivante si prospetterebbe imponente per i curatori della mostra. Infatti essi si troverebbero a dover visualizzare video di dubbia utilità in quanto una persona media non è formata riguardo gli argomenti che esso tratta e l'exhibit non pone limiti di utilizzo o maggiori indicazioni.

Il visitatore ha veramente qualcosa da dire? Si ritiene sensato ipotizzare che eventuali esperti in visita alla mostra non abbiano interesse a dare contributi all'exhibit, vista l'assenza di certezza nell'utilizzo del filmato. È ipotizzabile, quindi, aspettarsi contributi solo da persone che non hanno nessuna conoscenza e visitano la mostra per raccogliere maggiori idee o passare il tempo. Che senso ha chiedere loro un'opinione? Se si tratta di una strategia per incentivarli e fornire loro un minuto di "celebrità", si potrebbe proporre di registrare un video in qualità di feedback dell'intero percorso, differente da chiedere un'opinione riguardo un tema sconosciuto.

È sensato ed educativo chiedere un'opinione? Un punto cruciale nell'evoluzione del panorama della comunicazione internazionale, dovuto alla sovrabbondanza di canali di comunicazione, riguarda la – virtuale – possibilità di ogni cittadino di poter fornire al mondo intero la propria opinione. Questa esplosione di canali comunicativi ha fatto fiorire una moltitudine di voci, incentivate anche da programmi televisivi che propongono la convinzione che sia sempre necessario, su ogni tema, avere un dibattito con due opinioni contrastanti. Ci stiamo lentamente scordando che il primo motivo per cui si comunica è perché si ha qualcosa da dire e non perché si ha la capacità di farlo. In qualità di esponenti dell'educazione scientifica, i musei dovrebbero dirigere la cultura contemporanea verso più miti consigli, appoggiando la filosofia del "comunica se hai qualcosa da dire" e non "ecco un microfono, rac-

contaci qualsiasi cosa pensi a riguardo”. Si sta così permettendo uno svilimento della comunicazione, dando diritto di parola a chiunque e delegittimando la figura dell’esperto, che parla basandosi su fatti ed informazioni verificate, costringendo quest’ultimo ad un impari confronto con persone di irragionevoli opinioni, basate talvolta su idee personali spesso infondate.

3.2.2 Deutsches museum’, Monaco

Il “Deutsches Museum” di Monaco è certamente tra le principali strutture museali europee. Ad esso sono state dedicate due giornate e non si è riusciti a visitare che metà delle sale presenti. La scelta che è stata fatta è di visitare le sale di maggior interesse presso l’edificio centrale e il museo dell’automobile. La visita è avvenuta il 20 e 21 gennaio 2012, periodo nel quale il museo stava affrontando una serie di investimenti molto importanti, complessivamente circa 500 milioni di Euro, per la ristrutturazione dell’edificio centrale e per l’aggiornamento dello stile espositivo delle collezioni. Per questo motivo, le osservazioni proposte potrebbero risultare insensate una volta ultimati i lavori. Tuttavia si ritiene utile presentare l’esperienza per il suo carattere espositivo molto differente dal tipico stile italiano.



Figura 3.6: *Fotografia dello stile espositivo presente al Deutsches Museum nella sezione storica della conversione energetica.*

Le collezioni esposte sono impressionanti, ogni ambito della tecnica trova un proprio spazio: biciclette, motori, aeroplani, automobili, generatori di corrente elettrica, mulini a vento, nanotecnologie e molto altro. Ciò che colpisce di questi reperti, oltre al loro vasto numero, è la qualità e la cura con cui sono esposti. Ogni strumento ha uno spazio sufficiente per essere ben visibile al visitatore e raramente due di essi sono sovrapposti tra loro.

Sono state riscontrate alcune problematiche circa la filosofia espositiva, riconosciute dagli stessi curatori del museo durante il colloquio avvenuto in occasione della visita. In particolare, nel settore delle macchine per la conversione dell'energia, vedi figura 3.6, si trova un vasto numero di macchinari da osservare, senza un chiaro percorso da seguire o indicazioni puntuali su cosa guardare e cosa tralasciare. La vastità del numero dei pezzi presenti e dell'area delle esposizioni è tale, infatti, da richiedere necessariamente una selezione all'atto della visita e se non si è un visitatore esperto è molto arduo scegliere su cosa soffermarsi, si tratta di un'esposizione ingegneristica per ingegneri.

Il museo presenta, nella parte storica⁴, una concezione espositiva sorpassata, che si limita ad una semplice presentazione delle macchine senza una vera mediazione dei contenuti ai visitatori. L'assenza di personale di mediazione è totale, non è possibile ricevere maggiori informazioni rispetto a quanto esposto e ciò rende ulteriormente complicato estrapolare contenuti.

Un difetto tipico di questa ed altre strutture di così grandi dimensioni, caratterizzate da una crescita decennale degli spazi espositivi, è la difficoltà di trovare al loro interno un percorso logico da seguire. Ad una sala ne segue un'altra, talvolta scollegata dalla precedente. Questo riduce l'efficacia comunicativa delle sale stesse e, per coloro che hanno definito un proprio percorso, scegliendo di visitare solo alcuni settori, la visita si trasforma in una continua migrazione da una sezione ad un'altra parte, talvolta, in punti molto distanti tra loro.

Di particolare merito è la cura espositiva con cui sono presentati gli oggetti, ogni strumento ha infatti una targhetta con le caratteristiche tecniche e ogni percorso offre testi informativi in cui si presentano dati quantitativi a riguardo. Tutte le riflessioni che si è incentivati a fare sono supportate da contenuti appropriati e si possono reperire facilmente dati e informazioni che permettono di interrogarsi in termini scientifici.

Sezioni energia

Tra le numerosissime sezioni che si trovano all'interno del museo, due sono dedicate all'energia e alle tecnologie per la sua conversione: la prima è una sezione storica mentre la seconda è dedicata alle energie rinnovabili non trattate nella precedente.

Sezione storica

Questa sezione presenta numerosi macchinari e motori per la "produzione" di energia meccanica dai principali combustibili, in modo particolare sono

⁴Esistono, ovviamente, sezioni del museo e mostre temporanee che presentano un carattere più moderno e uno stile espositivo attuale e accattivante. Tuttavia, per mancanza di tempo ed interesse la scelta di visita è caduta sulle sezioni storiche, quali quelle delle macchine a vapore e degli exhibit di fisica, che presentano queste problematiche.

presenti numerosi motori a vapore, mulini a vento e ad acqua e i più moderni motori diesel. Questi strumenti sono conservati molto bene ed esposti con cura e, ove possibile, in uno scenario che ricrea il loro ambiente di utilizzo. I principali punti critici discussi in precedenza sono qui emblematici: poche didascalie, assenza di un percorso guidato o di personale disponibile a fornire indicazioni ed eccessivo numero di macchinari esposti che sovraccaricano il visitatore, guastando la leggibilità della collezione.

Sezione energie rinnovabili

La necessità di un ammodernamento della sezione riguardante l'energia è soddisfatta dall'apertura di questo secondo spazio espositivo, caratterizzato da un approccio comunicativo più moderno e riguardante temi più attuali, quali l'energia rinnovabile e la produzione di energia elettrica attraverso centrali nucleari.

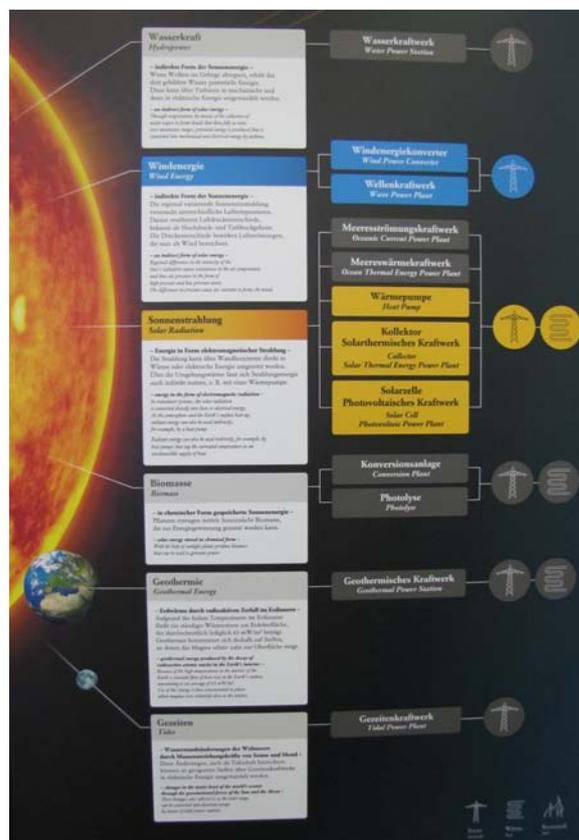


Figura 3.7: Pannello che espone le origini di ciascuna fonte energetica sfruttata dall'uomo.

Il percorso è una piacevole commistione di informazioni riguardo il settore dell'energia elettrica in Germania, discusse anche grazie all'esposizione di alcuni strumenti in grado di produrla e di contenuti disciplinari di base,

come il percorso che da origine a ciascuna fonte energetica, si veda figura 3.7. Una grafica moderna e coinvolgente accompagna il visitatore attraverso il consumo domestico di energia elettrica, la produzione tedesca di energia da fonte eolica, le tecnologie legate alla produzione fotovoltaica e, infine, la descrizione delle tecnologie nucleari volte alla discussione delle motivazioni che hanno spinto la Germania alla chiusura dei suoi impianti. Nella sezione sono presenti molti spunti di riflessione, sia contenutistici che di metodo, riguardanti la filosofia di esposizione museale utilizzata:



Figura 3.8: *Exhibit che mostra i diversi utilizzi di energia di un cittadino tedesco 'medio'.*

- il tema del consumo energetico è trattato sia attraverso exhibit interattivi – ad esempio una cyclette su cui, pedalando, si può osservare la propria potenza erogata – sia tramite pannelli e strumenti volti a fornire indicazioni quantitative. È particolarmente efficace, in questo senso, la pannellistica riguardante il consumo energetico di un cittadino tedesco, mostrata in figura 3.8. Si tratta di una sfera sezionata in spicchi che mostra il diverso utilizzo di energia elettrica in ambito casalingo. La buona riuscita di questa mostra e la gradevolezza visiva che si percepisce all'ingresso sono chiari indicatori che all'interno di un percorso espositivo si possano coniugare contenuti scientifici e intrattenimento di qualità.
- la scelta di mostrare un vasto numero di tecnologie atte all'estrazione di energia dal vento e dalla luce solare è dichiaratamente volta a mostrare la necessità di una pluralità di strumentazioni per poter progredire nel settore energetico. È una precisa scelta di carattere divulgativo - più o meno condivisibile – che permette di osservare come attraverso un'esposizione museale sia possibile (e necessario) svolgere attività di informazione e incentivazione al confronto, basata su nozioni precise e fondate.

- si ritrova anche in questa sezione un numero eccessivo di strumenti e oggetti esposti, che saturano l'area espositiva limitando la leggibilità e oscurando talvolta il filo logico da seguire durante la visita.

3.2.3 Museo Galileo Galilei', Firenze



Figura 3.9: Fotografia di una delle sale espositive presenti al Museo Galileo Galilei di Firenze.

A differenza dei due musei precedenti, il Museo Galileo Galilei di Firenze è una struttura di relativamente piccole dimensioni, deputata alla conservazione ed esposizione di strumenti di misura storici. Si tratta infatti di un museo storico che presenta uno stile espositivo classico con bacheche, targhette informative e pannelli descrittivi, si veda figura 3.9. La collezione è molto vasta e consta di strumenti legati a vari ambiti scientifici: astronomia, statica e dinamica, ottica e molto altro. Molto interessante l'esposizione di strumenti didattici utilizzati dai professori di fisica nel 1800. L'esposizione con la tradizionale filosofia che utilizza teche di vetro non è delle più entusiasmanti, lo conferma anche una scolaresca in visita contestualmente all'autore, che si limita ad utilizzare il cellulare seduta sui divanetti, a parlare e passare da una sala all'altra in meno di due minuti. Gli studenti erano sicuramente troppo giovani e disinteressati per apprezzare le perle di storia che avevano di fronte, senza professori di polso che li guidassero, ma è da sottolineare anche che il museo non si è proposto ai loro occhi con gli strumenti adatti per essere attrattivo e non ha aiutato ad incentivare la "lettura" da parte loro degli strumenti esposti.

3.2.4 MUSE, MUseo delle ScienzE, Trento

Tra i musei della scienza visitati dall'autore, il MUSE è certamente il più recente. Centro della scienza inaugurato nel 2012 nel nuovo edificio progettato da Renzo Piano e costruito appositamente per accogliere le sale espositive del museo trentino, in precedenza ospitato in un edificio storico della città. Dal punto di vista architettonico, il MUSE è sicuramente di grande effetto: una struttura quasi interamente in vetro, dotata di ampi spazi vuoti, che incentiva il visitatore a soffermarsi ad osservare l'effetto d'insieme che il museo regala. In questo senso, la scelta compiuta sulla struttura appare vincente agli occhi dell'autore, in quanto stimola la curiosità e il desiderio di osservare ogni angolo di un museo moderno e affascinante.



Figura 3.10: *Fotografia dello spazio centrale espositivo del MUSE.*

L'esposizione, strutturata in 6 piani, è un viaggio alla scoperta della storia dell'uomo, partendo dai ghiacciai e la conquista della montagna, scendendo via via lungo la sostenibilità ambientale, fino ad arrivare all'esposizione di scheletri di animali preistorici, che si trova al piano sotterraneo. Altri due elementi di grande attrazione del museo sono la serra tropicale e il fab-lab. Il percorso espositivo è ricco di exhibit e pannelli informativi e l'itinerario di lettura del museo è chiaro e rende la visita un interessante percorso educativo. Sebbene siano presenti numerosissimi reperti, infatti, si è sempre consci

del filo logico narrativo di questo museo e non vi è il rischio di perdersi nelle sale.

Molti gli spunti espositivi di valore e interesse: forte utilizzo di exhibit interattivi, uso di strumenti ad alta tecnologia ed esposizione di reperti e pannellistica di grande fascino, che stimolano l'osservazione e incentivano la curiosità.

Vi sono, tuttavia, alcune osservazioni meno positive che si ritengono importanti:

- MUSE è acronimo di MUseo delle ScienzE, denominazione che pone il museo quale struttura interessata ad ogni aspetto della cultura scientifica. Tuttavia, il percorso presentato non offre molti spunti riguardo alcuni ambiti scientifici di base, in particolare di fisica e matematica;
- fisica e gioco: il piano a livello 0 è l'unico settore in cui si possono ritrovare alcuni exhibit legati alla fisica. Seguendo la concezione di un'esposizione volta all'interazione, sono presenti numerosi strumenti espositivi focalizzati su alcuni fenomeni fisici e che propongono al visitatore di interagire. Sono presenti, ad esempio:
 - giroscopio su cui sedersi e, se in movimento, percepire l'effetto giroscopico;
 - bacchetta di metallo da mordere per poi sentire la musica;
 - letto di chiodi su cui sdraiarsi;
 - termocamera che proietta in tempo reale immagini IR dei visitatori in falsi colori;
 - slinky di 10 metri da porre in oscillazione per osservare la propagazione delle onde;
 - palline da utilizzare per centrare un canestro e osservare, così, il moto parabolico;
 - cilindro pieno d'acqua da mettere in rotazione ed osservare poi la formazione di un tornado;

La bellissima serie di exhibit citata, che potrebbe permettere una profonda discussione su molti fenomeni fisici, viene spesso utilizzata come una sorta di parco giochi in cui centinaia di ragazzini sono "parcheggiati" da insegnanti e genitori. L'esiguo numero di operatori presenti e il comportamento frenetico di questi ragazzi, che non si dimostrano attenti all'utilizzo corretto degli exhibit, ad esempio si veda figura 3.11, ma interessati al divertimento utilizzando tale sezione come una serie di giochi, fanno sì che venga sprecata una grande occasione di incontro divertente con la scienza.



Figura 3.11: *Fotografia che ritrae un comune esempio di utilizzo degli exhibit di fisica presenti al piano 0 del MUSE. In questo specifico caso numerosi ragazzi caricano il loro peso su una piccola area del loro corpo, contrariamente a quanto è richiesto di fare per evitare di farsi male con i chiodi presenti.*

- l'eccessiva interazione che viene proposta ad ogni livello, non educa sempre il visitatore alla lettura e all'analisi ma può spingere verso la direzione di "trial and error" in cui ognuno si presenta di fronte all'exhibit, utilizza casualmente tutto ciò che trova e, se non scopre o accade nulla, poco male "passa al successivo"!

Sezione energia

Non vi è una sezione dedicata all'energetica. Le uniche informazioni a disposizione dei visitatori a riguardo si possono reperire nella sezione "Sostenibilità", in cui vi è un pannello che espone il tema dell'utilizzo delle fonti fossili e un exhibit che mostra gli effetti dell'anidride carbonica in un plastico, si veda figura 3.12. Non vi sono esposti macchinari o reperti per la conversione dell'energia e nessun exhibit presentato, nemmeno quelli di fisica di base, sono interpretati o mostrati in chiave energetica. Trattandosi di un concetto basilare e trasversale a tutto il panorama scientifico, l'assenza di questo tema in un museo delle scienze, pare una grande occasione persa e, forse, un errore espositivo.

3.2.5 Museo dell'energia idroelettrica, Cedegolo (BS)

A differenza dei musei esposti nei paragrafi precedenti, il museo di Cedegolo è sicuramente il meno conosciuto e quello con possibilità economiche minori. Situato in un piccolo paesino della Val Camonica, la struttura permette,



Figura 3.12: *Pannelli che offrono spunti di riflessione circa l'effetto serra e la sostenibilità dello stile di vita attuale.*

contestualmente alla visita al museo, la prenotazione di una visita gratuita alla centrale idroelettrica di Edolo. La combinazione delle due visite risulta un'abbinata molto interessante. La centrale idroelettrica offre un incontro di grande fascino ed culturalmente elevato: la visita, infatti, è anticipata da un seminario introduttivo divulgativo sull'energia elettrica, la storia della centrale e il funzionamento di quest'ultima⁵.

Il museo, come si può vedere in figura 3.13, è costruito all'interno della vecchia struttura della centrale di Cedegolo e contiene un percorso interamente dedicato all'energia idroelettrica. Sebbene di dimensioni ridotte, l'itinerario proposto presenta una coesistenza efficace di vari linguaggi comunicativi:

- una stanza oscurata propone un'esperienza di immersione sensoriale, in cui immagini e suoni permettono di vivere il percorso svolto da una goccia durante il ciclo dell'acqua, si veda figura 3.14;
- una serie di immagini e video storici catalizzano l'attenzione dei visitatori sui metodi di costruzione delle dighe e introducono al tema idroelettrico;
- l'esposizione di un modulo di produzione di energia elettrica (gruppo turbina Francis + alternatore) situato al centro dell'museo, occupa metà degli spazi espositivi. Esso si presenta forse in una veste eccessivamente restaurata, si veda figura 3.15, essendo uno strumento storico realmente utilizzato in passato nella centrale;

⁵Il presente paragrafo non è accompagnato da immagini a riguardo in quanto non è stato permesso scattare fotografie durante la visita alla centrale



Figura 3.13: *Fotografia che ritrae l'edificio storico che ospita il Museo dell'energia idroelettrica.*



Figura 3.14: *Interno della stanza oscurata durante la proiezione di suoni e video per la creazione di suggestioni circa il tema del ciclo dell'acqua.*

- una serie di video riporta racconti degli operai che hanno lavorato presso la centrale. È possibile, tramite la loro esperienza e attraverso le loro voci, rivivere il momento della costruzione del bacino in alta quota, il sistema di gestione della sicurezza, il controllo degli impianti e molto altro. Sebbene il museo sia di ridotte dimensioni e posizionato in un paesino molto distante dai principali centri del nord Italia, è una struttura molto curata e di piacevole visita.



Figura 3.15: Fotografia del gruppo turbina Francis-alternatore esposto presso il museo.

Si riscontrano, però, alcuni punti su cui si potrebbe investire maggiormente:

- la visita permette un'informazione qualitativa molto interessante e il tema principale viene affrontato efficacemente da vari punti di vista. Tuttavia vi è un'eccessiva trascuratezza della sfera scientifica tecnologica, le informazioni tecnico-scientifiche di carattere quantitativo sono esigue;
- trattandosi di un museo dedicato all'energia idroelettrica, si ritiene che nel percorso espositivo siano assenti molti argomenti che, forse, andrebbero trattati. Non sono presenti accenni infatti ai seguenti temi: fabbisogno di energia elettrica e rapporto con la produzione di energia idroelettrica; evoluzione storica della produzione di energia idroelettrica; analisi degli impianti in funzione; caratteristiche tecniche di una centrale moderna; mercato dell'energia elettrica e utilizzo unico della centrale idroelettrica come "banca" per l'energia; evoluzione della tecnologia idroelettrica; fisica di una turbina, similitudini e differenze tra Pelton e Francis.

3.3 Il Festival della scienza di Genova

Negli ultimi decenni i festival a tema scientifico trovano sempre più riscontro positivo, sia in termini di numero di visitatori sia di partecipazione di enti pubblici e privati.

L'autore di questa tesi ha potuto visitare in due occasioni il Festival della scienza di Genova, nelle edizioni degli anni 2012 e 2014. In particolare, per l'evento del 2014, la partecipazione è avvenuta nel contesto di collaborazione per il progetto *CORDATA* che verrà presentato nel seguito dello scritto.

Questo evento tratta temi scientifici ad ampio spettro, dalla matematica alla biologia, dall'astrofisica alla botanica. Sono presenti praticamente tutti i rami del sapere scientifico e l'elemento che accomuna i progetti presentati è il tema annuale, chiave di lettura di ogni intervento. Per il 2014 il tema era il tempo⁶.

Una rapida occhiata al programma degli eventi del festival, [79], mostra chiaramente quanto ampia sia l'offerta proposta:

- seminari e conferenze;
- laboratorio;
- teatro;
- cinema;
- visite a musei.

Il grande successo dell'evento risiede nella capacità di attrarre un ampio spettro di visitatori, proprio grazie all'ampia varietà di argomenti e di tecniche comunicative proposte.

Vi sono molti spunti positivi che riguardano il Festival della Scienza di Genova:

- l'obiettivo dichiarato è di voler far incontrare gli scienziati con la cittadinanza e per questo i relatori degli incontri di divulgazione sono professionisti, esperti nel settore di cui presentano il seminario;
- i progetti partecipanti al festival sono selezionati annualmente, assicurando una grande varietà di tecniche ma, soprattutto, una continua innovazione di temi e metodologie di presentazione al pubblico;
- il grande numero di interventi permette non solo di offrire un grande spettro di argomenti, ma anche di riuscire a presentare una quota importante di attività che trattano temi di attualità scientifica o di frontiera per la ricerca;

⁶Non in senso atmosferico, ma il tempo misurato con l'orologio

- il coinvolgimento della città di Genova, attraverso la presentazione delle attività in un vasto numero di edifici storici, offre al visitatore la possibilità di coniugare alla partecipazione al festival il piacere della visita alla città;
- sono offerte online le videoriprese delle conferenze più importanti e attese, a beneficio di ogni visitatore e delle persone interessate che non hanno potuto partecipare al festival.

A fianco a questi aspetti molto positivi, vi sono tuttavia alcune osservazioni che è bene tenere a mente. Si tratta di aspetti critici che possono influire negativamente sull'esperienza del visitatore:

- per poter offrire un vasto numero di attività e accogliere molti visitatori è necessario reclutare un gran numero di mediatori scientifici. Nel caso specifico del festival di Genova si tratta per lo più di giovani studenti, degli ultimi anni delle scuole secondarie di Secondo Grado o laureandi. Essi costituiscono la prima, e spesso l'unica, interfaccia del festival con i suoi visitatori. Sebbene la scelta di assumere personale giovane sia molto buona per creare un clima di festa e non solo, il problema a volte sta nel riuscire a reperire personale preparato sia in materia di scienza sia in fatto di comunicazione/intrattenimento del pubblico. In alcune occasioni infatti è stata osservata una non perfetta preparazione da parte dei mediatori scientifici o, altrettanto grave, una difficoltà di espressione e comunicazione che impediva loro di rapportarsi efficacemente al pubblico presente;
- l'offerta di un vastissimo numero di proposte obbliga l'organizzazione a condurre in contemporanea numerose attività. Qualora ci fosse la sovrapposizione tra due eventi di interesse, vi è quindi l'obbligo per il visitatore di effettuare una scelta e decidere quale attività effettuare non è sempre semplice, poiché in alcuni casi si tratta di seminari che avranno luogo solo una volta e non vi sarà altra occasione di parteciparvi;
- il carattere estemporaneo del festival, unica possibilità per un evento di queste dimensioni, non fornisce alle scolaresche la possibilità di creare percorsi didattici collaborativi di lunga durata che possano essere di maggior efficacia per l'educazione scolastica. Accade talvolta, quindi, che la partecipazione delle scuole al festival viene vista come la "gita" o l'attività "extrascolastica", sebbene gli organizzatori del festival investano molto nella condivisione del loro operato con i docenti per un inserimento coerente delle loro attività nel percorso scolastico. Ovviamente anche la partecipazione in veste di 'gita' ha comunque una funzione importantissima se riesce a stimolare ed incentivare lo studio

dei ragazzi, tuttavia rimane il rammarico di offrire una partecipazione svincolata dal percorso scolastico.

Non vi è poi molto da sottolineare riguardo il tema dell'energia: di anno in anno il tema del Festival cambia e ogni ente che presenta un progetto può decidere come coniugare l'argomento. Non è, infatti, un evento in cui trovare gli argomenti di proprio interesse, ma in cui interessarsi degli argomenti proposti.

3.4 Libri, internet e multimedialità

Libri e materiale multimediale sono altri pilastri per la comunicazione e diffusione della cultura scientifica, strumenti che servono sia da supporto per contesti educativi formali, come le istituzioni scolastiche, sia come elemento di apprendimento autonomo. Esula dagli obiettivi di questo scritto una trattazione esaustiva sulle possibilità e sull'efficacia didattica di essi, si vogliono piuttosto elencare alcuni materiali incontrati nel corso del dottorato che si ritengono buoni strumenti didattici/informativi.

3.4.1 Libri

Nel corso del primo anno di dottorato, il lavoro di ricerca si è concentrato sul proprio orientamento in questo settore di ricerca, indagando ciò che è in esso presente. La ricerca bibliografica ha evidenziato fin da subito l'esistenza di un elevato numero di testi, specialistici e divulgativi⁷. Vi sono testi che trattano l'energia da molteplici punti di vista: trattazioni economiche, storiche, ingegneristiche, volte all'autocostruzione di piccoli impianti di produzione energetica, analisi sociali e molto altro.

Sebbene la presenza di numerosi testi possa essere incoraggiante, avere a disposizione centinaia di libri può creare lo stesso senso di sconforto e incapacità di azione di non averne a disposizione affatto. Non è facile orientarsi in un contesto di eccessiva informazione se non si è già precedentemente informati a riguardo. Per questo motivo, si riporta di seguito un elenco commentato di alcuni testi, divulgativi e specialistici, affrontati nel corso del dottorato. Attraverso esso si vogliono fornire alcuni punti di riferimento con i quali orientarsi:

- P. Menna, F. Paoli, *L'energia solare – Inesauribile, pulita, conveniente*, Il mulino: libretto di piccole dimensioni e di stampo divulgativo. Unisce in un unico testo di scorrevole lettura numerosi aspetti legati all'energia solare, vi si possono trovare dettagli tecnici e scientifici, ma anche aspetti legali ed analisi economiche. Per questo motivo, si tratta

⁷Si tratta, ovviamente, di un'osservazione banale, poiché ad un tema così vasto e di grande rilevanza è normale sia dedicato un gran numero di risorse.

di un testo monografico che permette di avere in una veste semplificata una chiara idea di quanto sia complesso il contesto dell'energetica e come non sia sufficiente analizzarlo da un unico punto di vista;

- G.B. Zorzoli, *Il sistema elettrico e le nuove sfide tecnologiche*, Editori riuniti: si tratta di un testo non recente e che, quindi, non può essere usato come base per ottenere dati aggiornati. Tuttavia, propone una buona storia dell'evoluzione del sistema elettrico italiano offrendo anche qualche spunto sul punto di vista politico, ulteriore elemento da tenere in considerazione, spesso trascurato nella sfera scientifica;
- A. Lorenzoni, *Il risparmio energetico – la più economica tra le fonti di energia*, Il mulino: presenta, conti alla mano, quali possano essere i consumi domestici e dove si possano ridurre con un po' di risparmio. Semplice e divulgativo, permette di chiarire il concetto che è necessario un approccio quantitativo razionale per poter analizzare questo settore;
- P. Angela, L. Pinna, *Energia - La sfida del secolo - 200 domande sul futuro dei nostri figli*, Oscar Mondadori: si tratta di un libro/intervista al noto divulgatore Piero Angela che, attraverso la risposta a 200 domande percorre molte delle problematiche e dei dubbi connessi al mondo dell'energetica in modo semplice e divulgativo;
- M. Rossi, *Energia e futuro – Le opportunità di declino*, EMI: espone, tra i vari spunti interessanti, una discussione riguardo l'evoluzione storica del consumo energetico, proponendo un confronto tra lo stile di vita e di consumi energetici dell'Italia degli anni '50 e quello dell'Italia odierna. Nella seconda parte, poi sono presenti la descrizione dei vari meccanismi di conversione energetica e alcune prospettive per il futuro. Il testo ha un taglio molto personale, con affermazioni soggettive riguardo ipotesi future sulla nostra vita se non modificheremo lo stile attuale; nonostante ciò in esso è facile discernere le opinioni personali dai dati presentati.
- L. De Paoli, *L'energia nucleare – Costi e benefici di una tecnologia controversa*, Il mulino: altro testo divulgativo della collana "Farsi un'idea" che presenta in modo semplice ma insieme articolato molti aspetti inerenti la tecnologia esplicitata nel titolo.
- P. Malanima, *Energia e crescita nell'Europa preindustriale*, La nuova Italia scientifica: molto interessanti gli spunti storici offerti per inquadrare con una chiave di lettura storica/sociale il contesto energetico;
- M. Ricci, *Atlante ragionato delle fonti di energia rinnovabile e non*, M: offre al lettore mappe molto interessanti, che permettono spunti di riflessione su base geografica. Si tratta di un ottimo punto di vista per

analizzare e discutere molti eventi e fatti legati all'approvvigionamento energetico, che trovano comprensione solo attraverso l'analisi della localizzazione delle risorse e fonti energetiche;

- L. Paoli, *Energie rinnovabili. Impieghi su piccola scala*, Editrice il rostro: molto interessante per reperire una spiegazione sufficientemente dettagliata del funzionamento di impianti di generazione di energia elettrica di piccola taglia. Offre, tra le varie trattazioni, una vasta bibliografia da cui prendere spunto per eventuali approfondimenti.
- V. Smil, *Storia dell'energia*, Il mulino: libro molto interessante anche se, talvolta, si dilunga in eccessivi dettagli. Molto utile la cronologia che espone l'evoluzione delle tecnologie in questo settore;
- R. Varvelli, *Risparmiare energia – per un futuro sostenibile*, ETAS: interessante testo in cui l'autore si schiera apertamente contro i "catastrofisti" che vedono avvicinarsi una crisi energetica. Si tratta, quindi, di un buon testo per analizzare un punto di vista differente sul tema e analizzare quali siano i dati e le analisi che porta a riprova della sua tesi;
- G. Korn, *Uso razionale dell'energia nella casa – Risparmio confort sicurezza*, Franco muzzio editore: si tratta di un buon testo in cui trovare elencate le tecnologie disponibili in contesto domestico. Tuttavia l'analisi condotta a riguardo si limita squisitamente ad un'argomentazione economica e non vengono prese in considerazioni argomentazioni di tipico etico o fisico/energetico per questo problema;
- Serie speciale *L'energia nella scuola*, a cura di Enzo de Sanctis, Giornale di Fisica: si tratta di una collana di cinque numeri monografici su un settore dell'energetica. I titoli di questa serie sono: energia e fissione nucleare, il futuro delle fonti fossili, CO_2 : rifiuto o risorsa, il fotovoltaico, acqua terra e vento;
- T. Ohta, *Energy technology – Sources, systems and frontier conversion*, Pergamon: testo di riferimento per analizzare quali siano, ad oggi, le risorse energetiche su cui stiamo basando la nostra società e quali possano essere le tecnologie del domani;
- V. Smil, *Energy in world history*, Westview press: testo molto approfondito circa l'evoluzione della capacità dell'uomo di utilizzare l'energia nella propria quotidianità;
- V. Smil *Energy in nature and society - General energetics of complex systems*, The MIT press: libro tecnico e molto dettagliato che presenta un riassunto dell'importanza che ha assunto l'energia nella nostra

società, trattando aspetti ambientali, sociali e legati al sistema terra. Presenta un'ampia bibliografia per ulteriori approfondimenti.

3.4.2 Siti web, blog e canali youtube

A fianco della lettura di libri e riviste, negli ultimi decenni ha assunto un'importanza essenziale la capacità di utilizzare internet quale fonte per il reperimento di informazioni. Navigando nel web è possibile trovare numerosissimi siti e blog da cui ricavare nozioni e dati scientifici. Questo vale anche per il settore dell'energetica. Uno dei punti di estrema efficacia di internet è la capacità di offrire una pluralità di tecniche comunicative che riescono ad avvicinare una grande varietà di pubblico. Possiamo, infatti, trovare:

- siti;
- blog;
- canali di broadcast video;
- applet e simulazioni;
- app per smartphone e tablet;

L'abbondanza di informazioni e contenuti è ben oltre le possibilità di gestione di un singolo individuo e la possibilità di avvalersi di strumenti multimediali è sicuramente un valore aggiunto indiscusso offerto da questa tecnologia. Tuttavia l'assenza di controllo riguardo i contenuti non aiuta i navigatori a crearsi un modello mentale corretto, specie se la persona che effettua la ricerca è alle prime armi e sfrutta questo strumento per reperire informazioni riguardo un argomento di cui non ha già una buona conoscenza di base. Mai come in altri strumenti comunicativi è necessario porsi criticamente rispetto alle informazioni reperite in internet e si rende necessario, ove sia possibile, controllare le fonti bibliografiche che vengono proposte dai siti trovati (possibilmente diffidando ulteriormente da quei siti che non presentano nessuna bibliografia).

Si presenta in seguito, una serie di link a siti web, blog, simulazioni virtuali e applet analizzati nel corso dell'attività di ricerca. Per ognuno di questi materiali viene presentato un elenco di riferimenti suddivisi in due categorie: la prima che presenta materiali di interesse generale, che propone riferimenti volti ad esporre la ricchezza di mezzi presenti in ambito scientifico, e la seconda specificatamente dedicata ad esporre link inerenti il mondo dell'energetica.

Siti di interesse generale

<http://www.stevespanglerscience.com/>

Link al sito web di Steve Spangler, divulgatore scientifico americano che offre attraverso il suo portale numerosi servizi: un blog da cui reperire interessanti informazioni, un negozio da cui acquistare i materiali osservati e un canale youtube dove poter osservare affascinanti esperimenti condotti con grande cura e attenzione anche alla realizzazione scenica.

<http://www.lescienze.it/>

Sito internet della celebre rivista, di particolare interesse per i continui aggiornamenti dei blog connessi a questo periodico. Per il panorama energetico è presente l'editoriale di Antonello Pasini intitolato il Kyoto Fisso, blog dedicato in particolare al surriscaldamento globale e che, come tale, tocca in numerose occasioni il tema dell'energia.

<http://www.sciencestorming.eu/>

Sito che colleziona articoli scientifici di varia natura e propone una sezione "chiedilo all'esperto" in cui proporre le proprie curiosità e trovare risposta da una persona competente.

Siti di interesse per l'energetica

<http://www.autorita.energia.it/it/index.htm>

In Italia la distribuzione e vendita dell'energia, in particolare dell'energia elettrica, è regolamentata dall'autorità per l'energia elettrica, il gas e il sistema idrico. Questo ente determina i prezzi per la vendita e ne regola le modalità. Il sito internet di riferimento è ricco di informazioni interessanti, seppur di difficile navigazione e reperibilità. In particolare è possibile ritrovare la spiegazione dei costi variabili delle bollette dell'energia elettrica e analizzarne l'evoluzione negli ultimi anni.

<http://www.terna.it>

Il controllo e la gestione degli impianti di produzione e la distribuzione dell'energia elettrica è gestito in Italia da TERNA S.p.A.. Sul sito internet di questo ente è possibile, tra le varie informazioni, osservare il grafico in tempo reale del fabbisogno di energia elettrica e leggere i report annuali sulla produzione di energia elettrica. Si tratta di un report ricco di informazioni e dati da cui reperire, per esempio, le potenze delle centrali installate in Italia, le perdite di rete annuali e l'energia elettrica prodotta per fonte. È molto interessante, infine, la parte di report dedicata al confronto internazionale.

<http://dgsaie.mise.gov.it/dgerm/>

Sito ufficiale del ministero dello sviluppo economico che presenta dati tecnici riguardanti l'utilizzo di energia nel nostro paese. Si tratta di un ottimo punto di riferimento per analizzare i dati di importazione ed esportazione di tutte le fonti energetiche.

<http://dati.istat.it/>

Sito ufficiale di ISTAT che riporta dati inerenti vari aspetti della vita in Italia; si possono trovare in questo sito anche alcuni dati connessi al consumo energetico.

<http://www.eia.gov/>

Ente indipendente americano per il monitoraggio e l'analisi dell'utilizzo dell'energia. Di particolare interesse per la raccolta di dati quantitativi riguardo l'energetica è il report annuale.

<http://www.museoenergia.it/museo.php>

si tratta di un sito internet dedicato interamente all'energia e ricco di informazioni. Si possono trovare al suo interno articoli redatti da professionisti che trattano il tema dell'energetica da un punto di vista economico, sociale e tecnico.

<http://en.openei.org/apps/TCDB/>

Database interattivo dal quale si possono reperire numerose dati riguardo il funzionamento e il costo delle principali tecnologie per la produzione di energia elettrica.

www.quotidianoenergia.it

Giornale online che pubblica unicamente notizie e articoli riguardanti il mondo dell'energetica.

<http://allround-engineering.blogspot.it/>

Blog tecnico che presenta numerosi articoli inerenti il tema energia. Non è di grande aiuto in ambito didattico per il reperimento di materiale adatto a studenti di scuola secondaria di secondo grado ma si rivela ottima fonte di informazione per la propria formazione

<http://www.climalteranti.it/>

<http://www.skepticalscience.com/>

<http://www.worldclimatereport.com/>

I tre link precedenti sono riferimenti a blog dedicati alla pubblicazione di articoli sul tema del clima e del cambiamento climatico.

Materiale didattico/interattivo generale

<http://www.360cities.net/>

Sito che offre la possibilità di visita numerosi panorami di città e luoghi di elevato interesse a 360 gradi. È possibile navigare all'interno di ogni fotografia utilizzando il mouse. Sono presenti in archivio immagini di capitali europee come Roma, Londra o Parigi e anche siti di interesse quali centrali elettriche, dighe adibite a riserva idrica e molto altro.

<http://www.airpano.com/>

Altro sito che propone immagini e video a 360 gradi di città e panorami di grande interesse culturale.

http://joshworth.com/dev/pixelspace/pixelspace_solarsystem.html

Interessante applet che propone la visualizzazione del sistema solare in scala utilizzando come fattore di conversione il diametro della luna, rappresentato come 1 pixel. L'utilizzo dello scroll del mouse per la navigazione della pagina da una chiara esperienza in prima persona di quanto "vuoto" c'è nello spazio.

<http://htwins.net/scale2/index.html>

Link al celebre sito Scale of Universe, applet interattiva per navigare attraverso oggetti di differente dimensioni e osservare quale sia il loro ordine di grandezza.

<http://zitogiuseppe.com/blog2/>

Sito internet di LEONARDO, museo scientifico interattivo virtuale. Si tratta di un collettore di video e strumenti per scoprire numerosi fenomeni fisici.

<http://www.ptable.com/>

Sito di riferimento per la visualizzazione di una tavola periodica di grande effetto e ricca di informazioni. Attraverso questo strumento è possibile reperire le classiche informazioni riguardo numero atomi, energia di ionizzazione ed elettronegatività e ulteriori dati come la visualizzazione degli orbitali, gli isotopi e molto altro.

<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/hframe.html>

Hyperphysics offre una mappa concettuale della fisica nota, con alcune sintetiche spiegazioni a riguardo di ogni concetto presentate con correttezza e quindi, talvolta, con linguaggio non adatto per ragazzi di scuola secondaria superiore. Tuttavia la mappa concettuale rimane un ottimo punto di partenza per la formazione di un quadro di insieme capace di collegare tra loro argomenti apparentemente distanti.

<http://www.gapminder.org/>

Applet interattiva per l'osservazione dell'evoluzione temporale di vari dati riguardanti numerosi nazioni: sono a disposizione, ad esempio, il consumo energetico, il PIL pro capite, la mortalità infantile e molto altro. Questo portale offre la possibilità di utilizzare due serie di dati a piacere quali variabili dipendente e indipendente e proiettare quanto ottenuto su un grafico cartesiani per comparare con maggiore efficacia visiva i valori ed osservare eventuali correlazioni. Si tratta di uno strumento che permette di riflettere su quanto sia importante basare le proprie idee e giudizi su dati corretti e quantitativi.

<http://www.indexmundi.com/>

Sito interattivo per la raccolta di informazioni di varia natura. Sono inclusi anche dati relativi ai consumi energetici e alla produzione di fonti. Di particolare efficacia la possibilità di ottenere delle liste delle nazioni con i dati ad essa annessi oppure visualizzare gli stessi dati su una carta geografica mondiale.

<http://earth.nullschool.net/>

Mappa interattiva che mostra i venti su scala globale.

<http://halftone.co/projects/temperatures/>

Mappa interattiva che mostra l'evoluzione temporale della temperatura media globale della terra.

<http://www.meteo.psu.edu/j2n/ed4image.htm>

Lista di immagini che riguardano prevalentemente il sistema terra e la sua relazione con la meteorologia.

<http://thetruesize.com>

Mappa interattiva che permette di muovere le nazioni mondiali sulla carta geografica per poter osservare come si dilatano gli stati a causa dell'impossibilità di rappresentare correttamente in uno spazio euclideo delle figure disposte su una superficie non euclidea.

<http://cronologia.leonardo.it/invenzio/tab000.htm>

Sito internet che propone la cronologia delle principali scoperte/evoluzioni scientifiche che riguardano l'uomo e la civiltà umana.

<http://www.compadre.org/precollege/>

Raccoglitore di materiale didattico per insegnanti per l'incontro dei propri studenti (5-14 anni) con la fisica.

<http://www.education.com/activity/middle-school/science/>
Raccolta di esperimenti da affrontare in contesti didattici ed educativi suddivisi in categorie in base all'età degli studenti ai quali li si vuole sottoporre.

Materiale didattico/interattivo per l'energetica

<http://www.linkiesta.it/it/article/2013/09/19/quante-sono200calorie-nei-vari-cibi-le-fotografie/16457/>

Interessante percorso per immagini che mostra quante sono 200 Calorie assunte attraverso vari cibi.

<http://www.nuclearconnect.org/>

Pagina web interamente dedicata alla spiegazione dell'energia nucleare, ai suoi effetti sull'uomo e al suo utilizzo nelle centrali nucleari.

<http://playenergy.enel.com/contents/home.aspx>

Portale web messo a disposizione da ENEL energia che propone un percorso alla scoperta dell'energia. Sono a disposizione dei visitatori numerosi collegamenti ad argomenti di attualità e carattere generale. Vi è, tuttavia, da sottolineare che si tratta prevalentemente di un sito a carattere testuale in cui, per la maggior parte, il visitatore deve leggere i testi presentati che spesso non forniscono molte informazioni dettagliate o dati tecnici puntuali.

<http://www.nrel.gov/docs/gen/fy01/30927.pdf>

Testo dedicato agli insegnanti di studenti di età compresa tra i 6 e 8 anni che suggerisce un percorso didattico alla scoperta dell'energia attraverso la lettura di testi e di attività pratiche.

<http://www.eia.gov/kids/energy.cfm?page=1>

EIA mette a disposizione dei più piccoli questo portale dove navigare liberamente alla scoperta del mondo dell'energetica.

Energy2d - <http://energy.concord.org/energy2d/>

Si tratta di un software scaricabile gratuitamente per PC che permette la visualizzazione di fenomenologia legata a scambi energetici. Questo programma mette a disposizione un ambiente interattivo e di facile utilizzo per la creazione di sistemi fisici a piacere; esiste inoltre una libreria molto vasta di situazioni standard. La grande potenzialità di questo strumento si fonda sulla capacità di trattare sia casi studio 'didattici' riguardanti fenomeni fisici di base sia fenomeni appartenenti al quotidiano. Ecco due esempi:

conduzione di calore nei solidi: come è possibile osservare in figura 3.16, attraverso la creazione di due sorgenti di calore a temperatura fissa,

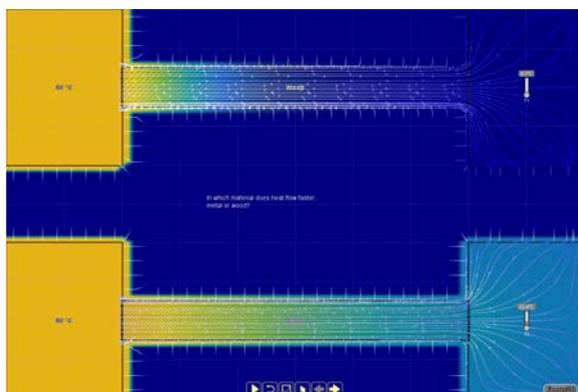


Figura 3.16: Immagine della simulazione condotta con *energy2d* per investigare la differente conducibilità termica di due materiali diversi.

è possibile visualizzare le linee di flusso di calore all'interno di due oggetti che le collegano tra loro e valutare l'importanza del concetto di capacità e di conduzione termica;

riscaldamento di un edificio: utilizzando come punto di partenza un tutorial che presenta il comportamento di una casa e un termostato durante le fasi di riscaldamento solare, si veda 3.17, è possibile modificare la struttura inserendo ulteriori termosifoni oppure, per esempio, valutare l'effetto della convezione e dell'irraggiamento separatamente, alternando l'eliminazione di uno e dell'altro aspetto osservando eventuali cambiamenti.



Figura 3.17: Immagine della simulazione condotta con *energy2d* per investigare il ciclo diurno di riscaldamento di una casa e il suo rapporto con il termostato.

Algodo - <http://www.algodo.com/>
Ambiente simulativo interattivo per la creazione e analisi di fenomeni fisici

legati alla meccanica. In questo programma trova spazio anche la trattazione dell'energia meccanica in quanto, in ogni fenomeno riprodotto, è possibile visualizzare i dati di velocità, accelerazione ed energia meccanica, suddivisa nei vari contributi in gioco. L'ampia libreria di simulazioni condivise da altre utenti offre l'opportunità di elaborare modelli elaborati basandosi su struttura pre-imposate.

Canali video Youtube

Sick Science: canale di youtube molto interessante per l'elevata qualità dei filmati e per la cura con cui si mostrano gli esperimenti condotti.

The Slow mo guys: canale video in cui di due ragazzi che si divertono a riprendere ad alta velocità tutta una serie di fenomeni di grande fascino. Proprio per questo motivo si possono trovare a fianco di esplosioni di palloncini o altri fenomeni di scarso interesse, delle vere perle come la ripresa di un tornado di fuoco che riscuote sicuramente grande fascino.

Veritasium: è un canale che presenta numerosi fenomeni fisici, ponendo particolare cura nell'esposizione didattica di quanto fatto e mostrando spesso argomenti controversi o misconcezioni.

How ridiculous: in questo canale, come spesso accade in internet, a fianco di numerosi video di scarsissimo interesse, volti solo a mostrare fatti curiosi, si possono trovare riprese di straordinario interesse. Si raccomanda la visione del video intitolato "Amazing Basketball Experiment! The Magnus Effect" per una visualizzazione di grande fascino dell'effetto Magnus su un pallone da basket.

Engineerguy: canale che raccoglie numerosi filmati di alta qualità video in cui viene spiegato il funzionamento di strumenti tecnologici. Di particolare effetto è l'apertura di ogni strumento presentato per mostrarne la struttura interna.

ASAP Science: canale che presenta video che prendono spunto da una domanda curiosa o da un fatto scientifico. Ciò che lo contraddistingue rispetto ai precedenti è l'utilizzo esclusivo di infografica per la veicolazione dei contenuti.

3.4.3 Simulazioni

Sono numerosi i siti web che propongono applet e strumenti per esperimenti virtuali o simulazioni. Non esistono siti espressamente dedicati all'energetica o che forniscono un percorso strutturato e monotematico. Molto spesso si possono trovare applet e simulazioni in alcuni siti internet che altro non sono che raccoglitori di esperimenti virtuali a tutto tondo. Di seguito ecco l'elenco di alcuni di essi:

<https://phet.colorado.edu/it/>

Celebre progetto che mette a disposizione di studenti e professori centinaia di simulazioni virtuali riguardo molteplici settori scientifici. Il sostegno di numerosi partner permette agli autori di PHET di offrire queste simulazioni gratuitamente a chiunque fosse interessato, dando la possibilità di scaricare gratuitamente tutto quanto offerto sul sito internet.

<http://www.falstad.com/mathphysics.html>

Sito internet che racchiude numerose applet virtuali che riguardano per lo più la visualizzazione di fenomeni fisici, tra i quali moti ondulatori di vari mezzi, campi elettrici e orbitali atomici.

<http://www.myphysicslab.com>

A questo link è possibile trovare simulazioni inerenti la meccanica.

<http://www.physicsclassroom.com>

Sito che offre simulazioni su molteplici aspetti legati alla fisica e test, basati sull'utilizzo di applet, con i quali gli studenti possono interagire e autovalutare le loro conoscenze.

<http://hypnagogic.net/sim/>

Raccolta di simulazioni riguardanti principalmente l'astronomia.

<http://www.walter-fendt.de/ph14i/>

Sito internet che racchiude numerose applet circa la maggior parte dei settori della fisica trattati presso una scuola secondaria di secondo grado. Offre simulazioni in lingua italiana e inglese e sia in linguaggio JAVA che HTML5.

3.4.4 Applet per tablet e smartphone (Android)

Di più recente nascita nel panorama delle simulazioni e dei software didattici possiamo trovare le applet per smartphone e tablet. L'elenco che segue ri-

guarda una serie di applicazioni per sistemi operativi Android. Le principali applicazioni trovate nel play store di Google riguardano testi di supporto ed eserciziari di fisica generale che, di conseguenza, propongono anche aspetti legati all'energetica. Non sono state individuate App specificatamente dedicate all'energetica. Le applicazioni migliori applicazioni sono:

- Physics solver
- Complete physics

Sono stati trovati alcuni software interamente dedicati all'energia. Si tratta di strumenti che si limitano a fornire analisi dei consumi di energia elettrica in ambito domestico. Queste applicazioni, elencate di seguito, offrono tabelle e schedari da compilare per poter tenere sotto controllo la propria spesa in termini di energia.

- EvoEnergy
- Electrical expending
- Energy Consumption Analyzer

3.5 Riassunto conclusivo

Istituzione scolastica: sebbene goda di numerosi privilegi comunicativi, l'educazione scientifica in contesto didattico si presenta con una salda tradizione di contenuti e metodologie che talvolta agisce da vincolo per l'ideazione di nuovi percorsi didattici. L'evoluzione della società e delle tecnologie a disposizione degli studenti richiedono lo sviluppo di tecniche e metodologie innovative, da affiancare a quelle tradizionali, tuttavia spesso in questo ambito la scuola è in ritardo. Si richiede una maggior contestualizzazione degli argomenti trattati, attraverso argomentazioni teoriche ed esercizi più vicini alla quotidianità degli studenti. Si ritiene necessario, inoltre, introdurre discussioni e analisi di sistemi complessi che permettano l'applicazione di quanto studiato e aiuti i ragazzi a utilizzare le proprie competenze in contesti estranei al contesto didattico canonico. Si ritiene, inoltre, che la indagine sperimentale sia spesso ridotta o presentata in una veste ben lontana dalla sua filosofia originale. L'utilizzo dei laboratori come dimostratori, infatti, non aiuta lo sviluppo del pensiero critico razionale ma, anzi, è ulteriore occasione di nozionismo;

Musei: la principale criticità riscontrata in molte delle sezioni di energia visitate riguarda la trattazione eccessivamente qualitativa di questo tema. Si cerca molto spesso di evitare lo sviluppo di percorsi e argomentazioni quantitative e l'assenza di personale che accompagna il

visitatore non offre spunto per la discussione e la costruzione di un pensiero ragionato. Al tempo stesso vi è un'esigua presenza di exhibit che espongono temi riguardo l'energetica, limitandosi all'esposizione dei macchinari storici o di pannelli discorsivi;

Festival della scienza di Genova: si tratta di una combinazione di contenuti di numerosi settori disciplinari e linguaggi diversi che si possono trovare tutti all'interno di un unico contenitore. La possibilità di incontrare personale qualificato e che lavora nel settore presentato è un ulteriore elemento di pregio per questo evento. Alcune note critiche possono essere il carattere estemporaneo di questa manifestazione e l'eccessiva offerta che porta ad un necessario parallelismo delle attività che non permette di fruire di tutto quanto è a disposizione e, al tempo stesso, disorienta il visitatore;

Materiale cartaceo e multimediale in contesto energetico esiste una vastissima offerta di strumenti attraverso i quali reperire informazioni. Si ritiene, addirittura, che l'offerta di libri e siti internet sia eccessiva e che possa disorientare una persona interessata ma non informata, rendendola incapace di distinguere uno strumento "corretto" da uno non adatto. La possibilità di avvalersi di applet, siti internet, simulazioni, blog e molto altro è sicuramente un aspetto molto positivo per questo settore di grande importanza. Sono a disposizione anche informazioni quantitative e ufficiali che permettono una maggior comprensione della complessità di questa realtà. Tuttavia, come si discute più in dettaglio in seguito, è stato riscontrato un mancato utilizzo di molti di questi strumenti, preferendo le chiacchiere da bar e l'informazione grossolana proposta dalla televisione per crearsi un'idea di quanto accade.

Capitolo 4

Indagini sul tema energia

Lo sviluppo di progetti didattici ed educativi efficaci ed innovativi non può prescindere da uno studio approfondito riguardo l'interesse e la cultura di base che possiedono i beneficiari a cui si intende rivolgere i propri sforzi. Per questo motivo nel corso dell'attività di ricerca sono state elaborate e condotte alcune indagini a campione che hanno coinvolto oltre 730 cittadini, di cui più della metà studenti di scuola secondaria di secondo grado. Le domande sono state pensate per investigare sia la preparazione puntuale degli intervistati riguardo tematiche disciplinari sia la loro conoscenza - o percezione - su argomenti di attualità che riguardano il tema dell'energetica.

Nel corso degli anni sono numerose le analisi e gli studi scientifico/pedagogici condotti circa la preparazione disciplinare degli studenti, di ogni ordine e grado, sul tema dell'energia. Per questo motivo, potendosi basare su questa vasta letteratura, si è preferito focalizzare lo studio qui esposto sull'analisi della preparazione degli intervistati su alcuni concetti concreti, parte della vita quotidiana.

L'indagine è stata condotta in due momenti, attraverso due questionari differenti che hanno coinvolto, in un primo caso, solamente studenti di scuola superiore di secondo grado e, in un secondo momento, cittadini generici.

Le domande proposte attraverso i questionari, presentati in allegato 2, sono raggruppabili in 5 distinte categorie:

1. *L'energia dal punto di vista scientifico/disciplinare*: questa serie di domande è volta ad indagare la conoscenza riguardo alcuni concetti nozionistici basilari appartenenti alla sfera scientifica. In numerosi occasioni, ad esempio libri, riviste o siti internet, è possibile sentire parlare di energia in termini impropri con riferimenti a forme non riconosciute nel panorama scientifico quali l'energia cosmica o spirituale. Queste credenze si contrappongono alla cultura scientifica, accusandola di scientismo e di non essere aperta a possibilità "scomode", sorvolando su uno dei suoi aspetti cruciali: la definizione del protocollo di misura di ogni grandezza d'interesse. Per questo si ritiene che la richiesta di de-

finire l'unità di misura dell'energia sia un indicatore prezioso, sebbene non definitivo, dell'approccio al metodo scientifico.

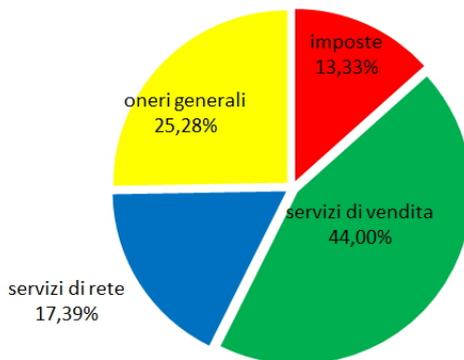


Figura 4.1: *Suddivisione del prezzo di una tipica bolletta dell'energia elettrica. Fonte [80].*

2. *L'utilizzo dell'energia nella nostra vita quotidiana*: ogni cittadino è utente di molte forme di energia - sia esso più o meno consapevole di ciò - e in questa sezione si vuole indagare la sua conoscenza, o percezione, riguardo tale utilizzo. Tra gli aspetti che ciascun utilizzatore dovrebbe avere sott'occhio circa l'energia elettrica è il costo di questo "strumento": mediamente assestato attorno ai 20 eurocent/kwh complessivi, esso può variare a seconda del tipo di contratto stipulato e del tipo di utenza (domestica residente, utente di maggior tutela o sul mercato libero, ecc). Questo valore è omnicomprensivo e, come è osservabile in figura 4.1, è composto di una quota energia, degli oneri generali¹, delle imposte e dei servizi di rete (voce che comprende anche il compenso delle perdite di rete).

Per poter discutere di consumi energetici correttamente è necessario basare le proprie opinioni su dati quantitativi circa il proprio consumo e Terna, l'ente preposto alla distribuzione dell'energia elettrica [81], offre un'interessante documentazione a riguardo. Analizzando i dati riguardanti il 2013 (anno di riferimento per l'indagine condotta) mediamente ogni cittadino italiano annualmente ha a disposizione circa 5200 kwh, separato tra i vari utilizzi secondo quanto proposto nel grafico 4.2. Ciò implica che quotidianamente ognuno di noi utilizza circa 3.2 kwh in ambito domestico, 0,3 kwh per l'agricoltura, 6 kwh per l'industria e 4,7 kwh per il settore terziario. Vi è da sottolineare che

¹Che comprendono, tra le varie voci, un contributo per l'incentivo all'utilizzo di fonti rinnovabili, una quota per lo smaltimento delle centrali nucleari e delle tasse per permettere allo stato di agevolare alcuni utilizzatori particolari quali l'industria e le ferrovie dello stato, [80]

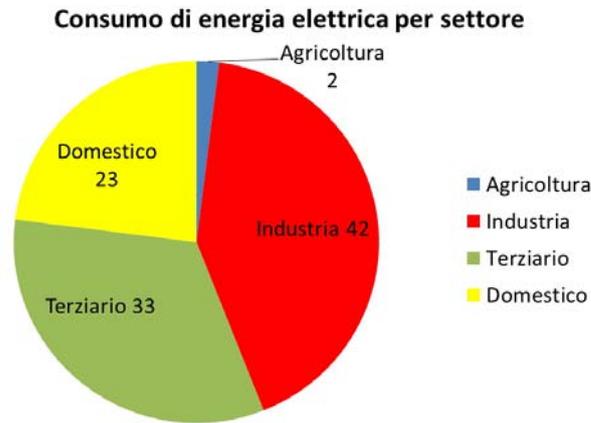


Figura 4.2: *Suddivisione del fabbisogno italiano di energia elettrica per settori di utilizzo.*
Fonte [81]

questi sono unicamente i dati di utilizzo dell'energia elettrica, analizzando i dati proposti dal Ministero per lo sviluppo economico [82], si può osservare che la quota di energia è il 19% del consumo globale, come rappresentato in figura 4.3.

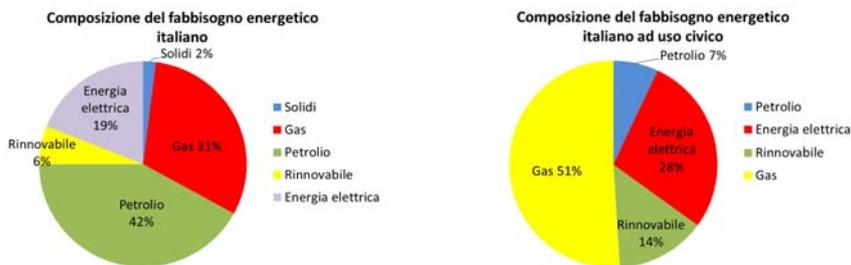


Figura 4.3: *Fabbisogno energetico italiano per fonte.* Fonte [81].

Analizzando più in dettaglio quanto accade in contesto domestico[83], separando il consumo energetico per utilizzo, si può osservare che la voce principale riguarda la climatizzazione invernale, che richiede circa il 55% dell'energia, circa il 30% è legato all'utilizzo di energia elettrica, mentre il restante è legato alla produzione di acqua calda.

3. *Il sistema italiano di produzione di energia elettrica:* sono numerose le notizie diffuse da giornali e servizi televisivi che riguardano la produzione italiana di questo vettore e spesso non vengono seguite da riferimenti e dati che permettono una verifica delle affermazioni condotte. Analizzando nuovamente i dati pubblicati da Terna riguardo

la produzione italiana di energia elettrica, è stato rilevato² che la percentuale prodotta da fonti rinnovabili è del 30% mentre l'importazione dall'estero si assesta attorno al 13%.

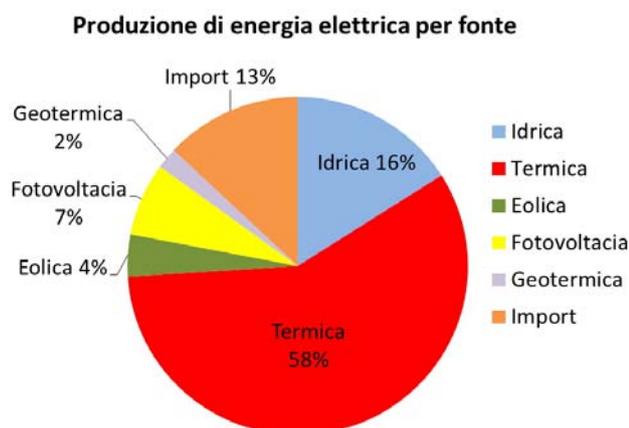


Figura 4.4: *Suddivisione della produzione di energia elettrica nel 2013 per fonte. Fonte [81].*

4. *Le risorse rinnovabili e il sistema terra:* la discussione riguardo la sostenibilità ambientale e la diminuzione dell'impatto dell'uomo sull'ambiente non può prescindere da una minima comprensione di quali siano le dinamiche basilari che muovono il sistema Terra. È necessario riconoscere l'estrema dipendenza del nostro ambiente dall'illuminazione solare, che permette la crescita delle piante (parte delle cosiddette biomasse), dà luogo al ciclo dell'acqua e ai venti, che sono origine alle onde.
5. *La presenza dell'energia elettrica nella nostra vita:* le strategie adottabili da ogni cittadino per una riduzione del consumo energetico e un miglioramento dell'efficienza energetica, due obiettivi del piano Europa 2020 [84], possono dare maggiori frutti se sono affiancate alla consapevolezza di alcune caratteristiche connesse al consumo energetico. Per quanto riguarda l'energia elettrica, una delle problematiche di maggior rilevanza, anche per la ricerca scientifica, riguarda l'impossibilità di accumulare questo vettore energetico e la conseguente necessità di produrlo nel momento del bisogno. Ciò pone seri limiti organizzativi nella struttura di distribuzione dell'energia elettrica, ad esempio [85], la produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili intermittenti, quali fotovoltaico ed eolico, non può soddisfare l'intero fabbisogno per evitare interruzioni di servizio in caso di improvvisa assenza di produzione.

²Talvolta con sorpresa anche da parte dell'autore, che aveva una percezione completamente differente a riguardo

4.1 Sulla consapevolezza degli studenti

4.1.1 Lo stato dell'arte

Il tema dell'energia e di come l'uomo abbia imparato a sfruttare questo concetto fisico per i propri scopi è uno dei contenuti centrali della formazione di ogni studente. È stato già discusso in precedenza di quale sia l'importanza di questo concetto, l'elevata attualità che lo contraddistingue e il carattere multidisciplinare che lo rende di estremo interesse.

Quanto emerge dagli studi che hanno analizzato gli approcci didattici riguardanti l'energia e le annesse difficoltà di comprensione ed interiorizzazione, [86] [87] [88] [89], è che nonostante gli sforzi didattici condotti e l'attenzione posta dagli insegnanti nella comunicazione in questo settore, gli studenti che si confrontano con questo concetto interpretano quanto detto attraverso molteplici e variegati modelli alternativi che rendono talvolta inefficace la comunicazione insegnante-studente e ne complicano l'apprendimento. Questi modelli mentali nascono indipendentemente dalle capacità comunicative del docente e dalla strategia didattica adottata per sottolineare il fatto che l'energia è unicamente uno strumento intellettuale, ossia un numero che viene definito in alcune condizioni speciali che ha il grandissimo pregio di essere costante in un sistema isolato³. Questo punto di vista astratto rimane distante e artificioso per molti studenti. È stato rilevato in numerosi studi che il processo cognitivo necessario alla comprensione dei fondamenti scientifici legati all'energia è un passaggio molto difficile che non tutti gli studenti di scuola superiore riescono ad affrontare, richiedendo grande capacità di astrazione e l'abilità di pensare trasversalmente agli schemi imposti dal curriculum, per collegare tra loro fenomenologie fisiche appartenenti ad ambiti differenti. Per ovviare a questa difficoltà cognitiva, il modello alternativo più comune che viene creato dagli studenti è quello di un entità quasi-materiale posseduta dai corpi che viene scambiata nel corso delle azioni che avvengono. Questo modello è molto insidioso poiché può condurre ad una serie di misconcezioni e fraintendimenti ben noti alla fisica quale, per esempio, il fluido calorico [91] o la necessità di sfruttare un mezzo materiale per la trasmissione di energia e la conseguente definizione dell'etere.

Nonostante le difficoltà concettuali, il tema energia è un argomento che suscita un grande interesse negli studenti, soprattutto a causa della sua importanza nella vita di tutti i giorni. Questa grandezza fisica, infatti, non è solo coinvolta nella risoluzione di problemi che i ragazzi incontrano nel loro percorso formativo, ma è presente al di fuori dei testi di studio trovando ampio rilievo anche in contesti extrascolastici. Non stupisce quindi che tra le numerose sperimentazioni didattiche condotte nelle scuole, i progetti che si sono rivelati più efficaci siano basati sull'applicazione dei concetti disciplinari studiati alla risoluzione di problemi collegati alla vita quotidiana, in

³Come magistralmente enfatizzato da R. Feynmann in [90].

un approccio CBL [92]. Questi progetti, come quello condotto e analizzato da I. Testa [93], hanno evidenziato un grande interesse e coinvolgimento da parte dei ragazzi e, tramite un confronto con classi campione, una maggior efficacia nell'apprendimento dei contenuti disciplinari tradizionali.

Le evidenze che spingono verso una didattica contestualizzata [94] ed i benefici riscontrati per questa metodologia non sembrano avere molto riscontro. Nelle istituzioni scolastiche si ritrovano ancora forti contrasti e ostacoli all'inserimento permanente nel curriculum scolastico di moduli didattici sviluppati con un approccio CBL. Nell'incontro con la fisica permane un importante utilizzo della didattica frontale, basata sul supporto del libro di testo e, talvolta, uno sporadico utilizzo del laboratorio, in un approccio all'apprendimento legato ad argomenti ottocenteschi e alla risoluzione di problemi standardizzati e immutati da decenni. Solo raramente si trovano percorsi che richiedono agli studenti di ideare proprie strategie risolutive e metodi di indagine – che possono liberamente rivelarsi fallaci – per l'applicazione di quanto è stato appreso ad un problema proveniente dal contesto quotidiano.

Sebbene questa critica possa essere ritenuta valida per tutti gli argomenti di fisica, per il tema energia la necessità di una contestualizzazione assume una maggior rilevanza. Il risparmio energetico, lo sfruttamento di fonti energetiche rinnovabili, l'adozione di comportamenti a basso consumo e l'utilizzo di strumenti ad alta efficienza energetica sono solo alcune delle priorità globali del nostro presente, di cui ogni studente deve essere consapevole.

4.1.2 L'indagine condotta nel dottorato

L'indagine sviluppata durante il dottorato è stata progettata per sondare quale sia la preparazione degli studenti di scuola secondaria di secondo grado riguardo a temi collegati alla vita quotidiana. Si è voluto focalizzare lo studio sul comprendere se l'istruzione scolastica fornisca elementi disciplinari che i ragazzi riescono a trasportare nel loro quotidiano, per affrontare con competenza la vita di ogni giorno ed essere cittadini consapevoli. Come è stato osservato in precedenza, l'energia è tra i temi che più si presta a questo ponte con la vita quotidiana e, al tempo stesso, è un argomento che richiede una profonda cultura scientifica per una comprensione scevra da concetti e contenuti pseudoscientifici.

Il questionario che è stato ideato è basato su Google Forms[©], modulo di Google accessibile a chiunque abbia la possibilità di connettersi ad internet e abbia un account Google [95]. Si tratta di uno strumento pratico che permette di progettare un questionario ed inoltrare un invito alla compilazione attraverso l'invio via mail di un link. La compilazione avviene direttamente via web, non richiede che l'invitato abbia un account Google e i risultati vengono automaticamente organizzati in un foglio Excel.

Gli alunni che hanno partecipato all'indagine sono stati raggiunti prevalentemente attraverso un passa parola condotto via mail che, in alcuni casi,

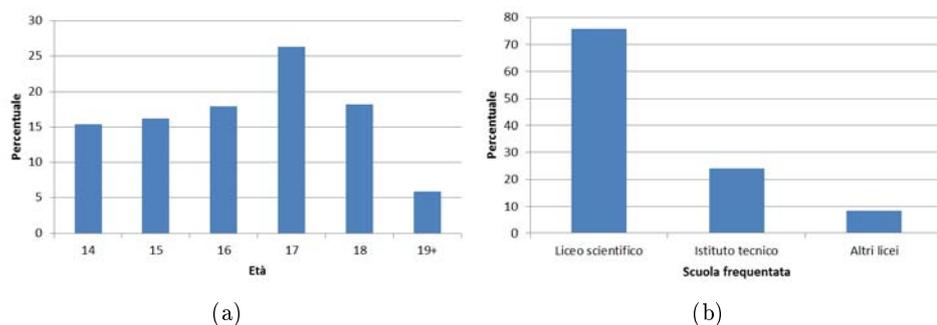


Figura 4.5: *Profilo di età (a) e scuola di provenienza dei partecipanti (b).*

ha trovato la collaborazione di alcuni docenti di fisica per ottenere maggior diffusione. La compilazione del questionario è stata completamente anonima e volontaria.

Il questionario sviluppato, presente in formato integrale nell'Allegato 1, ha proposto ai partecipanti 10 domande a risposta multipla e 4 a risposta aperta. All'indagine hanno partecipato approssimativamente 370 studenti di scuola superiore della provincia di Trento, di età compresa tra i 14 e i 19 anni. Il 51% degli studenti coinvolti sono ragazze. Gli studenti intervistati attraverso il questionario studiano in 10 differenti istituti provinciali: sono stati coinvolti prevalentemente studenti di licei scientifici, come è possibile osservare da figura 4.5, ma hanno partecipato anche alunni di altri istituti, in particolare di istituti tecnici industriali e commerciali.

4.1.3 I risultati

Gruppo 1: l'energia dal punto di vista scientifico/disciplinare

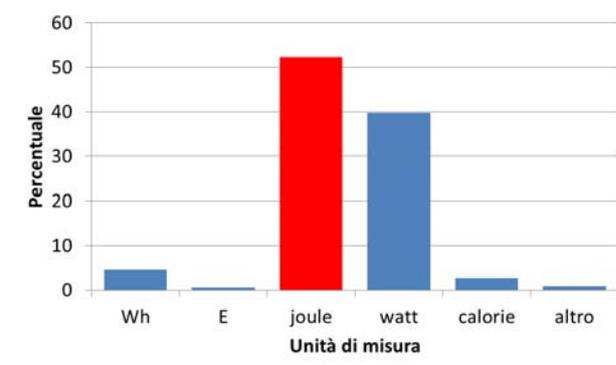


Figura 4.6: *Risposte ottenute alla domanda 'Qual'è l'unità di misura dell'energia riconosciuta dal Sistema Internazionale?'. In rosso la risposta corretta.*

In figura 4.6 è possibile osservare le risposte ottenute alla domanda 2. L'unità di misura è un tema che sicuramente ogni studente ha incontrato – o incontrerà - nel suo percorso di studi e, per questo, le risposte mostrano un buon impatto della scolarizzazione. Nonostante le risposte globali appaiano suddivise equamente tra *joule* e *watt*, analizzando lo spettro di età delle risposte si può osservare un positivo impatto dell'educazione scientifica, visibile in figura 4.7. Raggiunti i 16 anni, tipica età nella quale si introduce il concetto di lavoro ed energia, la percentuale di risposte corrette aumenta sensibilmente. È comunque importante osservare che, a dispetto dello studio e degli sforzi didattici, a nessuna età è presente un totale accordo tra gli studenti.

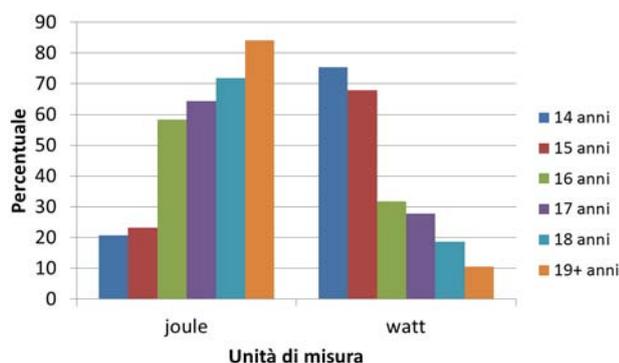


Figura 4.7: *Analisi della distribuzione dell'età degli studenti che hanno risposto 'joule' e 'watt'.*

Se si analizzano queste risposte in base al tipo di scuola frequentata dai partecipanti si può evidenziare una maggior percentuale di risposte corrette dagli studenti scientifici (60%) rispetto a studenti di istituto tecnici o licei non scientifici⁴ (22%).

Per investigare più a fondo il concetto di unità di misura ed osservare la capacità degli studenti di collegare questo concetto ad aspetti di vita quotidiana, la domanda 5 ha richiesto di scegliere – tra varie possibilità – quale sia la potenza disponibile nella propria abitazione. Poco più del 50% dei partecipanti ha fornito la risposta corretta⁵ mentre il 20% degli intervistati ha risposto che la potenza utilizzabile nelle loro case è 3 kWh, confondendo l'unità di misura dell'energia e della potenza. Per analizzare in dettaglio il grado di confusione tra energia e potenza si è osservato quali siano le risposte fornite alla domanda precedente, riguardo l'unità di misura dell'energia, da

⁴Vi è da sottolineare che gli spettri di età dei due gruppi sono molto simili tra loro.

⁵Tra le varie possibili risposte solo 3 kW rappresenta un tipico valore di potenza utilizzabile in un contesto domestico. Tutte le altre proposte sono valori che non corrispondono a possibili potenze ammesse dal principale commerciante di energia elettrica trentino, Trenta S.p.A.

coloro che han risposto 3 kWh. Si possono osservare i risultati proposti in figura 4.8. Coloro che non hanno saputo distinguere il concetto di potenza ed energia in un contesto concreto si suddividono equamente tra la scelta di joule e watt nell'indicare l'unità di misura dell'energia. Sostanzialmente è stata tirata una monetina e scelto casualmente quale delle due potesse essere. Anche l'analisi sulla distribuzione di età mostra una confusione distribuita lungo tutto il corso degli studi.

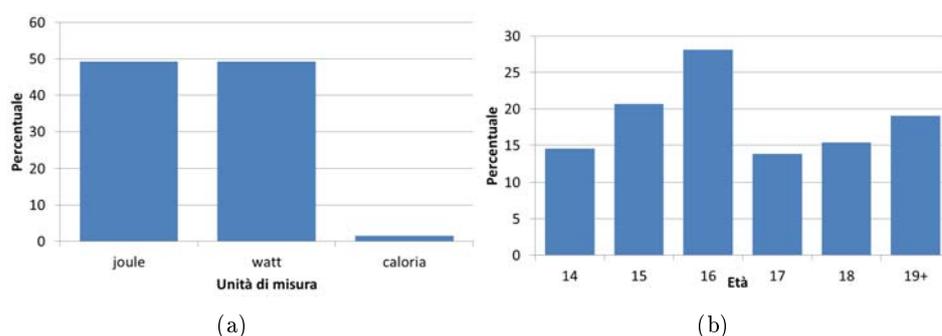


Figura 4.8: *Analisi della risposta fornite alla domanda 1 (a) e del profilo di età (b) degli studenti che hanno affermato di avere 3 kwh di potenza disponibile.*

Apparentemente gli studenti ritrovano difficoltà nella definizione della corretta unità di misura ed non si interrogano circa quanto appreso in contesti quotidiani. Sebbene sia chiaramente visibile un positivo effetto legato all'alfabetizzazione scientifica, questa difficoltà permane in ogni grado scolastico.

In figura 4.9 è possibile osservare la distribuzione di età degli studenti che hanno risposto correttamente ad entrambe le precedenti domande. Come precedentemente osservato, si nota un incremento legato alla scolarizzazione. Tuttavia in nessun caso, siano essi studenti del primo o del quinto anno, si raggiunge il 50% dei partecipanti in grado di dare entrambe le risposte corrette.

Il terzo e ultimo quesito appartenente a questa categoria, la domanda 6, è a risposta aperta e richiede di spiegare brevemente la differenza tra energia e potenza. I partecipanti con meno di 16 anni, che tipicamente non hanno ancora affrontato tali argomenti, hanno mostrato una quasi totale incapacità di formulare una risposta. Circa il 20% di essi hanno preferito evitare di dare replica alla domanda, lasciando in bianco il campo corrispondente o esplicitando la difficoltà con un secco *“non so”* o con ammissione di colpa *“perdonate la mia ignoranza nel settore, non mi sono mai documentato”*⁶.

⁶Questa risposta non è stata un caso unico. Sono state raccolte numerose perifrasi da parte di altri partecipanti che hanno evidenziato la stessa difficoltà facendo emergere, nel contempo, la sensazione di trattare un tema di grande importanza e interesse del quale ognuno dovrebbe avere qualche nozione.

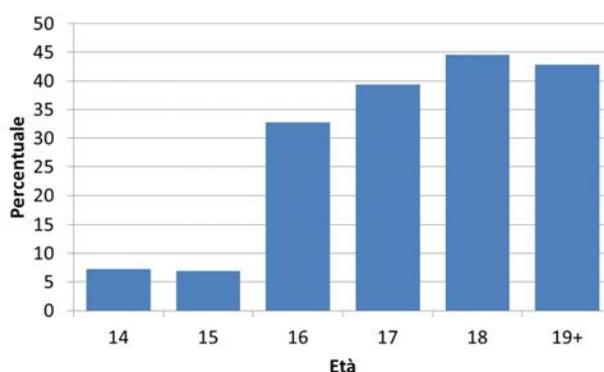


Figura 4.9: *Profilo di età degli studenti che hanno risposto correttamente alle domande 1 e 2.*

Leggendo alcune delle risposte fornite dagli studenti con meno di 16 anni si può trovare ulteriore conferma della gran confusione presente a riguardo: *“energia è qualcosa che ti permette di utilizzare degli oggetti e poterli animare, la potenza invece è l’energia inespressa”*

“L’energia può essere elettrica, mentre la potenza non si usa per creare energia ma è l’energia stessa”

“secondo me la potenza è una conseguenza dell’ energia, mentre l’ energia è ciò che la genera”

Altre risposte da studenti coetanei, invece, hanno evidenziato una primitiva idea di potenza ma espressa in modo scientificamente sgrammaticato e inefficace. Una tipica perifrasi che è stata fornita come risposta al posto di *quantità di energia assorbita/ceduta in un intervallo di tempo* chiama in causa impropriamente il concetto di forza con cui si utilizza l’energia:

“la potenza è quanta forza deve avere un elettrodomestico per funzionare”

“la potenza è la forza che un oggetto ha, l’energia è un insieme di diversi fattori, la luce, il calore...che vengono emanati”

“Energia=cìò che ci serve per compiere qualsiasi cosa, la Potenza misura la forza con cui esprimiamo la nostra energia”

Gli studenti con più di 16 anni interpellati in questa indagine hanno risposto con maggiore frequenza a questa domanda, sebbene circa il 35% di essi forniscano risposte insoddisfacenti o palesino un’evidente incomprendimento:

“energia è qualcosa che sprigiona calore potenza è qualcosa che ti permette di usare l’energia”

“l’energia è ciò che serve per alimentare gli apparecchi elettrici e la potenza è quello che consumano”

“L’energia è qualcosa di concreto (il lampo, ad esempio), mentre la potenza

è qualcosa di astratto”

Molte risposte corrette riportano le classiche definizioni da libro scolastico, presentando pedissequamente quanto studiato riguardo il legame tra potenza e lavoro:

“la potenza è l’energia su secondo”

“La potenza si misura in watt ed è l’energia consumata in un secondo”

“Potenza=energia/tempo”

Non si sono ricevute rielaborazioni personali di questi concetti.

Seppur presenti in numero esiguo, sono interessanti da menzionare alcuni tentativi di contestualizzare il concetto di energia e potenza negli aspetti della vita domestica quotidiana:

“Energia è la fonte che utilizzi per far funzionare un apparecchio, la potenza è la quantità di energia che utilizzo, e ogni apparecchio può sopportarne una massima” (18 anni)

“energia è tipo la luce di casa, potenza è quanta luce fa la luce di casa. più è potente meglio è!” (18 anni)

“L’energia è un insieme di elettroni che passando per un cavo producono appunto energia. La potenza è la quantità di forza che (nel caso dell’energia) utilizza l’energia nel passare nel cavo” (17 anni)

“L’energia serve per far funzionare gli elettrodomestici, mentre la potenza è la quantità di energia che serve per far funzionare un elettrodomestico; infatti varia.” (15 anni)

È di particolare interesse notare che, sebbene non specificatamente richiesto, molti partecipanti all’indagine hanno autonomamente cercato un collegamento con la loro quotidianità, con l’utilizzo di energia elettrica e con quegli strumenti a cui giornalmente ci si riferisce parlando di potenza ed energia. Tuttavia, questo interesse nel funzionamento degli elettrodomestici non si accompagna ad una consapevolezza reale di quanto accade in essi e di come si distinguano energia e potenza nel funzionamento di un generico strumento.

Gruppo 2: l’utilizzo dell’energia nella nostra vita quotidiana

Questo secondo gruppo di domande è stato sviluppato per investigare se l’istruzione scolastica fornisca agli studenti strumenti e nozioni utili - ed utilizzate - per l’indagine e la comprensione della vita quotidiana. Si vuole comprendere se sia attivo il processo di educazione alla cittadinanza scientifica.

Alla domanda 3 più del 75% degli studenti sottostima il costo dell'energia elettrica e solo il 24% dei partecipanti ha risposto correttamente⁷, vedi figura 4.10. È interessante notare che più del 40% degli studenti sottostima il prezzo di uno o due ordini di grandezza rispetto al valore reale e, sebbene questo non sorprenda, è comunque un fatto degno di nota. Non è un risultato stupefacente in quanto nessuno studente di scuola secondaria di secondo grado si occupa del pagamento delle bollette e, allo stesso tempo, in nessun contesto scolastico si affrontano argomenti connessi ad economia domestica o tali per cui si trattino questi temi. Tuttavia, sebbene a scuola non si ricevano informazioni riguardo al prezzo dell'energia elettrica, ogni studente ne è utilizzatore e dovrebbe conoscerne il costo - almeno l'ordine di grandezza. Sottostimare di due ordini di grandezza il costo di un qualsiasi bene non è da poco. Per fare un paragone che concretizzi cosa significhi, si pensi al valore di un'auto, che possiamo assumere sia 15.000 euro, sottostimarne il prezzo di due ordini di grandezza equivale a pensare che esso sia 150 euro. Nessun libro di testo insegna quale sia il prezzo di un'auto, ma è plausibile ritenere che nessuno studente possa pensare che sia 150 euro. Nonostante questa percentuale di risposte scorrette non stupisca, è degno di nota che nel contesto dell'energia elettrica è socialmente ammesso che non si sappia stimarne il prezzo.

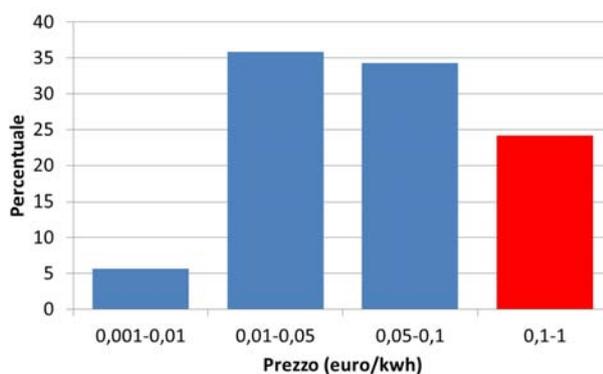


Figura 4.10: Risposte alla domanda 'Quanto costa, mediamente, un kwh di energia elettrica?'. In rosso la risposta corretta.

Le risposte ottenute alla domanda 4, vedi figura 4.11, mostrano una prevalenza di preferenze per il valore considerato sensato, secondo quanto discusso ad inizio capitolo, se riferito prettamente al contesto domestico⁸.

⁷Valore non molto entusiasmante in quanto si tratta della percentuale che si otterrebbe se i partecipanti rispondessero casualmente tra le 4 opzioni proposte.

⁸Se si analizzasse il fabbisogno di energia elettrico pro capite complessivo - tenendo conto anche dei servizi, dei trasporti e dell'industria - una famiglia di 4 persone necessita di circa 50 kwh/giorno.

Nonostante la distribuzione delle risposte sia centrata attorno al valore corretto, essa ha una varianza molto ampia, con circa il 60% delle risposte scorrette.

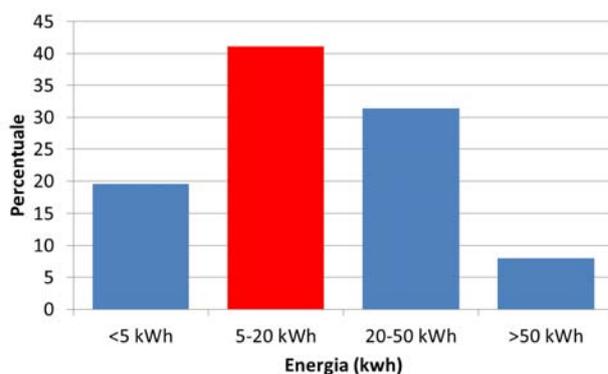


Figura 4.11: *Risposte alla domanda 'hai un'idea di quale sia il fabbisogno medio giornaliero di energia elettrica di una famiglia italiana?'. In rosso la risposta corretta.*

Le domande 7 e 8 sono state progettate per indagare la percezione degli studenti sull'utilizzo dell'energia in ambito domestico. Tali quesiti richiedevano di ordinare cinque attività domestiche in funzione del consumo di energia e dell'assorbimento di potenza. Le cinque attività selezionate sono: *riscaldamento, cottura e conservazione cibi, svago, illuminazione, pulizia*. Come è possibile osservare in un esempio mostrato in figura 4.12, la distribuzione delle risposte è piatta, con preferenze ripartite equamente tra le possibilità offerte. Non è possibile, quindi, estrapolare una classifica dei consumi energetici per queste azioni domestiche. Questo suggerisce che l'istruzione scolastica non fornisca strumenti utili per l'analisi della vita quotidiana o che stimolino la curiosità negli studenti.

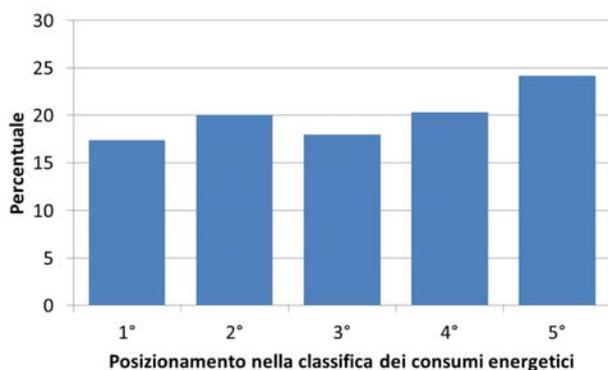


Figura 4.12: *Preferenze fornite per l'attività 'Illuminazione' circa il consumo energetico rispetto alle cinque azioni domestiche proposte. Il primo posto riguarda l'attività a maggior consumo energetico e al quinto l'attività a minor consumo.*

Gruppo 3: il sistema italiano di produzione di energia elettrica

A questa sezione appartiene la domanda 10, riguardo la produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili. Si è scelto questa domanda per l'elevata attualità del tema e la risonanza mediatica rivolta ad esso.

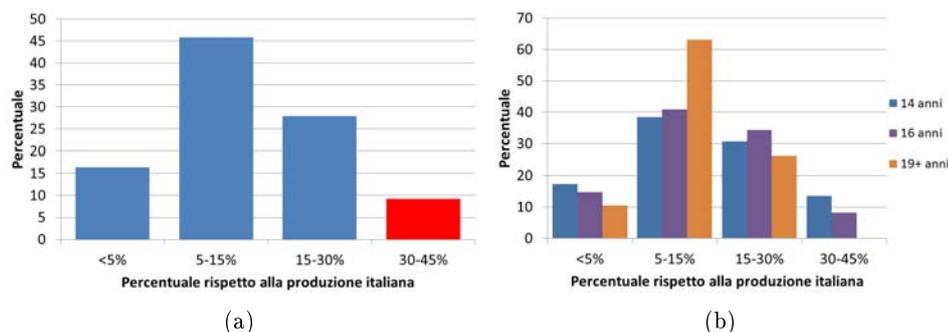


Figura 4.13: In figura (a) le risposte alla domanda 'Hai idea di quale sia, rispetto alla produzione italiana globale, la percentuale di energia elettrica prodotta da fonti rinnovabili in Italia nell'ultimo anno?'. In rosso la risposta corretta. In figura (b) la distribuzione delle stesse risposte al variare dell'età.

Analizzando le risposte pervenute, si veda figura 4.13, gli studenti sotto-stimano il sistema di produzione di energia elettrica italiano. Nel 2013 il 33% dell'energia elettrica generata in Italia è stata prodotta da fonti rinnovabili [81] e circa il 90% degli studenti ha sotto-stimato tale valore. Analizzando i risultati in base alla distribuzione di età delle risposte, non è evidente nessun miglioramento legato alla scolarizzazione ma, anzi, al crescere dell'età la varianza della distribuzione delle risposte diminuisce, stringendo la curva attorno al valore 5-15%. La scuola, quindi, non si dimostra un'istituzione educativa in grado di fornire ai propri studenti informazioni riguardo temi di grande attualità in ambito energetico, qual è la produzione da fonti rinnovabili. L'educazione scientifica didattica si rivela distante da alcune problematiche della vita quotidiana del panorama energetico e dalla cultura di base che dovrebbe essere fornita ad un cittadino consapevole.

Gruppo 4: le risorse rinnovabili e il sistema terra

Data l'importanza del tema *fonti energetiche*, si sono sviluppate due ulteriori domande a riguardo: la 9 e la 11. Le risposte ottenute alla richiesta di identificare, tra varie opzioni, le fonti rinnovabili ha evidenziato che la quasi totalità degli studenti riconosce l'energia solare, il vento e l'energia idroelettrica, con percentuali vicine al 90%. Maree ed energia geotermica hanno raccolto il 75% delle preferenze mentre le biomasse il 54%. È singolare il

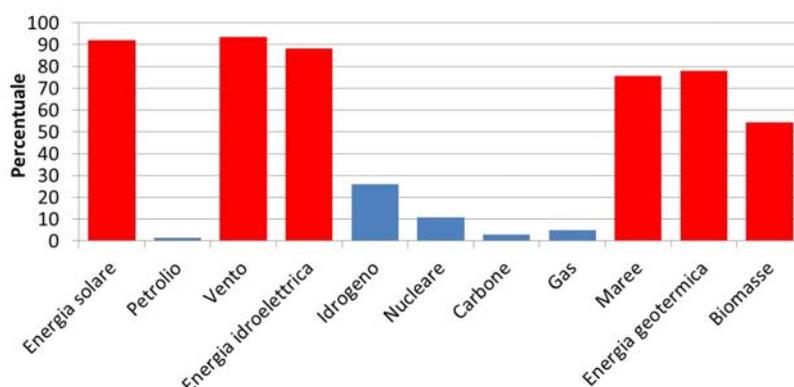


Figura 4.14: Risposte alla domanda 'indica, tra le seguenti, quali sono le fonti energetiche rinnovabili'. In rosso le risposte corrette.

fatto che le biomasse, categoria a cui appartiene anche il legno, non vengano riconosciute come fonti energetiche rinnovabili da quasi uno studente su due. Un'ulteriore aspetto di interesse è che circa il 25% dei partecipanti individua l'idrogeno come fonte energetica rinnovabile, non distinguendo il concetto di fonte da quello di vettore energetico.

Quanto investigato con questa domanda sono dei tipici temi trattati nel corso di scienze dalle scuole secondarie di primo grado. A quanto pare nel trattare questi argomenti non è stata fornita una conoscenza approfondita, lasciando alcune lacune. Osservando la sostanziale invarianza delle risposte ottenute al variare dell'età, si è riscontrato che nel proseguo della vita formativa di uno studente questi concetti non sono più affrontati e chiariti. Nei corsi di fisica delle scuole secondarie di secondo grado, infatti, si tratta l'energia da un punto di vista formale e prettamente disciplinare, soffermandosi sulla definizione dell'energia cinetica e potenziale, sul concetto di lavoro e calore, ma questi concetti non vengono contestualizzati a sufficienza.

Le risposte alla domanda 11 sono esposte in figura 4.15. Come è possibile osservare esiste molta confusione riguardo al funzionamento del sistema Terra-Sole. Circa il 50% dei partecipanti ritiene che il vento e l'energia idroelettrica non dipendano dal Sole e il 35% che nemmeno le biomasse siano collegate all'attività della nostra stella. Analizzando queste risposte in base all'età degli studenti non si evince alcun andamento che potrebbe suggerire un miglioramento collegato all'educazione scientifica ricevuta a scuola.

Gruppo 5: la presenza dell'energia elettrica nella nostra vita

In un'ulteriore domanda a risposta aperta si è richiesto di elencare altri "fabbisogni energetici" oltre l'energia elettrica, ottenendo risposte dal 60% dei partecipanti all'indagine.

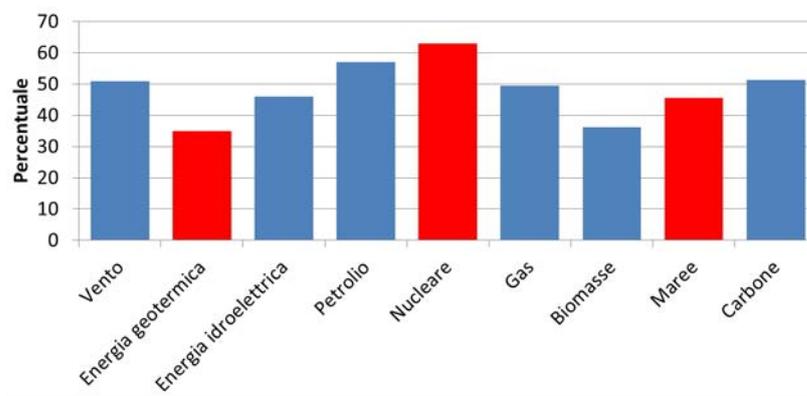


Figura 4.15: Risposte alla domanda ‘quali di queste fonti da cui produciamo energia NON arriva, anche indirettamente, dallo sfruttamento dell’energia del sole?’. In rosso le risposte corrette.

A questo quesito il 10% delle risposte ottenute affermavano di non saper fornire risposta o di non comprendere la domanda. Le restanti risposte possono essere suddivise in due categorie. Il primo gruppo, 15% dei dati raccolti, racchiude quelle frasi che elencano attività o bisogni che non hanno connessione diretta il fabbisogno di energia oppure che sono completamente scollegati dalla produzione/utilizzo di energia:

“macchina bici sci....nn so” (14 anni)

“cantare, ballare” (14 anni)

“pannelli fotovoltaici” (14 anni)

“tecnologia (generale)” (15 anni)

“quando si sta al sole.. l’energia che si recupera quando si dorme” (15 anni)

“Il cibo, l’attività fisica...” (16 anni)

“Idrica” (17 anni)

Queste risposte evidenziano più gradi di incomprensione. In primo luogo un’incapacità di utilizzare e decodificare correttamente il linguaggio scientifico utilizzato, confondendo il termine “fabbisogno di energia” con “attività fisica” o “strumento”. In secondo luogo queste risposte mostrano una debole comprensione del contenuto scientifico di questa domanda, non sapendo quali siano fonti energetiche o sostanze che forniscono energia e quali no. Alla seconda categoria appartengono le risposte pertinenti dal punto di vista scientifico:

“siamo dipendenti dal gas (metano), per il riscaldamento e per cucinare, siamo dipendenti dal petrolio per la benzina delle automobili” (16 anni)

“energia che prendiamo dai cibi” (17 anni)

“Riscaldamento; Movimento (mezzi di trasporto); Anche il cibo può essere considerato, poiché richiede energia per produzione e trasporto e conserva-

zione” (17 anni)

Tuttavia talvolta le risposte ottenute si presentano eccessivamente decontestualizzate e scritte in forma confusa e riduttiva. Alcuni esempi:

“gas, riscaldamento”

“energia meccanica”

“energia termica-cibo”

“cibo, acqua, sole, calore, meccanica, cinetica, attrito, normale”

“energia termica del gas per cucinare, la benzina per le auto”

Molte risposte pervenute individuano solo alcuni dei fattori che compongono il fabbisogno complessivo di un essere umano moderno e solo il 36% di esse individua esplicitamente il cibo come un reale fabbisogno energetico.

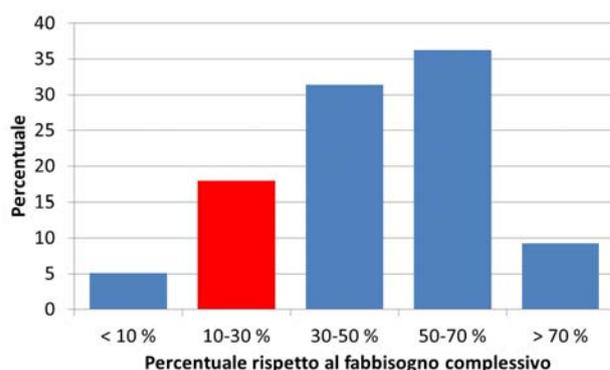


Figura 4.16: Risposte alla domanda ‘All’interno del consumo totale di energia, riusciresti a dare una stima di quale sia la percentuale di energia elettrica?’. In rosso le risposte corrette.

In figura 4.16 è possibile osservare le risposte alla domanda 15. La distribuzione ottenuta è centrata sul dato 50-70%, con più del 75% dei risultati sopra il valore “vero”, 20%.

La partecipazione alla domanda aperta “Cosa non cambierebbe nel tuo stile di vita se ci fosse un black-out di un mese?” è stata molto alta, ottenendo risposta da circa il 95% degli studenti, dimostrando come sia elevato l’interesse per questo argomento. È ritenuto interessante notare che circa il 45% delle risposte non ha mostrato preoccupazione per l’alimentazione, non realizzando che in assenza di energia elettrica la semplice e basilare attività di mangiare subirebbe grandi variazioni, soprattutto per quanto riguarda l’acquisto e la conservazione del cibo.

4.1.4 Commenti e riflessioni

L'analisi delle risposte ottenute a questa indagine offre alcuni spunti di riflessione. Si trattano di osservazioni di rilevanza strategica per l'autore della tesi poichè su queste criticità sono stati basati alcuni dei progetti presentati in seguito, volti alla ricerca di una soluzione per uno o più punti qui elencati:

- l'istruzione scientifica scolastica riesce a fornire alla maggior parte degli studenti dei contenuti disciplinare che vengono correttamente interiorizzati. Vi è da dire che, nonostante gli sforzi didattici, non si è certi di riuscire ad istruire ogni studente, permane una parte di essi che non riesce ad acquisire nemmeno concetti base come l'unità di misura di una grandezza fisica.⁹;
- in questa indagine è stata rilevata una gran confusione tra gli studenti riguardo la differenza tra energia – elettrica o di altro genere – e potenza, in particolare per quanto riguarda il funzionamento degli elettrodomestici. Le nozioni didattiche rimangono spesso circoscritte alla sfera scolastica e non vengono applicate in contesti concreti. Non si forniscono agli studenti strumenti che li aiutino ad interpretare con maggior competenza la loro quotidianità;
- l'impatto della scolarizzazione, evidenziato dalle risposte del primo gruppo, mostra un divario tra le abilità medie di un alunno di liceo - che ha maggior occasione di incontrare discipline scientifiche – e di uno studente di altra formazione. Vi è da sottolineare, inoltre, che esiste una tipologia di ragazzi che non sono stati raggiunti dal questionario, in particolare coloro che hanno abbandonato il ciclo scolastico oppure hanno seguito un percorso professionalizzante. Per tutta questa classe di cittadini non vi sarà ulteriore occasione di formazione scientifica obbligatoria e, conseguentemente, di incontrare quelle discipline che li possano istruire nei confronti di tematiche importanti. Vi è la necessità di anticipare l'introduzione di questo concetto in ambito scolastico, in particolare nel percorso secondario di primo grado;
- i quesiti che hanno richiesto di evidenziare le differenti necessità di energia e potenza di alcune attività domestiche ha permesso di evidenziare sia l'ignoranza riguardo queste stime semi-quantitative, sia l'incapacità di elaborare una propria stima. Apparentemente molti studenti saprebbero calcolare la potenza assorbita da uno strumento se proposto in un contesto didattico standard attraverso problemi classici, ma

⁹Concetto che, sebbene non sia tra i più eccitanti ed entusiasmanti della fisica, è di fondamentale importanza per il ruolo centrale che assume in questa disciplina. L'unità di misura, infatti, prevede la necessità di definire ogni grandezza fisica, la determinazione di una procedura operativa concordata con la comunità per la misura e l'importanza stessa della quantificazione di una grandezza.

pochi di loro hanno idea di come applicarlo in un contesto domestico concreto;

- si rende necessaria anche una nota linguistica/comunicativa. In molti casi gli studenti hanno palesato difficoltà nel comprendere le domande e le risposte fornite sono spesso state presentate in forma sgrammaticata. Le risposte sono state spesso insoddisfacenti anche dal punto di vista del senso scientifico:
 - sono state comparate grandezze fisiche differenti “L’energia è una forza”
 - sono state date definizioni tautologiche “la potenza è una caratteristica di una forza che indica la sua potenza.”
 - sono state fornite definizioni attraverso esempi molto specifici che non permettono di comprendere il concetto generale di cui sta parlando “la potenza è l’illuminazione della lampadina”
 - sono state fornite definizioni folkloristiche che non hanno nessun significato scientifico e non forniscono nessuna procedura – matematica o sperimentale – che possa permettere di ottenere un’idea concreta di cosa sia il concetto trattato “L’energia è qualcosa che mette in moto, mentre la potenza viene assorbita”
- l’analisi della percezione degli studenti riguardo il sistema di produzione di energia elettrica italiano ha evidenziato una sottostima delle sue caratteristiche e prestazioni. Le informazioni in possesso degli studenti coinvolti nel questionario sono imprecise e non basate su dati quantitativi. Ciò evidenzia sia una scarsa cultura degli studenti, sia quanto già affermato più volte riguardo il distacco dalla quotidianità da parte dell’istruzione scolastica;
- sebbene molti canali di informazione mostrino il tema delle risorse energetiche come una sfida per la nostra società, questa indagine ha reso evidente che a livello scolastico in nostri studenti sono distanti e impreparati rispetto a quanto accade nel quotidiano riguardo questo tema. È stata evidenziata una debole conoscenza circa argomenti di centrale importanza quali il ruolo del sole per la produzione delle fonti energetiche oppure il grado di penetrazione dell’energia elettrica nel nostro stile di vita;
- l’incapacità di collegare l’azione del sole alla produzione delle fonti energetiche utilizzate mostra una forte difficoltà di applicare in uno studio concreto quanto appreso nei contesti scolastici. Il percorso che dalla luce solare porta alla formazione delle onde marine, per esempio, richiede di saper gestire concetti di elettromagnetismo, termodinamica, ottica,

fluidodinamica e meccanica. Questo processo richiede sia la conoscenza di specifici contenuti disciplinari sia l'abilità di saper organizzare le proprie conoscenze in un quadro d'insieme coerente. Questo approccio multi disciplinare apparentemente trova poco spazio nell'istituzione scolastica.

4.2 Cittadinanza scientifica

4.2.1 L'indagine

Vista l'importanza di questo tema è stata sviluppata una seconda indagine che è stata sottoposta, attraverso mail e l'invio di messaggi attraverso social network, a quanti più cittadini è stato possibile. La partecipazione al questionario, su base volontaria e anonima, ha raccolto più di 330 risposte con una suddivisione tra uomini e donne rispettivamente del 52 e 48%. In figura 4.17 è riportata la distribuzione di età e il livello di istruzione dei partecipanti.

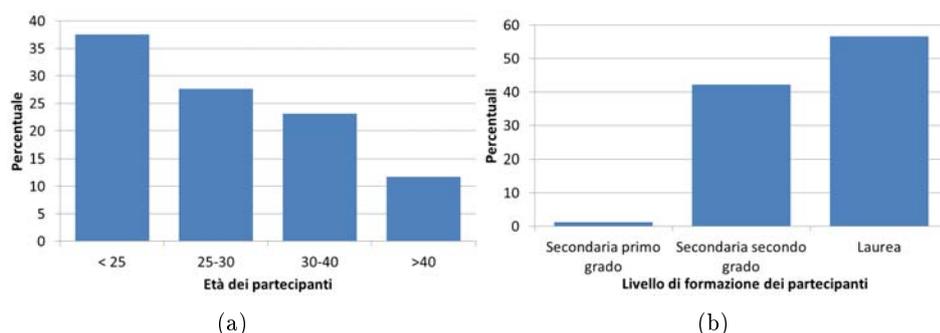


Figura 4.17: *Istogrammi che espongono la distribuzione di età dei partecipanti all'indagine (a) e il loro livello di istruzione (b).*

4.2.2 I risultati

Avendo coinvolto attraverso questa indagine partecipanti di estrazioni sociali e formazioni molto differenti tra loro, l'analisi delle risposte ottenute si presta ad essere valutata da numerosi punti di vista. Per questo motivo per ogni risposta sono presentati i risultati globali, senza soffermarsi su analisi legate a particolari sottogruppi di cittadini intervistati. In un secondo momento, qualora sia ritenuto di interesse, sono esposte ed analizzate le stesse risposte evidenziando ulteriori aspetti, quali il livello e la tipologia di istruzione oppure per età dei partecipanti.

In particolare una suddivisione che si utilizza frequentemente riguarda la

separazione della formazione dei partecipanti in ‘scientifica’ e ‘non scientifica’. Si sono raggruppate all’interno della categoria ‘scientifica’ le seguenti formazioni:

biologia	ingegneria
chimica	matematica
economia	scienze
fisica	ambientali
geologia	statistica
informatica	licei scientifici

Sono state raggruppate nella categoria ‘non scientifica’ tutte le formazioni secondarie di secondo grado che non sono esplicitamente licei scientifici e le restanti formazioni universitarie.

Gruppo 1: l’energia dal punto di vista scientifico/disciplinare

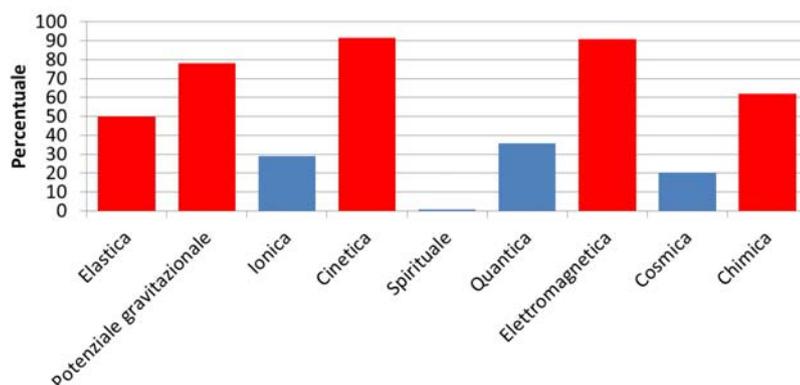


Figura 4.18: Risposte alla domanda ‘indica, tra le seguenti opzioni, quali sono le forme di energia riconosciute dalla scienza’. In rosso le risposte corrette.

In figura 4.18 è possibile osservare le risposte ottenute alla domanda 2. Si rileva un’elevata percentuale di preferenze anche tra i distrattori inseriti. In particolare riceve quasi il 40% delle preferenze l’energia quantica. Queste risposte evidenziano una carenza della cittadinanza nel saper riconoscere i concetti scientifici riconosciuti dalla comunità e i concetti “bufala” propri di credenze pseudo-scientifiche.

Analizzando queste risposte suddividendo in partecipanti in base alla formazione, si veda figura 4.19, è confortante osservare un impatto positivo dei corsi scientifici. Gli intervistati che provengono da una formazione scientifica forniscono mediamente risposte più corrette, rispetto a coloro che hanno frequentato scuole di stampo meno scientifico. Tuttavia vi è da sottolineare

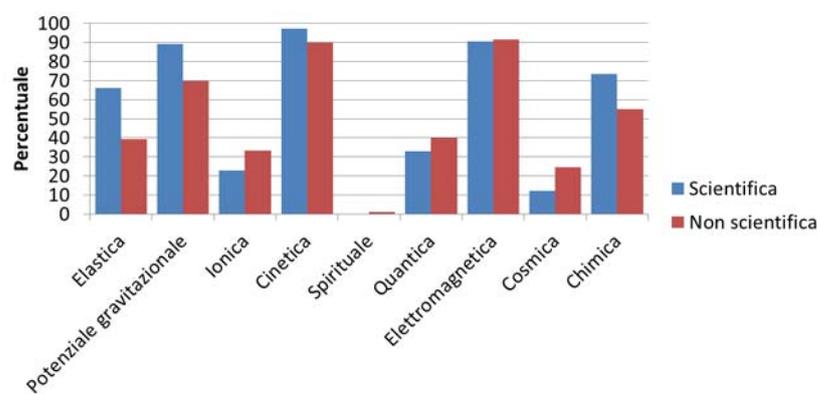


Figura 4.19: *Analisi in base alla formazione dei partecipanti all'indagine delle risposte fornite alla domanda 2.*

che nemmeno coloro che sono stati formati in ambito scientifico forniscono risposte totalmente soddisfacenti. Quasi il 20% degli intervistati di formazione scientifica individua l'energia ionica e l'energia quantica come energia riconosciuta dalla scienza e un 10% cita l'energia cosmica.

Gruppo 2: l'utilizzo di energia nella vita quotidiana

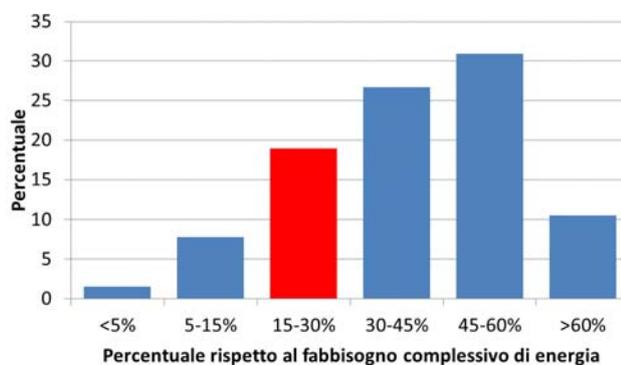


Figura 4.20: *Risposte alla domanda 'In rapporto al consumo annuale di energia di una generica persona italiana (energia elettrica, benzina, gas, ...), potresti stimare quale sia la percentuale di energia ELETTRICA utilizzata?'. In rosso le risposte corrette.*

In figura 4.20 è possibile osservare le risposte alla domanda 12, riguardante la percentuale di energia elettrica rispetto al consumo complessivo, utilizzata mediamente. Analogamente a quanto osservato con l'analisi precedentemente esposta, gli intervistati sovrastimano il bisogno di energia elettrica con una distribuzione delle risposte piccata attorno all'intervallo 45-60%. L'analisi in base alla formazione dei partecipanti non ha evidenziato una so-

stanziale differenza tra chi ha seguito una formazione scientifica e chi no.

Le domande 10 e 11 hanno richiesto ai partecipanti di stilare una classifica tra cinque azioni domestiche sulla base del consumo di energia e della potenza assorbita. Le cinque azioni sono le stesse individuate per l'indagine sugli studenti: *illuminazione, cottura e conservazione cibi, pulizia, strumenti di svago, riscaldamento*.

Il questionario ha ricevuto un riscontro più positivo rispetto all'inchiesta esposta in precedenza, riuscendo ad ottenere distribuzioni tali da poter estrapolare una preferenza¹⁰. Sia per quanto riguarda il consumo di energia sia per l'assorbimento di potenza si sono ottenute delle classifiche sensate rispetto ai valori ipotizzati come corretti, dimostrando che esiste una percezione corretta riguardo i consumi energetici in ambito domestico.

Gruppo 3: il sistema italiano di produzione di energia elettrica

Il terzo gruppo di domande è stato progettato per indagare la percezione comune riguardo il sistema italiano di produzione di energia elettrica, settore generalmente ritenuto di particolare criticità per l'economia italiana. Per investigare quale sia la percezione comune a riguardo sono stati ideati i quesiti numero 5 e 8.

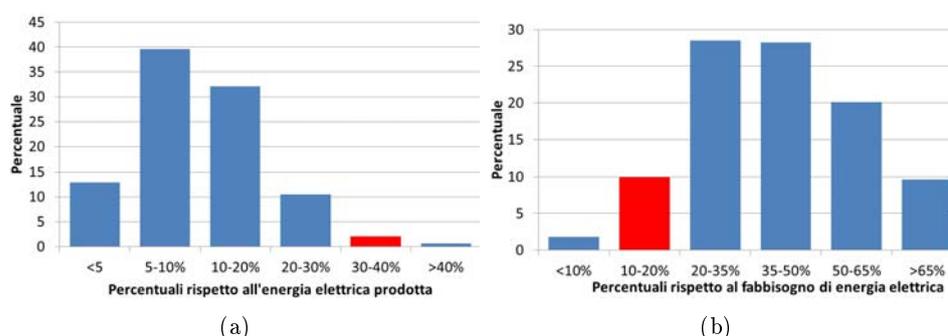


Figura 4.21: Risposte alle domande 'potresti dare una stima di quale sia la percentuale di energia elettrica prodotta da fonti rinnovabili in Italia nell'ultimo anno, rispetto alla produzione nazionale di tale energia?' (a) e 'Potresti stimare, rispetto al fabbisogno italiano, quale percentuale di energia elettrica importiamo?.' (b). In rosso le risposte corrette.

Come è possibile osservare dai grafici 4.21 che rappresentano le distribuzioni delle risposte alle due domande di questo gruppo, il sistema di produzione italiano viene generalmente sottostimato. Circa l'85% dei cittadini intervistati ritiene che l'Italia produca meno del 20% dell'energia elettrica da fonti rinnovabili e che importi più del 20% dell'energia elettrica utilizzata

¹⁰Vi è comunque da sottolineare che le distribuzioni ottenute hanno varianza molto ampia, con un picco assestato mediamente al 40% delle preferenze.

dall'estero. Un'analisi delle risposte ottenute in funzione della formazione dei partecipanti all'indagine non ha evidenziato differenze tra coloro che hanno ricevuto un'educazione scientifica e gli altri intervistati. Si tratta di una percezione presente trasversalmente alla formazione scolastica e all'età posseduta.

Gruppo 4: Le risorse rinnovabili e il sistema terra

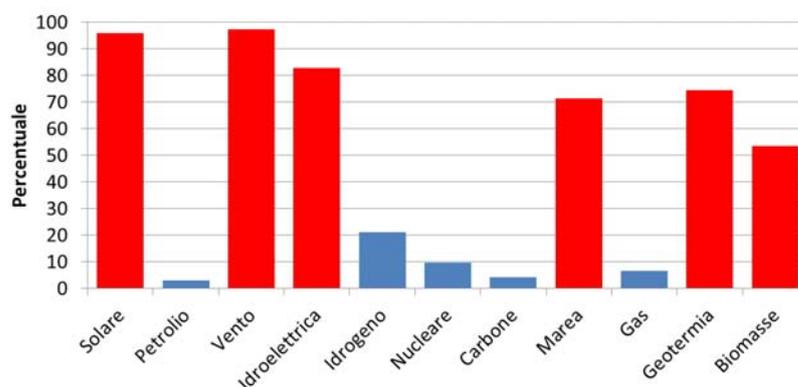


Figura 4.22: Risposte alla domanda 'indica, tra le seguenti opzioni, quali sono le fonti energetiche rinnovabili'. In rosso le risposte corrette.

In figura 4.22 si riportano le risposte alla domanda 3. Le fonti rinnovabili che sono maggiormente riconosciute, con una percentuale vicina al 90%, sono solare, eolico ed idroelettrico, probabilmente le tre fonti più discusse e presenti nei media di informazione. È di maggior interesse osservare che le biomasse - ossia il legno, la fonte energetica per antonomasia sfruttata dall'essere umano - sono state riconosciute quali fonti rinnovabili solo da un partecipante su due. Una percentuale inferiore addirittura a marea e geotermia.

Circa il 20% dei partecipanti ha individuato l'idrogeno come fonte energetica, dimostrando di non conoscere la differenza tra fonte e vettore energetico.

Analizzando le risposte ricevute in base alla formazione degli intervistati è possibile estrapolare interessanti osservazioni. In figura 4.23 sono proposte le preferenze per l'opzione idrogeno separandole in base alla formazione dei partecipanti. Apparentemente una formazione scientifica non assicura una corretta informazione riguardo a questo tema di stampo scientifico ma potrebbe aumentare il grado di confusione.

Osservando le risposte ottenute per le opzioni marea, geotermia e biomasse, riportata in figura 4.23, è possibile riscontrare una maggior preferenza per coloro che hanno formazione scientifica, con un leggero aumento per chi ha

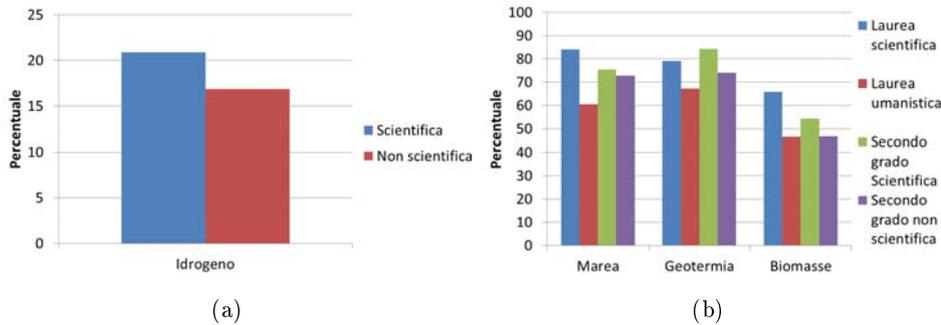


Figura 4.23: In (a) si propone le risposte ottenute per l'opzione 'idrogeno' separate per formazione dei partecipanti. In (b) la stessa analisi riguardante le opzioni 'geotermia' 'marea' e 'biomasse'.

proseguito la propria educazione con un percorso di laurea scientifica. È altrettanto interessante osservare che coloro che hanno portato avanti la loro formazione con un percorso di laurea non scientifico, forniscono meno risposte corrette degli intervistati che hanno terminato la loro formazione alla fine di una scuola secondaria di secondo grado di carattere non scientifico.

Vi è da rimarcare nuovamente che queste indagini non sono condotte su argomenti specialistici ma, anzi, riguardano domande attuali che trovano ampio spazio nei media e sui quali spesso, da cittadini, siamo incentivati a ragionare. Sebbene sia confortante osservare che una formazione scientifica sia d'aiuto, si ritiene importante rimarcare che proseguire la propria formazione attraverso studi umanistici non dovrebbe comportare il trascurare argomenti che sono base per il bene comune, quali la produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili.

Le risposte alla domanda 4, proposte in figura 4.24, permettono di rilevare una scarsa conoscenza di quale sia l'influenza dell'energia solare sul sistema Terra. Sebbene la fonte nucleare venga individuata dal 70 % dei partecipanti, l'energia geotermica e le maree (le restanti risposte corrette) hanno ottenuto delle preferenze percentuali equiparabili alle altre opzioni proposte. È emblematico che una persona su due non riconosca nell'energia idroelettrica l'influenza del sole, la risorsa idrica infatti ha ricevuto più preferenze rispetto alla fonte eolica. Analizzando le risposte in base al percorso formativo dei partecipanti non si deducono ulteriori informazioni a riguardo. Le risposte fornite a questa domanda da chi ha un trascorso formativo in ambito scientifico sono di pochi punti percentuali migliori di chi proviene da un contesto umanistico, non si rilevano i miglioramenti che si potrebbe sperare.

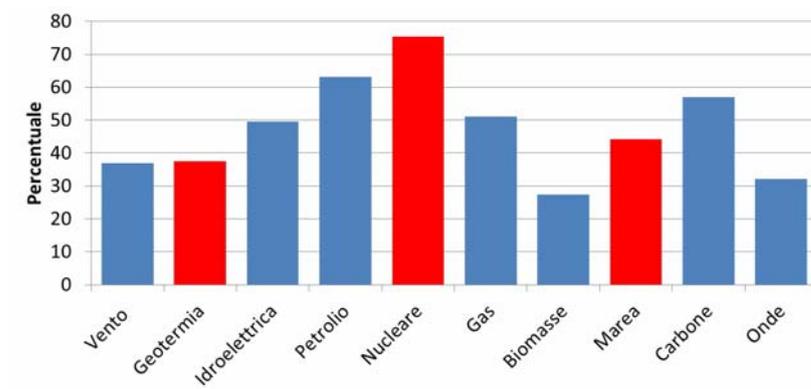


Figura 4.24: Risposte alla domanda ‘quali di queste fonti energetiche NON deriva, anche INDIRETTAMENTE (pensando a come si crea tale fonte, per esempio), dallo sfruttamento dell’energia del sole?’. In rosso le risposte corrette.

Gruppo 5: la presenza dell’energia elettrica nella nostra vita

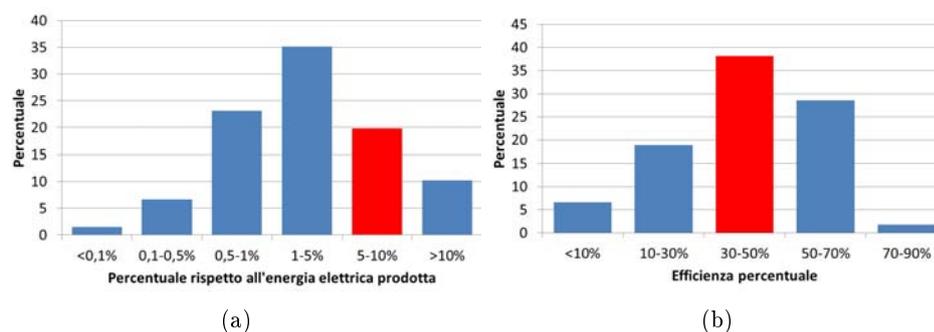


Figura 4.25: Risposte alle domande ‘Potresti stimare, rispetto al fabbisogno Italiano, quale sia la percentuale di energia elettrica che perdiamo nella rete durante il trasporto?’ (a) e ‘Immaginando di immettere in una centrale termoelettrica 100 Joule di energia, potresti stimare quanta di essa viene convertita in energia elettrica?’ (b). In rosso le risposte corrette.

In figura 4.25 sono proposte le risposte ottenute alle domande 6 e 9. Si può osservare, in entrambi i casi, una distribuzione centrata verso un valore vicino al valore reale. Tuttavia, in entrambi i casi, le distribuzioni hanno una varianza molto alta, per la quale il picco non supera il 40% delle preferenze.

Per quanto riguarda le risposte alla domanda 7, proposte in figura 4.26, il quadro è più complesso: solo poco più del 50% degli intervistati individua le centrali idroelettriche. Si può osservare, inoltre, che quasi il 50% degli intervistati afferma che i pannelli fotovoltaici abbiano la capacità di accumulare energia e il 25% che è possibile utilizzare in questo senso anche le centrali eo-

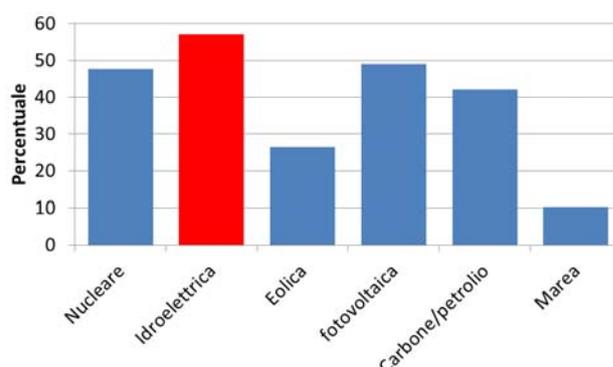


Figura 4.26: *Risposte alla domanda ‘ indica, tra le seguenti opzioni, quali centrali hanno la possibilità di accumulare energia nei periodi in cui la domanda di energia elettrica è bassa, per produrla a comando nel momento del bisogno’. In rosso le risposte corrette.*

liche. Apparentemente vi è una grande confusione riguardo il meccanismo di funzionamento delle centrali, osservazione che impone una riflessione anche sugli altri risultati ottenuti in questa sezione. Secondo l’opinione dell’autore esistono almeno due possibili interpretazioni di questo risultato:

- Il meccanismo di conversione e utilizzo dell’energia elettrica non è sufficientemente chiaro. Nell’ambito dell’utilizzo dell’energia elettrica l’accumulo questo vettore è la criticità maggiore da superare per poter utilizzare su larga scala e con il massimo dell’efficacia le fonti rinnovabili solare ed eolica. Infatti, trattandosi di fonti strettamente legate all’azione del sole, esse sono vincolate ai ritmi naturali/meteorologici che, spesso, non coincidono con i ritmi della nostra società. Conoscere questa peculiarità nella produzione di energia è un fattore fondamentale per comprendere verso quali settori è indirizzata la ricerca tecnologica e quali siano i fattori limitanti nella diffusione di centri di produzione da fonte rinnovabile.
- La domanda, formulata nel modo seguente “indica, tra le seguenti opzioni, quali centrali hanno la possibilità di accumulare energia nei periodi in cui la domanda di energia elettrica è bassa, per produrla a comando nel momento del bisogno (più di una risposta possibile)” è fonte di ambiguità e non è stata compresa adeguatamente e le risposte fornite devono avere un’interpretazione differente da quella attesa. Ad esempio, potrebbero essere state date preferenze alla centrale a carbone/petrolio in quanto si ritiene possa “rallentare” la propria produzione, accumulando barili di petrolio, in periodi di abbondanza energetica – interpretando erroneamente il rallentamento come un accumulo di energia – per poi riprendere a pieno ritmo in periodi di magra. Que-

sto secondo scenario offre comunque uno spaccato interessante per due motivi. Il primo riguarda l'incapacità di elaborare un testo a carattere scientifico, rendendo necessari dei percorsi di sensibilizzazione riguardo l'utilizzo del linguaggio scientifico e la sua interpretazione. Il secondo riguarda nuovamente una scarsa conoscenza del sistema di produzione in quanto alcune delle risposte non possono comunque trovare spiegazione in un problema linguistico: i pannelli fotovoltaici non possono accumulare luce solare, o producono energia elettrica oppure sono spenti e chi "comanda" è unicamente la disponibilità di luce sole. Si ritiene d'interesse, in una futura indagine, riproporre il seguente quesito con una maggiore cura nella scrittura della domanda per tutelarsi da una possibile errata interpretazione.

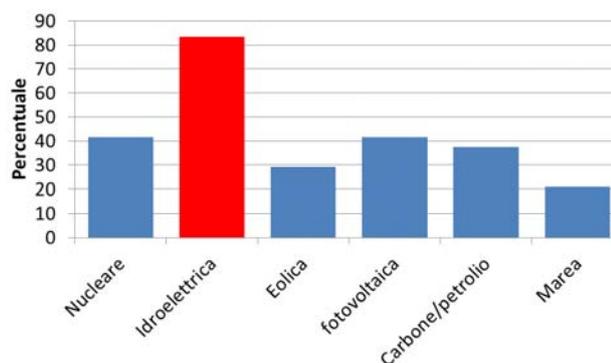


Figura 4.27: Risposte alla domanda ‘ indica, tra le seguenti opzioni, quali centrali hanno la possibilità di accumulare energia nei periodi in cui la domanda di energia elettrica è bassa, per produrla a comando nel momento del bisogno’. In rosso le risposte corrette.

L'analisi delle risposte separando i risultati in funzione della formazione dei partecipanti al questionario non mostra evidenti segnali di una miglior interpretazione a questa domanda. Come esempio, si osservi la figura 4.27 che propone le risposte ottenute dagli intervistati che hanno seguito o stanno seguendo un percorso di laurea in fisica. Sebbene essi individuino con maggior frequenza la centrale idroelettrica, forniscono preferenze a tutte le tecnologie dimostrando o un'incorretta interpretazione della domanda ¹¹ o una mancanza di preparazione riguardo questo tema.

¹¹L'autore ritiene che una possibile fonte di mis-interpretazione riguarda l'idea che sia possibile l'accumulo di energia elettrica in batterie. Ad oggi, tuttavia, siamo ancora lontani dall'aver a disposizione sistemi di accumulo così sofisticati per la distribuzione su grande scala. Inoltre, interpretando in quest'ottica la domanda, la soluzione dell'accumulo in batterie è valida per ogni tipologia di centrale e, quindi, la domanda perde di significato.

4.2.3 Commenti e riflessioni

Le risposte presentate nel paragrafo precedente offrono numerosi spunti di riflessione:

- è interessante osservare che si ripropone la sovrastima riguardo l'importanza dell'energia elettrica nel nostro stile di vita rilevata nell'indagine precedente. Si continua a sottostimare l'impatto di tecnologie che si fondano principalmente su altre fonti (autotrasporti e riscaldamento in primo luogo) evidenziando l'incapacità di stimare questi contributi;
- la richiesta di classificare il consumo energetico e la potenza assorbita delle azioni domestiche ha mostrato un netto miglioramento rispetto alle risposte – casuali – ottenute dall'indagine che ha coinvolto gli studenti. Le risposte ottenute sono coerenti con quanto corrisponde alla realtà. Ciò suggerisce che queste percezioni siano legate all'esperienza quotidiana, slegata dal contesto educativo, e che apparentemente non introduce misconcezioni;
- le risposte riguardanti la percezione sul sistema di produzione e trasporto di energia elettrica italiano ha mostrato che esiste una forte sottostima di quanto avviene nel nostro Paese. I cittadini intervistati spesso non hanno idea di quali siano le caratteristiche del nostro sistema, di quali siano i valori in gioco, ma basano le proprie percezioni su informazioni ottenute attraverso notizie non basate su dati oggettivi. Le tipiche affermazioni di eccessiva dipendenza dalle fonti non rinnovabili ed eccessiva dipendenza dall'importazione di energia elettrica dall'estero spingono i cittadini a ritenere inefficace il nostro sistema e a immaginare uno scenario peggiore della realtà;
- di particolare importanza è il tema dello sfruttamento delle fonti fossili e la necessità di variare il sistema di produzione di energia elettrica, ad ora basato sull'utilizzo di fonti fossili, verso l'utilizzo di risorse rinnovabili. Tuttavia, nonostante sia un tema trattato quasi quotidianamente dai vari canali comunicativi, non vi è una corretta comprensione di quali siano le fonti rinnovabili e di quali siano i meccanismi base di produzione di tali fonti. La possibilità di comprendere la dinamica di formazione di una fonte permette di seguire con maggiore chiarezza tutto il processo di utilizzo di questa risorsa e, quindi, di accrescere la personale competenza in un tema di centrale importanza.
- sebbene sia possibile che talune domande fossero ambigue e lasciassero spazio a molteplici interpretazioni, attraverso questa indagine, è stata rilevata una difficoltà di analisi e comprensione delle domande proposte, evidenziando una generale incapacità di interpretazione e decodifica del linguaggio scientifico di base utilizzato per la formulazione delle domande.

4.3 Comparazione delle due indagini svolte

Comparando le risposte ottenute dalle due indagini proposte in precedenza si possono osservare alcune somiglianze. Le distribuzioni di alcune risposte sono molto simili e ciò suggerisce che si trattino di quesiti che indagano argomenti slegati dalla formazione dagli intervistati. Un esempio è la richiesta di stimare la percentuale di energia prodotta in Italia da fonti rinnovabili, figure 4.13 e 4.21, o l'individuazione delle fonti che non dipendono dal sole, figure 4.15 e 4.24. Il confronto tra queste risposte suggerisce che si trattino di risposte basate su idee e preconetti che sono stati sviluppati in un contesto distaccato dall'istituzione scolastica, per i quali il processo formale di educazione scientifica ha svolto un ruolo minore.

Queste indagini suggeriscono che la formazione riguardante queste tematiche venga lasciata alla buona volontà del singolo e ai sistemi di informazioni quali TV e giornali che, tuttavia, non sembrano fornire un quadro corrispondente al vero.

Il confronto delle risposte fornite per alcuni tipi di domande – si pensi alla richiesta di fornire una classifica di alcune azioni domestiche in base ai consumi energetici - hanno permesso di osservare un'evoluzione nella percezione verso uno scenario corretto. L'esperienza quotidiana di utilizzo di strumenti domestici, la necessità di pagare le bollette – ottimo strumento per quantificare i consumi - permette la formazione di una percezione coerente con i valori “corretti”. In questi casi l'istruzione scolastica pare indifferente a questi temi e non sembra fornire ai propri studenti né nozioni né strumenti concreti utili all'interpretazione della vita quotidiana.

Capitolo 5

Progetti didattici/divulgativi

In questo capitolo si presentano i progetti sviluppati nel percorso di dottorato. Le attività proposte sono state ideate sulla base dei risultati e delle riflessioni che sono maturate nel corso della ricerca condotta e presentati nei capitoli precedenti. Queste osservazioni sono, quindi, la chiave di lettura con cui interpretare le attività presentate, in quanto ne hanno definito obiettivi - didattici e scientifici - e metodologie.

Nell'esposizione di ciascuno dei progetti si propone la stessa struttura di presentazione per agevolarne la lettura.

Si segue il seguente schema:

Criticità: osservazioni e riflessioni che hanno condotto allo sviluppo del progetto e ne hanno determinato metodologie e tecniche comunicative;

Scheda progetto: esposizione della scheda progetto;

Il progetto e la sperimentazione: descrizione del progetto e della sperimentazione condotta;

Risultati: esposizione dei risultati ottenuti in fase di sperimentazione;

Sviluppi futuri: discussione riguardo alle strategie di sviluppo di questi progetti.

5.1 Exhibit museale “Centrale idroelettrica”

5.1.1 Criticità

Le criticità che hanno condotto allo sviluppo del seguente progetto, espone nel corso dei due precedenti capitoli, sono le seguenti:

Studio fine a se stesso: si è evidenziata la percezione da parte degli studenti di dedicarsi a fatti e materie che non presentano un reale collegamento con la società. Gli alunni ritengono di studiare formule e

nozioni spesso inutili nel contesto quotidiano e che non forniscono strumenti efficaci per l'interpretazione della realtà quotidiana. Infine, in un contesto scientifico/tecnologico, molto raramente gli studenti vengono coinvolti in progetti e attività che presentano ricadute tangibili per la società.

Studio troppo teorico : è stata evidenziata una scarsa proposta di progetti che permettono agli studenti di attivarsi in prima persona e svolgere attività di “ricerca” in autonomia con contenuti di loro interesse. Molto spesso i laboratori vengono utilizzati come dimostratori e le attività di problem solving che vengono proposte sono per lo più i classici problemi da libro di testo, rimescolati un po', che devono essere affrontati e risolti con carta, penna e calcolatrice.

Formazioni isolate: in contesto didattico è del tutto assente la collaborazione tra istituti a differente offerta formativa, attività che permetterebbe ai ragazzi di avvicinarsi al lavoro in team, con specialisti di competenze differenti. Il classico modus operandi didattico è quello di isolare gli alunni in classi, separate per settori disciplinari da rigide paratie che impediscono una condivisione di competenze tra studenti di profili differenti.

Percorsi qualitativi: in contesti riguardanti l'energetica si è spesso riscontrata la presenza di exhibit qualitativi, molto efficaci nel mostrare la fenomenologia connessa ad una trasformazione energetica, ma incapaci di fornire un'informazione quantitativa, che aiuti il visitatore ad orientarsi con maggior precisione. La presenza di numerosissime fonti di energia, di svariate tecnologie capaci di sfruttarle può indurre un visitatore disattento a pensare che sia sovrastimato il “problema” dello sfruttamento delle risorse energetiche. Solo attraverso un'osservazione quantitativa si può apprezzare appieno la complessità di questo settore.

Exhibit a scatola chiusa: spesso in contesti museali si osservano bellissimi exhibit, particolarmente elaborati e adatti a catturare l'attenzione del visitatore. Tuttavia l'elaborazione di essi agisce talvolta da copertura del fenomeno fisico in analisi e ci si ritrova ad osservare una meravigliosa scatola nera che si sa che funziona ma non se ne conosce il perché. Sarebbe bene poter trovare, talvolta, esposizioni essenziali nella cura estetica che rispettino ed evidenzino il fenomeno proposto, senza nascondere la “fisica” che ne sta alla base.

5.1.2 Scheda progetto

Il progetto ideato e sviluppato per affrontare queste criticità si è basato sull'attivazione di una collaborazione tra tre soggetti per la creazione ed

esposizione al pubblico di un exhibit riguardante un modello didattico di centrale idroelettrica.

I tre soggetti coinvolti in questa collaborazione sono:

- una scolaresca degli ultimi due anni dell’ITI Buonarroti di Trento, indirizzo meccanica: il suo coinvolgimento ha riguardato la progettazione e la costruzione dell’exhibit. A questi studenti è stato espressamente richiesto di realizzare un modello di turbina idroelettrica a carattere didattico, ovvero capace di misurare quanti più parametri possibili;
- una scolaresca del 4° anno del liceo scientifico Galilei di Trento, ad indirizzo scienze applicate: il suo apporto ha riguardato l’analisi della fisica che coinvolge questa tecnologia, lo studio dei dati misurati attraverso il modello elaborato dai ragazzi dell’istituto tecnico e la creazione del materiale necessario all’esposizione al pubblico;
- la Fondazione Museo Civico di Rovereto: ha fornito prezioso supporto al progetto rendendosi disponibile a collaborare ed offrendo uno spazio espositivo all’interno di “Sperimentarea” [96].

La scelta della costruzione di un exhibit che riguardasse il funzionamento di una centrale idroelettrica è stata condotta per le seguenti motivazioni:

- una classe del 4° anno di indirizzo scientifico ha già affrontato nel percorso di studi tutti gli argomenti necessari ad affrontare l’analisi del funzionamento di questa tecnologia. Il progetto, quindi, offre a questi studenti la possibilità di mettere in pratica quanto imparato per collegare e riunire in un quadro di insieme coerente e ordinato argomenti altrimenti scollegati. La proposta di un tema già affrontato, inoltre, permette di concentrare gli sforzi sull’affinare lo spirito critico e di analisi, focalizzando l’attenzione su alcuni dettagli che solo in un contesto pratico, concreto, si possono trovare;
- una classe dell’ultimo biennio di un istituto tecnico ad indirizzo meccanico ha sviluppato le competenze, teoriche e pratiche, necessarie per elaborare in autonomia l’exhibit che è stato proposto. Quanto ideato, inoltre, non vuole essere un progetto didattico che distolga i ragazzi dallo studio ma, anzi, offra loro l’occasione di mettersi in gioco nella realizzazione di un qualcosa di concreto e destinato ad essere utilizzato e non rinchiuso in una teca di un laboratorio scolastico. Per questo si è scelto di far realizzare agli alunni una tecnologia che si presta facilmente ad essere inserita nel loro percorso curricolare;
- Il territorio provinciale del Trentino fonda la sua sussistenza energetica sullo sfruttamento delle fonti idriche e per questo la tecnologia di conversione idroelettrica è parte del quotidiano per la popolazione e

di grande interesse. La produzione di un'esposizione riguardo questo tema si spera trovi riscontro positivo da parte della cittadinanza locale.

Scopo: lo scopo del progetto è molteplice. In primo luogo, per le classi coinvolte, si è voluto promuovere un'attività concreta che fosse attraente per gli studenti grazie allo sviluppo in autonomia dei lavori, al legame con il contesto quotidiano e alla concretezza di realizzare un progetto aperto al pubblico. Al tempo stesso, la collaborazione tra studenti di istituti differenti è uno spunto di riflessione riguardo le competenze tecnico-scientifiche acquisite nel corso dei loro studi e, inoltre, occasione di introdursi al lavoro di gruppo con esperti di altri settori. Per quanto riguarda la fase espositiva, lo scopo è mostrare al pubblico la complessità tecnica e scientifica di una centrale idroelettrica, tecnologia ormai assodata al punto da essere considerata scontata e "banale". L'utilizzo di un modello didattico funzionante, inoltre, permette l'introduzione di una lettura quantitativa di questa tecnologia. Infine, attraverso l'ideazione e lo sviluppo dell'exhibit da parte di ragazzi si vuole osservare quali soluzioni comunicative essi adottino e realizzare un progetto di fascino anche per un pubblico giovane.

Mandante: si tratta dell'autore della tesi che, in questo progetto, ha svolto attività di coordinamento tra le parti in causa.

Mittente: il mittente varia a seconda dei vari contesti e fasi di evoluzione del progetto.

Fase di sviluppo: si tratta dei docenti che affiancano gli studenti per la costruzione/analisi dell'exhibit. La motivazione della scelta di lasciare agli insegnanti la conduzione delle attività è molteplice:

- conoscono la classe e le conoscenze/abilità che hanno gli studenti;
- trattandosi di un percorso a lunga durata¹ si è voluto lasciare ai docenti autonomia di gestione del progetto. Un proposito di questo progetto è il non inficiare il percorso curricolare degli studenti, ma introdursi al suo interno senza sconvolgere le lezioni e il ritmo di studi;
- l'autore, in qualità di coordinatore esterno, può osservare le dinamiche scaturite in un contesto educativo grazie al progetto senza influenzare tale dinamica;

Fase espositiva: gli studenti stessi sono i mittenti della comunicazione museale, diventando curatori di un exhibit e cercando, quindi, di porsi

¹Nel caso della classe dell'istituto tecnico, ad esempio, si è voluto fornirle tutto il tempo necessario per la realizzazione dello strumento. La classe è stata contattata a dicembre del quarto anno e il progetto si è sviluppato nel corso del quarto e del quinto anno, per una durata complessiva di circa 18 mesi.

criticamente verso i contenuti esposti e nei confronti delle strategie comunicative adottate.

Veicolo: questo progetto si propone di sfruttare una molteplicità di veicoli comunicativi. Entrambe le classi coinvolte affiancano alla condizione usuale di lezione frontale un percorso che le vede coinvolte in prima persona nell’analisi e risoluzione di problemi concreti. La possibilità di sviluppare autonomamente il percorso espositivo, infine, vuole essere spunto per gli studenti per sviluppare un progetto originale che non sia vincolato a tradizioni espositive.

Messaggio: questo progetto si sviluppa su differenti livelli di lettura, a seconda degli interessi coinvolti e dei soggetti analizzati.

Per quanto riguarda gli studenti, il messaggio principale riguarda la tecnica di costruzione o la fisica che sottende il funzionamento del modello didattico che si intende costruire ed esporre. Si tratta di contenuti disciplinari che gli alunni coinvolti già posseggono, ma che derivano da contesti considerati diversi e separati e che, nel corso dell’attività, essi dovranno collegare tra loro e utilizzare coerentemente per portare a termine il progetto. Nel contesto espositivo il messaggio principale riguarda la fisica che rende possibile - e spiega - il meccanismo di produzione di energia elettrica da fonte idrica. Espressa richiesta fatta ai ragazzi è, da un lato, dotare la struttura di quanti più strumenti di misura sia possibile per poter trattare questo fenomeno anche da un punto di vista quantitativo, e dall’altro, che per l’esposizione siano realizzati dei materiali a supporto del modello focalizzati sulla descrizione della fisica che regola questa tecnologia.

Su un piano più didattico-pedagogico, esistono numerosi altri messaggi che si vogliono portare all’attenzione degli studenti: in primo luogo che in contesto scolastico formale si apprendono nozioni utili e adatte all’analisi del mondo che li circonda. In secondo luogo, attraverso la collaborazione con studenti di formazione differente, si vuol farli riflettere sul ruolo della loro educazione e di come essa plasmi il modo di pensare. Si ricerca, quindi, di stimolare la presa di coscienza sull’acquisizione di un modo di pensare e di ragionare proprio del percorso formativo scelto.

Beneficiario ipotetico: i beneficiari ipotetici di questo progetto sono:

- gli studenti coinvolti nella realizzazione del progetto;
- la cittadinanza in senso lato che, interessata a scoprire qualcosa di più riguardo la tecnologia idroelettrica, visita l’*exhibit*. Per questo motivo la strutturazione dell’*exhibit* deve essere tale da poter avvicinare più visitatori possibili.

Ricevente: trattandosi di un progetto museale il ricevente deve essere il più ampio possibile e non esistono controindicazioni riguardo la diffusione del contenuto a persone non incluse nei beneficiari ipotetici.

Codice: per la parte di progetto sviluppata con le classi la codifica è quella tipica delle loro lezioni di meccanica e fisica. Come anticipato, la scelta di proporre la costruzione di un modello didattico di centrale idroelettrica è basata proprio sul desiderio di non introdurre un'ulteriore codifica, aggiungendo al programma di studi argomenti tipicamente non trattati. Per quanto riguarda l'esposizione museale si richiede agli studenti di progettare una comunicazione che possa essere compresa da visitatori di qualsiasi estrazione sociale e formazione scolastica.

Contesto: per quanto riguarda la fase di realizzazione dell'exhibit, la comunicazione avviene in contesto scolastico e, quindi, è legata alle criticità e agli aspetti positivi che riguardano l'istituzione scuola discussi nel capitolo 1. Per la parte espositiva, il contesto sarà una sezione della "casa domotica" di "Sperimentarea", sezione della Fondazione Museo Civico di Rovereto.

Tecniche di comunicazione: in fase di lavoro scolastico, come detto, l'attività è condotta dal docente. Per quanto riguarda l'esposizione, l'aspetto innovativo che offre questo progetto riguarda la possibilità di osservare ed interagire con il modello didattico realizzato dagli alunni e, attraverso le misure quantitative estraibili dal suo funzionamento, conoscere la fisica della conversione dell'energia potenziale idrica.

Aspetti personali mittente: il fatto che l'exhibit venga ideato e progettato da studenti vuole essere un'ulteriore stimolo di incontro per questa esposizione. La possibilità di osservare un prodotto interamente ideato e sviluppato da studenti di formazioni differenti, in collaborazione tra loro, può essere occasione di riflessione circa l'efficacia del sistema scolastico e la qualità degli strumenti che vengono forniti agli studenti. Tempistiche della comunicazione: per l'analisi delle tempistiche si devono separare le fasi di ideazione e realizzazione da quella di esposizione.

- *Ideazione e realizzazione:* avendo richiesto ai ragazzi del corso di meccanica di ideare e costruire la strumentazione è stato necessario impostare dei tempi di progettazione sufficientemente lunghi. La classe è stata contattata a dicembre del 4° anno di studi e il progetto è stato impostato per durare fino all'esame di maturità². Per quanto riguarda la classe del liceo, il lavoro proposto richiedeva un impegno meno gravoso e per questo sono stati contattati a

²Aspetto che non disturba la programmazione del loro curriculum, anzi. I ragazzi dell'istituto tecnico devono portare dei progetti sviluppati da loro alla maturità.

fine 3^o per introdurre il progetto che sarebbe stato portato avanti nel corso del 4^o anno.

- *Esposizione*: trattandosi di un exhibit museale, i tempi tipici in cui si svolge la comunicazione sono dell'ordine di grandezza dei minuti. Questa tempistica deve essere tenuta in considerazione in fase di progettazione per poter realizzare un exhibit efficace nell'incontro con il visitatore.

5.1.3 Il progetto e la sperimentazione

Quanto presentato nella scheda precedente è il progetto esposto ai docenti delle classi tecnica e liceale ed ai curatori della Fondazione Museo Civico di Rovereto. Ogni partner ha dimostrato grande interesse per la proposta. Le due scolaresche hanno trovato di grande incentivo la concretezza di questa idea e il fine di realizzare uno strumento che trovasse degno risalto in un contesto espositivo di pregio; inoltre l'argomento in analisi ha trovato facilmente spazio all'interno del percorso curricolare degli studenti senza incidere sulla programmazione didattica dei docenti.

La Fondazione Museo Civico di Rovereto, dal canto suo, ha preso parte al progetto per affinità di intenti e metodologie, in particolare riguardo l'educazione del pubblico alla misura e all'analisi quantitativa come strumento per la formazione del pensiero critico. Motto del museo, infatti, è “Dal dato al pensato”, a ricordare sempre che in ambito scientifico ha fondamentale importanza far crescere le proprie opinioni su osservazioni e misure sperimentali condotte con attenzione e metodo.

Nonostante l'elevato interesse mostrato da ogni partner, non è stato possibile concludere il progetto a causa della mancata finalizzazione dei lavori di costruzione del modello didattico da parte della scolaresca delle ITI. Nel proseguo di questo paragrafo si esporranno i lavori condotti con i singoli partner e quanto è stato fatto nel coordinamento di questi lavori.

Classe ITI indirizzo meccanico: la collaborazione con questa scolaresca ha avuto luogo da dicembre del 4^o anno fino a giugno del 5^o e l'istituzione scolastica ha reso possibile la collaborazione nella forma di commessa esterna da parte del candidato al gruppo classe. Gli studenti hanno preso in carico questa commessa come progetto da presentare in sede di prova orale durante l'esame di maturità.

L'autore di questa tesi ha coinvolto i ragazzi e li ha seguiti nella collaborazione attraverso varie metodologie:

- *incontri in classe*: il progetto è stato presentato personalmente alla classe che ha dichiarato il suo interesse. Nel corso della collaborazione si sono susseguiti altri incontri per l'aggiornamento riguardo lo stato di sviluppo del progetto;



Figura 5.1: Immagine di una delle pagine del blog aperto e aggiornato dagli studenti delle ITI coinvolti nel progetto.

- *resoconti dal docente*: è stato tenuto contatto con il docente del corso di meccanica, referente del progetto per la parte di costruzione del modello, per un costante aggiornamento riguardo gli sviluppi dei lavori;
- *resoconti dagli studenti*: è stato attivato e mantenuto uno scambio di mail con gli studenti per monitorare l'evoluzione del progetto. Per motivare ulteriormente gli studenti è stato aperto un blog privato del progetto [97], si veda in figura 5.1 un'immagine a riguardo, da utilizzare quale diario, pubblicando post che descrivessero l'avanzamento dei lavori. In questo contesto è emerso chiaramente che nel gruppo classe erano presenti gruppi di lavoro con ritmi e approcci al progetto notevolmente differenti tra loro. La collaborazione attraverso le risposte alle mail o gli aggiornamenti del blog, infatti, era attiva prevalentemente grazie ad alcuni studenti, mentre altri hanno fornito una scarsa interazione.

Attraverso l'aggiornamento costante con il gruppo classe si è appreso che la costruzione del modello è stata separata in 3 gruppi di lavoro:

ago double: struttura che regola il flusso d'acqua in arrivo sulla girante, la struttura mobile della turbina che riceve il flusso d'acqua. Il gruppo si è dimostrato molto attivo, proponendo soluzioni interessanti per la semplificazione del meccanismo di funzionamento a scopo didattico, realizzando per il funzionamento di questo meccanismo una vite azionabile a mano, si veda foto 5.2;

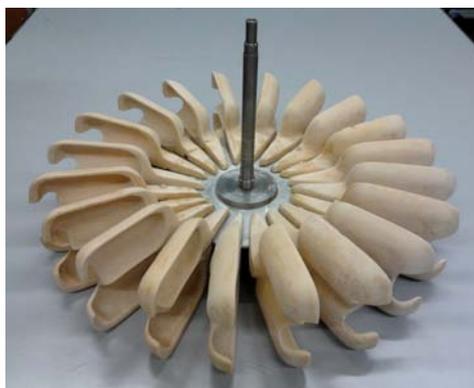
girante Pelton: questa "centrale idroelettrica" è stata progettata per utilizzare una girante Pelton, realizzata in resina e dimensionata in funzione dei parametri in gioco, si veda le immagini di figura 5.3;



Figura 5.2: Fotografia dell'ago doble realizzato per il progetto.



(a)



(b)

Figura 5.3: L'immagine (a) è una fotografia dello stampo in rame utilizzato per la realizzazione in resina delle palette a doppio cucchiaio tipiche di una girante Pelton. La fotografia (b) mostra la girante Pelton ultimata.

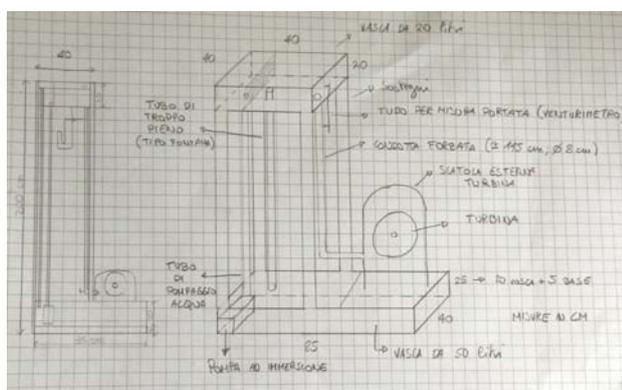


Figura 5.4: Progetto della struttura del modello realizzato dal terzo gruppo di lavoro.

struttura: il gruppo ha fornito unicamente il disegno progettuale della realizzazione della struttura, si veda figura 5.4, nel quale ha descritto l'idea riguardante la strutturazione del modello, ma non ha portato a termine la sua costruzione.

Classe liceo scientifico: la presentazione del progetto al gruppo classe è avvenuta a fine maggio del 3^o anno e la collaborazione si è sviluppata nel corso del loro quarto anno³. L'avvio dei lavori è tuttavia avvenuto solo nel maggio del quarto anno a causa di contrattempi e problemi organizzativi: la docente è stata coinvolta in progetti scolastici con altre classi, gite e impegni di ruolo e ciò ha determinato lo slittamento della partenza del progetto. Oltre la presentazione del progetto, l'attività svolta con questa scolaresca si è concretizzata in due azioni:

1. visita guidata al MUSE: l'autore di questa tesi ha condotto una visita guidata alle sale espositive del MUSE allo scopo di prendere visione con occhio critico degli exhibit museali ivi esposti, al fine di estrapolare indicazioni utili allo sviluppo dei materiali espositivi del progetto;
2. attività di laboratorio: sono state condotte alcune lezioni di laboratorio con lo scopo analizzare il funzionamento di un alternatore, cuore di ogni centrale elettrica che, tuttavia, non era stato ancora affrontato dalla scolaresca.

Come è stato scritto precedentemente non è stato possibile portare a conclusione il progetto poiché la classe dell'istituto tecnico non ha ultimato la costruzione del modello. Questo ha determinato, per ovvi motivi, anche l'arresto prematuro del percorso con la scolaresca del liceo scientifico con la quale erano stati programmati interventi didattici all'inizio dell'anno scolastico 2015/2016, quinto anno.

³Invece per gli studenti delle ITI correva il quinto e ultimo anno e essi avrebbero dovuto concludere i lavori

5.1.4 Risultati e commenti

Nonostante non sia stato possibile concludere il progetto, la sperimentazione condotta ha offerto numerosi spunti di riflessione e osservazioni e in particolare legate all’analisi della proposta fatta e alla ricerca delle cause che hanno determinato il parziale compimento del progetto:

- la classe dell’istituto tecnico aveva le conoscenze necessarie per costruire il modello proposto e la tempistica fornita per lo sviluppo dello stesso era sufficiente;
- la necessità di coinvolgere l’intero gruppo classe ha condotto allo stallo del progetto a causa del mancato interesse di una parte dei ragazzi. La suddivisione autonoma della classe in tre gruppi di lavoro non ha condotto ad una separazione efficiente degli studenti, ritrovando studenti sufficientemente motivati e operosi in due dei tre gruppi;
- molti studenti dell’istituto tecnico si sono dimostrati interessati al progetto, attivandosi anche al di fuori dell’orario scolastico attraverso la pubblicazione di post nel blog o rispondendo alle mail di aggiornamento. Il coinvolgimento di questo gruppo di studenti è stato elevato al punto da portarli ad ultimare la propria parte e presentarla in sede di maturità nonostante sapessero che il terzo gruppo non avrebbe ultimato la propria parte di progetto;
- si ritiene che il terzo gruppo non abbia portato a termine le proprie consegne a causa di un minor interesse e per una sua scorretta programmazione dei tempi di lavoro. Questi ragazzi, infatti, nelle occasioni in cui sono stati spronati o ripresi dal docente, hanno sempre risposto richiedendo rispetto per l’autonomia di lavoro, premessa fondante del progetto;
- nonostante l’elevato interesse dimostrato dalla scolaresca liceale, la rigida programmazione curricolare e le attività extra-didattiche hanno determinato uno slittamento dei lavori da dicembre a maggio del quarto anno. Ciò ha determinato una variazione nella programmazione delle attività, ipotizzando uno sconfinamento nei primi mesi del quinto anno che, nella fase di ideazione del progetto, si voleva evitare per non appesantire o distrarre gli studenti nell’anno dell’esame di maturità.

5.1.5 Sviluppi futuri

Si ritiene possano essere ripresi molti degli spunti sperimentati in questo progetto, previa una modifica in alcune modalità, e se introdotti in un contesto differente rispetto all’istituzione scolastica, quale il progetto di Start Up che si presenta nel capitolo successivo.

5.2 Progetto “Utenti consapevoli di energia elettrica”

Per studenti di scuole secondarie di secondo grado si sono seguite le indicazioni che rilevano una maggior efficacia dei percorsi che coinvolgono attivamente gli studenti nella risoluzione di problemi [98], [99] volti alla scoperta del mondo che li circonda [100]. Per quanto non esista una codifica definita delle caratteristiche che deve possedere un progetto didattico basato su un approccio CBL, si è strutturata un'attività volta all'indagine del consumo energetico degli studenti nella loro quotidianità. Per questo progetto, infatti, oltre ad appoggiarsi alla contestualizzazione del tema ‘energia’ si è sviluppato un percorso di indagine con una filosofia IBSE [6] che ha dimostrato in numerose occasioni efficacia nell'interessamento degli studenti.

Ulteriore elemento che è stato ritenuto opportuno introdurre nel progetto è il possibile coinvolgimento delle famiglie nello svolgimento dell'indagine che verrà descritta nel seguito. L'efficacia del loro aiuto nello svolgimento dei compiti è un elemento oggetto di molti studi, ad esempio [102], che spesso risulta essere positivo per l'apprendimento degli studenti.

5.2.1 Le criticità

Le criticità che hanno determinato la definizione del seguente progetto sono:

conoscenze distaccate dalla vita quotidiana: la letteratura di settore, ad esempio concezioni e le indagini svolte dal sottoscritto attraverso i questionari hanno evidenziato come l'educazione formale, in ambito energetico, sia uno strumento utile per l'apprendimento di concetti tecnici, ma sia spesso distaccato dalla realtà quotidiana;

scarsa quantificazione nelle argomentazioni: presso scolaresche di scuola primaria e secondaria di primo grado l'ambito dell'energia viene trattato qualitativamente, istruendo gli studenti sulle definizioni di fonte energetica e alcune forme di energia e introducendoli al concetto di trasformazione e conservazione energetica. Spesso gli alunni incontrano tali concetti unicamente attraverso il libro di testo con poche occasioni in cui si adotta un approccio sperimentale, ponendo l'attenzione sul problema della quantificazione della grandezza fisica in esame;

discipline separate da compartimenti stagni: nelle scuole secondarie di primo grado il tema dell'energia si ritrova a ‘cavallo’ tra due materie, scienze e tecnica. Vista la mole di argomenti che devono essere trattati durante le ore di scienze, molto spesso lo studio dell'energetica viene completamente lasciato alle ore di educazione tecnica, assumendo così un punto di vista tecnologico. Questa separazione di concetti

che, per loro natura, si prestano a trattazioni multidisciplinari, alimenta l’incapacità degli studenti di creare collegamenti tra discipline differenti.

5.2.2 Scheda progetto

Per sopperire a queste criticità è stato sviluppato un percorso didattico che è stato sperimentato con una classe terza della scuola secondaria di primo grado di Denno (TN). Il progetto prevede il coinvolgimento in prima persona dei ragazzi in un’indagine sperimentale volta a scoprire il consumo di energia elettrica in un’abitazione tipo.

Questo percorso è accompagnato da una serie di esperimenti alla cattedra atti ad analizzare alcuni principi fisici su cui si basano i principali elettrodomestici: effetto Joule, compressione ed espansione adiabatica di un gas, induzione magnetica, sono gli esperimenti esposti agli studenti per scoprire l’applicazione tecnologica di questi concetti fisici in ambito domestico.

Scopo: introdurre i ragazzi all’indagine sperimentale e al pensiero scientifico razionale quale strumento per l’interpretazione della realtà che ci circonda. Il percorso attraverso cui si persegue questo obiettivo riguarda l’analisi del consumo di energia elettrica in contesto domestico. Per questo progetto nascono quindi ulteriori obiettivi didattici: in primo luogo introdurre gli studenti al concetto di energia e potenza e insegnare loro a distinguere queste due grandezze; in secondo luogo avvicinare i partecipanti al progetto alla scoperta dei fenomeni fisici che sottostanno al funzionamento degli elettrodomestici per interessarli ed incuriosirli alla scienza quale linguaggio di interpretazione della realtà.

Il carattere educativo di questo progetto è evidenziato anche dall’ulteriore scopo di accrescere il senso civico dei partecipanti attraverso l’analisi degli sprechi di una casa e l’apprendimento della lettura di una bolletta.

Mandante: il progetto nasce da una condivisione di intenti tra la docente che ha fornito la classe per la sperimentazione e l’autore di questa tesi. In particolare l’insegnante ha riscontrato per il suo approccio all’insegnamento l’inefficacia dei percorsi laboratoriali a “spot” di 2 ore, offerte tipiche di musei e centri della scienza. Ha esposto, quindi, l’interesse all’ideazione e sviluppo di un percorso più ampio, sia in termini di contenuti che di tempistiche.

Mittente: si tratta dell’autore di questa tesi che si pone come esperto esterno alla scuola.

Messaggio: i contenuti sviluppati all’interno di questo percorso sono i seguenti:

- introduzione al concetto di energia, conservazione e conversione delle forme. Discussione riguardo la potenza;
- discussione e analisi dell'importanza dell'unità di misura in ambito scientifico;
- applicazione tecnologica dell'effetto Joule, dell'induzione magnetica e della compressione ed espansione adiabatica di un gas;
- efficienza energetica: attraverso l'analisi dell'evoluzione tecnologica delle lampadine – incandescenza, CLF e LED – si analizzano il concetto di efficienza energetica e il ruolo che la ricerca scientifica svolge nel migliorare il consumo energetico;
- analisi della bolletta e discussione del meccanismo con cui viene trasportata l'energia elettrica: perdite di rete, dispacciamento e tasse.

Veicolo: questo percorso si svolge prevalentemente in formato laboratoriale, con una conduzione informale che si fonda sulla collaborazione attiva da parte dei partecipanti. Agli studenti, infatti, è richiesto di svolgere autonomamente un'indagine nelle loro case attraverso la quale recuperare alcune informazioni riguardo gli elettrodomestici in loro possesso. Per aumentare l'attrattiva e la concretezza del percorso, si alternano linguaggi comunicativi differenti: ad alcuni momenti di spiegazione frontale si alternano lavoro autonomo da parte degli studenti ed esperimenti dimostrativi alla cattedra.

Beneficiario ipotetico: studenti di scuola secondaria di primo grado. Il percorso è stato pensato per scolaresche al terzo anno ma è adattabile a scolaresche dei primi anni oppure a studenti del biennio di istituti scolastici secondari di secondo grado. Tuttavia si ritiene che questo percorso svolga un'attività migliore in un contesto secondario di primo grado. L'assenza di percorsi di questo tipo, volti a stimolare l'uso del linguaggio scientifico in contesto quotidiano con una finalità di educazione civica trova maggior efficacia qualora incontri il più ampio spettro possibile di studenti. In questo senso le scuole secondarie di primo grado sono il soggetto più adatto, in quanto istituzione che raccoglie la totalità dello spettro di cittadinanza.

Ricevente: oltre agli studenti direttamente coinvolti, questa attività è aperta al coinvolgimento delle famiglie, in particolare per il supporto all'indagine riguardo agli elettrodomestici posseduti in casa. Si richiede infatti agli studenti di stimare il tempo di utilizzo di tali elettrodomestici e, per alcuni di essi, si assume che sia necessaria la collaborazione con i genitori. Questa collaborazione è comunque opzionale e non vincolante.

Codice: l’attivazione del progetto in un contesto educativo formale scolastico è un’ottima occasione per introdurre alcuni termini elaborati e tecnicismi che in un contesto divulgativo sarebbero fuori luogo. La lunga tempistica di questo intervento, inoltre, permette un continuo ripasso dei concetti discussi, volto a sedimentare anche il linguaggio e i termini presentati. Nel corso di questa attività, ad esempio, sono introdotti il concetto di potenza e la relazione matematica che ne permette la formalizzazione. Per quanto riguarda gli esperimenti proposti, che verranno presentati in seguito, lo scopo con cui sono stati ideati non è quello di fornire agli studenti una spiegazione esaustiva, ma mostrare loro la fenomenologia che riguarda alcuni elettrodomestici e fornire gli “ingredienti” fisici necessari per realizzare una determinata tecnologia.

Contesto: trattandosi di un progetto didattico, il contesto in cui si attiva è l’istituto di appartenenza della scolaresca. Per tale attività è suggerito l’utilizzo dei laboratori di scienze e informatica. Questo suggerimento si basa sia sulla necessità di utilizzare spazi idonei per la realizzazione degli esperimenti, sia sul fatto che il laboratorio, per uno studente è un luogo a cui si associa il “fare in prima persona” e per questo aiuta a diminuire alcuni freni inibitori e a porsi in maniera positiva nei confronti delle attività proposte.

Tecniche di comunicazione: il progetto si basa su una commistione delle seguenti tecniche:

- *discussione frontale con interazione informale:* l’introduzione al progetto, la definizione dei concetti e delle formule necessarie e l’analisi di una bolletta dell’energia elettrica sono argomenti trattati prevalentemente attraverso la didattica frontale. Per spezzare il ritmo di questi interventi, durante la sperimentazione, si cerca di coinvolgere il più possibile gli studenti, chiedendo le loro opinioni e incentivando il confronto per renderli attivi nella costruzione del loro sapere;
- *indagine autonoma:* coinvolgimento attivo dei ragazzi nell’indagine, descritta in seguito, riguardante gli elettrodomestici presenti nelle loro case e il relativo tempo di utilizzo;
- *dimostratori alla cattedra:* si presentano esperimenti, con la filosofia di dimostratori alla cattedra, volti ad indagare il funzionamento di alcuni elettrodomestici. Visto il target, sono stati preferiti esperimenti basati su materiali semplici che lascino “spazio” alla visualizzazione della fisica. Ove possibile, inoltre, è stato preferito l’utilizzo di una strumentazione altamente tecnologica per il grande fascino che sa esercitare sui ragazzi, in modo da incentivare ulteriormente l’interesse per il fenomeno osservato. Nel

caso dell'effetto Joule, ad esempio, è stato pensato l'utilizzo di una camera ad infrarossi per la visualizzazione dell'aumento di temperatura di un filo;

- *lavoro di gruppo al computer*: in fase di sperimentazione è stato utilizzato il laboratorio di informatica per permettere ad ogni ragazzo di accedere ad un pc per compilare un foglio di calcolo, che verrà mostrato in seguito, con i dati raccolti durante l'indagine e discussi con il gruppo classe.

Tempistiche della comunicazione: il progetto, originalmente pensato in una sua forma più estesa ed elaborata di 15-17 ore, è stato sperimentato in una versione ridotta. Problemi di natura burocratica e organizzativa, che verranno discussi in seguito, hanno decretato una riduzione della tempistica a 10 ore.

5.2.3 Il progetto e la sperimentazione

La sperimentazione di questo progetto è stata condotta con una classe terza della scuola secondaria di primo grado di Denno di 20 studenti di cui 2 certificati. L'attività si è sviluppata nel corso di 10 ore scolastiche di 50 minuti e ha seguito la programmazione presentata in tabella 5.1.

Tabella 5.1: *Tabella che espone l'attività svolta durante la sperimentazione dell'attività didattica.*

Nr	Cosa	Concetti trattati	Esperimenti
1° 2h	Brainstorming.	Energia, potenza, forme di energia, trasformazione. Discussione dei parametri riguardanti l'energia elettrica.	Energia/potenza; analisi di alcune trasformazioni energetiche attraverso l'utilizzo di un alternatore elettrico di tipo didattico.
	Proposta indagine per casa.	Unità di misura: dove reperire informazioni riguardanti gli elettrodomestici. Suddivisione in 4 gruppi di lavoro.	Analisi del consumo di energia/potenza di alcuni apparecchi: lampadine, cellulare, etc.
2° 2h	Ripasso.	Concetti di potenza, energia, unità di misura. Ordini di grandezza e prefissi: Mega, chilo, milli, ...	

...continua nella pagina successiva

5.2. PROGETTO “UTENTI CONSAPEVOLI DI ENERGIA ELETTRICA”143

...continua dalla pagina precedente

Nr	Cosa	Concetti trattati	Esperimenti
	Stimare l'energia “consumata” da un elettrodomestico.	Formula della potenza e formula inversa. Calcolare “a mano” l'energia elettrica assorbita da alcuni apparecchi noti la potenza e il tempo di utilizzo.	Conti “a mano” riguardo il forno e una lampadina.
	Esperimento.	Osservazione tramite una termo-camera di un filo percorso da corrente. Osservazione e paragone con il funzionamento di un phon.	Effetto Joule.
3° 2h	Utilizzo foglio Excel.	Compilazione del foglio Excel utilizzando i dati raccolti attraverso l'indagine.	Analisi di alcuni elettrodomestici e dello stand-by di un televisore.
	Esperimento.	Termodinamica: ciclo di compressione ed espansione adiabatica di un gas.	Nuvola in bottiglia.
	Esercizio.	Calcolare la spesa mensile per la ricarica del cellulare se la batteria conserva 4,4 Wh e viene ricaricata completamente ogni giorno.	
4° 2h	Utilizzo foglio Excel.	Conclusione della compilazione del foglio Excel.	
	Esperimento.	Utilizzo intelligente ed efficiente dell'energia elettrica: l'evoluzione delle lampadine.	Analisi di quattro lampadine differenti con reticoli a diffrazione e termo camera.
	Esercizio.	Calcolare la spesa totale se si utilizzano per 15.000 h le lampadine analizzate nell'esperimento precedente.	
	Analisi di una bolletta.	Proiezione e analisi di una bolletta dell'energia elettrica.	Unità di misura e costo dell'energia.

...continua nella pagina successiva

...continua dalla pagina precedente

Nr	Cosa	Concetti trattati	Esperimenti
5° 1h	Esperimento	Magnetismo e induzione magnetica. Costruzione di un semplice motore elettrico.	Analogia tra un magnete e una spira percorsa da corrente. Analisi motore elettrico.
	Questionario.	Somministrazione e compilazione del questionario conclusivo del percorso.	

Tabella 5.1: Tabella che espone l'attività svolta durante la sperimentazione dell'attività didattica.

Il progetto si propone quale commistione di linguaggi in cui si affiancano spunti teorici, analisi sperimentali condotte dai ragazzi, esercizi e dimostratori alla cattedra:

teoria: per poter analizzare con concretezza e precisione l'utilizzo di energia elettrica in ambito domestico è necessario introdurre il concetto di unità di misura e la relazione che lega energia, potenza e tempo di erogazione. L'indagine presentata nel capitolo 4 e i questionari sottoposti agli studenti partecipanti alla sperimentazione, che verranno discussi nel presieguito, hanno evidenziato che esiste notevole difficoltà nel trattare argomenti inerenti l'energia elettrica, in quanto l'ambito scientifico legato all'elettromagnetismo coinvolge numerose grandezze fisiche e ciascuna di esse presenta una sua unità di misura. Nell'ideazione di questo progetto si è ritenuto opportuno introdursi nell'argomento fornendo agli studenti alcune indicazioni riguardo i parametri in gioco. Per poter trattare gli argomenti con una modalità interattiva non frontale sono state adottate due strategie:

- *modello a "catena umana"*: per poter fornire un'immagine, un modello concreto, che aiuti a comprendere la natura della corrente elettrica si è chiesto ai ragazzi di prendersi per mano e formare una catena ai cui capi era presente il candidato che fungeva da "presa elettrica". Mettendo in moto i due estremi della catena e discutendo quanto accadeva è stato possibile introdurre vari concetti: corrente elettrica continua e alternata, circuito aperto e chiuso, ampere e volt, differenza tra corrente elettrica ed energia elettrica.
- *analogia denaro/energia*: per chiarire la differenza tra potenza ed energia sono stati distribuiti tra i ragazzi soldi finti di vari tagli ed è stata organizzata "un'asta" riguardo alcune azioni che

potevano essere acquistate dagli studenti con l'energia corrispondente. Questa tecnica ha permesso di osservare che l'energia è l'unica discriminante per compiere una determinata azione: solo chi possiede l'energia necessaria può svolgerla. La potenza è stata introdotta in questa dinamica alla richiesta di soddisfare il pagamento dell'energia con un'unica banconota. Questo ha permesso di sottolineare che tutti coloro che possiedono energia possono effettuare un acquisto, ma la richiesta di soddisfare il pagamento in un tempo ridotto è prerogativa di coloro che hanno grande potenza.

TIPO DI ELETTRODOMESTICO	POTENZA (Watt)	ORE DI UTILIZZO	UTILIZZO A SETTIMANA
Frigorifero	150	5	7
Forno	1500	0.5	4
Forno a Microonde	700	0.1	7
Impastatore	70	1	2
Lavastroviglie	700	1.5	7
Luce cucina	13/20/100	5	7
Tostapane	750	0.2	7
Macchina del caffè	850	0.1	7
Yogurtiera	14	12	1

Figura 5.5: Esempio di tabella ottenuta durante l'indagine.

indagine: il cuore del progetto riguarda l'analisi del consumo di energia elettrica degli elettrodomestici presenti in un contesto domestico tipo. Per questo motivo gli studenti partecipanti alla sperimentazione sono stati suddivisi in 4 gruppi, ciascuno dei quali dedicato all'indagine di una specifica realtà domestica e alle azioni ad essa connesse: cucina e cottura e conservazione dei cibi, bagni e pulizia della persona, sala e svago/hobby, camera e pulizia della casa. Sulla base di questa suddivisione è stato richiesto agli studenti completare la tabella proposta in figura 5.5 elencando, avvalendosi dell'aiuto dei genitori, la potenza assorbita e il tempo di utilizzo di almeno 5 elettrodomestici di casa loro.

esercizi: nel corso del progetto sono stati forniti due problemi aperti per stimolare gli studenti alla risoluzione di alcuni esercizi. In particolare è stato chiesto di:

- stimare il costo mensile legato alla carica della batteria del telefono cellulare. I dati forniti sono che la batteria eroga al massimo

Tipo	Potenza (W)	Vita media ⁵ (h)	Costo unitario (eur)	Costo totale (eur)
Incandescenza vecchio tipo	40	600	1.5	120
Incandescenza nuovo tipo	30	2000	3.25	90
Fluorescenza compatta	9	12000	15	27
LED	7.5	15000	9	22.5

Tabella 5.2: Tabella che espone i dati riguardanti quattro lampadine a differente concezione, utilizzati per la risoluzione dell'esercizio. L'ultima colonna sulla destra propone il risultato finale.

4,4 Wh⁴, viene ricaricata completamente ogni giorno e il costo medio dell'energia è assunto di 20 eurocent/kWh;

- stimare il costo per l'acquisto e l'utilizzo per 15000 h di 4 lampadine di 4 tecnologie differenti: incandescenza, incandescenza di nuova concezione, CLF e LED. I dati forniti, e la relativa risposta, sono esposti in tabella 5.2.

Dimostratori sperimentali: per mostrare l'importanza dell'indagine sperimentale e di come la modellizzazione fisica, l'analisi di fenomeni naturali e la definizione di leggi ci aiuti a comprendere ciò che ci sta attorno e ci permetta di sviluppare tecnologie d'aiuto alla nostra vita, sono stati affrontati sperimentalmente 4 argomenti:

- *effetto joule:* attraverso l'utilizzo di una termo camera è stato osservato l'innalzamento di temperatura di alcuni fili metallici percorsi da corrente. Questa indagine è volta a mostrare quale sia la tecnologia utilizzata in ambito domestico per riscaldare alcuni fluidi;
- *compressione adiabatica:* per comprendere quale sia una possibile tecnica per ottenere oggetti a temperatura minore di quella ambientale, è stato proposto e analizzato un esperimento che si serve di aria atmosferica e un contenitore ermetico in cui è introdotta una termocoppia. Comprimendo e successivamente rilasciando il gas all'interno del contenitore è possibile visualizzare l'aumento e la diminuzione della temperatura del gas. Questa discussione si è conclusa con la visualizzazione del classico esperimento della nuvola in bottiglia per aumentare l'interesse dei ragazzi;

⁴Per mantenere la concretezza del progetto, l'ammontare della carica della batteria è stato letto da uno studente utilizzando la batteria dello smartphone del sottoscritto.

5.2. PROGETTO “UTENTI CONSAPEVOLI DI ENERGIA ELETTRICA”¹⁴⁷

- *induzione magnetica*: attraverso la discussione del magnetismo di una spira percorsa da corrente e la costruzione di un semplice motore elettrico è stato possibile discutere di quali siano gli ingredienti necessari per la costruzione di un motore. Questo esperimento è stato occasione per introdurre il cuore del funzionamento di lavatrici, phon, frullatori e qualsiasi altro elettrodomestico che basi il proprio funzionamento sull'utilizzo di un motore elettrico;
- *efficienza energetica*: sono state presentate agli studenti quattro lampadine di analoga potenza luminosa ma differente tecnologia (ad incandescenza di vecchia a nuova generazione, una lampadina a fluorescenza compatta e una a LED). In un primo momento con gli alunni è stato osservato il differente spettro emesso utilizzando un reticolo a diffrazione e, in un secondo momento, è stata osservata la temperatura di esercizio attraverso l'utilizzo di una termocamera. Queste semplici analisi sono state la base per una discussione sul concetto di efficienza energetica, la riduzione dei consumi energetici - a parità di benefici - attraverso l'evoluzione tecnologica offerta dalla ricerca.

Inserire: nome dell'elettrodomestico, potenza assorbita, le ore al giorno di utilizzo e quante volte a settimana si utilizza									
↓	↓	↓	↓						
Tipo di elettrodomestico	Potenza (watt)	Ore in uso al giorno	Energia al giorno (kWh)	Usi a sett.	Energia / mese (kWh)	Costo energia (Euro/kWh)	Costo/ mese (Euro)	Energia Totale (kWh)	
Frigorifero →	150	x 5 =	0,75	7	21,00	x 0,2	4,20	73,99	
Forno →	1500	x 0,5 =	0,75	4	12,00	x 0,2	2,40		
Forno a microonde →	700	x 0,1 =	0,07	7	1,96	x 0,2	0,39		
Impastatore →	70	x 1 =	0,07	2	0,56	x 0,2	0,11		
Lavastoviglie →	700	x 1,5 =	1,05	7	29,40	x 0,2	5,88		
Luce cucina →	13	x 5 =	0,07	7	1,82	x 0,2	0,36		
Tostapane →	750	x 0,2 =	0,15	7	4,20	x 0,2	0,84		
Macchina del caffè →	850	x 0,1 =	0,09	7	2,38	x 0,2	0,48		
Yogurtiera →	14	x 12 =	0,17	1	0,67	x 0,2	0,13		
→		x =				x 0,2			
→		x =				x 0,2			14,80
									Costo mensile (Euro)

Figura 5.6: Foglio Excel fornito agli studenti per l'analisi del consumo energetico degli elettrodomestici.

Per agevolare la partecipazione e l'attenzione di tutti gli studenti durante la fase di indagine è stato ideato e utilizzato un foglio Excel per l'analisi dei dati raccolti. Il foglio, riportato in figura 5.6, è stato adoperato successivamente alla discussione teorica della relazione che permette di ritrovare l'energia consumata nota la potenza e il tempo di utilizzo e ad un primo utilizzo “manuale” di tale relazione.

Lo stesso foglio Excel propone al suo interno, in una seconda scheda, tre

istogrammi per la visualizzazione dei dati inseriti, si veda figura 5.7.

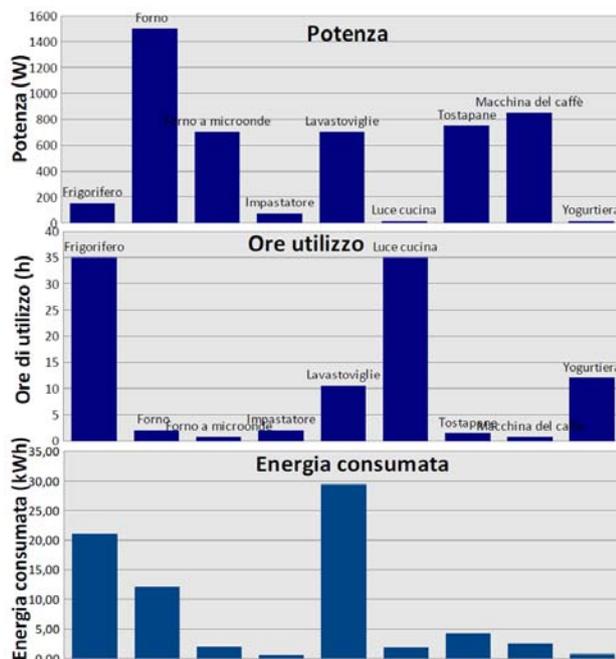


Figura 5.7: Grafici per la visualizzazione della potenza, tempo di utilizzo ed energia consumata dagli elettrodomestici inseriti nella foglio Excel mostrato in figura 5.6.

5.2.4 Risultati

Per poter valutare l'impatto del progetto sugli studenti, sono stati somministrati due questionari, uno pre e uno post-attività. È stato, inoltre, sviluppato un'ulteriore questionario proposto alle restanti classi terze dello stesso istituto - di, rispettivamente, 16 e 17 alunni - per avere un confronto con un campione non coinvolto nel progetto. Tutti i questionari proposti, sia alla classe coinvolta che alle due classi campione, sono riportati in allegato 3.

È da sottolineare che una delle due classi campione, denominata nel seguito campione2, nell'anno scolastico 2014-2015 ha partecipato ad un percorso sull'energia con l'APPA, l'Agenzia Provinciale per la Protezione dell'Ambiente. Per questo motivo si ritiene che non si tratti di un campione di formazione standard per le scuole secondarie di primo grado. Tuttavia si è ritenuto opportuno procedere comunque con il confronto tra le due classi.

Risposte pre-attività

Gli alunni coinvolti nel progetto hanno evidenziato una scarsa cultura di base riguardo il concetto di energia, sia in termini di definizione che in ter-

mini di caratteristiche di questa grandezza. Nessuno studente ha mai sentito nominare il joule e il 95% degli studenti identifica nei volt l’unità di misura dell’energia.

La grande partecipazione a questa domanda (100% degli studenti) e la bassissima scelta dell’opzione non so (5%) a favore di risposte sbagliate quali watt e volt dimostra che ogni studente è entrato in contatto con concetti propri di questo settore. L’assenza di un’educazione scolastica a riguardo ha determinato la formazione di misconcezioni, la principale delle quali, riscontrata anche nella domanda a risposta aperta ‘*Che cos’è l’energia?*’, riguarda la riduzione del concetto generale di energia alla sola energia elettrica: il 95% delle preferenze degli studenti identifica il volt quale unità di misura.

Le difficoltà di rispondere alla richiesta di identificare le affermazioni corrette tra quattro possibilità, evidenziano sia lacune disciplinari che incapacità di interpretazione della domanda per l’80% degli studenti. Alcuni degli alunni infatti selezionano due risposte in disaccordo tra loro. Infine alla domanda ‘*È possibile trasformare una forma di energia interamente in un’altra forma*’ l’opzione che riceve il maggior numero di preferenze (37%) è ‘non so’.

Il 74% dei partecipanti ha fornito una personale definizione di energia: nella maggioranza dei casi (il 50% delle risposte ottenute) si tratta di affermazioni generiche basate sull’assunto che l’unica energia esistente sia quella elettrica:

‘L’energia è un collegamento di circuiti elettrici che hanno la funzione di generare l’energia’

‘L’energia è tutta la potenza che arriva nelle nostre per la luce, il cellulare e tutte le cose tecnologiche che hanno bisogno dell’energia’.

In altri casi (35%) sono state ottenute risposte con maggior senso, che però presentano spesso due inconvenienti: identificano il concetto di energia con la fonte energetica o la collegano al concetto di forza, confermando uno schema mentale studiato ampiamente in letteratura, ad esempio [103] o [104].

‘L’energia credo che sia una forza, una potenza. L’energia può essere rinnovabile e non rinnovabile come il sole, l’acqua, l’aria e altri elementi naturali o c’è l’energia creata dall’uomo’

‘L’energia è una forza che fa muovere un oggetto senza forza può essere: energia solare, grazie all’acqua, al vento ecc’.

Quasi il 70% degli studenti afferma di non aver mai sentito parlare di potenza e le risposte aperte ottenute alla richiesta di fornire una spiegazione della differenza tra quest’ultima ed energia hanno ricevuto riscontri scienti-

ficamente (e spesso grammaticalmente) senza senso. Alcuni esempi:

‘La potenza e la gravità e l’energia è una forma’

‘Potenza è la forza che spinge i reattori ad accendersi. L’energia è il circuito che si accende e spinge la forza.’

‘Potenza = acqua vento sole. Energia prodotta grazie alle potenze e dal contributo dell’uomo’.

Le risposte ottenute a questo questionario suggeriscono l’esistenza di una scarsa padronanza di concetti e contenuti scientifici e difficoltà di espressione a riguardo. L’indagine, inoltre, permette di osservare quanto già espresso in precedenza, ossia che qualora l’educazione scolastica non fornisca agli studenti nozioni circa l’energia, questa grandezza è talmente pervasiva nella vita quotidiana che ogni studente forma, in totale autonomia, una propria concezione a riguardo. Si tratta di idee acquisite attraverso strumenti informativi (TV, giornali, esperienze personali) in concorrenza con l’educazione formale scolastica, che devono essere superate attraverso una educazione strutturata correttamente. Tuttavia questi preconcetti, se trascurati, una volta fissati nelle menti degli alunni diventano uno scoglio per l’acquisizione di nuove idee riguardanti lo stesso concetto.

Risposte e risultati post-attività

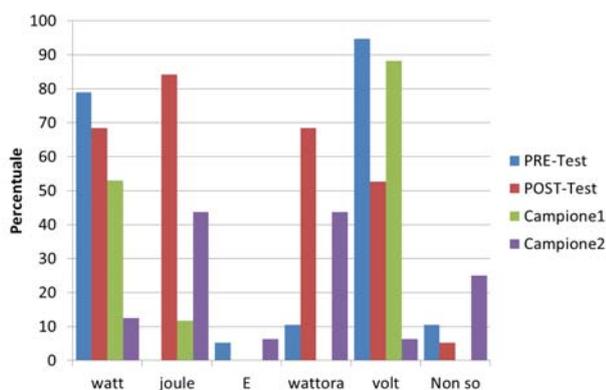


Figura 5.8: Risultati ottenuti alla domanda ‘Qual è l’unità di misura dell’energia’ per la classe coinvolta nell’attività e le due classi campione.

Per quanto riguarda l’unità di misura, l’impatto dell’attività è stato positivo, come riportato in figura 5.8. Nonostante l’elevata (85%) percentuale di preferenze per l’opzione joule, è interessante notare come permanga una sensibile preferenza per le scelte watt (68%) e volt (53%). L’efficacia del percorso nell’avvicinare i ragazzi a concetti propriamente disciplinari e nozionistici, è osservabile anche attraverso il confronto con le classi campione,

5.2. PROGETTO “UTENTI CONSAPEVOLI DI ENERGIA ELETTRICA” 151

superando in entrambi i casi le percentuali ottenute per le risposte corrette, anche rispetto la classe campione².

La richiesta di spiegare la differenza tra energia e potenza ha trovato un maggior riscontro positivo, sia in termini di quantità (95% contro il 47% del test pre-attività) sia in termini di qualità delle risposte. Il 15% dei partecipanti, infatti, per aiutarsi nella spiegazione si è avvalso della definizione di potenza fornita:

‘La potenza è il tempo fratto l’energia, l’energia è una forza che permette ad un oggetto, ma anche a noi di svolgere qualcosa. L’energia ti permette di fare un’azione, la potenza calcola in quanto tempo la hai svolta.’

‘L’energia è la forza che fa muovere qualsiasi cosa. L’energia deriva essenzialmente da 3 cose, il sole le maree e l’energia nucleare. La potenza invece è l’energia diviso il tempo’

Permane, nel 55% dei casi, la necessità di utilizzare il concetto di forza per concretizzare il concetto di energia.

L’impatto dell’attività nell’incontro con il concetto di efficienza energetica può considerarsi positivo. Il 45% dei partecipanti mostra di aver compreso il significato di questo termine, collegando un incremento dell’efficienza energetica al risparmio energetico. Metà di queste risposte racchiude un esempio concreto:

‘L’efficienza energetica è quando un oggetto consuma ad esempio 30 w e produce come lo stesso oggetto che però consuma ad esempio 40 w’.

Tuttavia il concetto di efficienza energetica è un tema che richiede ulteriori sforzi e indagini nell’esposizione agli studenti in quanto il 40% dei partecipanti dichiara di non aver compreso bene tale concetto. L’indagine sulle classi campione evidenzia che l’efficienza energetica è un concetto non trattato in ambito scolastico, con il 91% degli studenti che dichiara di non aver mai sentito tale termine.

La richiesta di collegare l’elettrodomestico con il principio fisico che ne permette il funzionamento ha mostrato ulteriormente la buona efficacia del percorso e della contestualizzazione nella vita quotidiana dei concetti appresi in ambito scolastico. Mediamente l’80% dei partecipanti all’attività ha collegato correttamente l’elettrodomestico al fenomeno fisico discusso durante il percorso, percentuale sensibilmente maggiore rispetto alle classi campione, assestate mediamente al 30%. Sebbene il progetto fosse focalizzato sulla comprensione dei consumi energetici in ambito domestico, questa indagine apparentemente non ha dimostrato efficacia nel fornire agli studenti informazioni concrete a riguardo. In fase di test post-attività gli studenti non hanno saputo ordinare in base ai consumi energetici le azioni indagate nel corso dell’attività: le distribuzioni delle risposte presentano delle ampiezze molto ampie che non permettono di estrapolare con evidenza una preferenza,

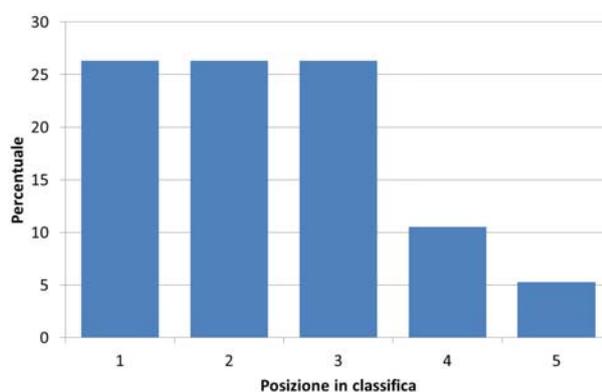


Figura 5.9: Risposte ottenute dai partecipanti all'attività alla richiesta di stilare una classifica di 5 azioni domestiche sulla base dei consumi energetici. Il grafico qui esposto presenta le risposte ottenute per le azioni di cottura e conservazione dei cibi.

si veda un esempio in figura 5.9.

Per questo ambito il confronto con le classi campione risulta sfavorevole. Tuttavia, effettuando un raffronto con i risultati ottenuti dall'indagine che ha coinvolto studenti di scuole secondarie di secondo grado, discussa nel capitolo 4, gli studenti che hanno partecipato hanno fornito risposte migliori, che si discostano maggiormente – e in una direzione corretta - dalla distribuzione rettangolare ottenuta dall'indagine precedente.

Osservazioni sul gradimento del percorso

Le risposte del questionario pre-test hanno evidenziato che l'argomento è di elevata attrattività per gli studenti, i quali hanno esposto il loro interesse nel trattare contenuti vicini al loro quotidiano con metodologie moderne e coinvolgenti:

- il 100% degli studenti ha espresso interesse nell'indagare i meccanismi scientifici riguardo l'utilizzo delle energia elettrica (58% molto e 42% abbastanza) mentre l'82% si è dichiarato interessato riguardo un percorso volto alla scoperta del funzionamento e dei consumi degli elettrodomestici (42% molto e 47% abbastanza);
- alla domanda volta a comprendere quali siano gli aspetti di maggior interesse, il 63% degli studenti dichiara di essere interessato a comprendere come funzioni una centrale elettrica, il 42% è curioso riguardo le forme di energia e le possibili conversioni e il 32% vorrebbe sapere qualcosa di più riguardo l'energia elettrica e i suoi utilizzi in contesto domestico⁶;

⁶A questa domanda era possibile rispondere con al massimo due preferenze e per questo la somma delle percentuali è maggiore del 100%

- alla richiesta di esprimere le preferenze riguardo le aspettative del progetto il 58% ha mostrato di voler utilizzare strumenti e tecnologie moderne e un altro 58% ha dichiarato di voler essere coinvolto in prima persona nello sviluppo di esperimenti.

La sperimentazione ha confermato questo interesse, trovando una classe ben disposta al dialogo e all'interazione. Le domande inerenti il gradimento che sono state sottoposte a fine percorso supportano queste osservazioni:

- il 100% degli studenti dichiara di essere soddisfatto del percorso svolto (84% molto e 16% abbastanza). Questa soddisfazione trova conferma anche nel fatto che il 68% degli studenti consiglierebbe molto questo percorso ad un'altra classe e il 32% abbastanza;
- gli esperimenti sono l'aspetto dell'attività che è stata individuata come di maggior fascino e interesse, con il 79% delle preferenze, seguito dal 21% per l'analisi dei fenomeni fisici su cui basano il funzionamento gli elettrodomestici e il loro consumo e il 21% per l'analisi della bolletta dell'energia elettrica e la sua lettura guidata;
- alla richiesta di individuare cosa sia piaciuto di meno le uniche risposte ottenute (4 su 20) riguardano la trattazione teorica talvolta complicata o i passaggi matematici per la stima dell'energia consumata;
- l'esperimento che ha suscitato maggior fascino e interesse è stata l'analisi del magnetismo e la costruzione di un motore elettrico (53% delle preferenze), seguito dal 26% degli studenti che ha preferito l'analisi riguardante le lampadine e l'efficienza energetica. Chiudono la classifica l'esperimento sulla compressione ed espansione di un gas e l'effetto Joule, con rispettivamente l'11% e il 5% delle preferenze.

Il successo, in termini di gradimento, appare legato alla capacità di includere in un unico percorso una serie di linguaggi e metodologie differenti, capaci di avvicinare molteplici sensibilità. Dimostrazione di questo fatto è anche il coinvolgimento dei due studenti certificati e di un terzo alunno che, nelle normali lezioni con la docente, è taciturno e non partecipativo⁷.

⁷In particolare questo ragazzo ha portato in classe, durante due attività, altrettanti strumenti di cui uno di sua costruzione. Quest'ultimo è una personale elaborazione di un 'climatizzatore', così lo ha presentato. Si tratta di un circuito elettrico che viene chiuso grazie alla dilatazione di un astina metallica riscaldata da una candela. Tale chiusura accende una ventola che raffredda il metallo che, restringendosi, apre nuovamente il circuito stesso. In una seconda occasione ha, invece, portato un alternatore didattico aperto, per chiedere indicazioni circa la sua struttura. L'interesse di questo studente è stato così elevato da richiedere il contatto mail del sottoscritto per chiedere ulteriori informazioni riguardo quanto trattato durante l'attività.

Osservazioni sull'organizzazione.

Come è stato esposto in precedenza, questo progetto ha subito una drastica modifica rispetto alla versione originalmente ideata, a causa di alcuni problemi organizzativi. Nella sua versione originale l'attività prevedeva un'indagine sperimentale più approfondita, con un maggior coinvolgimento degli studenti e una trattazione del sistema di distribuzione dell'energia elettrica, attraverso un gioco di ruolo, volto a discutere l'obbligatorietà di consumare l'energia elettrica contestualmente alla sua produzione.

In fase di definizione dei termini della sperimentazione, la dirigente ha esposto particolare interesse per il progetto presentato, al punto da voler proporre quest'attività a tutte e tre le classi terze presenti nell'istituto. Tale proposta non è stata accolta dalle due docenti contattate dalla dirigente. Si riportano in seguito le motivazioni addotte delle due docenti per la non partecipazione al progetto.

Insegnante 1: *il percorso, pur essendo molto bello, è eccessivamente lungo e non mi trova interessata nel suo svolgimento in quanto troppo monotematico. Nel corso di questo anno devo affrontare: anatomia, sessualità, scienza della terra e luce, non ho posto e interesse per questo percorso.*

Insegnante 2: *il percorso, pur essendo molto bello, propone un argomento che non tratto. L'energia si tratta in tecnica. (Questa stessa insegnante ha affermato, in via confidenziale alla collega coinvolta nella sperimentazione, di non trattare l'argomento anche a causa di una debole preparazione personale a riguardo.)*

Le posizioni di queste insegnanti hanno decretato l'avvio della sperimentazione con una sola classe e un drastico taglio delle ore a disposizione. Ciò ha richiesto una rielaborazione del progetto, che si è concretizzato nella versione presentata in questo capitolo.

5.2.5 Sviluppi futuri

L'interesse da parte degli studenti coinvolti nella sperimentazione fa ritenere che questo sia un progetto da sviluppare ulteriormente e presentare ad altre scolaresche. Si ritiene, tuttavia, esistano margini di miglioramento e ulteriore sviluppo:

- ottimizzare, nei tempi e nelle modalità di presentazione, gli esperimenti presentati: non è stato possibile, ad esempio, proiettare su grande schermo le immagini registrate dalla termocamera durante l'esperimento riguardante l'effetto Joule e, per questo, gli alunni si sono dovuti

alternare allo schermo. Si suggerisce di dotarsi della strumentazione adatta alla proiezione;

- trovare una classe interessata al percorso nella sua interezza e sperimentare il progetto nella sua versione estesa;
- ideare ed allegare a quest’attività un maggior numero di esercizi per l’applicazione di quanto studiato. Un possibile esercizio, ad esempio, potrebbe essere quello di richiedere agli istituti scolastici coinvolti di fornire ai partecipanti di questa attività le bollette dell’energia elettrica, per poter analizzare quali siano i consumi di energia elettrica della scuola.

5.3 Progetto “L’energia, la Terra e l’Uomo”

Questo progetto nasce dalla richiesta di un’insegnante di classe quinta di una scuola primaria di Trento che ha esposto all’autore l’interesse di sperimentare un percorso riguardo l’energia.

5.3.1 Le criticità

Le criticità evidenziate, anche dalle analisi esposte nei capitoli precedenti, che hanno determinato la definizione del seguente progetto sono:

studio a compartimenti stagni: come è stato già ampiamente discusso spesso in ambito didattico, specialmente negli istituti secondari di primo e secondo grado, le materie vengono trattate come isole di studio fra cui non esiste reciproca comunicazione. Ciò che viene appreso in una disciplina non viene trasferito al resto della cultura dello studente. Fin dal grado primario di istruzione vi è quindi necessità di creare occasioni in cui gli studenti possano applicare quanto appreso in ambiti differenti;

confusione tra fonte energetica, vettore ed energia: le indagini condotte e descritte nei capitoli precedenti hanno evidenziato che gli studenti hanno difficoltà nel distinguere i concetti di fonte energetica ed energia. Un esempio di ciò riguarda alcune risposte nelle quali il carbone è l’energia chimica, in un processo di sovrapposizione tra il materiale che “contiene” una data energia e l’energia stessa, oppure l’incapacità di distinguere una fonte energetica, ad esempio il petrolio, da un vettore energetico, l’idrogeno.

assenza di quantificazione: tra gli aspetti fondamentali del metodo scientifico vi è il processo di quantificazione di una grandezza fisica. Tuttavia molto spesso, sia in contesto didattico che in contesto divulgativo,

ci si limita ad una trattazione qualitativa che non include la necessità di misurare l'energia.

sussidiario impreciso: in occasione della progettazione di questa attività è stato analizzato il sussidiario dato in dotazione al gruppo classe. La sezione del testo riguardante l'energia si è dimostrata molto imprecisa. Il calore viene proposto come un tipo di energia e non come una modalità di trasporto di energia e viene introdotta l'energia muscolare, insensata dal punto di vista fisico in quanto il muscolo è una macchina che funge da convertitore di energia chimica in energia cinetica o potenziale (per lo più).

5.3.2 La scheda progetto

Il progetto è stato ideato seguendo le moderne teorie didattiche di approccio riguardante le classi primarie, che prevedono l'introduzione di concetti e contenuti scientifici attraverso la narrazione [105], [106] e il coinvolgimento emotivo [107]. Infatti, visto che alunni di così giovane età sono privi di strumenti scientifici e metodologici per l'interpretazione della realtà, la loro conoscenza è ottenuta attraverso la trasmissione orale [108] e quanto è esperito nella quotidianità. Questo comporta che tali alunni posseggano schemi mentali basilari, chiamati da Fuchs *Force Dynamic Gestalt* [104], usati per la comprensione e l'interpretazione di ogni aspetto della loro vita, sia esso psicologico (dolore, paura, gioia), sociale (giustizia, povertà) o un fenomeno naturale. Le idee che fanno parte di questi schemi mentali non sempre possono corrispondere a quanto ritenuto vero dai canali ufficiali scientifici, ma potrebbe trattarsi di misconcezioni che complicano l'apprendimento formale. Per questo è necessario avvicinarsi agli studenti, in particolare anche agli alunni di scuola primaria, con un linguaggio comprensibile e con una tecnica comunicativa affascinante e di loro interesse, quale può essere la narrazione. Il percorso sviluppato in questo progetto è stato fondato sulla scelta di affiancare alla narrazione di un racconto il coinvolgimento dei ragazzi nell'interpretazione dei personaggi in esso introdotti. Al tempo stesso si è scelto di introdurre nel racconto storie e fenomeni scientifici parte del loro quotidiano per avvicinarli alla scienza attraverso una modalità CBL, adatta a stimolare la consapevolezza che il linguaggio scientifico è funzionale per l'interpretazione della realtà che ci circonda. Per questo motivo la storia sviluppata riguarda il percorso compiuto dall'energia nel sistema Terra-Sole-uomo, in cui i protagonisti delle vicende narrate sono la luce, l'acqua, l'aria, il legno, il gas, il pannello solare, il mulino a vento e molto altro. Per trattare con efficacia e concretezza il concetto di energia – introducendo la sua unità di misura, la necessità di quantificarla e l'analisi della sua conservazione - si sono ideate e prodotte delle 'banconote', che simboleggiano questa grandezza, utilizzate come moneta di scambio durante le trasformazioni che si susseguo-

no nel racconto.

Scopo: fornire un primo incontro con il mondo dell’energia a bambini delle scuole primarie. Si vuole introdurre loro il concetto di conservazione, conversione ed efficienza energetica attraverso un percorso didattico informale. Si vuole, inoltre, introdurre i bambini ai concetti di fonte energetica e strumento di trasformazione.

Mandante: l’insegnante della classe con cui è stata effettuata la sperimentazione ha preso contatti con il laboratorio presso il quale lavora l’autore della tesi e ha presentato la richiesta e disponibilità a sperimentare un percorso riguardante l’energia. Per l’insegnante lo scopo di questo percorso era duplice: introdurre i propri alunni al concetto di energia e, contestualmente, fornire loro un incontro con un ricercatore universitario per far conoscere questa figura professionale.

Mittente: si tratta dell’autore di questa tesi che, in qualità di ricercatore e scienziato, si pone come esperto esterno alla scuola, agli occhi degli studenti, fonte attendibile da cui ricevere informazioni scientifiche corrette.

Messaggio: i contenuti sviluppati all’interno di questo percorso sono stati tarati in funzione dell’età degli studenti e della dinamica di racconto su cui si fonda il progetto. Raccontare una storia che mostri il flusso di energia attraverso alcune delle sue trasformazioni, naturali e artificiali, offre lo spunto per la trattazione e discussione di numerosi messaggi scientifici:

- *fonte e vettore energetico:* l’attività prevede di trattare l’importanza della quantificazione dell’energia e la differenza tra fonte e vettore energetico;
- *conservazione e trasformazione dell’energia:* in questo percorso si vuole sottolineare il concetto che l’energia ha varie forme che sono individuabili attraverso alcuni indicatori fisici (ad esempio la temperatura o il movimento, nel caso dell’aria). Si vuole, inoltre, affrontare il fatto che è possibile trasformare una forma di energia in un’altra attraverso alcuni strumenti adatti allo scopo;
- *efficienza di una trasformazione:* l’analisi delle trasformazioni dell’energia è un ottimo spunto per osservare che non tutta l’energia che viene assorbita viene convertita nella forma desiderata;
- *energia non sempre implica lavoro:* molto spesso, come è stato osservato anche sul sussidiario della classe coinvolta in questa sperimentazione, l’energia viene presentata come “la capacità di un corpo di compiere lavoro”, concetto non corretto e, comunque,

difficile da afferrare per studenti così piccoli. Riflettendo sull'energia solo in termini di "quell'entità che mi permette di fare lavoro" si trascurano molte fenomenologie che non ricadono in questa casistica. Ad esempio, nell'oceano esiste una quantità esorbitante di energia termica dovuta ad una massa d'acqua di proporzioni gigantesche ad una temperatura di $15\text{ }^{\circ}\text{C}$. Tuttavia quest'energia marina, fondamentale per il mantenimento della vita, non è utilizzata dall'uomo per compiere lavoro meccanico.

Veicolo: percorso interattivo e informale a cui si affianca la visualizzazione di alcuni strumenti didattici. Gli studenti sono coinvolti in un racconto in cui ognuno di loro interpreta un personaggio: luce, legno, carbone, uranio ma anche motore, mulino a vento, pannello fotovoltaico sono alcuni dei ruoli che rivestono. Il mittente/narratore racconta una storia riguardante l'energia e le sue conversioni coinvolgendo i ragazzi nella scoperta dei personaggi alla ricerca della comprensione delle trasformazioni energetiche.

Beneficiario ipotetico: alunni del quinto anno della scuola primaria.

Ricevente: trattandosi di un progetto scolastico il ricevente coincide con il beneficiario ipotetico. Vi è la speranza che interessando gli studenti si possano raggiungere anche le loro famiglie.

Codice: il linguaggio verrà adattato per essere compreso da alunni di scuola primaria. In particolare i numerosi termini tecnici presenti in questo settore verranno elaborati per essere adatti al loro linguaggio: non si parla di *radiazione elettromagnetica* ma di *luce*, non si usa il termine *combustione* ma *fuoco*. Si preferisce concentrare l'attenzione dei ragazzi sulla dinamica di conversione dell'energia rispetto a fornire loro un'esatta nomenclatura.

Contesto: trattandosi di un progetto didattico il contesto è la scuola e per questa attività si richiedono spazi ampi che offrano occasione di movimento. Sulla base di questa indicazione la sperimentazione è stata condotta nell'aula magna dell'istituto, luogo che ha offerto lo spazio di manovra necessario e, al tempo stesso, ha contribuito ad aumentare l'informalità del percorso conducendo fuori dalla loro classe gli alunni.

Tecniche di comunicazione: la tecnica del racconto è stata affiancata da alcune ulteriori strategie per aumentare l'efficacia comunicativa dell'attività:

- per fornire maggior concretezza al concetto di energia, permetterne la quantificazione e creare una dinamica più interattiva si propone l'uso di 'banconote' finte che simulino l'energia. Le banconote si utilizzano per gli scambi che simboleggiano le trasformazioni

PIANTA -	
<div style="border: 1px solid black; width: 100%; height: 100%;"></div>	
DA COSA RICEVI ENERGIA	
Luce del sole	
COME USI L'ENERGIA?	
<hr/> <hr/> <hr/>	
A COSA CEDI ENERGIA	
<hr/> <hr/> <hr/>	

Figura 5.10: Esempio di scheda personaggio fornita a ciascuno degli alunni incontrati.

energetiche. Questa tecnica permette sia di sottolineare l'importanza della quantificazione e della misura e, al tempo stesso, è un ottimo strumento per indagare la conservazione e l'efficienza di conversione;

- gli studenti ricevono casualmente i ruoli attraverso schede personaggio (figura 5.10). Ciascuna di queste schede presenta tre campi, alcuni con dei suggerimenti e altri da completare;
- allo scopo di incentivare l'attenzione degli alunni, i ruoli sono distribuiti in modo segreto al gruppo classe. Ogni personaggio rimane un mistero fino a quando non entra a far parte del racconto.

Tempistiche della comunicazione: il progetto si sviluppa in un percorso di 4-6 ore. Questo tempo è considerato il minimo per poter sopperire alla necessità di studenti così giovani di ripetere i concetti e analizzarli da vari punti di vista.

5.3.3 Il progetto

La classe di scuola primaria coinvolta è una classe quinta di 26 alunni. La sperimentazione è stata condotta in due incontri di due ore. A causa di problemi personali della docente non è stato possibile condurre un terzo incontro nel quale si sarebbe potuto concludere il racconto. Tuttavia, la natura modulare di questo percorso ha reso possibile concludere anzitempo la sperimentazione senza grosse difficoltà.

I personaggi che sono stati elaborati per il racconto sono riportati in tabella 5.3. La conduzione è lasciata all'autore di questa tesi che si propone quale narratore. Sia l'insegnante del gruppo classe che il narratore rivestono due personaggi della storia, rispettivamente il Sole e la Terra (intesa come struttura del pianeta Terra, da appena sotto al terreno fino al nucleo).

	Personaggio		Personaggio
1	Luce	15	Pannello fotovoltaico
2	Pianta - legno	16	Pannello solare
3	Pianta - carbone	17	Barca
4	Pianta - gas	18	Mulino a vento
5	Pianta - petrolio	19	Alternatore
6	Pianta - cibo	20	Fuoco
7	Aria (in moto)	21	Mulino ad acqua
8	Aria (riscaldata)	22	Motore
9	Acqua (evaporata)	23	Rettili
10	Acqua (riscaldata)	24	Uomo
11	Ghiaccio	25	Volatili
12	Uranio	26	Automobile
13	Terreno	27	Sole
14	Corrente elettrica	28	Terra

Tabella 5.3: *Tabella che riporta i personaggi introdotti nella narrazione.*

La narrazione di questa storia prevede dei momenti di racconto da parte del narratore e numerose interazioni con gli studenti. Ogni qualvolta un personaggio/alunno entra nella narrazione, infatti, si deve presentare e, qualora riceva energia, deve cercare di comprendere quale sia l'utilizzo dell'energia che gli è stata fornita.

L'inizio della narrazione segue il percorso della luce solare al suo arrivo sulla Terra e di come essa distribuisca l'energia solare a vari personaggi. Uno schema di quali personaggi vengano coinvolti dalla luce solare e di quanta energia distribuisca ad ognuno di essi è presentato in figura 5.11.

In questo racconto sono presenti più personaggi "pianta" per poter rendere conto dei diversi utilizzi che ne possono scaturire e per presentare i combustibili fossili per quello che, almeno in un remoto passato, sono stati. Sono stati introdotti nella narrazione, inoltre, due personaggi sia per l'aria sia per l'acqua. Questa scelta è dettata dalla volontà di separare i due principali fenomeni che coinvolgono l'energia e sono legati a questi elementi: l'incremento di temperatura (riscaldamento) e il movimento (vento o evaporazione). In questo modo ogni qual volta si ha a che fare con l'energia termica dell'aria è coinvolto un alunno mentre se ci riferisce all'energia cinetica interviene un

altro studente. Questa scelta permette sia un maggior coinvolgimento degli alunni sia una chiara separazione degli effetti dell’energia. Si è ritenuto che condensare questi due contributi in un unico personaggio potesse rendere di difficile gestione l’energia in possesso dell’alunno.

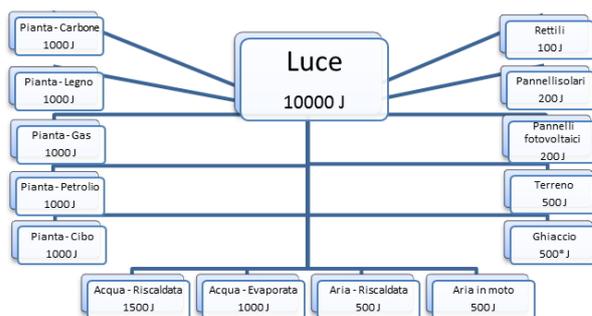


Figura 5.11: *Figura che propone i primi scambi energetici legati all’arrivo della luce solare sulla Terra.*

La possibilità di introdurre conversioni energetiche attraverso lo scambio di monete permette, in fase di narrazione, l’introduzione di concetti di grande importanza, in primo luogo l’unità di misura dell’energia. Gli studenti sono già abituati a maneggiare soldi e sanno che ne esistono di vario tipo e di vari nomi: come esiste l’euro, il dollaro o la sterlina, il nostro racconto si basa sullo scambio di joule. In un secondo luogo l’utilizzo di strumenti tangibili come le banconote permette in ogni istante di poter quantificare l’energia in circolazione e di valutarne istante per istante la conservazione. La narrazione prosegue seguendo un percorso storico alla scoperta dell’utilizzo dell’energia da parte dell’uomo. In alcuni casi le frazioni di energia in gioco e le modalità di suddivisione tra i personaggi sono corrette e rispecchiano la reale efficienza degli strumenti coinvolti in altri, invece, si tratta di una separazione grossolana che vuole permettere ad ogni personaggio di essere coinvolto attivamente e con un discreto quantitativo di energia. Si riporta di seguito un breve elenco delle trasformazioni ideate; da figura 5.12 a figura 5.16 sono esposti i relativi schemi delle conversioni energetiche.

Il cibo: si tratta della prima e più fondamentale conversione energetica che riguarda l’uomo;

Il fuoco: la combustione del legno viene discussa in termini di produzione di aria calda e di luce⁸. In fase di sperimentazione è stato interessante

⁸In fase di sperimentazione è stata ritenuta d’interesse anche l’introduzione della radiazione infrarossa, discussa attraverso il fatto che il fuoco emette anche “luce” che i nostri

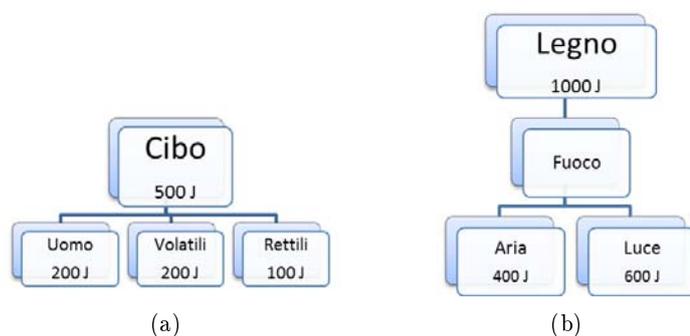


Figura 5.12: Immagini che riportano gli scambi energetici proposti nel racconto. Gli scambi energetici, ove possibile, sono stati fondati su valori coerenti con l'efficienza della tecnologia discussa.

discutere questa conversione in quanto l'alunna/fuoco si è sorpresa di non poter tenere per sé dell'energia. La discussione condotta sul fatto che il fuoco ha l'unica funzione di sprigionare l'energia del legno ha portato l'alunna a coniare il termine di “postino” di energia, poiché agisce da smistamento di soldi. Questo termine è stato ritenuto interessante e riproposto in seguito per le ulteriori tecnologie di conversione energetica.

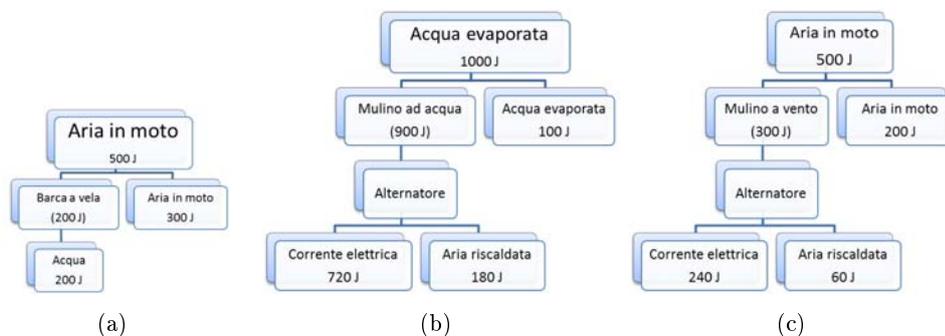


Figura 5.13: Immagini che riportano gli scambi energetici proposti nel racconto. Gli scambi energetici, ove possibile, sono stati fondati su valori coerenti con l'efficienza della tecnologia discussa.

La barca a vela: primo personaggio artificiale, l'introduzione di questa trasformazione è la prima occasione per introdurre il concetto di efficienza

occhi non vedono e che è la responsabile del caldo che si sente di fronte ad un fuoco. Sebbene sia un concetto complesso, gli alunni hanno dimostrato di conoscere questo termine e di esserne interessati. Per rispondere a questa loro curiosità, a conclusione del percorso, è stata mostrata una termocamera a infrarossi per visualizzare come ogni oggetto emetta infrarossi ed è stata scattata una foto della classe e consegnata all'insegnante.

di una trasformazione. In questa conversione si vuole osservare che non è possibile cedere tutta l’energia del vento alla barca - altrimenti l’aria si fermerebbe subito dopo la barca e ciò è un controsenso. Questa trasformazione permette di introdurre anche la dispersione di energia per attrito. Osservando che quando la barca si muove anche l’acqua intorno a lei viene messa in moto si può introdurre il fatto che parte dell’energia acquisita dalla barca deve essere ceduta all’acqua e, per questo, prima o poi la barca si ferma.

I mulini ad acqua/a vento: simili tra loro, queste tecnologie si introducono in collegamento con l’alternatore e, quindi, già in ambito di produzione di energia elettrica. Vista la giovane età, difficilmente gli alunni sanno cosa sia un alternatore e quindi si ritiene utile mostrarne uno didattico⁹. Per evidenziare il fatto che, similmente al fuoco, anche l’alternatore ha l’unica funzione di convertire energia, senza trattenerne, è stato pensato di sottolineare che quando esso possiede energia si surriscalda e, per evitare che si fonda, lo si deve raffreddare. Gli alunni hanno subito suggerito di utilizzare l’acqua o l’aria per tale scopo;

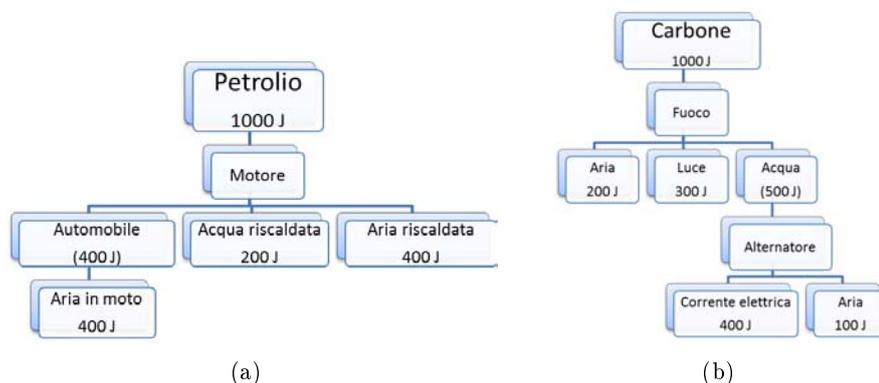


Figura 5.14: Immagini che riportano gli scambi energetici proposti nel racconto. Gli scambi energetici, ove possibile, sono stati fondati su valori coerenti con l’efficienza della tecnologia discussa.

Automobili: il petrolio è stato introdotto nel racconto in qualità di benzina per le automobili.

Centrali termoelettriche: in questa fase della narrazione i personaggi sono già stati quasi tutti scoperti e ci si può soffermare su aspetti “secondari” quali l’utilizzo di fonti fossili, come il carbone e il problema della finitezza di queste risorse.

⁹Per questo scopo è molto utile l’alternatore didattico PASCO che è dotato di una finestra che rende visibile il magnete durante la sua rotazione.

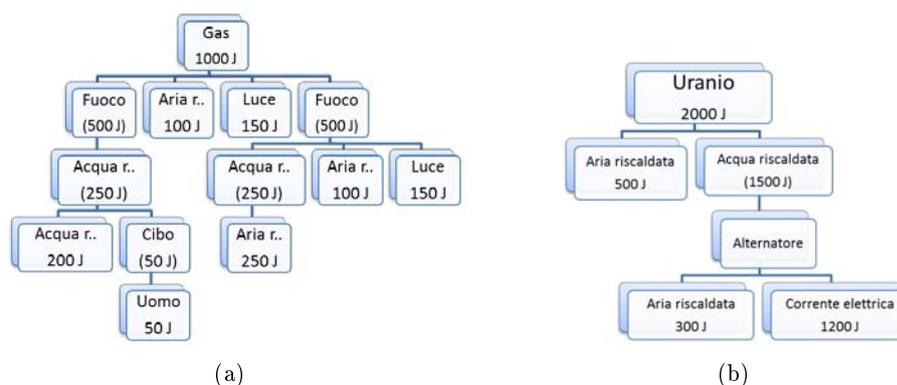


Figura 5.15: Immagini che riportano gli scambi energetici proposti nel racconto. Gli scambi energetici, ove possibile, sono stati fondati su valori coerenti con l'efficienza della tecnologia discussa.

Il gas naturale: questa fonte si discute unicamente in un contesto domestico, ambiente più vicino agli studenti e, quindi, di maggior comprensione ed interesse. Se ne propone un utilizzo ambivalente: combustione nelle caldaie e utilizzo nei fornelli di cucina per la cottura dei cibi.

Le centrali termonucleari: l'energia all'uranio viene consegnata all'alunno direttamente dal narratore, per distinguere la diversa provenienza di questa fonte rispetto a tutti gli altri personaggi che traggono, in ultima analisi, origine dal sole. Per quest'attività si è ritenuto importante trattare la narrazione di questa fonte sia perché si tratta di un argomento controverso, spesso considerato tema scomodo, sia poiché si tratta del solo elemento naturale del racconto che non riceve la propria energia dalla luce del sole. In fase di sperimentazione è stato evidenziato un forte timore per questa tecnologia, con riferimenti al pericolo di queste centrali o allusioni alla costruzione di bombe nucleari.

Pannelli solari e pannelli fotovoltaici: elementi introdotti in quanto di particolare interesse per la loro attualità e connessione con la capacità dell'uomo di inventare tecnologie sempre nuove e sempre migliori grazie alla ricerca scientifica.

Centrali geotermiche: in conclusione del racconto si sfidano gli alunni nella rappresentazione in autonomia della narrazione legata alla centrale geotermica. Si introduce tale tecnologia presentando il fatto che il terreno riceve energia oltre che dalla luce solare anche dal suo interno, dal nucleo e dal mantello e che esistono luoghi naturali in cui si riescono a raggiungere porzioni di terra particolarmente calde (e quindi "ricche di energia"). Detto questo si sfidano i partecipanti a trovare un modo per sfruttare questa energia.

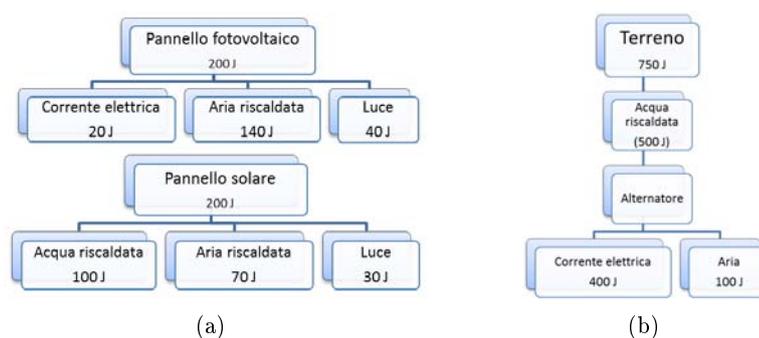


Figura 5.16: Immagini che riportano gli scambi energetici proposti nel racconto. Gli scambi energetici, ove possibile, sono stati fondati su valori coerenti con l’efficienza della tecnologia discussa.

Argomenti ‘extra’ trattati in fase di sperimentazione

La vivacità degli alunni e il loro interesse riguardo l’argomento hanno determinato, in fase di sperimentazione, la trattazione e discussione di alcuni argomenti non previsti in fase di progettazione. Si tratta di temi introdotti nella narrazione per interesse - più o meno propriamente - e che, quindi, si è ritenuto opportuno approfondire:

L’uso dell’energia: un alunno ha introdotto il concetto di energia come grandezza utile solo se usato in modo opportuno. Durante la discussione riguardante l’energia immagazzinata nel legno, quindi, si è deciso di approfondire questo punto di vista osservando che se il legno viene usato per costruire un armadio esso mantiene la sua energia e non la libera. Solo bruciando il legno si può usare l’energia immagazzinata al suo interno in fase di crescita della pianta.

Albedo e feedback positivo del ghiaccio: il personaggio ghiaccio, introdotto ad inizio racconto in quanto intercetta parte della luce solare, gioca un ruolo importante nella narrazione, in quanto, sebbene venga colpito da 500 J di energia solare solo 100 J vengono assorbiti e lo “riscaldano”. Nella narrazione, a causa del colore bianco del ghiaccio, 400 J vengono riflessi e persi nello spazio sempre trasportati dalla luce. In questa discussione una ragazzina ha affermato che “sua mamma le ha detto che i ghiacci rischiano di sciogliersi tutti ed è un problema”. È stata colta la palla al balzo e si è discusso, sebbene non in questi termini, del feedback positivo del ghiaccio.

Per rispondere a questa osservazione sono stati proposti due scenari:

- *era glaciale:* il ghiaccio occupa una area grande quanto mezzo mondo. Con l’aiuto dei ragazzini è stato discusso che, in que-

sto caso, il ghiaccio avrebbe intercettato 5000 J di energia e ne avrebbe riflessi 4000 J. A causa di questa riflessione tutti gli altri personaggi avrebbero avuto meno energia a disposizione: aria, acqua e terreno non si sarebbero potuti riscaldare quanto prima;

- *ghiaccio quasi completamente sciolto*: in questo caso il ghiaccio intercetterebbe solo 50 J e ne riflette 40 J. Rispetto ad adesso avremmo avuto altri 450 J da distribuire tra i personaggi iniziali e sicuramente acqua, terreno e aria ne riceverebbero una buona parte, riscaldandosi maggiormente.

Questi due scenari sono stati quasi interamente gestiti dai partecipanti e l'osservazione conclusiva dell'analisi, condotta dalla ragazzina che ha lanciato la provocazione iniziale, è stata "allora serve la giusta quantità di ghiaccio?". Questa modalità, facente uso di narrazione e utilizzo di banconote per la quantificazione dell'energia, si è rivelata un buono strumento per indagare alcuni aspetti che richiedono una trattazione quantitativa per poter essere compresi.

Primo principio della dinamica: in occasione della trattazione della conversione legata al movimento della barca a vela e della cessione di energia all'acqua durante il movimento il narratore ha lanciato la provocazione '*se il vento potesse dare un'unica spinta in cui fornisce energia, la barca cosa farebbe? Continuerebbe a muoversi o si fermerebbe?*' la vivacità degli alunni ha scatenato subito una discussione in cui l'osservazione predominante era che continuasse a muoversi. Solo alcuni erano propensi all'ipotesi che si sarebbe fermata. Un ragazzino, lo studente che aveva il personaggio dell'acqua in moto e aveva appena ricevuto parte dell'energia della barca, ha proposto che la barca continuasse a muoversi perché anche l'acqua spinge in avanti la barca. Il narratore, quindi, ha chiesto se lui, che è l'acqua, aveva ceduto energia alla barca (aiutandola a muoversi) o aveva rubato energia alla barca (aiutandola a fermarsi). A questa osservazione, vedendosi tra le mani le banconote, ha compreso che la sua idea non fosse valida e che il suo contributo portava a fermare la barca. Un secondo ragazzino ha proposto un esperimento soffiando su una matita e osservando come dopo pochi centimetri essa si fermi ha stabilito che anche la barca avrebbe subito la stessa sorte. Queste osservazioni hanno condotto ad un approfondimento sul meccanismo di cessione dell'energia per attrito. A conclusione di questo percorso è stata lanciata una seconda provocazione 'Se andassimo nello spazio, vuoto, dove non c'è acqua, ghiaccio o olio sotto la nostra nave... se noi fornissimo un po' di energia alla barca che si inizierebbe a muovere, cosa farebbe?' dopo alcune osservazioni, un ragazzino ha affermato che non resterebbe altra possibilità che continuare a muoversi per tutta la vita. Sebbene non si siano mai

definiti né forza né cosa sia concretamente l’energia in termini fisici, quest’attività ha portato i partecipanti a dare una definizione del primo principio della dinamica.

Zero assoluto: ogni qualvolta è servito raffreddare uno strumento è stato coinvolto il personaggio “aria riscaldata” che assorbiva l’energia in eccesso. Questo fatto ha portato alcuni alunni a chiedere che effetto avesse questa energia sul personaggio. È stato, quindi, coinvolto il personaggio “aria riscaldata” e osservato che fornendo energia la sua temperatura aumentava e “rubando” energia diminuiva. Alcuni alunni hanno, quindi, chiesto cosa succederebbe se togliessimo tutta l’energia all’aria, osservazione che ha condotto ad una discussione circa lo zero assoluto. In un altro incontro è stata proposta la stessa dinamica per il personaggio acqua riscaldata e durante la sottrazione dell’energia lo studente che impersonava quel ruolo ha diminuito la propria temperatura fino a raggiungere temperature sotto lo zero. A quel punto è stato fatto osservare che non sarebbe possibile e altri alunni hanno risposto che l’acqua inizierebbe a ghiacciare. In questo caso l’osservazione ha condotto ad una discussione circa la complessità del sistema Terra e l’importanza per la vita della temperatura a cui siamo.

L’energia che assorbe una lampadina dove va?: tra le domande proposte nel questionario di ingresso, che verrà presentato in un paragrafo successivo, l’ultima chiedeva ai ragazzi dove finisse l’energia che serve ad una lampadina per funzionare. Proprio la risposta a questa domanda è stata richiesta al sottoscritto all’inizio della sperimentazione. È stato scelto di rispondervi al termine della prima lezione, dopo aver introdotto l’energia e alcuni strumenti, tra cui la fonte di energia e strumenti di conversione (o “postini”) di energia. Al termine dell’incontro è stato chiesto ‘*Quanti ritengono che l’energia che serve alla lampadina sia nella lampadina?*’ – tipica risposta fornita all’inizio al questionario – e metà classe ha alzato la mano in senso affermativo. È stato poi chiesto ‘*La lampadina secondo voi è uno strumento o una fonte di energia?*’ e tutto il gruppo ha risposto che si tratta di uno strumento. È stato chiesto provocatoriamente ‘*Al termine di questo nostro percorso, quanti strumenti che hanno partecipato al racconto hanno joule nelle loro mani?*’ e la classe ha osservato che nessuno strumento ha mantenuto parte dell’energia che è passata attraverso loro. Allora è stata riproposta la domanda ‘*Quanti ritengono che l’energia che serve alla lampadina per funzionare rimanga nella lampadina?*’ e nessuno più ha alzato la mano. Questa serie di domande si è conclusa con l’osservazione che l’energia che si utilizza viene convertita in luce e in aria calda e non può quindi rimanere nella lampadina.

Entropia e morte termica: al termine del secondo incontro vi è stato un momento di discussione e domande. Un'alunna, osservando come l'aria venisse coinvolta in tutti i processi di raffreddamento degli strumenti, ad ogni conversione, ha chiesto *“ma allora, alla fine, Filippo (personaggio “aria riscaldata”) sarà caldissimo perché non ha mai ceduto la sua energia?”*. Questa domanda è molto interessante poiché conduce al concetto di entropia e di morte termica dell'universo. Essendo in chiusura di attività non è stato possibile approfondire molto, ma è stato osservato che a lungo andare tutti gli scambi avrebbero portato energia all'aria e che a quel punto sarebbe stato un problema. La possibilità offerta dall'energia di effettuare azioni utili all'uomo esiste solo se ci sono scambi di energia tra più personaggi. Se un unico personaggio racchiudesse in sé tutta l'energia, senza mai cederla, sarebbe inutile per l'uomo.

5.3.4 Risultati

L'interesse da parte dei ragazzi, la vasta quantità di domande che sono state fatte in fase di sperimentazione e le risposte alle continue provocazioni del narratore dimostrano un buon gradimento dell'attività da parte dei partecipanti. Il gruppo classe non solo ha recepito con interesse quanto raccontato ma si è proposto attivamente, introducendo spunti di discussione e riflessioni di grande profondità. Si ritiene che tali risultati siano dovuti anche al buon clima di lavoro che è possibile instaurare attraverso questa tecnica comunicativa, adatta sia a incentivare l'interazione con gli studenti che a trattare concetti fisici di grandissimo spessore, quali lo zero assoluto, la prima legge del moto o la morte entropica dell'universo, ben oltre le aspettative del progetto iniziale.

Per poter valutare l'efficacia del percorso è stato richiesto agli studenti di completare due brevi questionari. Il primo è stato somministrato prima dell'inizio dell'attività e il secondo al termine degli incontri. Su suggerimento dell'insegnante della classe pilota, è stato ritenuto adatto proporre agli alunni domande a risposta aperta, per evitare che una mancata comprensione delle domande o delle opzioni di un questionario a risposta multipla inficiasse la raccolta dei dati. Tuttavia vi è da sottolineare che le difficoltà linguistiche e di espressione degli alunni hanno determinato, in fase di raccolta dei risultati, ambiguità di interpretazione delle risposte, in quanto non è stato sempre chiaro se, semanticamente parlando, il termine utilizzato dai ragazzi corrisponda al concetto che essi volevano esprimere. Questo è un problema ben noto, vedi ad esempio [109], [110] e [111], e che trova la sua massima concretizzazione in uno storico contrasto di linguaggio tra senso comune e scienza: sul termine *calore*. In ambito scientifico la parola 'calore' è utilizzata per riferirsi a quell'energia che passa tra due sistemi senza coinvolgere il lavoro meccanico; nelle risposte ai questionari date dagli studenti esso è

utilizzato per riferirsi a qualsiasi sostanza ad alta temperatura.

Una nota di particolare interesse riguarda il questionario introduttivo: oltre ad ottenere un elevato numero di risposte di grande interesse, fondamentali per comprendere il livello di maturità e i preconcetti degli alunni, esso si è dimostrato un'ottima introduzione all'attività. Durante il primo incontro, infatti, l'autore ha incontrato studenti pronti, interessati al tema e desiderosi di scoprire le risposte corrette alle domande poste a loro.

Il questionario somministrato prima dell'intervento ha richiesto agli alunni di dare risposta ai seguenti interrogativi:

- Racconta, con parole tue, che cos'è secondo te l'energia. Puoi fare anche degli esempi.
- Secondo te, da dove viene l'energia? Oppure, è possibile creare energia dal nulla?
- Che cos'è una fonte energetica?
- Hai mai sentito il termine fonte energetica rinnovabile? Cosa vuol dire?
- Il vento, con cui produciamo energia elettrica, è legato all'azione del sole?
- Dove va a finire l'energia che serve ad una lampadina per accendersi?

Le domande del questionario post-attività sono state sviluppate per intervistare i partecipanti sulle stesse tematiche dell'indagine precedente, ma apprezzate da punti di vista differenti:

- Racconta, con parole tue, che cos'è secondo te l'energia. Puoi fare anche degli esempi per spiegare cosa può fare.
- Che cos'è una fonte energetica?
- Hai mai sentito il termine fonte energetica rinnovabile? Cosa vuol dire?
- Le onde del mare, secondo te, sono legate all'azione del sole? Se sì, come?
- Dove va a finire l'energia elettrica che serve ad un phon per funzionare?
- Ti è piaciuta questa attività?
- Cosa ti è piaciuto di più e cosa ti è piaciuto di meno?

Risposte

Che cos'è secondo te l'energia? :

Ben consci della difficoltà di definire questa grandezza fisica - anche per studenti di ordini ben maggiori della scuola primaria - tale quesito è ritenuto d'interesse per indagare le idee e le pre-concezioni degli alunni.

Pre-test: le definizioni ottenute spaziano in vari campi utilizzando numerosi concetti e termini scientifici, sebbene non sempre in modo opportuno. Il 42% alunni ha connesso l'energia al movimento di un oggetto, il 23% ha affermato che sia (o dia) forza e il 26% l'ha collegata al concetto di calore¹⁰. Il 23% degli studenti ha fornito una definizione molto generica, che ben può interfacciarsi con il termine energia, affermando che essa sia una "fonte che permette di fare varie funzioni", per lo più proponendo collegamenti con l'uomo o altri esseri viventi, fenomeno ben conosciuto, ad esempio [113] e [86]; il 19 % delle risposte, infine, include accenni al fatto che questa entità sia trasferibile da una forma ad un'altra, ottima premessa su cui costruire il concetto di conservazione dell'energia.

Post-test: sebbene non si sia data risposta a questa domanda nel corso dell'attività, ma ci si sia limitati ad esporre alcuni effetti legati a trasformazioni energetiche, l'impatto del progetto appare positivo nell'aiutare gli alunni coinvolti a creare delle fondamenta per la futura formalizzazione di questo concetto. Per quanto la definizione di questa grandezza sia sempre una sfida, nelle risposte a questo secondo questionario diminuiscono i riferimenti esclusivi alle idee di movimento, forza o calore, espressi con percentuali rispettivamente del 23%, 11% e 8%. È stato rilevato un aumento delle risposte generiche che affermano - soprattutto attraverso esempi - che l'energia ha numerose forme (27% delle risposte) e che può essere tramutabile e trasferibile (30%). L'11% degli alunni fa esplicito riferimento al termine joule nell'esporre alcuni esempi di trasformazione.

Da dove viene l'energia? È possibile creare energia dal nulla? :

Questa domanda è stata posta solo nel questionario pre-attività ed inserita per valutare quale sia la percezione degli alunni circa la conservazione dell'energia. Le risposte ottenute sono molto varie e suddivisibili in tre categorie:

1. **proviene da qualcos'altro:** a questa categoria appartiene il 58% delle risposte. In particolare il 13% di esse afferma che la

¹⁰Non stupisce questo uso improprio di calore, utilizzato al posto di incremento di temperatura. Si tratta di uno scorretto utilizzo di termini scientifici riconosciuto e studiato, vedi ad esempio [112].

provenienza sia legata al movimento di oggetti, il 20% sia collegata al calore mentre il 67% propone che debba trovare origine nella biosfera e nel cibo¹¹;

2. **continua a passare da un’oggetto ad un altro:** il 15% degli studenti esprime la convinzione che l’energia faccia parte di un ciclo di trasformazioni, con passaggi di energia tra numerosi oggetti. Di particolare rilevanza è il fatto che uno studente esponga chiaramente il problema di quale sia l’inizio del ciclo:

“L’energia secondo me è un qualcosa che fa avere dell’altra energia per poi, passarla ancora a sua volta, però non so da dove esiste l’energia per produrre altra energia”

3. **è possibile creare energia dal nulla:** il 23% degli alunni afferma che sia possibile creare energia dal nulla, tuttavia tutti loro dimostrano di aver difficoltà con questo concetto. A spiegazione della loro affermazione, infatti, essi portano esempi pratici che coinvolgono oggetti concreti, ad esempio:

“L’energia viene dalle stelle, o dal loro calore. L’energia si può creare dal nulla, per esempio se prendo due pezzi di ferro e li strofino velocemente uno contro l’altro si crea una scintilla.”

Cos’è una fonte energetica? :

Le risposte ottenute non variano molto al termine dell’attività. Gli alunni ritengono che una fonte energetica sia un qualcosa che dà energia o in cui essa è conservata e da cui è possibile ricavarla. Sono stati forniti sporadici riferimenti al fatto che una fonte energetica agisca direttamente su oggetti mettendoli in moto. Lo stratagemma di utilizzare banconote per concretizzare il concetto di energia trova un riscontro positivo anche nelle risposte raccolte per questa domanda con numerosi riferimenti al termine joule.

Hai mai sentito termine fonte rinnovabile? Cosa vuol dire? :

Pre-test: il 46% degli alunni risponde di non aver mai sentito questo termine mentre un altro 46%, al contrario, afferma di averlo già sentito, anche se solo un 16% di essi fornisce una spiegazione soddisfacente, ad esempio:

“Ho sentito questo termine e secondo me vuol dire che quando una fonte energetica si esaurisce è possibile ricrearla con le stesse materie di quella precedente.”

Nel tentativo di fornire una spiegazione al concetto di rinnovabile i termini più utilizzati sono riciclare e riutilizzare. Un’alunna, invece, traduce il termine rinnovabile come un “far diventare più nuovo”:

“Si l’ho già sentito, e secondo me significa che l’energia si rinnova,

¹¹L’insegnante di questa classe ha spiegato che questa elevata percentuale si può motivare anche a causa della recente conclusione di un percorso didattico sul cibo.

ciò subisce qualche cambiamento, diventa più nuova.” Questa risposta rende ancora più evidente quanto sia importante la codifica corretta del linguaggio scientifico e quanto si renda necessario lavorare sulla sua distinzione con il linguaggio di senso comune.

Post-test: al termine dell’attività circa il 61% dei partecipanti afferma di aver già sentito il termine e il 50% di essi riesce a dare una risposta soddisfacente, utilizzando esempi e termini corretti:

“Se non mi sbaglio significa una fonte che ha il permesso di avere energia e quindi si può rifare. Però tipo le piante del petroglia o del gas si possono rinnovare ma ci vuole pazienza e molto tempo.”

Una sensibile frazione di studenti (20%) afferma ancora di non aver mai sentito il termine rinnovabile, sebbene nel racconto sia stato introdotto in numerose occasioni. Nonostante questo, al termine dell’attività, cinque alunni che avevano affermato di non aver mai sentito il termine rinnovabile hanno risposto affermativamente proponendo spiegazioni che includono concetti corretti, ad esempio: *“Fonte energetica rinnovabile vuol dire che si può ricreare”*.

Il vento/Le onde dipende dal Sole? :

Pre-test: a questa domanda circa il 50% degli alunni risponde affermativamente, ma l’80% di essi non fornisce motivazione alla risposta affermativa o dà una spiegazione folkloristica. Il 27% delle risposte afferma che il Sole non ha a che fare con il vento mentre il restante 23% non sa.

Post-test: al termine del racconto il 57% degli alunni afferma che il Sole sia alla base della creazione delle onde: sebbene il 33% delle risposte affermative non fornisca spiegazione (se non molto generica) il restante 67% collega le onde all’assorbimento di energia solare da parte dell’acqua (60%) o all’azione del vento, mossa dal sole (40%):

“Le onde del mare sono mosse dall’energia del sole perché la luce da energia all’acqua (Joule) che si riscalda ma la fa muovere”

“Il sole riscalda e dà energia all’aria che, muovendosi, dà “vita” alle onde”.

Un aspetto che richiederebbe un maggior approfondimento circa il linguaggio utilizzato riguarda l’affermazione di due studenti secondo i quali *l’acqua può ‘decidere’ di muoversi e formare le onde*. Vista la dinamica narrativa in cui gli alunni sono stati coinvolti ad interpretare i personaggi non vi è sorpresa nel sentire utilizzare simili termini, spesso adoperati anche durante l’interazione con gli studenti che recitavano il

ruolo di elemento naturale chiamato in causa in quel frangente. Tuttavia, in una futura sperimentazione, si ritiene d’interesse un’analisi approfondita riguardo quest’idea di elemento naturale con “potere decisionale” per comprendere se si tratti di un riferimento alla dinamica di narrazione oppure se sia stata trasmessa l’idea che il vento o l’acqua possano realmente decidere cosa fare con l’energia acquisita.

Dove va l’energia che usa la lampadina/il phon? :

Pre-test: a questa domanda il 27% degli alunni individua esplicitamente come prodotto del funzionamento di una lampadina la luce mentre il 30% indica il calore, a dimostrazione che l’esperienza sensoriale del “calore” è molto invasiva nelle menti degli alunni, al punto da trascurare il motivo principale del funzionamento di una lampadina. Il 23% delle risposte ottenute è un nonsenso scientifico:

“L’energia della lampadina quando si spegne torna a quella persona che la accesa senza accorgersene”.

Post-test: gli effetti di questa attività sembrano molto positivi nell’aiutare i ragazzi a comprendere alcuni meccanismi di trasformazione dell’energia. Circa il 61% dei partecipanti al progetto, infatti, identifica l’aria come il prodotto del phon: il 25% di essi indica genericamente l’aria, il 50% cita espressamente il suo riscaldamento mentre il restante 25% specifica che l’energia sia utilizzata per riscaldare e per movimentare l’aria. Una nota importante, che evidenzia nuovamente la necessità di approfondire il linguaggio utilizzato, riguarda l’affermazione di due alunni che l’energia sparisca dopo l’utilizzo. Durante l’attività non è mai stato menzionato il fatto che l’energia possa sparire, anzi è stata più volte sottolineata la conservazione dell’energia, seguendo concretamente il percorso delle banconote. Un’ipotesi per l’utilizzo di questo termine potrebbe essere il riferimento al fatto che “sparisce” in quanto sia “degradata” e non è più possibile utilizzarla per l’uomo. Per questo si ritiene di grande interesse approfondire il linguaggio adottato e cosa esso voglia esprimere realmente.

Osservazioni

La dinamica di racconto interattivo è stata accolta molto positivamente dagli alunni e l’utilizzo delle banconote ha introdotto una sfida tra loro che ha ulteriormente incentivato l’attenzione sulla narrazione per poter comprendere chi tra loro ne avesse di più al termine di ogni scambio. Alla richiesta di esprimere il proprio gradimento attraverso il questionario, tutti gli alunni hanno espresso pareri molto positivi. Gli aspetti che sono stati ritenuti di maggior pregio sono la partecipazione attiva nel racconto, la sfida/scoperta dei personaggi in gioco e dei loro ruoli. Tre alunni, inoltre, hanno espresso

particolare gradimento per l'utilizzo della termocamera o l'osservazione dell'alternatore didattico e del suo funzionamento. Alla richiesta di esplicitare anche le note negative, sono pervenute alcune criticità – 15% - che riguardano un mancato coinvolgimento di tutti i partecipanti e il tempo eccessivamente ridotto a disposizione.

5.3.5 Sviluppi futuri

Il riscontro positivo del questo progetto, sia da parte degli alunni sia dell'insegnante è una buona premessa per la prosecuzione dello sviluppo di quest'attività. Le azioni future che si intendono perseguire sono:

- ulteriore investigazione dell'apprendimento degli alunni attraverso la metodologia di racconto partecipato. In particolare si suggerisce di affiancare ai test per la valutazione dell'efficacia dell'attività interviste puntuali per comprendere il significato del linguaggio e dei termini utilizzati;
- sperimentazione di questa attività in un tempo di sei ore, per valutare se ciò possa risolvere le criticità riscontrate dagli alunni. In questo modo infatti si potrebbero coinvolgere maggiormente gli alunni e dedicare più tempo ad eventuali domande;
- realizzazione di materiali di supporto di maggior effetto, con banconote e schede personaggio più adatte ad alunni di scuola primaria;
- progettazione di alcuni esperimenti adatti ad un target di scuola primaria che permettano di osservare in concreto alcune conversioni energetiche discusse nel corso della narrazione, per intervallare momenti narrativi a momenti sperimentali e creare, quindi, un percorso con molteplici linguaggi, caratteristica di comprovata efficacia;
- elaborazione di un racconto adattabile anche a classi con qualsiasi numero di studenti. Questo percorso, infatti, è stato specificatamente elaborato per 26 partecipanti, si richiede una riflessione su come adattare il percorso nel caso di sperimentazioni con un numero minore di partecipanti.

5.4 Gioco da tavola 'Power Plant'

Esistono in letteratura numerose definizioni di cosa sia un 'gioco'. Una delle preferite è la generalizzazione proposta in [114]:

'When you strip away the genre differences and the technological complexities, all games share four defining traits: a goal, rules, a feedback system, and voluntary participation'

Tale definizione elenca lapidariamente alcune delle caratteristiche chiave:

volontarietà: la partecipazione al gioco su base volontaria è una caratteristica indispensabile per realizzare uno strumento di piacevole intrattenimento, scremando coloro che non si mostrano interessati. Tale premessa è fondamentale per l'avvio di una partita e per la necessità di applicarsi alla comprensione del gioco stesso;

regolamento: la necessaria accettazione della dinamica di gioco - previo lo studio del regolamento - permette di ritrovare nel gioco uno strumento volto all'educazione di persone al rispetto e alla condivisione di regole comuni. La possibilità di fondare il divertimento su ambientazioni avulse dalla realtà quotidiana, infine, permette di calare i giocatori in realtà parallele che devono essere accettate e comprese per poter raggiungere gli obiettivi prefissati;

meccanismi di valutazione: il raggiungimento dell'obiettivo di un gioco può essere valutato solo attraverso un meccanismo di valutazione dell'operato dei giocatori che si presta, al tempo stesso, ad essere meccanismo di controllo retroattivo per il giocatore stesso. Attraverso tale analisi, infatti, è possibile riconoscere i propri errori ed evitarli in una partita successiva.

I tre elementi sopraccitati, sebbene coniugati per un gioco, sono punti altrettanto validi se riferiti alla didattica: esistono delle regole da imparare (nozioni) che si sceglie di apprendere liberamente - o almeno si dovrebbe - e per poter valutare quanto è stato appreso, allo scopo di migliorarsi, esistono dei momenti di verifica basati su criteri chiari e condivisi. Per questo motivo il gioco si può prestare efficacemente quale supporto alla mediazione di contenuti scientifici.

Nello specifico "*Power Plant*" è un gioco da tavola che utilizza come contestualizzazione e dinamica di gioco argomenti e fenomenologie legate al panorama dell'energetica.

Questo progetto è stato ideato sullo spunto offerto dal celebre gioco Monopoly in cui, al posto della costruzione delle case e alla relativa rendita, i giocatori si dedicano alla costruzione di centrali elettriche e alla vendita dell'energia da esse prodotta. Pur avendo preso spunto da un gioco esistente, *Power Plant* se ne distanzia profondamente, introducendo innovative dinamiche di gioco e regole che lo rendono, di fatto, un progetto originale.

5.4.1 Le criticità

Le criticità evidenziate grazie alle analisi condotte nei capitoli precedenti, sulle quali è stato fondato questo progetto e che ne hanno definito scopi e modalità sono le seguenti:

il gioco da tavola è sottoutilizzato: sebbene il gioco sia riconosciuto quale uno strumento efficace per l'apprendimento di bambini e ragazzi, in ambito scientifico è quasi esclusivamente proposto in una veste educativa, finalizzato ad insegnare qualcosa al giocatore, trascurando la dinamica di gioco. Ciò implica che lo strumento sia utilizzato unicamente in contesti didattici ove si riduce la sua efficacia in quanto i giocatori sono inseriti in un ambito in cui l'apprendimento è obbligatorio e i tempi di utilizzo sono limitati poiché in contrapposizione con le lezioni "ufficiali";

l'energetica è un tema d'interesse ma poco sfruttato: come evidenziato anche dai risultati delle indagini presentate nel capitolo 4, "l'energia" è un argomento che riscuote interesse nella cittadinanza e in particolare tra gli studenti. Nonostante questo si sono riscontrati la percezione degli intervistati di non essere preparati a riguardo e il desiderio di essere più informati;

carenza di informazione di qualità (e quantità): attraverso le indagini menzionate al punto precedente è stata evidenziata una carenza nell'affrontare quantitativamente il tema dell'energetica, aspetto centrale per il metodo scientifico, come più volte sottolineato.

5.4.2 Scheda progetto

Per sopperire a queste criticità è stato sviluppato un gioco da tavola che permetta, in maniera accattivante e divertente, di interagire con numerosi eventi connessi alla produzione di energia elettrica introducendo, al tempo stesso, alcuni aspetti quantitativi per aiutare i giocatori ad orientarsi in questo settore. Nell'ideare lo strumento si è ricercato, in primo luogo, di produrre un'attraente dinamica di gioco di elevata qualità di intrattenimento. I contenuti scientifici sono stati introdotti per produrre una contestualizzazione stimolante senza essere di intralcio alla giocabilità. Quindi, nonostante "*Power Plant*" sia un gioco che presenta una fenomenologia corretta e coerente riguardante il mondo dell'energetica, si è voluto lasciare la veicolazione di informazioni tecnico scientifiche su un piano secondario. Più ci si appassionerà a questo gioco e alle sue dinamiche e più ci si addenterà nel mondo dell'energetica.

Scopo: avvicinare i giocatori alla complessa realtà della produzione di energia elettrica in modo ludico e divertente. Grazie all'interesse e all'attrattività di un gioco di società si vuole introdurre i giocatori ad alcune delle principali fenomenologie connesse al mondo dell'energetica per rendere nota la complessità di questo settore. Il carattere innovativo di questo progetto riguarda la realizzazione di un gioco da tavola che utilizzi ambientazione e regole prese in prestito da un contesto scientifico senza voler essere un gioco educativo in senso stretto.

Mittente: trattandosi di un gioco da tavola, il mittente che dà luogo alla comunicazione è il giocatore stesso che decide di avviare una partita con alcuni amici o familiari. Questa peculiare condizione permette di creare un “team di lavoro” che, attraverso lo studio del regolamento di gioco e, come spesso accade, le numerose discussioni e dibattiti che ne conseguono, prende confidenza con il tema e si introduce di sua sponte nei contenuti scientifici presenti.

Veicolo: si utilizza prevalentemente la comunicazione scritta, attraverso il regolamento e il materiale cartaceo di supporto al gioco. Nello sviluppo di una partita, inoltre, si prevede una forte interazione tra i giocatori, coinvolti in una competizione che li vede contrapposti alla conquista della vittoria.

Messaggio: come anticipato in precedenza il messaggio scientifico racchiuso in questo gioco è secondario e funzionale alla creazione di una dinamica coerente e appassionante. Tuttavia il regolamento e l’ambientazione racchiudono numerosi messaggi a contenuto scientifico che si intendono far acquisire ai giocatori:

- *centrali elettriche:* il gioco è basato sulla costruzione di centrali elettriche di vario tipo e la vendita di energia elettrica. Il gioco coinvolge 10 tecnologie differenti e la loro differente capacità di produzione di energia elettrica. Per la definizione dell’energia prodotta da ogni centrale ci si è basati su un valore medio di potenza calcolato sulle dimensioni delle maggiori centrali esistenti [115] e tenendo conto dei tipici fattori di capacità¹² [116]. Il costo di acquisto delle centrali, inoltre, è basato sul rispettivo costo di realizzazione [117];
- *fonti rinnovabili e non rinnovabili:* esiste una profonda differenza in termini economici tra una centrale che utilizza combustibili fossili e un’altra che basa il funzionamento su fonti rinnovabili: il costo della materia prima. Per questo, coloro che vorranno costruire centrali non rinnovabili scopriranno che, per quanto la resa energetica di questa tecnologia sia molto buona, la materia prima incide notevolmente sul costo;
- *meteorologia:* attraverso le caselle meteo è possibile scoprire gli effetti del tempo atmosferico sulle varie tecnologie. È possibile scoprire, ad esempio, che un vento eccessivamente intenso è controproducente per una turbina eolica, al punto da obbligare i possessori di tale tecnologia a sospendere la produzione;

¹²Si definisce fattore di capacità di una centrale il rapporto tra l’energia elettrica prodotta in un determinato intervallo di tempo e la fornitura teorica di energia elettrica che avrebbe potuto offrire se avesse operato a pieno regime per l’intero periodo di tempo.

- *eventi*: attraverso carte soprannominate “evento” si sono introdotti numerosi accadimenti che coinvolgono il mondo della produzione di energia elettrica. La manutenzione dei macchinari, i danni ambientali, i problemi geopolitici sono solo alcuni degli eventi che mostrano ai giocatori quanto sia profonda e variegata la complessità del mondo dell’energetica.

Beneficiario ipotetico: nella progettazione di questo gioco si sono ipotizzati due target:

- i primi beneficiari sono giovani tra i 12 e i 16 anni che, ricevendo questo gioco, coinvolgono familiari ed amici nel suo utilizzo;
- il secondo beneficiario, di minor importanza, è l’amante dei giochi da tavola che, interessato dal gioco grazie alla sua contestualizzazione, può trovare in esso uno strumento divertente e al tempo stesso interessante.¹³

Ricevente: trattandosi di un progetto ad ampia diffusione, il ricevente è fuori controllo. Tuttavia si ritiene che non esistano controindicazioni ad una diffusione ad ampio raggio di questo gioco, anzi, si spera che il gioco venga utilizzato in famiglia e con amici e che possa raggiungere quante più persone possibili. Per poter raggiungere il maggior numero di utenti *Power Plant* è stato ideato con una dinamica modulabile: è possibile semplificare la partita per coinvolgere ragazzini di 12 anni o aumentare la difficoltà per giocatori più esperti.

Codice: in *Power Plant* è presente la tipica codifica di un gioco da tavolo, sono presenti tabelle, dadi e un regolamento. Per non distanziarsi dai beneficiari non sono stati introdotti nel gioco linguaggi matematici elaborati o informazioni scientifiche di elevata complessità che avrebbero potuto inficiarne la “leggibilità”. Tuttavia è stato ritenuto opportuno inserire alcune informazioni aggiuntive, non vincolanti per la dinamica di gioco, per soddisfare eventuali curiosità da parte dei giocatori.

Contesto: la comunicazione avviene solo all’avvio del gioco e, quindi, il contesto è a libera scelta dei giocatori. Per questo potrebbe essere sempre ottimale alla realizzazione della partita.

Tecniche di comunicazione: la possibilità di modulare il gioco in base all’età dei partecipanti permette di avere a disposizione un gioco sempre centrato sulle abilità dei giocatori e accessibile ad ognuno di essi.

¹³Il gioco da tavola è uno strumento che trova numerosi appassionati e offre molteplici occasioni di confronto e aggiornamento sulle nuove uscite, come la fiera di Essen (DE) [118] o Play di Modena [119].

Tempistiche della comunicazione: la dinamica di gioco è stata pensata per una durata media di circa 50-70 minuti. Tuttavia le recenti richieste dal mercato del gioco da tavolo indicano di ideare giochi flessibili in cui si possano attivare partite a durata variabile. Per questo è stata pensata una dinamica in cui sia possibile definire una durata a piacere e valutare al termine del tempo a disposizione chi sia il vincitore.

5.4.3 Il progetto

Power Plant è basato sull'immaginario della costruzione di centrali elettriche e sulla vendita dell'energia prodotta. Ad ora si tratta di un progetto in fase di ricerca e, per questo, ogni materiale sviluppato è una versione preliminare del progetto definitivo, realizzato con lo scopo di testare il prodotto e valutarne pregi e difetti. Il tabellone di gioco, il regolamento e un fac-simile delle tessere sviluppate sono presentati nell'allegato 4.

- *Tabellone:* Il tabellone di gioco, ad ora in bozza, sarà in seguito fondato su una grafica in cui sullo sfondo si possano riconoscere sia le fonti energetiche sfruttate sia le centrali che verranno costruite. Si ritiene che questa strategia possa essere un valore aggiunto importante al progetto che potrà presentarsi come strumento di grande fascino e, al tempo stesso, capace di fornire informazioni tecniche. Il percorso di gioco è suddiviso in due settori distinti e richiede altrettante pedine per ogni giocatore. In un percorso sono a disposizione le tecnologie da acquistare; nel secondo, invece, sono presenti i territori ove costruire le centrali acquistate. Sono presenti, inoltre, alcune caselle speciali:
 - “centro di ricerca”: offre l'opportunità al giocatore di evolvere le proprie centrali per aumentarne la resa;
 - “meteo”: permette di scegliere le condizioni meteorologiche di gioco che influenzano le rendite di alcune centrali;
 - “black out”: il giocatore che termina il proprio turno su questa casella vede spegnersi le proprie centrali fino al passaggio dalla casella iniziale del percorso.
- *Brevetti:* per l'acquisto e la costruzione di una centrale su un territorio idoneo è sufficiente che un giocatore termini i propri spostamenti sulla casella corrispondente alla tecnologia desiderata e la acquisti. In alternativa a questa spesa è possibile appropriarsi del brevetto corrispondente alla tecnologia. Questo brevetto, di cui è mostrato un esempio in figura 5.17, offre numerosi benefici al possessore: innanzitutto la costruzione delle rispettive centrali a minor prezzo e in secondo luogo un dazio da parte di ogni altro giocatore che voglia costruire una centrale di quella stessa tecnologia. Il brevetto può essere oggetto di scambi tra

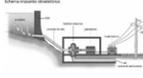
A.D. 2014 N° 0006	
Brevetto per centrale elettrica IDROELETTRICA e bacino	
	
Costo brevetto	50'000
Base d'asta per cessione	40'000
Diritti del possessore di questo brevetto:	
- Possibilità di costruire una centrale sul territorio corrispondente se ci si ferma sopra con la pedina	
- Il valore di costruzione di ogni centrale è dimezzato rispetto a quanto segnato	
- Metà del valore di acquisto di ogni centrale acquistata da altri giocatori	
Rendita centrali idroelettriche	
<i>Numero centrali</i>	<i>Base</i> <i>Evoluta</i>
1 - 310 Mwatt	€ 4'800 6'000
2 - 920 Mwatt	€ 14'000 18'000
3 - 2100 Mwatt	€ 32'000 36'000
4 - 3150 Mwatt	€ 48'000 50'000
5 - 3950 Mwatt	€ 60'000 65'000

Figura 5.17: Esempio di scheda brevetto sviluppata per la tecnologia 'Centrale idroelettrica'.

i giocatori o essere reso pubblico per riappropriarsi dei soldi spesi per il suo acquisto. In questo secondo caso nessun altro giocatore potrà mai tornare in possesso di tale brevetto;

- *Monete*: elemento fondamentale del gioco sono le monete che permettono gli scambi energetici tra i giocatori. Sono state elaborate varie taglie, riconoscibili immediatamente grazie ad una trama a colori differenti¹⁴.
- *Carte evento*: sono cartoncini che introducono variabili impreviste nel gioco. Ogni giocatore che conclude il percorso di gioco, prima di apprestarsi ad iniziare uno nuovo, è obbligato a pescare uno di questi cartoncini ed attivare l'evento in esso riportato. Eventi a portata globale influenzano tutti i giocatori e non solo colui o colei che pescherà il cartoncino evento.

5.4.4 Risultati

Power Plant è stato elaborato con l'aiuto del dott. Matteo Valdan, che ha saputo supportare l'idea e offrire ottimi spunti di riflessione e consigli sul progetto elaborato. Alla fase di sviluppo è seguita la cosiddetta fase di "play test" in cui, grazie all'aiuto di alcuni amici appassionati di giochi, si sono eseguite numerose partite per valutare la giocabilità del progetto. In questa fase è stato possibile elaborare e raffinare l'idea per giungere alla versione

¹⁴In questa prima fase di ricerca le baconote sono stampate in scala di grigi, la loro grafica - come quella di ogni altro componente - verrà rivista e ammodernata in un'eventuale fase di design commerciale.

qui presentata. In occasione della conclusione delle attività annuali dell'associazione Archimede¹⁵, che svolge attività di tutorato per studenti di scuole secondarie di primo e secondo grado, è stato presentato il gioco e testato con 12 ragazzi dai 12 ai 18 anni, sia maschi che femmine, in due partite distinte. Il gioco ha riscosso un buon successo. Sebbene la comprensione del regolamento in tempi molto rapidi per poter giocare nel tempo ridotto a disposizione abbia messo alla prova la loro attenzione, dopo alcuni turni si è subito innescato un buon clima e il gioco è stato apprezzato. *Power Plant* ha trovato riscontro positivo anche nelle responsabili dell'associazione che hanno richiesto il gioco in formato definitivo da poter aggiungere alla collezione degli strumenti didattici a supporto delle loro attività.

5.4.5 Sviluppi futuri

- Nonostante la conduzione di numerose sessioni di prova, l'autore ritiene che ci siano ulteriori margini di miglioramento nella giocabilità. Per questo il primo punto tra gli sviluppi futuri di questo gioco riguarda la sua presentazione ad associazioni e gruppi di appassionati di giochi da tavola per la conduzione di ulteriori fasi di play test con esperti del settore. In particolare sul territorio di Trento è presente il gruppo "la tana del goblin" che si propone quale centro per la prova di prototipi;
- Qualora le fasi di playtest risultino positive e si intenda procedere con la proposta e case editrici, si ritiene indispensabile rivedere la grafica dei supporti cartacei;
- A fianco della promozione del gioco da tavola si intende dedicare risorse allo sviluppo di un'applicazione per smartphone e tablet fondata sulle dinamiche del gioco per diffondere questo progetto e creare un ulteriore strumento che possa essere utilizzato in un contesto didattico informale.

5.5 Progetto 'L'energia...'

Nel corso del dottorato è stato ideato un progetto editoriale riguardante un ciclo di articoli scientifici divulgativi a tema "energetica". Questo progetto prevede l'apertura di un blog - o di uno spazio su una rivista divulgativa - nel quale trattare il tema dell'energia con una chiave di lettura scientifico/fisica. Si è preferito lo sviluppo di un ciclo di articoli alla pubblicazione di un libro divulgativo per sfruttare le possibilità di promozione attraverso Social Network e piattaforme interattive e, non secondario, per la possibilità insita in questi strumenti di raggiungere persone che non avrebbero interesse

¹⁵Realtà associativa presente sul territorio provinciale di Trento che si occupa di aiuto allo studio per studenti di scuole secondarie di primo e secondo grado

nell'argomento ma che, girovagando in rete, potrebbero incontrare questo progetto.

5.5.1 Le criticità

Le criticità riscontrate nel corso del dottorato sulle quali è stato fondato questo progetto e che ne hanno definito stile e modalità sono le seguenti:

alto interesse: le indagini attraverso i questionari presentate nel capitolo precedente hanno ottenuto un buon riscontro nel numero di partecipanti e in molti casi nella sezione “commenti” è stato rilevato un forte rammarico nel non sapere molto riguardo un argomento così importante;

scarsa conoscenza: le stesse indagini hanno evidenziato che la cultura media riguardo l'energetica è molto scarsa e presenta non solo delle lacune disciplinari, ma anche di senso comune e legate alla quotidianità;

scarso utilizzo del linguaggio scientifico: i due questionari sviluppati hanno riscontrato difficoltà di interpretazione e di utilizzo del linguaggio scientifico;

trattazione eccessivamente fenomenologica: la ricerca condotta circa l'offerta di strumenti per la formazione scientifica ha evidenziato che il settore dell'energetica viene frequentemente trattato con superficialità e con discussioni eccessivamente qualitative. Si preferisce proporre racconti riguardo la fenomenologia spiccia senza entrare in dettagli tecnici e quantitativi. Questo lede sia la comprensione della complessità dell'argomento sia il metodo scientifico quale strumento per capire il mondo che ci circonda.

5.5.2 Scheda progetto

Le risposte a queste criticità, fornite attraverso il progetto presentato, sono:

1. trattare un argomento di interesse attraverso narrazioni semplici e chiare che possano essere strumenti concreti per discussioni e argomentazioni su questo tema;
2. utilizzare, ove possibile, agganci con esempi legati alla vita quotidiana per aiutare a comprendere quale sia la connessione tra argomenti scientifici e applicazioni pratiche;
3. introdurre argomenti scientifici elaborati in modo semplice e chiaro e proporre una loro traduzione per chiarire il concetto esposto;

4. proporre formule matematiche e valori quantitativi per chiarire che questo aspetto deve essere trattato anche numericamente e non solo qualitativamente. Si tratta di un passaggio fondamentale per comprendere il ruolo del metodo scientifico e l'importanza della quantificazione di un dato.

Scopo: fornire informazioni corrette e concrete riguardo al mondo dell'energia, educando i lettori al linguaggio tecnico, al metodo scientifico e alla misura quali strumenti efficaci ed utili per l'analisi della realtà che ci circonda.

Mittente: si tratta dell'autore di questa tesi che, in qualità di dottore in fisica, si pone come fonte attendibile da cui ricevere nozioni scientifiche.

Messaggio: la scelta di progettare un editoriale si basa sulla necessità comunicativa di trattare un argomento molto ampio che richiede molto tempo per una trattazione adeguata. La scelta di produrre numerosi articoli "breve" è stata condotta per un duplice motivo: da un lato per avvicinarsi alle esigenze editoriali attuali di produrre testi di veloce lettura, dall'altro lato per poter trattare questo tema attraverso una pluralità di punti di vista, tecnica adatta per fornire diversi livelli di lettura ed elaborare un progetto fruibile efficacemente dal maggior numero di lettori possibile. I messaggi che verranno inviati attraverso questo editoriale sono molteplici: le definizioni operative delle varie forme di energia, i processi di formazione delle risorse energetiche, i principi funzionamento delle centrali elettriche e le tecnologie ad esse connesse e molto altro.

Veicolo: blog o editoriale su un periodico cartaceo.

Beneficiario ipotetico: gli articoli verranno strutturati su più livelli di lettura per permetterne la fruizione da parte di un ampio spettro di lettori. I beneficiari ideali sono persone curiose e poco istruite in ambito scientifico o studenti che ricercano materiale da cui prendere spunti per eventuali approfondimenti. Il taglio concreto e contestualizzato nella vita quotidiana è fondato sul desiderio di incuriosire questa tipologia di lettori, interessandoli a comprendere qualcosa di più riguardo il mondo che li circonda.

Ricevente: trattandosi di un progetto ad ampia diffusione, il ricevente è fuori controllo. Per questo si cercherà di evitare palesi accuse e attacchi ad argomenti pseudoscientifici che possano ledere la sensibilità di alcuni lettori allontanandoli oppure essere interpretati come chiusura scienziata. Nonostante questa filosofia editoriale si cercherà, ove reputato necessario e con il dovuto tatto, di trattare anche argomenti controversi.

Codice: generalmente il linguaggio che verrà adottato sarà semplice e chiaro, utilizzando esempi concreti e, possibilmente, parte del senso comune e del quotidiano. Tuttavia, perseguendo lo scopo di educare i lettori al metodo e linguaggio scientifico, si cercherà di inserire in ogni articolo una formula matematica o alcuni concetti scientifici elaborati, avendo particolare cura di definire ogni nozione introdotta per agevolare al massimo la comprensione.

Contesto: la progettazione di un percorso editoriale di questo tipo vuole fondare la sua efficacia sul fatto che sia il lettore stesso a scegliere il proprio contesto di lettura e non l'autore. Per questa libertà di scelta del contesto, probabilmente, il lettore sarà più propenso alla lettura e a permettere la veicolazione del messaggio.

Tecniche di comunicazione: per avvicinarsi alla sensibilità del lettore si utilizzeranno, ove possibile, esempi concreti presi a prestito dalla vita quotidiana. Si eseguiranno passo passo alcuni "conti" per mostrare l'utilizzo delle formule presentate e si darà senso concreto al significato di misura e di valutazione quantitativa.

Tempistiche della comunicazione: lo sviluppo di brevi articoli, di dimensione e contenuto standardizzato, è pensato per avvicinare anche i lettori più pigri ad una lettura breve ma, al tempo stesso, duratura nel tempo, se essi seguissero l'intero editoriale. Questo progetto, infatti, si propone di avviare una comunicazione efficace, basata sulla pubblicazione di numerosi articoli in un editoriale che si protragga nel tempo. Per raggiungere questo obiettivo si dovrebbe cercare di fidelizzare i lettori, introducendoli gradualmente nel mondo dell'energetica.

5.5.3 Il progetto

Allo stato attuale lo sviluppo del progetto si è realizzato nella definizione dell'idea, del percorso editoriale e la scrittura dei primi 14 pezzi, presentati in tabella 5.4, ognuno con un piccolo abstract. Nell'allegato 6 sono proposti alcuni degli articoli ad ora redatti per il progetto.

Tabella 5.4: *Tabella che espone gli articoli sviluppati ad ora per il progetto 'L'energia...'*.

Titolo e sottotitolo	Abstract
L'energia e la scienza Un ciclo di articoli per comprenderla meglio	Introduzione al percorso e spiegazione del progetto.
L'energia intorno a noi Sappiamo veramente cos'è?	Importanza del tema e analisi del grado di confusione esistente a riguardo. Necessità del linguaggio scientifico.

...continua nella pagina successiva

...continua dalla pagina precedente

Titolo e sottotitolo	Abstract
L'energia in joule Ma anche in calorie o in chilowattora... l'importante è misurarla	L'unità di misura, l'importanza della definizione operativa e della misura quantitativa.
L'energia: conservazione Istruzioni per l'uso	Conservazione dell'energia.
L'energia, il lavoro, il calore Cambiare forma all'energia, a proprio favore	Trasformazioni di forme di energia, lavoro e calore.
L'energia e le forze Conservative e non conservative, energia e lavoro	Forze conservative e non conservative, dissipazione energia, lavoro.
L'energia e la sua qualità Perché la sola quantità non basta	Concetto di qualità dell'energia, efficienza di conversione.
L'energia e la potenza Una gran differenza, ma che confusione	Potenza ed energia.
L'energia violata Come creare energia dal nulla, seppure per poco	Violazione alla conservazione dell'energia
L'energia si conserva! Curiosità dal passato.	Il metodo scientifico e le buone previsioni. La scoperta del neutrino.
L'energia cinetica Quando il movimento diventa una risorsa.	Definizione energia cinetica, esempi ed applicazioni.
L'energia potenziale gravitazionale La terra e l'attrazione verso il suo centro	Definizione energia potenziale gravitazionale, esempi ed applicazioni.
L'energia chimica Creare e distruggere molecole.	Definizione energia chimica, esempi ed applicazioni.
L'energia elastica Si comprime o si estende, ma l'energia in gioco è sempre la stessa.	Definizione energia elastica, esempi ed applicazioni.
L'energia interna Un mix di movimenti: rotazioni, vibrazioni e traslazioni	Definizione energia interna, esempi ed applicazioni.
L'energia dispersa Il ruolo degli attriti nel mondo fisico	Attrito e dissipazione energia.

Tabella 5.4: *Tabella che espone gli articoli sviluppati ad ora per il progetto 'L'energia...'*.

Nella tabella 5.5 sono, infine, presentati gli altri articoli ideati e, ad ora, in fase di sviluppo.

Tabella 5.5: Tabella che espone gli articoli in fase di sviluppo.

Titolo e sottotitolo	Abstract
L'energia e l'entropia Un indicatore della qualità	Qualità dell'energia, entropia, disordine dei sistemi.
L'energia elettrostatica I condensatori e la base dell'elettronica	Definizione di energia elettrostatica, esempi ed applicazioni.
L'energia nelle bobine Le bobine e l'energia indotta dai campi magnetici	Definizione di energia indotta dai campi magnetici, esempi ed applicazioni.
L'energia elettromagnetica Luce, radiazioni e comunicazioni... la maggior conquista del 1800	Definizione di energia elettromagnetica, esempi ed applicazioni.
L'energia nucleare Creare e distruggere nuclei atomici	Definizione di energia nucleare, difetto di massa, esempi ed applicazioni.
L'energia idroelettrica Ingabbiare e sfruttare la furia dell'acqua	Descrizione dei principi fisici e della tecnologia della centrale elettrica.
L'energia eolica ...eppure il vento soffia ancora	Descrizione dei principi fisici e della tecnologia della centrale elettrica.
L'energia geotermica Sfruttare l'alta temperatura delle viscere della terra	Descrizione dei principi fisici e della tecnologia della centrale elettrica.
L'energia solare Fotovoltaica o termodinamica, ma sempre solare	Descrizione dei principi fisici e della tecnologia della centrale elettrica.
L'energia prodotta da centrali nucleari Da Fermi al dr. Stranamore, comprendere per decidere consapevolmente	Descrizione dei principi fisici e della tecnologia della centrale elettrica.
L'energia termoelettrica Petrolio, gas, carbone o biomasse... basta che bruci!	Descrizione dei principi fisici e della tecnologia della centrale elettrica.
L'energia delle maree Quando anche la luna ci viene in aiuto	Descrizione dei principi fisici e della tecnologia della centrale elettrica.
L'energia delle onde Non ancora sbocciata, ma diamo fiducia alla ricerca!	Descrizione dei principi fisici e della tecnologia della centrale elettrica.
L'energia delle biomasse La fotosintesi ci fornisce una grande risorsa: il legno!	Descrizione dei principi fisici e della tecnologia della centrale elettrica.

...continua nella pagina successiva

...continua dalla pagina precedente

Titolo e sottotitolo	Abstract
L'energia elettrica alternata Tesla ed Edison, due punti di vista a confronto	Analisi delle differenze di utilizzo di energia elettrica alternata e continua.
L'energia proveniente dal Sole Un bilancio energetico nullo, ma quanta vita nel mentre	Il sistema terra e la provenienza delle principali fonti energetiche.
L'energia reattiva Questa sconosciuta che può lasciarci al buio...	Energia reattiva, corrente alternata. Fattore di sfasamento.
L'energia persa durante il viaggio Quanta energia disperdiamo nella trasmissione dell'energia elettrica?	Le perdite di rete, impatto sulla bolletta, effetto Joule.
L'energia dà in numeri Il fabbisogno italiano di energia, tra rinnovabili ed importazione	Il fabbisogno italiano di energia fonte per fonte, i valori in gioco e la provenienza delle risorse.
L'energia elettrica Una breve analisi del panorama italiano	Il sistema di produzione di energia elettrica italiano, il fabbisogno e i valori in gioco.
L'energia e l'idrogeno Un vettore energetico su cui si investe molto, anche in speranze	Il concetto di vettore energetico, le tecnologie dell'idrogeno.
L'energia nel mondo Tra sprechi, inquinamento e povertà	Il fabbisogno mondiale, per fonte e per nazione.
L'energia risparmiata Il Negawattora, la prima fonte di energia	Il ruolo della ricerca, l'efficienza energetica e il led come caso studio.
L'energia elettrica e i suoi costi Ovvero come ho imparato a non preoccuparmi e ad amare la bolletta	La bolletta dell'energia elettrica in Italia, come districarsi nella luttura, tra tasse, accise e spese di dispaccio.
...	

Tabella 5.5: Tabella che espone gli articoli in fase di sviluppo.

La stesura di ogni articolo segue un format standardizzato per una coerenza editoriale e una lettura facilitata. Ogni "pezzo" ha una lunghezza di circa 4000 caratteri e il titolo inizia sempre con la parola "L'energia" per chiarire in ogni occasione il tema al quale l'editoriale fa riferimento.

Il testo degli articoli segue uno schema prefissato:

Parte 1, contestualizzazione: introduzione all'argomento contestualizzando, ove possibile, attraverso riferimenti alla vita quotidiana;

Parte 2, definizione dell'argomento trattato: con la massima semplicità si definisce rigorosamente il concetto in analisi e si espone, ove

necessario, la formula matematica di riferimento proponendone una lettura guidata;

Parte 3, spiegazione e contestualizzazione: attraverso una lettura scientifica di quanto proposto, si introduce il concetto esposto nel quadro culturale di riferimento, mostrandone la contestualizzazione nel panorama più ampio dell'energetica;

Parte 4, esempi: per chiarire il concetto si propongono in fase conclusiva alcuni esempi, cercando di utilizzare riferimenti alla vita quotidiana. Ove possibile si evitano i classici esempi didattici, cercando nuovi spunti di riflessione per variare la spiegazione rispetto a quanto tipicamente presentato.

5.5.4 Sviluppi futuri

Per questo progetto lo sviluppo futuro riguarda la 'limatura' puntuale degli articoli già sviluppati e la stesura di quelli in fase di sviluppo. In seguito si proporranno questi articoli ad alcune riviste scientifiche divulgative con la richiesta di essere accolto all'interno di un loro blog/spazio editoriale. La possibilità di sfruttare la risonanza di una rivista già nota sarebbe preferibile rispetto all'aprire un blog privato e iniziare da zero un percorso di diffusione e conquista della credibilità.

Capitolo 6

Conclusioni e progetto 'Strumentarium'

In questo capitolo si presentano le conclusioni del percorso di dottorato svolto dal candidato. Nel corso dei tre anni di ricerca sono state condotte le indagini e sviluppati i progetti didattici/divulgativi descritti nei precedenti capitoli. Il lavoro ha portato il candidato ad ideare un progetto imprenditoriale di Start Up dedicato alla divulgazione scientifica e, in particolare, volto all'offerta di una serie di servizi mirati a correggere alcune criticità discusse nei precedenti capitoli.

Il progetto imprenditoriale presentato in seguito ha carattere di Start Up accademica innovativa ed è stato sviluppato in collaborazione con i colleghi dott. Tommaso Rosi e dott. Giovanni Formilan, in accordo e sotto la supervisione del tutor prof. Stefano Oss. La stesura dei documenti imprenditoriali, inoltre, è stata sviluppata grazie alla collaborazione con il dott. Lino Giusti e, in senso più ampio, con la Divisione per il Supporto alla Ricerca Scientifica e Trasferimento Tecnologico dell'Università degli Studi di Trento. Allo stato attuale di avanzamento, il progetto è denominato "Strumentarium" ed è stato presentato al premio Marzotto "Dall'idea all'impresa" edizione 2015. Nel seguito di questo capitolo si riassumono le premesse che hanno condotto al progetto "Strumentarium", si espongono l'idea di impresa e i relativi documenti imprenditoriali sviluppati: business project, piano di investimenti e previsione del conto economico del primo anno di servizio.

6.1 Premesse Fondanti

Nel corso dei precedenti capitoli sono stati evidenziati aspetti positivi e criticità riscontrati nel contesto della comunicazione scientifica, sia essa didattica o divulgativa. Si elencano di seguito alcuni punti di forza riscontrati nel corso di questa ricerca che si intendono riproporre nel progetto "Strumentarium" e

alcune criticità individuate che si vogliono evitare o, possibilmente, risolvere con ad esso.

6.1.1 Punti di forza da mantenere/proporre nel progetto “Strumentarium”

- l'educazione offerta dall'istituzione scuola si fonda su una tempistica sufficientemente lunga da poter veicolare contenuti di elevata complessità ed educare gli studenti anche alla lettura e all'utilizzo di un linguaggio scientifico/matematico elaborato;
- l'efficacia della divulgazione scientifica si basa sul suo carattere informale, sulla possibilità di trattare argomenti di attualità e appartenenti a discipline diverse, senza esigere una propedeuticità nell'esposizione degli argomenti. La pluralità di veicoli e tecniche comunicative che è possibile adottare in ambito divulgativo è ulteriore aspetto di assoluto valore che permette di proporre progetti di grande fascino per un pubblico di diversa età, formazione e sensibilità;
- grazie all'avvento di internet a banda larga e della connettività diffusa, l'accesso all'informazione è assicurato in ogni istante e, per questo, in alcuni ambiti si può svincolare l'educazione scientifica dall'apprendimento pedissequo di nozioni e informazioni. Mai come ora è possibile concentrarsi sull'acquisizione di strumenti di pensiero e di linguaggio rispetto all'apprendimento di nozioni;
- lo sviluppo tecnologico, in particolare in ambito elettronico/informatico, offre strumentazioni didattiche di assoluto valore a costi ridotti, ad esempio oscilloscopi portatili [120] o termocamere per I-Phone [121]. Questo permette l'organizzazione di attività sperimentali fondate sull'utilizzo di tecnologie attuali e di grande attrattività per gli studenti;
- le indagini presentate nel capitolo 4 hanno rilevato che esiste molto interesse per la scienza da parte della cittadinanza. Questa osservazione è supportata anche dall'enorme quantità di programmi tv, libri, riviste, siti internet che si occupano di scienza: trattandosi di progetti che devono sopravvivere alle leggi del mercato, vi è offerta solo se è presente domanda e quindi la presenza di questi strumenti è essa stessa sintomo di interesse;
- i progetti sviluppati e sperimentati nel corso del dottorato hanno ricevuto riscontri positivi da parte dei partecipanti e i questionari somministrati hanno evidenziato che il gradimento è stato legato allo sviluppo di percorsi in cui gli studenti si sono potuti attivare in prima persona nello svolgimento dell'attività;

- il Festival della Scienza di Genova fonda il proprio successo, tra i suoi numerosi pregi, sulla scelta di proporre un incontro tra la cittadinanza e gli scienziati esperti del settore, veri autori della ricerca e del progresso scientifico.

6.1.2 Criticità da superare attraverso “Strumentarium”

- Le criticità individuate all’interno del contesto didattico che vogliono essere affrontate attraverso la Start Up sono:

Rigidità: si ritiene di fondamentale importanza affrontare e migliorare la rigidità di contenuti e di metodi di incontro con la scienza. In ambito scolastico, infatti, vi è ridotto spazio per l’analisi di argomenti di attualità scientifica o di interesse per gli studenti;

Distacco dalla vita quotidiana: attraverso “Strumentarium” si vuole creare un’occasione di incontro con la fisica svincolato da un approccio nozionistico, dedito alla mera comprensione di leggi e risoluzione di esercizi. In ambito scolastico sono poche le occasioni per gli studenti di applicare quanto appreso all’analisi della realtà;

Gruppo classe statico: la presenza di un unico gruppo classe durante l’intero percorso di studi, per quanto talvolta aiuti gli studenti, mal si presta ad una contaminazione di saperi tra studenti differenti. La scuola non si presta facilmente alla collaborazione tra classi differenti, come riscontrato nel progetto Exhibit museale “Centrale idroelettrica” esposto nel precedente capitolo e questo limita le occasioni per gli studenti di incontro con persone nuove e di altre estrazioni formative;

Barriere inter e intra-disciplinari: come più volte osservato in questo scritto, molto spesso gli argomenti trattati a scuola non vengono proposti in un’ottica multidisciplinare. Ciò esalta la complessità della materia e ostacola la creazione di un quadro culturale ampio che permetta di comprendere quali connessioni esistano tra fenomeni apparentemente distinti e quale sia la reale complessità del sistema in analisi;

Obbligatorietà: l’obbligo scolastico agisce su alcuni studenti quale disincentivo all’apprendimento e l’impossibilità degli alunni di intervenire sul programma può disaffezionarli e disinteressarli ulteriormente;

- L’indagine presso i licei della provincia di Trento, esposta nel capitolo 3, ha mostrato una forte discrepanza tra licei “ricchi”, dotati di numerosi laboratori e tecnici preparati e licei “poveri”, con un unico laboratorio e, talvolta, tecnici non formati. La vita sperimentale degli studenti ne

risente drasticamente, passando da circa il 25% delle ore al 3%. Vi è, inoltre, da sottolineare che talvolta le attività di laboratorio si limitano a mere dimostrazioni alla cattedra escludendo gli studenti dall’attività in prima persona e dalla risoluzione dei problemi sperimentali che, nelle attività di ricerca, sono i veri momenti di formazione della mentalità di un ricercatore;

- Il supporto allo studio di studenti in difficoltà, svolto nel corso di questi anni dal candidato, ha evidenziato alcuni tratti comuni in essi:
 - *difficoltà di comprensione con l’approccio comunicativo del docente*: è stato sufficiente variare registro e tecniche comunicative per permettere agli studenti di comprendere l’argomento in cui avevano difficoltà;
 - *assenza di motivazione*: quasi l’80% degli studenti incontrati¹ ha dimostrato di avere ottime capacità per comprendere quanto trattato in classe ma la metodologia didattica adottata dall’insegnante non ha fornito le motivazioni necessarie ad incentivare lo studio e la curiosità degli studenti;
 - *esercizi distanti dal quotidiano*: molti compiti, sui cui gli studenti presentavano difficoltà, erano basati su strumenti e fenomeni di cui essi non avevano esperienza e questo era la causa principale delle difficoltà.
- In ambito universitario ha assunto elevata importanza lo svolgimento di attività di “terza missione”. L’evidenza che ha portato a questa necessità, che vuole essere affrontata anche attraverso il progetto “Strumentarium”, è l’elevato abbandono degli studi al primo anno [122]. L’alto tasso di abbandono è sintomatico non solo di una mancata preparazione disciplinare, ma soprattutto di uno scorretto orientamento degli studenti, che hanno scelto per il proprio futuro un percorso formativo errato fin dagli inizi della loro carriera universitaria;
- In ambito museale l’offerta di percorsi laboratoriali è estremamente standardizzata e talvolta eccessivamente rigida. Non vi è spesso spazio per richieste personalizzate da parte dei docenti interessati, per la trattazione di argomenti non previsti dall’offerta standard o per la creazione di percorsi di durata differente rispetto a quanto proposto.

6.2 “Strumentarium”

Per poter sopperire alle criticità sopra proposte, sfruttando gli aspetti positivi elencati in precedenza, si è pensato all’apertura al pubblico di un labo-

¹su un campione di oltre 20 studenti nel corso degli ultimi 3 anni

ratorio scientifico didattico. Si tratta di una struttura aperta in particolare agli studenti di scuole secondarie di secondo grado, che mette a disposizione strumenti didattici di avanguardia per lo sviluppo di progetti ed eventi di carattere didattico/divulgativo. Si vuole fornire un incontro informale con la scienza, che permetta agli studenti in difficoltà di recuperare il ritmo di studi, a quelli brillanti di avere occasioni di approfondimento e si offra alla cittadinanza quale punto di riferimento in cui incontrare personale preparato per la mediazione di contenuti scientifici. I principali servizi che si intende fornire in esso sarebbero:

- personale esperto e preparato per l'aiuto allo studio di studenti di istituti superiori di secondo grado o universitari: il supporto allo studio seguirebbe le esigenze degli studenti partecipanti all'attività proponendo approcci connessi con il quotidiano, esercizi di loro comprensione e, qualora essi non abbiano esperienza di quanto trattato, attività sperimentali per mostrare o chiarire quanto discusso;
- personale specializzato per l'organizzazione di attività sperimentali basate d'interesse dei partecipanti;
- personale esperto e specializzato per la formazione dei partecipanti all'utilizzo della strumentazione didattica presente nel laboratorio, per renderli autonomi e in grado di elaborare i propri progetti in autonomia;
- organizzazione di incontri per la cittadinanza – in particolar modo gli studenti del quarto/quinto anno delle scuole secondarie di secondo grado – e gli scienziati/ricercatori presenti sul territorio provinciale. L'incontro con la popolazione avrebbe l'ovvio senso di condividere con la cittadinanza le frontiere della ricerca scientifica mentre, per gli studenti, presenterebbe il valore aggiunto di fornire loro occasioni di orientamento riguardo la professione dello scienziato;
- conduzione di percorsi laboratoriali informali per scolaresche di scuola secondaria di primo grado. Questa attività sarebbe di importanza strategica per l'avvicinamento dei più giovani al mondo della scienza in quanto presso gli istituti secondari di primo grado non sono presenti tecnici di laboratorio e, quindi, la vita sperimentale in ambito scientifico è estremamente esigua;
- organizzazione di eventi di divulgazione scientifica per la cittadinanza, preferendo interventi che presentino pluralità di linguaggi, commistioni di tecniche comunicative e contenuti multidisciplinari e d'attualità.

Per poter fornire questi servizi, “Strumentarium” deve avvalersi di specifiche caratteristiche:

- la struttura in cui si allestisce il laboratorio deve essere facilmente accessibile anche a studenti e cittadini che utilizzano i mezzi pubblici per il proprio spostamento. Si ritiene adatto un locale situato vicino al centro della città di Trento;
- tale locale deve essere allestito a laboratorio didattico e arredato adeguatamente per essere usufruibile dai possibili partecipanti al progetto;
- il personale presente dovrebbe essere estremamente preparato sui contenuti disciplinari e, al tempo stesso, possedere particolari abilità comunicative ed esperienza in materia di conduzione di laboratori e attività con studenti e/o pubblico;
- la strumentazione in dotazione al laboratorio dovrebbe essere di carattere didattico, adeguata ad essere utilizzata da studenti a partire dai 15 anni;
- si riterebbe necessario dotare il laboratorio di strumentazione atta all'autocostruzione di oggetti e strumenti: stampanti 3D, schede ArduinoTM, Lego[©] Mindstorm[©] e qualsiasi altro strumento che permetta la progettazione e l'autocostruzione da parte dei clienti stessi.

La filosofia di 'Strumentarium' per l'incontro con i suoi partecipanti seguirebbe 5 linee guida:

1. *ascoltare*: per poter comprendere quali siano le reali difficoltà degli studenti è necessario ascoltare i loro bisogni e difficoltà;
2. *motivare*: la possibilità di comprendere ed impegnarsi nello studio è strettamente connessa alla presenza di incentivi e di esperienze che stimolino la curiosità. Strumentarium vuole porsi al servizio di questo obiettivo;
3. *orientare*: per poter orientare gli studenti alla scelta del proprio futuro si vogliono creare, attraverso 'Strumentarium' occasioni di incontro con ricercatori e scienziati e, inoltre, permettere ai partecipanti interessati di attivarsi in progetti scientifici al fine di comprendere se quanto proposto da una determinata disciplina possa essere di loro interesse;
4. *fornire libertà di azione*: si vuole sorpassare la passività a cui talvolta sono costretti gli studenti nei principali momenti educativi, recependo le loro proposte di progetti e fornendo loro spazio e strumentazioni per dare vita a quanto ideato;
5. *progettare in collaborazione*: ci si vuole porre in ascolto anche delle esigenze di docenti ed insegnanti del territorio che siano alla ricerca

di percorsi didattici personalizzati. Si ritiene che il loro coinvolgimento in fase di progettazione sia un importante valore aggiunto per l'ideazione di qualsiasi attività didattica e, contestualmente, occasione di formazione tanto per i docenti coinvolti quanto per il personale di Strumentarium.

Dopo aver introdotto le fondamenta del progetto e le linee guida che ne definirebbero scopi e metodologie, si presentano di seguito i documenti imprenditoriali sviluppati per la partecipazione al premio Marzotto.

6.3 Business Project

STRUMENTARIUM

L'officina della scienza

Executive summary

Strumentarium - L'officina della scienza propone a tutte le studentesse e agli studenti un nuovo approccio alla scoperta e allo studio delle Scienze. La partecipazione attiva all'ideazione ed elaborazione di progetti ed esperimenti scientifici sarà il principale metodo d'incontro con gli studenti, occasione preziosa per il loro orientamento e per incrementare la motivazione allo studio. Inoltre, e non meno importante, questi progetti avranno lo scopo di portare idee e materiali finalizzati alla diffusione della cultura scientifica all'intera cittadinanza. Strumentarium nasce da una riflessione sullo stato dell'arte della divulgazione scientifica in Italia. Gli istituti scolastici – luogo primario di disseminazione culturale – sono infatti inseriti in un contesto fortemente dinamico, ma purtroppo non si dimostrano sempre capace di tenere il passo con lo sviluppo di nuove tecniche e metodi didattici. In particolare, la difficoltà nel comunicare un collegamento diretto tra le materie scientifiche e la realtà contemporanea rappresenta una forte criticità del sistema, ed è spesso causa di bassa motivazione allo studio e di scarso (o errato) orientamento verso le università scientifiche. Testimonianza ne sono l'alto tasso di abbandono al primo anno nei corsi di fisica (33%), matematica e ingegneria (21%), e l'elevatissima richiesta di lezioni private per il recupero di fisica e matematica – che alimentano annualmente un mercato sommerso di 400 milioni di euro [123]. Per rispondere a queste criticità sistemiche, Strumentarium si propone come laboratorio di idee e azioni nel quale si svilupperanno nuovi percorsi di avvicinamento alla scienza per studenti, affiancando allo studio tradizionale le più innovative metodologie presenti nel settore educativo – problem solving, cooperative learning e creative thinking. Elemento distintivo dell'attività di Strumentarium è quindi l'approccio alle scienze e alle tecnologie con una metodologia fortemente pratica/sperimentale: è infatti risaputo che in ambito scolastico i ragazzi non vivano molto il laboratorio e, nel caso di materie a forte impronta tecnico/scientifica, si rischia di indurre

gli studenti a una parziale, se non errata comprensione di queste discipline e delle loro base fondanti Strumentarium pone al centro dell'esperienza offerta ai propri clienti l'attività sperimentale di laboratorio, la scoperta di innovazioni scientifiche e tecnologiche, la partecipazione alla realizzazione di strumenti a supporto dell'apprendimento individuale, la concretizzazione di nozioni apprese a scuola o identificate da una passione personale, la possibilità di approfondire tematiche scientifiche durante workshop e incontri pubblici. L'attività di Strumentarium è quindi volta a sostenere l'interesse nelle materie scientifiche di quegli studenti che non trovano nel sistema scolastico le motivazioni necessarie; ad aiutare l'orientamento universitario; a diffondere a tutti i livelli la cultura scientifica nel contesto socio-culturale locale; a portare al grande pubblico i risultati della ricerca scientifica che – nella provincia di Trento – ha raggiunto negli anni un grado di eccellenza unanimamente riconosciuto. L'idea di fondare una Start Up Accademica Innovativa risponde quindi alle esigenze evidenziate. L'unione tra la flessibilità imprenditoriale e l'autorevolezza scientifica dell'Università è stata identificata come strumento più idoneo per fare incontrare ricerca scientifica, mondo della scuola e grande pubblico. Il laboratorio di Comunicazione delle Scienze Fisiche del Dipartimento di Fisica dell'Università di Trento, infatti, fin dalla sua fondazione, si occupa di progettazione e sviluppo di materiali e idee per la diffusione della cultura e per l'orientamento universitario. La realizzazione di un centro permanente per la diffusione e concretizzazione della ricerca scientifica offre quindi ulteriore stimolo sia sul fronte accademico che su quello dell'interesse pubblico.

Per le sue caratteristiche di eccellenza e diffuso interesse per la cultura scientifica (MUSE, Notte dei ricercatori, FBK...), il panorama locale trentino è stato identificato come contesto ideale per implementare l'idea di impresa e iniziare a elaborare un format esportabile in altri contesti in un'ottica di espansione aziendale e potenziamento degli obiettivi organizzativi.

La start up assumerà la forma di una società S.r.l. ordinaria, il cui capitale sociale sarà suddiviso tra i seguenti soci:

- Giuliano Zendri, dottore magistrale in Fisica e dottorando presso il Laboratorio di Comunicazione delle Scienze Fisiche dell'Università di Trento. Ha accumulato una grande esperienza di didattica informale in laboratori scientifici, presso il Museo delle Scienze di Trento, con alunni di ogni ordine e grado.
- Tommaso Rosi, dottore magistrale in Fisica e dottorando presso il Laboratorio di Comunicazione delle Scienze Fisiche dell'Università di Trento. Si è specializzato nella programmazione di simulazioni software ad uso didattico nonché nell'ideazione e realizzazione di performance ed eventi che mescolano Arte e Scienza.

- Giovanni Formilan, dottore magistrale in Scienze Economiche e dottorando in General Management all'Università degli Studi di Bologna. Come ricercatore si occupa di processi socio-economici nelle industrie culturali, e ha accumulato esperienza nell'ideazione, gestione e realizzazione di progetti e performance tra arte e tecnologia.
- L'Università degli Studi di Trento.
- Prof. Oss Stefano, professore associato del Dipartimento di Fisica. Dal 2001 è responsabile del laboratorio di Comunicazione delle Scienze Fisiche del Dipartimento di Fisica di Trento, presso il quale si occupa di ricerca in didattica.

In una visione d'impresa multi-stakeholder, principali clienti di Strumentarium sono studentesse e studenti delle scuole superiori che: 1) hanno difficoltà nell'affrontare le discipline scientifiche, 2) mostrano un interesse latente ma inesplorato per le materie scientifiche, o 3) eccellono in queste discipline ma desidererebbero osservare concretamente la realtà della ricerca scientifica per comprendere se possa essere la loro scelta occupazionale futura.

In secondo luogo, la cittadinanza in senso allargato potrà beneficiare dell'attività di Strumentarium anche nella forma di eventi (in)formativi. Workshop aperti al pubblico, eventi per la diffusione della cultura scientifica, materiali e software innovativi inseriti sul mercato, sono alcune delle possibilità che potrebbero risultare di valore aggiunto per la comunità locale e nazionale.

In terzo luogo, i numerosi enti che operano nel mondo della ricerca o diffusione della cultura scientifica (scuole, musei, associazioni, cooperative, istituti di ricerca...) sono stakeholder importanti con cui attivare collaborazioni e partnership su base progettuale. La modernità imprenditoriale si fonda infatti sullo sviluppo di reti di coesistenza, in cui meccanismi di competizione e cooperazione coesistono per valorizzare le risorse territoriali e sostenere una crescita complessiva del settore d'attività d'impresa.

Infine, le comunità scolastiche e scientifiche del territorio sono portatori di interesse cruciali, il cui coinvolgimento – peraltro esplicitamente considerato anche nella forma giuridica scelta – rappresenta una risorsa strategica.

Vision

Questo progetto propone la fondazione di un centro innovativo per la diffusione della cultura scientifica nella forma di Start Up Accademica. Obiettivo primario dell'organizzazione è motivare ragazze e ragazzi delle scuole superiori allo studio delle materie scientifiche, offrendo loro un luogo di approfondimento delle tematiche affrontate a scuola e, parallelamente, di partecipazione diretta all'ideazione e realizzazione di progetti di sperimentazione scientifica. Al tempo stesso, la diffusione della cultura scientifica al di fuori dalle aule scolastiche può diventare occasione di orientamento per le scelte future di studentesse e studenti e canale di promozione dell'eccellenza scientifica

presente sul territorio. La forma organizzativa della Start Up Accademica risponde a esigenze di elevata dinamicità, flessibilità e professionalizzazione che riflettono le caratteristiche dell'interazione – su base scientifica – tra il mondo imprenditoriale e quello accademico. La forma organizzativa deriva quindi dagli obiettivi di creare una struttura capace di seguire le esigenze del mercato e, al tempo stesso, di interconnettersi con l'Università al fine di garantire una continua evoluzione di contenuti e metodologie didattiche come pure offrire agli studenti un servizio di eccellenza.

Il contesto

La capacità di comprendere la matematica e le materie scientifiche – fisica in primis – è una condizione che permette agli individui di affrontare con maggior consapevolezza la complessità del mondo reale. Le decisioni su temi come il cambiamento climatico, la sostenibilità ambientale della produzione e dei consumi, l'evoluzione del mondo del lavoro verso “l'industria 3.0” che è commistione di biotecnologie, nano-scienze e mecatronica, sono solo alcuni esempi noti dei cambiamenti socio-culturali della nostra epoca. Nonostante l'evidente importanza delle competenze scientifiche per comprendere e affrontare il mondo contemporaneo, nel contesto italiano le difficoltà di apprendimento nelle scuole secondarie di I e II grado sono notevoli – e spesso legate ad un approccio obsoleto alle materie scientifiche. Queste, a loro volta, alimentano lo stereotipo di una cultura elitaria e con limitati sbocchi professionali (Report OBSERVA), e contribuiscono quindi alla drammatica riduzione delle immatricolazioni ai corsi di studio in ambito scientifico e tecnologico.

Il meccanismo tipico per risolvere le difficoltà di apprendimento è quello di avvalersi di lezioni private – che gravano sul bilancio familiare e generano un mercato sommerso di proporzioni considerevoli. Oltretutto, come osservato da un recente studio di NESSE (Network of Experts in Social Science of Education training), le attività di tutoraggio generano notevoli conflitti di interesse con il contesto scolastico. L'assenza di una professione riconosciuta in questo settore permette a insegnanti di ruolo di “integrare” il proprio stipendio con lezioni private, talvolta con gli stessi alunni presenti in classe, attivando un meccanismo al ribasso in cui gli sforzi vengono ridotti al minimo in quanto permettono di aumentare il profitto legato alle lezioni private. Inoltre, trattandosi di attività “sommerse”, non vi è la possibilità di un confronto aperto con il sistema scolastico per congiungere gli sforzi e ottimizzare il percorso educativo. Sempre secondo NESSE, in Europa circa il 20% degli studenti si avvale regolarmente di aiuti allo studio creando, in Italia, un mercato che muove circa 400 milioni di euro ogni anno. Non sono da meno i nostri vicini Tedeschi e Francesi con un mercato che vanta, rispettivamente, 1200 e 2200 milioni di euro.

Il panorama scolastico della Provincia Autonoma di Trento, nonostante la presenza sul territorio di strutture laboratoriali molto buone, riflette la situa-

zione nazionale ed europea. I programmi ministeriali richiedono ai docenti il raggiungimento di precisi obiettivi didattici, obbligandoli di fatto ad un ritmo serrato di contenuti che limita l'approfondimento e l'approccio laboratoriale che dovrebbe invece costituire il luogo di apprendimento scientifico per eccellenza. Un'indagine condotta sui licei scientifici provinciali evidenzia che il laboratorio di fisica viene utilizzato circa il 10% delle ore annuali a disposizione. L'indagine sperimentale, base fondante del metodo scientifico, è spesso ridotta al minimo e funzionale alla tabella di marcia dei programmi ministeriali: non c'è margine per la sperimentazione, l'esperimento "che non funziona" o lo studio di argomenti extracurricolari. Matematica e fisica rimangono quindi spesso relegate alla mera lettura del libro di testo e a una serie di problemi, già risolti da altri, a cui trovare soluzione con carta e penna. Deficit in matematica e in fisica, inoltre, riducono drasticamente la possibilità di affrontare con efficacia un vasto numero di corsi di laurea: non solo quelli di carattere prettamente scientifico, ma anche ingegneria, medicina ed economia che utilizzano la matematica come linguaggio e la fisica come retroscena disciplinare. Queste difficoltà sono evidenti nell'alta percentuale di abbandono tra il primo e il secondo anno in questi settori: secondo i dati emanati dal MIUR il tasso di abbandono nel settore scientifico "puro" è del 33%, seguito da farmacia (27.7%) e ingegneria (21.2%). Questi dati si devono interpretare non solo come una mancanza di competenza dello studente ma anche in un contesto di mancata efficacia dell'orientamento universitario. Sebbene il sistema scolastico e universitario mettano a disposizione servizi dedicati all'orientamento, uno studio condotto dal Dipartimento di Sociologia e Ricerca Sociale nel 2014 evidenzia una scarsa efficacia di questi interventi: solo il 17% degli studenti delle scuole secondarie di secondo grado dice di essersi avvalso di servizi di orientamento scolastici, e solo il 36% ritiene efficace l'intervento di orientamento universitario. Interessante notare come questi stessi studenti esprimano un bisogno di concretezza (che si risolve in stage e esperienze di lavoro) che permetta loro di comprendere "sperimentando" quale sia il settore di applicazione della disciplina di loro interesse.

Deve essere sottolineato, infine, che una scarsa cultura scientifica ha anche ricadute sociali: maggior vulnerabilità e consapevolezza al cospetto di scelte di interesse e utilità sociale condivisa, nelle quali dominano decisioni emotive e non riflessioni razionali; assenza di strumenti di difesa nei confronti di trattazioni pseudoscientifiche e di sedicenti venditori di fumo se non falsità; forte stigmatizzazione di scienziati e ricercatori che si ritrovano nella proverbiale "Torre d'Avorio" dell'accademia, isolati nel mondo e incapaci di condividere i risultati della loro ricerca.

Obiettivi

L'obiettivo principale di questo progetto è la promozione e la diffusione della cultura scientifica, con particolare riferimento alle conquiste scientifico-tecnologiche raggiunte dagli enti di ricerca presenti sul territorio provinciale

di Trento. A fianco di questo valore d'impresa poniamo una serie di obiettivi corollari che discendono da esso:

- Far riscoprire agli studenti la bellezza dello studio di materie scientifiche e motivarli alla scelta della carriera di studi universitari in ambito scientifico, con particolare riguardo al raggiungimento di una piena e concreta parità di genere.
- Creare e sostenere collegamenti non solo formali ma di sostanza e partecipazione fra la cittadinanza e gli operatori del settore scientifico e tecnologico.

La società e i soci

Al fine di colmare i vuoti evidenziati al punto precedente, questo progetto è rivolto alla creazione di una Start Up Accademica Innovativa, in forma di S.r.l. La scelta di una forma imprenditoriale collegata al mondo accademico è una condizione dettata da necessità strutturali e, al tempo stesso, dagli obiettivi societari, tra cui:

- La necessità di qualificarsi come professionisti in un settore principalmente scolastico, e purtroppo fortemente trascurato. Questo passaggio è fondamentale per essere titolati al dialogo con istituti scolastici e altre realtà del settore.
- La necessità di fondare una struttura flessibile e dinamica che possa seguire agilmente le continue evoluzioni e richieste del mercato, causate da un lato dalle continue modifiche legislative imposte dalle direttive ministeriali in ambito educativo e, dall'altro, dalle rapidissime evoluzioni in campo tecnologico.

I soci dell'organizzazione sono i seguenti:

Dott. Giuliano Zendri: Laureato in Fisica presso l'università di Trento e studente di dottorato del Dipartimento di Fisica, si occuperà di affiancamento allo studio, ideazione e allestimento di attività sperimentali, creazione e sviluppo progetti per studenti e pubblico generico.

Dott. Tommaso Rosi: Laureato in Fisica presso l'università di Trento e studente di dottorato del Dipartimento di Fisica, si occuperà di affiancamento allo studio, progettazione e sviluppo attività (in particolare di carattere tecnico e informatico) e di organizzazione di eventi.

L'università degli Studi di Trento.

Prof. Stefano Oss: Professore associato del dipartimento di Fisica dell'Università di Trento, ricoprirà il ruolo di consulente tecnico scientifico e si occuperà, inoltre, del collegamento con il mondo della ricerca scientifica accademica nonché di quello del supporto istituzionale di ateneo alle questioni e problematiche di orientamento.

Dott. Giovanni Formilan: Laureato in Scienze Economiche all'Università di Trento e dottorando in General Management all'Università degli Studi di Bologna si occuperà della gestione manageriale e strategica (amministrazione, management e marketing strategico, relazione con gli stakeholder, pianificazione e gestione della comunicazione, partecipazione e gestione di bandi per la ricerca di finanziamenti, analisi di mercato).

Si sta valutando, inoltre, la possibilità di includere tra i soci:

- *Edizioni Centro Studi Erickson:* l'inclusione di questa realtà nei soci è prevista per creare un forte legame con una struttura capace di seguire le esigenze di mercato e indirizzare efficacemente fin dalla nascita eventuali idee editoriali.
- *Fondazione Bruno Kessler:* la presenza tra i soci di uno dei maggiori centri di ricerca locali vuole essere stimolo per un continuo dialogo con la realtà della ricerca scientifica e tecnologica e porsi come sbocco naturale per la condivisione dei risultati di questo settore con il pubblico. In particolare FBK è una struttura già attiva sul fronte della diffusione della cultura scientifica e promotrice di attività collaborative con scuole di vario ordine e grado. Si ritiene per questo che possa essere un partner molto importante.

Le attività/ I servizi

Il raggiungimento degli obiettivi verrà perseguito attraverso varie attività afferenti a 4 differenti rami aziendali:

1. *Attività di supporto e orientamento allo studio:* in questo settore la novità proposta da questo progetto sono dei percorsi di tutoraggio per studenti in difficoltà fondati sulla partecipazione ad attività laboratoriali sperimentali e sull'utilizzo di innovative metodologie didattiche. Questa strategia si rende necessaria a causa dell'esigenza di proporre un approccio alternativo alle discipline scientifiche rispetto alla classica lezione frontale sperimentata dagli studenti nel contesto scolastico. Queste attività consentiranno l'osservazione in prima persona del metodo di lavoro di un ricercatore, elemento prezioso per l'incentivo allo studio e per crescere la consapevolezza verso l'orientamento alla scelta universitaria. Un'ulteriore novità di questo progetto è l'attivazione di un servizio di supporto allo studio a distanza tramite social network e piattaforme di comunicazione moderne, ad esempio WhatsApp. La facilità di condivisione di immagini e video verrà sfruttata per aiutare a distanza gli studenti nella risoluzione di esercizi senza la necessità di un incontro di persona. La condivisione di una fotografia da parte dello studente del tentativo di risoluzione dell'esercizio riceverà un repentino feedback con indicazioni puntuali.

La ricerca scientifica nell'ambito della didattica e comunicazione è un terreno molto vasto e ricco di progetti che bene si presta al coinvolgimento di studenti. In particolare è nostro interesse perseguire gli scopi e le metodologie sviluppate nel corso dell'attività svolta presso il Laboratorio di Comunicazione delle Scienze Fisiche del Dipartimento di Fisica. Nel corso degli anni, infatti, sono stati ideati e sviluppati all'interno di questo Laboratorio numerosi progetti, basati su una solida letteratura del settore, che hanno permesso la crescita di competenze e l'acquisizione di uno specifico know-how metodologico e culturale che sono colmati nella realizzazione di percorsi laboratoriali adatti a studenti di scuole secondarie di secondo grado e di attività specifiche volte all'orientamento.

ESEMPI DI ATTIVITA' LABORATORIALI: a partire dagli interessi quotidiani dei ragazzi, è possibile sviluppare percorsi laboratoriali di approfondimento e avvicinamento alla metodo scientifico. Nel corso dell'attività del Laboratorio di Comunicazione delle Scienze Fisiche, ad esempio, è stata studiata l'intonazione di strumenti a fiato al variare di temperatura ed umidità oppure il comportamento fluidodinamico dell'aria attorno ad un ala di aereo e molto altro. L'esperienza in questo settore ha riscontrato grande interesse negli studenti incontrati e per questo la si vuole proporre stabilmente. Ulteriori esempi di aree di investigazione potrebbero essere fenomeni idraulici, come la modellizzazione e simulazione dell'effetto del "colpo d'ariete", un'analisi climatologica a partire da una misura dell'albedo terrestre attraverso una fotografia della luna cinerea oppure la modellizzazione dell'effetto fionda gravitazionale sfruttato dalle sonde lanciate nello spazio.

2. *Accesso al laboratorio e sviluppo progetti:* in questo innovativo settore d'impresa si offre a studentesse e studenti la possibilità di accedere a degli spazi allestiti con strumenti didattici per l'ideazione e lo sviluppo, sotto la supervisione di personale altamente qualificato, di progetti legati all'ambito scientifico/tecnologico. Il coinvolgimento di questi ragazzi in progetti reali è un'ulteriore occasione di incontro concreto con il lavoro del ricercatore, strumento riconosciuto per la grande efficacia nell'incentivazione allo studio e orientamento. Tramite queste attività si vuole, inoltre, produrre materiale, strumentazione e/o software da introdurre sul mercato legato alla diffusione della cultura scientifica. Per lo sviluppo di questo settore doteremo i nostri spazi di strumenti tecnologici di avanguardia nel settore educational adatti all'autoproduzione di materiali di vario tipo: stampanti 2D e 3D, DiWire e piattaforme Arduino sono un esempio di tali strumentazioni. Il coinvolgimento all'interno del progetto di Edizioni Centro Studi Erickson, realtà locale affermata nel campo dell'editoria educativa, è intesa a stimolare la pro-

duzione di progetti di carattere letterario grazie ad un partner capace di valorizzare i prodotti e direzionare gli sforzi in fase di sviluppo.

ESEMPI DI PROGETTI: guida al laboratorio di fisica per professori di scuole secondarie di primo grado, progettazione e sviluppo di una piattaforma rotante per la simulazione dell'effetto fionda gravitazionale, ideazione e sviluppo di un gioco da tavola legato alle problematiche energetiche, App per tablet e smartphone per la visualizzazione di effetti fisici, drone autocostruito basato su Arduino.

3. *Incontro con scolaresche di scuola secondaria di primo grado:* l'assenza di personale tecnico di laboratorio presso gli istituti scolastici secondari di primo grado ha generato un completo abbandono dell'insegnante da parte del sistema scolastico che spesso si traduce nell'impossibilità di fornire agli studenti percorsi scientifici laboratoriali. Si vuole quindi colmare questa necessità coinvolgendo gli insegnanti nella progettazione di percorsi laboratoriali su misura da svolgere in loco o presso i rispettivi istituti.

ESEMPI DI PERCORSI: Fisica e musica, la fisica del volo, laboratorio sull'uso consapevole dell'energia elettrica.

4. *Progettazione e realizzazione di eventi e workshop aperti al pubblico:* la principale novità di questo settore riguarda la volontà di creare una struttura intermedia tra il mondo accademico degli enti di ricerca scientifica e la cittadinanza. Visto il grande interesse mostrato per eventi estemporanei quali, per esempio, "la Notte dei Ricercatori", si vuole concretizzare permanentemente la diffusione dei risultati e del lavoro condotto dagli enti di ricerca presenti sul territorio, creando un canale di comunicazione stabile per la promozione al pubblico delle scoperte legate al mondo della ricerca.

ESEMPI DI EVENTI: seminari d'incontro con i ricercatori presenti nei centri di ricerca locali, workshop sul light painting, performance visiva di commistione tra arte e scienza.

I clienti

I principali clienti di questo progetto sono studenti di scuola secondaria di secondo grado che si occupano, nei loro curriculum, di fisica e matematica. In particolare si vorranno coinvolgere:

- studenti che si trovano in difficoltà nello studio di queste materie e necessitano di metodologie differenti, di un cambio di paradigma rispetto al classico insegnante alla lavagna o che necessitano di scoprire le motivazioni più profonde della ricerca scientifica.

- studenti che eccellono in queste materie e desiderano approfondirle mettendosi in gioco in prima persona in progetti concreti in cui sperimentare le proprie competenze e conoscenze;
- studenti che desiderano osservare più da vicino il mondo della ricerca per comprendere se possa essere di loro interesse per una futura iscrizione ad un corso di laurea in fisica, matematica e altri indirizzi di abito scientifico.

Clientsi secondari saranno scolaresche e docenti delle scuole secondarie di primo grado interessati a percorsi laboratoriali di approfondimento scientifico. Infine, ulteriori clienti interessati dal progetto Strumentarium, è la cittadinanza interessata alla cultura scientifica che sarà coinvolta attraverso la realizzazione di eventi e workshop.

Impatto atteso e raggiungimento obiettivi.

La principale ricaduta è la soddisfazione dei clienti per il servizio offerto che, in termini pratici, può essere valutata attraverso il miglioramento del rendimento scolastico e una maggior consapevolezza relativo al loro orientamento agli studi. Il dialogo e la comunicazione continua con i partecipanti a questo progetto, condotti con lo scopo di monitorare il riscontro delle attività condotte, sono gli strumenti con i quali si intende verificare il raggiungimento degli obiettivi e il gradimento da parte dei partecipanti.

Una ricaduta secondaria riguarda la produzione di progetti di carattere scientifico: la creazione di eventi di diffusione della cultura, lo sviluppo di applicazioni per tablet/smartphone o giochi da tavolo, la produzione di testi e altri strumenti di carattere comunicativo sono solo alcune delle possibilità che si schiudono. La produzione di questi materiali sarà di per se stessa strumento di misura tangibile per la valutazione della buona riuscita di questo progetto.

Partner La proposta di questo progetto si inserisce in una realtà molto vasta, caratterizzata da strutture con obiettivi e metodologie molto diverse tra loro. Desiderio di questo progetto è quello di affiancarsi a queste realtà per poter portare una pluralità di visioni che arricchiscano il panorama della divulgazione scientifica sia presso gli studenti che presso la popolazione.

La presenza sul territorio del MUSE - MUseo delle Scienze - i cui obiettivi e metodologie si concentrano sull'intrattenimento dei visitatori e sulla conduzione alla scoperta di fenomeni sconosciuti e affascinanti, è una grande occasione di partnership per questo progetto. Si intende, infatti, sfruttare la complementarità di intenti per affiancarsi a tale struttura offrendo servizi in collaborazione a esso: ad esempio per progetti che prevedono la visita al MUSE per trarre spunto su quali temi scientifici approfondire oppure la co-organizzazione di eventi e workshop.

Per quanto riguarda l'orientamento degli studenti, l'ateneo di Trento è molto

attivo in questo settore con un servizio istituzionale rivolto a queste problematiche. Le attività svolte da questa sezione dell'Università di Trento sono di tipo informativo – in cui vengono presentate le varie offerte universitarie – e di tipo formativo – in cui si organizzano eventi, seminari e scuole rivolte ad un gruppo selezionato di studenti. Anche in questo contesto la realizzazione di questo progetto completerebbe l'offerta per gli studenti e una collaborazione attiva con l'ateneo comporterebbe un servizio di maggior efficacia agli studenti.

Sul territorio di Trento è attiva, in campo teatrale, il Jet Propulsion Theater che da qualche anno collabora con il Laboratorio di Comunicazione delle Scienze Fisiche per l'ideazione e lo sviluppo di sceneggiature teatrali a ispirazione scientifica. Una collaborazione con JPT potrebbe risultare molto efficace per portare al pubblico (scolastico in primis ma non solo) suggestioni, stimoli e contenuti disciplinari in formato completamente differente e nuovo.

Nel panorama italiano sono presenti, inoltre, fiere e festival dedicati alla diffusione della cultura scientifica, come il "Festival della Scienza" di Genova o "l'Isola di Einstein". Queste realtà sono strumenti preziosi per dare visibilità al mondo della scienza stimolando l'attenzione e l'interesse della popolazione verso una realtà spesso confinata all'interno di centri di ricerca e università. Sarà interesse di questo progetto partecipare a questi eventi presentando i risultati dei propri progetti.

L'obiettivo di creare interconnessioni tra i clienti attesi per questo progetto e il vasto mondo della ricerca scientifica è possibile solo instaurando collaborazioni virtuose con gli enti presenti sul territorio attivi in questo settore. La prima struttura di dialogo è certamente l'Università di Trento, con particolare riguardo per i dipartimenti di Fisica, Matematica e con il Centro Integrato per la Biologia che elencano nei rispettivi piani strategici di attività e sviluppo anche il rapporto con le scuole e il mondo della diffusione della cultura scientifica. Le possibili collaborazioni sono variegata: usufruire di strumentazioni didattiche specifiche, azioni puntuali per la progettazione di percorsi didattici, organizzazione di eventi d'incontro con ricercatori e molto altro. Il Dipartimento di Fisica di Trento, inoltre, fa parte di una rete di nove dipartimenti, presenti sul territorio nazionale, che dedicano risorse alla ricerca nel campo della didattica e della comunicazione scientifica. Essere interconnessi con questa rete di dipartimenti è sicuramente una strategia che si vuole percorrere.

Sul territorio provinciale è presente la Fondazione Bruno Kessler - FBK - con la quale interloquire in veste di come beta tester di tecnologie d'avanguardia e interfaccia di rilancio e diffusione di risultati della loro ricerca. Contestualmente si può auspicare un dialogo con FBK anche al fine di proporre visite in loco e incontri con i loro ricercatori. Un'ulteriore realtà di ricerca presente sul territorio con la quale si reputa importante instaurare un proficuo dialogo è INFN (TIFPA).

Competitors

Per quanto riguarda l'attività di affiancamento allo studio, sul territorio cittadino esistono associazioni e cooperative, quali ADAM 099 e Arianna, che svolgono attività di tutoraggio. Queste realtà sono principalmente attive con studenti di scuola primaria e secondaria di primo grado, aiutandoli nello svolgimento dei compiti assegnati a piccoli gruppi. Nessuna delle sunnominated associazioni presenta al suo interno spazi laboratoriali nei i quali svolgere esperimenti e/o progetti per incrementare la motivazione allo studio. Per il supporto a distanza, invece, esistono portali online che offrono strumenti per l'aiuto allo studio, ad esempio studenti.it o la piattaforma openprof, in cui è possibile consultare una vasta gamma di esercizi risolti. Tuttavia l'eventuale concorrenza con queste realtà riguarda solo uno dei quattro tipi di attività proposti dalla società e, viste le differenze delle attività proposte, non si configurerebbe particolare difficoltà nel mostrare ai clienti la novità e la varietà di Strumentarium.

Marketing

La principale strategia di marketing sarà legata a una vivace presenza sulle moderne piattaforme social network: sia per una maggior efficacia nella comunicazione dei servizi offerti, grazie alla possibilità di comunicare tramite vari canali multimediali, sia per utilizzare canali comunicativi più vicini ai clienti stessi. Oltre al social-marketing, si intende promuovere il progetto attraverso la distribuzione di poster e materiali cartacei sia all'interno degli istituti scolastici, delle biblioteche e dei centri ricreativi di Trento e dei maggiori centri provinciali.

Le principali azioni di marketing che si intendono svolgere possono quindi essere riassunte in:

- Portale web di grande impatto, ricco di contenuti e a elevata interattività.
- Gestione di portali sui principali social media (facebook, tweeter e google+) per la promozione permanente della struttura e degli eventi ad essa connessa.
- Affissione di poster promozionali nei principali istituti superiori del territorio e in luoghi pubblici considerati strategici.
- Conduzione di percorsi laboratoriali a titolo gratuito a classi campione

Sviluppo temporale e costi

Fase 1 - Allestimento spazi e promozione progetto L'allestimento degli spazi deve essere tale da creare un ambiente di grande fascino e

stimolante per i clienti ma, al tempo stesso, che possa essere luogo d'incontro accogliente per qualsiasi persona che non abbia uno spiccato interesse in ambito scientifico. La disposizione di banchi ed eventuali lavagne si diversificherà dalla classica aula scolastica avvicinandosi alle concezioni più moderne: isole di lavoro indipendenti senza il punto di riferimento classico della cattedra, in cui i tutor possano agevolmente spostarsi tra i gruppi di lavoro. Verranno acquistati materiali e strumenti adatti ad essere utilizzati da persone non abituate a muoversi in un laboratorio scientifico, materiali questi selezionati anche sulla base della possibilità di essere adatti ad affrontare un ampio spettro di fenomeni. Saranno quindi preferiti strumenti duttili ed adatti alla auto-costruzione di oggetti. In questa fase, contestualmente all'allestimento degli spazi e all'acquisto del materiale, la promozione pubblicitaria della struttura svolgerà un ruolo primario. La fase 1 inizierà all'atto della costituzione della Società, una volta individuata la struttura di riferimento. Ci aspettiamo che la conclusione di questa fase possa avvenire entro 3-4 mesi. Si stima un impegno finanziario di investimento compreso tra i 40.000 - 60.000 euro.

Fase 2 – Inizio attività di tutoraggio e progettazione L'apertura del centro coinciderà con l'ammissione degli studenti alle attività di tutoraggio e la loro possibilità di prendere parte – e proporre – attività sperimentali atte ad indagare aspetti scientifici di loro interesse. In questa fase si continuerà a svolgere attività di promozione, concentrandosi specialmente sui social network e presso gli istituti scolastici. Verranno inoltre offerti, a campione, dei percorsi laboratoriali gratuiti a scolaresche delle scuole secondarie di primo grado, specialmente a classi del terzo anno. Questa fase si stima possa durare 8-12 mesi, nel corso dei quali verranno proposti eventi e incontri pubblici con i quali stimolare ulteriormente l'interesse della popolazione verso questa realtà. Si stima che richieda un impegno finanziario di 45.000 euro.

Fase 3 – Intensificazione attività e apertura alle scuole e alla cittadinanza

Una volta consolidato il numero di studenti che prendono parte alle attività si promuoverà con maggior intensità l'attività di design e sviluppo di percorsi didattici per scolaresche delle scuole secondarie di primo grado. Si procederà, inoltre, a destinare maggiori risorse anche alla realizzazione di eventi e workshop destinati al pubblico. Si stima che questa fase possa essere avviata dopo 12 mesi dall'apertura del centro e che richieda un impegno finanziario legato al solo costo del personale coinvolto in tale attività.

Ipotesi ricavo dalle attività

La partecipazione alle attività di tutoraggio potrà essere su base oraria o forfait, in base alle necessità dello studente, e potrà essere condotta singolar-

mente (uno studente per un tutor) oppure in piccoli gruppetti di tre studenti per tutor. Per un'ora di tutoraggio svolto singolarmente si richiederà un corrispettivo di 25 euro, mentre per attività in piccoli gruppi si richiederà 15 euro l'ora per persona. Nel caso lo studente sia interessato a sottoscrivere un abbonamento mensile, al costo di 110 euro si fornirà il diritto ad un'ora e mezza di lezioni individuali, 3 ore di tutoraggio in piccoli gruppi e, in aggiunta a questo servizio di supporto, il libero accesso alla struttura sia per poter studiare in autonomia sotto la supervisione del tutor, non continuativa ed esclusiva, sia per poter utilizzare l'attrezzatura laboratoriale presente. Per studenti che necessitano di un servizio di supporto a distanza via smartphone o mail, verrà richiesto un corrispettivo mensile di 30 euro. Per l'accesso al laboratorio senza attività di tutoraggio e per l'utilizzo della strumentazione presente - sotto la supervisione, non esclusiva, di un tutor - si richiede la sottoscrizione di un abbonamento senza limiti di accesso per 50 euro/mese. Per avvicinarsi ad esigenze personali, si è disponibili a sottoscrivere abbonamenti per intervalli maggiori a prezzi vantaggiosi. Il costo per la partecipazione ad eventi specifici, workshop e/o ad attività estemporanee create ad hoc dipenderà dall'attività stessa e verrà valutata in base alla strumentazione utilizzata, al materiale fornito ai partecipanti e ai conduttori di tale attività. Come evidenziato nell'allegato 2, "Preventivo conto Economico anno 1", abbiamo effettuato una previsione prudente per quanto riguarda il volume di clientela coinvolta nel primo anno, stimando i possibili clienti:

- 45 studenti mensili, per 10 mesi, che sottoscrivono un abbonamento per le attività di tutoraggio: ricavo stimato 49500 euro IVA inclusa;
- 25 studenti mensili, per 10 mesi, che sottoscrivono un abbonamento per il supporto telematico allo studio: ricavo stimato 7500 euro IVA inclusa;
- 8 studenti mensili, per 12 mesi, che sottoscrivono un abbonamento per l'utilizzo degli spazi e della strumentazione del laboratorio: ricavo stimato 4000 euro IVA inclusa;
- 10 clienti mensili, per 10 mesi, che partecipano ad eventi e workshop: ricavo stimato 600 euro IVA inclusa;
- 4 scolaresche mensili, per 8 mesi, che partecipano a percorsi didattici: ricavo stimato 3200 euro IVA inclusa

Team

Dott. Giuliano Zendri: Laureato in fisica presso l'Università di Trento, si è occupato dal 2010 al 2012 di didattica informale in laboratori di matematica, fisica e tecnologia presso il Museo dell'Aeronautica Gianni Caproni. In questo contesto ha progettato laboratori scientifici a tema aeronautico e meteorologico e ha condotto percorsi laboratoriali ed attività scientifiche con

scolaresche di ogni ordine e grado. Ha collaborato con l'istituto scolastico di Civezzano per la progettazione di un percorso laboratoriale di approfondimento scientifico e presentato al "Festival della Scienza" di Genova nel 2012 un percorso sulla meteorologia, formando a riguardo i comunicatori scientifici presenti. Ha collaborato nuovamente con il Festival della Scienza nell'edizione 2014, operando come comunicatore senior e promotore del progetto CORDATA presentato in quella sede. Da novembre 2012 ha intrapreso il dottorato in Fisica presso il dipartimento di fisica dell'Università degli Studi di Trento, occupandosi di progettazione di attività, laboratori e strumenti per la comunicazione e la didattica della fisica. Nel corso del dottorato ha svolto attività di supporto alla didattica nel corso "Experimental physics at high school level I e II" e ha pubblicato numerosi articoli nel settore della didattica su riviste internazionali.

Dott. Tommaso Rosi: Laureato e dottorando in fisica presso l'Università di Trento, si occupa dal 2010 di simulazioni software da usare nella didattica e nella comunicazione delle scienze fisiche. Nell'ambito della tesi di Laurea Magistrale realizza un software per la didattica della meccanica quantistica, l'app per iOS Hydrogen!, con oltre 3700 download. Sempre dal 2010 realizza progetti e si esibisce in performance in qualità di artista visivo: il nucleo fondamentale di questi lavori è costituito dall'indagare le possibili intersezioni tra arte, scienza e tecnologia. In tale ambito vince diversi premi tra cui Film a Km0, History Lab 3x3, Suoni Universitari 2010, Percezioni Compatibili Contest - l'arte di videocomunicare e viene selezionato per il progetto Live @ Brasile. Collabora, tra gli altri, con: Fondazione Museo Storico del Trentino, Centrale FIES, Portobeseno, FilmWork, Opera Universitaria di Trento, Pergine Spettacolo Aperto. Dal 2013 svolge l'unità didattica Scienza e tecnologia applicate all'arte visiva e performativa presso l'Istituto Tecnico Tecnologico Michelangelo Buonarroti. Organizza il festival di arti elettroniche ELVE 2014, realizzato con il patrocinio del Comune di Trento e in collaborazione con l'Opera Universitaria di Trento ed il Centro Santa Chiara.

Dott. Giovanni Formilan: laureato in Scienze Economiche all'Università degli Studi di Trento con specializzazione in decisioni economiche e impresa. Dottorando in General Management all'Università degli Studi di Bologna, si occupa di processi socio-economici di creazione e valorizzazione dell'identità imprenditoriale nel settore delle industrie culturali. Tra settembre 2014 e maggio 2015 è stato visiting scholar al Center on Organizational Innovation (COI) presso il Dipartimento di Sociologia della Columbia University a New York dove ha lavorato a stretto contatto con docenti, ricercatori e artisti di musica elettronica. Parallelamente, dal 2005 al 2009 collabora come compositore con l'artista Michael Fliri (Imagine; Early One Morning with time to waste; Infertile Safe Pet; Gravity; I saw the light; Getting to old to die young; Shady Oak Amusement) e firma alcune colonne sonore per documentari (Visioni di Cina, 2007; 2020/Viaggio nella città in trasformazione,

2007; Domani... , 2007; Festival dell'Economia, 2008; Palazzo Mercantile, 2008; C'è pane per i tuoi denti, 2009). A partire dal 2009 sviluppa un progetto musicale con il nome di GIO.VENALE, affermandosi progressivamente sul panorama locale. Crea e mette in scena performance che uniscono musica e multimedialità, attraverso cui tematiche storiche e sociali vengono rielaborate in chiave contemporanea (L'Amore Sopra Berlino, 2010; Live@Palafitte, 2010; Manifatture Tabacchi, 2011; Conquistare Castellano, 2011; Live@Brasile, 2011; Panoramica, 2012-2013). Nel 2014 si occupa della stesura del progetto per ELVE2014, festival e meeting di arti multimediali tenutosi a Trento nel settembre 2014 realizzato con il patrocinio del Comune di Trento e in collaborazione con l'Opera Universitaria di Trento e il Centro Servizi Santa Chiara.

Prof. Stefano Oss è professore associato (ordinario abilitato) di Didattica e Storia della Fisica presso il Dipartimento di Fisica dell'Università di Trento, nel quale è attivo come ricercatore dal 1986. Si è occupato di fisica atomica sperimentale, di spettroscopia teorica e di didattica della fisica. È stato visiting researcher presso la Yale University (CT, USA) e visiting associate professor presso la Princeton University (NJ, USA). Dal 2001 è responsabile del laboratorio di Comunicazione delle Scienze Fisiche del Dipartimento di Fisica di Trento, presso il quale si occupa di ricerca in didattica. È autore e coautore di circa 80 pubblicazioni, libri e parti di libri. Attualmente è docente incaricato di fisica generale presso il Dipartimento di Ingegneria Industriale di UniTrento, di Fisica Moderna e Didattica della Fisica per le Lauree Magistrali nei dipartimenti di Matematica e Fisica di UniTrento. È delegato del rettore per i Servizi di Orientamento dell'ateneo presso il territorio provinciale e aree limitrofe. Svolge attività di pubblicistica e diffusione della cultura scientifica su riviste e varie testate giornalistiche.

Nei primi anni di operatività di questo laboratorio si punterà ad un espansione dell'organigramma tramite la collaborazione con personale altamente qualificato sia in ambito di ricerca che in termini di esperienza nella conduzione di attività con studenti e/o pubblico generico.

Le figure richieste per questo aumento di organigramma saranno:

- Dottore in matematica: la possibilità di beneficiare delle competenze di un matematico permetterebbero a questo progetto di crescere in termini di qualità e affidabilità nei riguardi di studenti che necessitino di un supporto allo studio per la matematica.
- Dottore in informatica: un professionista nel web design, sviluppatore Java potrebbe portare al progetto la possibilità di rendersi autonomi nello sviluppare programmi e progetti 3D utili alla creazione di strumenti ideati durante l'attività di questo laboratorio.

- Dottore in ingegneria meccatronica: un settore in forte espansione in ambito educativo riguarda la robotica e la commistione tra elettronica, meccanica ed informatica. Per questo si ritiene che l'affiancamento di un esperto nel settore meccatronico possa essere un valore aggiunto importante a questo progetto.

6.3.1 Conto economico

CONTO ECONOMICO ANNO 1					
RICAVI	N. mese	Quantità annua	Importo unitario IVA Incl	Importo annuo IVA incl	Importo Annuo IVA escl
Supporto allo studio (con attività sperimentale in laboratorio)	40	440	110	48400	37752
Supporto telematico allo studio	40	440	30	13200	10296
Abbonamento mensile accesso spazio, strumentazione didattica e laboratorio	5	60	45	2700	2106
Quota partecipazione eventi e workshop	30	360	3	1080	842.4
Organizzazione seminari e laboratori per scolaresche, sia presso il centro che presso la sede scolastica	4	32	100	3200	2496
TOTALE RICAVI				68580	53492.4
COSTI VARIABILI					
Bollette	1	12	150	1800	1620
Pubblicità e promozione	1	12	300	3600	2808
Cancelleria	1	12	20	240	187.2
TOTALE COSTI VARIABILI				5640	4615.2
COSTI FISSI					
Ammortamenti	1	1		0	0
Affitto + riscaldamento + amministrazione	1	12	1500	18000	14040
Collaboratore full-time Giuliano	1	12	1300	15600	15600
Collaboratore part-time Matematica	0	0	520	0	0
Collaboratore part-time Tommaso	1	12	520	6240	6240
Collaboratore part-time Giovanni	1	12	520	6240	6240
INPS		0		0	0
Tasse x Insegna (sotto i 5 mq)	0	0	30	0	0
Hosting e manutenzione sito	1	1	60	60	46.8
Spese conto corrente	0.3	4	16	64	64
Commercialista	1	12	150	1800	1404
Premio annuo assicurazione	1	1	800	800	624
Diritto registro imprese (Start Up Innovativa)	1	1	0	0	0
Iscrizione Camera commercio	1	1	460	460	358.8
TOTALE COSTI FISSI				49264	44617.6
TOTALE COSTI				54904	49232.8
REDDITO OPERATIVO				13676	4259.6

Figura 6.1: Previsione del conto economico del primo anno di esercizio di Strumentarium.

6.3.2 Piano investimenti

PIANO INVESTIMENTI			
INVESTIMENTI	Importo (IVA esclusa)	% ammortamento annuo	Ammortamento annuo (in euro)
Investimenti immateriali			
Commercialista	234		
Notaio	1560		
Iscrizione Camera commercio	0		
Allacciamento subentrouenze	104.13		
Cauzioni utenze	156		
Promozione di avvio	5000		
Festa inaugurazione	2000		
Altro			
Investimenti materiali			
Ristrutturazione locale	3900		
Arredo ufficio	588	0.15	88.2
Arredo laboratorio	2868.92	0.15	430.338
Computer	5070	0.2	1014
Macchine e attrezzature	25120.2	0.3	7536.06
Stampanti/fotocopiatrici (2D)	355	0.12	42.6
Cancelleria	300	0	
Altro			
Totale Investimenti	47256.25		
Totale ammort. Annuo			9111.198

Figura 6.2: Tabella riassuntiva di un piano investimenti ideato per l'allestimento degli spazi didattici di Strumentarium.

Capitolo 7

Attività extra

In questo capitolo si presentano sinteticamente le attività intraprese dal candidato nel corso del dottorato che lo hanno coinvolto presso il Laboratorio di Comunicazione delle Scienze Fisiche del Dipartimento di Fisica dell'Università degli Studi di Trento. Si tratta di progetti che non sono legati al tema dell'energetica ma che riguardano la missione più ampia di svolgere attività di ricerca e nel campo della didattica e della comunicazione delle scienze fisiche.

7.1 Attività di ricerca e pubblicazione articoli scientifici:

Nel corso del dottorato il candidato ha ideato e sviluppato, in collaborazione con il prof. Stefano Oss, il dott. Luigi Gratton e il dott. Matteo Valdan, alcuni progetti di ricerca che hanno condotto alla pubblicazione di articoli su riviste internazionali. Gli articoli pubblicati sono i seguenti:

- **The speed of sound in singing tubes**, pubblicato sulla rivista *Physics Education*: in questo articolo si espone un'analisi sperimentale sulla velocità del suono all'interno dei tubi corrugati chiamati "hummer tubes", rilevando che l'attrito fluidodinamico determina la diminuzione della velocità del suono;
- **The weight of iron and feathers**, pubblicato sulla rivista *Physics Education*: si tratta di un'analisi sperimentale riguardo la differenza di pesata tra due oggetti a densità molto differenti e l'influenza della spinta di Archimede all'atto della pesata. Si tratta di un lavoro svolto per rispondere al tranello "pesa di più un chilo di ferro o un chilo di paglia?". Celebre argomento di discussione che, se sperimentato, nasconde spunti interessanti sul significato di massa, peso e sulla procedura corretta per pesare un oggetto a bassa densità;

- **Musical intonation of wind instruments and temperature**, pubblicato sulla rivista *Physics Education*: si tratta dell'analisi acustica della variazione della velocità del suono al variare della temperatura all'interno di un tubo corrugato. Queste misure sono spunto per l'analisi, da un punto di vista musicale e fisico, delle motivazioni che rendono necessario intonare gli strumenti musicali a fiato quando si suona in condizioni ambientali molto differenti tra loro.
- **Electro-thermal analogies and imaging radiation thermometry**, pubblicato sulla rivista *European Journal of Physics*: si tratta di un'analisi sperimentale riguardante l'analogia formale tra le equazioni del calore e del campo elettrico. Attraverso l'utilizzo di una camera IR per osservare immagini infrarosse di opportune geometrie, si sfrutta l'analogia delle equazioni per descrivere il campo e il potenziale elettrico;

Sono in fase di sviluppo e sottomissione ulteriori lavori:

- Confronto e analisi tra la procedura d'indagine sperimentale scientifica che viene seguita in un contesto di ricerca e l'attività laboratoriale sperimentale che viene proposta agli studenti in ambito didattico;
- Discussione riguardo la legge sull'espansione dell'universo di Hubble attraverso l'analisi sperimentale del classico esperimento dell'espansione di un palloncino.

Contestualmente all'attività di ricerca, il candidato ha partecipato a convegni e congressi inerenti il suo settore di ricerca. In particolare:

- In occasione del convegno sul Progetto Nazione Lauree Scientifiche (PNLS) presso la città della scienza di Napoli ha esposto un seminario riguardo il percorso PNLS sulla fisica del volo, attività che viene proposta dal laboratorio di comunicazione delle scienze fisiche;
- In occasione del convegno GIREP-MPTL 2014 ha presentato due contributi riguardanti l'analisi dell'assorbimento di energia reattiva da parte di lampadine LED e l'analisi del comportamento fluidodinamico ed acustico dei tubi "hummer";
- In occasione del convegno nazionale AIF "Luce sulla fisica" tenutosi a Trento il candidato ha tenuto un workshop per i partecipanti al convegno dal titolo "Fisica del volo";

7.2 Gioco di carte, "Elementary"

Questo progetto riguarda lo sviluppo di un gioco di carte che sfrutta concetti di fisica nucleare e subnucleare per l'ambientazione e le dinamiche delle regole di gioco.

7.2.1 Le criticità

Le criticità sulle quali è stato fondato questo progetto e ne hanno definito scopi e modalità sono le seguenti:

Il gioco da tavolo è sottoutilizzato: come già precedentemente esposto per il progetto *Power Plant*, si veda capitolo 5, in ambito scientifico il gioco è uno strumento trascurato o proposto in una veste educativa, improntata sull'apprendimento trascurando il divertimento legato alla dinamica di gioco;

Alto interesse per la fisica moderna: l'esperienza del sottoscritto presso il Festival della Scienza di Genova, esposta in seguito, ha permesso di osservare l'elevato interesse della cittadinanza per concetti e temi inerenti la fisica moderna, settore considerato di frontiera e che genera talvolta confusione e timore.

7.2.2 La scheda progetto

Per rispondere a queste criticità è stato elaborato il gioco denominato “Elementary”. Questo progetto non è stato ideato quale passatempo “educational”, il cui obiettivo è quello di imparare utilizzando tecniche ludiche. Lo scopo primario di questo gioco è la presentazione di una dinamica affascinante, con regole e sviluppi moderni che possa essere utilizzato con piacere in contesti informali. L'ambientazione del gioco e le regole, tuttavia, sono fondate su concetti e fenomeni fisici che introducono correttamente – seppur in una veste estremamente semplificata – il giocatore in avvenimenti propri della sfera scientifica, utilizzando modelli propri della fisica nucleare e subnucleare. Questo progetto è stato creato e presentato in occasione del concorso “Gioco inedito” [124], bandito dal festival del fumetto e del gioco di Lucca. Lo sviluppo di questo gioco, quindi, è stato fondato sulle richieste specifiche del bando del concorso [125] che richiedeva un mazzo di carte (massimo 110 pezzi, suddivisibile in più mazze) basato sul tema “Elementare”.

Scopo: creare un gioco moderno e attivo che sfrutti concetti e termini propri della fisica nucleare e subnucleare per la creazione della dinamica di gioco. Grazie all'attrattività di un gioco di società, introdurre nella quotidianità di quanti più giocatori è possibile argomenti e fenomenologie di fisica moderna.

Mittente: trattandosi di un gioco i mittenti sono gli stessi giocatori che si attivano per l'avvio di una partita. Il gioco, infatti, permette di sfruttare il fatto che siano i giocatori stessi a proporsi attivamente verso i contenuti fisici in esso presenti, attraverso lo studio del regolamento e la dinamica di gioco.

Messaggio: il messaggio scientifico racchiuso in Elementary è secondario e funzionale alla creazione di una dinamica coerente e appassionante. Nonostante ciò, in questo gioco sono presenti i seguenti concetti scientifici, che si intende far acquisire ai giocatori:

- *Particelle elementari e composte:* il gioco si fonda sull'utilizzo scientificamente corretto di particelle elementari (quark, elettroni e muoni) per la raccolta di carte che rappresentano particelle composte (protoni, neutroni, pioni). Attraverso questo gioco è possibile apprendere l'esistenza di particelle elementari e composte, le cariche che queste particelle possiedono e quali particelle elementari siano necessarie per la creazione delle particelle composte presenti nel gioco;
- *Antimateria:* per ogni particella presente nel gioco è stata inserita la rispettiva antiparticella che permette la creazione di anti-atomi;
- *Interazioni:* sono state elaborate delle carte "interazione" che, sfruttando coerentemente interazioni fisiche, permettono ai giocatori di disturbarsi a vicenda per avvicinarsi alla vittoria. Alcuni esempi: nel gioco è presente la carta "raggio cosmico" che permette al giocatore che la possiede di scartare un protone per eliminare un atomo avversario, oppure la carta "Forza elettromagnetica" che, qualora abbinata ad una particella positiva, impedisce ai giocatori primi vicini di raccogliere ulteriori particelle di carica positiva a meno che non dispongano sul terreno di gioco la carta "Forza forte".

Veicolo: gioco di carte + regolamento. Si tratta di un veicolo semplice tuttavia ancora molto attuale che raccoglie numerosi appassionati del gioco "tradizionale".

Beneficiario ipotetico: Il gioco è stato pensato principalmente per due target:

- Appassionati di giochi che hanno voglia di scoprire nuove occasioni ludiche e di divertimento;
- Studenti di scuola secondaria di secondo grado di classi quarte o quinte che vogliono affrontare in maniera divertente e non formale argomenti di fisica moderna.

Ricevente: trattandosi di un progetto ad ampia diffusione, il ricevente è fuori controllo. Tuttavia si ritiene che non esistono controindicazioni ad una diffusione ad ampio raggio di questo gioco.

Codice: la necessità di introdurre dinamiche di fisica all'interno di un gioco di carte richiede una codifica estremamente semplificata ed accessibile a qualsiasi giocatore. Inoltre, suggerimento espresso dal bando del



Figura 7.1: *Carta legenda, elaborata come promemoria esplicativo per la simbologia adottata per le carte da gioco.*

concorso “gioco inedito”, era quello di produrre un gioco che fosse possibilmente internazionale e, quindi, con il testo minore possibile. Per questo le poche scritte presenti sulle carte, come i titoli, sono state implementate in doppia lingua, inglese e italiano. È stata, inoltre, elaborata una grafica adatta alla spiegazione della dinamica di gioco ed accompagnata da una carta legenda per la sua spiegazione (figura 7.1).

Contesto: trattandosi di un gioco, il contesto è a scelta dei giocatori e, per questo, sempre ottimale alla realizzazione della partita.

Tecniche di comunicazione: il gioco prevede delle dinamiche molto semplici che facilitano l’introduzione e l’utilizzo di fenomenologie fisiche. Non è necessario conoscere la fisica nucleare/subnucleare per poter giocare ad “Elementary” e l’utilizzo della simbologia sulle carte è funzionale proprio al raggiungimento di giocatori di qualsiasi formazione. Le carte sono state illustrate da Serena Bassetti e presentano una grafica semplice ma, al tempo stesso, irriverente ed accattivante, pensata per spezzare l’ambientazione potenzialmente seria.

Tempistiche della comunicazione: la dinamica di gioco è stata pensata per svilupparsi nell’arco di 30 minuti, che è una tempistica di gioco coerente con i moderni giochi da tavolo proposti nei saloni del gioco. L’ampia varietà di carte offre ai giocatori la possibilità di utilizzare più volte “Elementary” senza incappare in situazioni “già viste”.

7.2.3 Il progetto

Il gioco consta di un mazzo di carte suddivisibili in due gruppi, distinguibili dal dorso. Il primo mazzo, identificato dal retro con la scritta *particles*, raccoglie le particelle composte - protoni, neutroni e pioni - che andranno disposte scoperte sul tavolo a disposizione di ogni giocatore. Il secondo mazzo, sul cui dorso è presente la scritta *elementary*, è composto dalle carte che devono essere tenute in mano e racchiude le particelle elementari e le carte

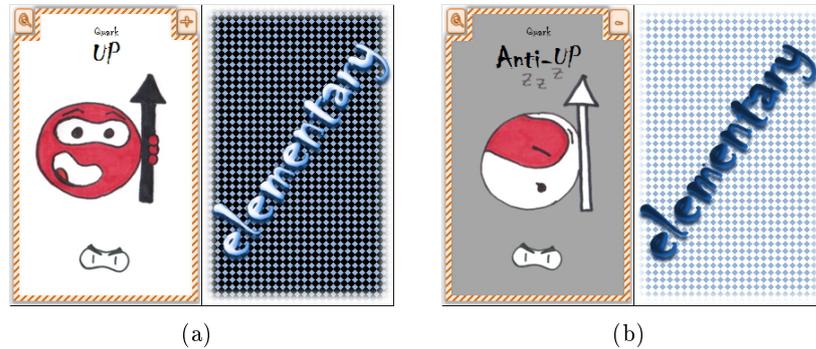


Figura 7.2: L'immagine (a) mostra una carta particella quark up e il relativo dorso, mentre l'immagine (b) mostra una carta anti-quark up, distinta dalla precedente per lo sfondo grigio e il dorso.

interazione. Qualora un giocatore posseda le particelle elementari giuste per la “creazione” di una particella composta egli può usare tali carte per raccogliere quest’ultima dal tavolo di gioco e porla scoperta davanti a sé. Scopo del gioco è raccogliere quante più particelle composte possibili e aumentare le proprie chance di vittoria raggruppandole a formare atomi. Per ogni particella è presente la corrispettiva anti-particella, distinguibile dallo sfondo della carta e dal retro, si veda figura 7.2. Le antiparticelle permettono la costruzione di antiatomi con la stessa dinamica descritta in precedenza. Inoltre, qualora un giocatore si ritrovi in mano una coppia particella/antiparticella può decidere di annichilare le due carte per pescarne due nuove dal mazzo o una diversa coppia particella/antiparticella dal mazzo degli scarti. L’ultima categoria di carte, presentate con una diversa grafica per distinguerne il funzionamento, sono le carte interazione che permettono l’interazione tra giocatori per disturbare gli avversari o agevolarsi nella raccolta di particelle e riuscire ad avvicinarsi alla vittoria. Due delle carte interazione sono proposte in figura 7.3



Figura 7.3: Due delle carte interazione elaborate. Rispetto alle carte particelle si distinguono dal bordo verde.

Per maggiori dettagli riguardo il gioco, in allegato 5 è presente il regolamento completo e una selezione delle carte presenti nel mazzo di gioco. Al concorso “Gioco Inedito 2015” sono stati presentati 37 progetti, di cui 3 sono stati selezionati per la fase finale. Elementary non è stato selezionato tra i tre finalisti. La giuria di questo concorso è composta da alcuni esponenti dell’organizzazione del festival del fumetto e del Gioco di Lucca, esperti del settore dei giochi da tavolo e un editore della casa editrice “Da Vinci giochi”. Le motivazioni che la giuria del concorso ha fornito per la mancata selezione del progetto sono riassumibili in due osservazioni:

- L’argomento scelto è a loro avviso di scarsa attrattività per il mercato;
- Il gioco è troppo vincolato alla tematica e si devono avere conoscenze di fisica subnucleare per poter giocare con questo gioco.

Sebbene si tratti di una giuria estremamente competente ed esperta si ritiene doveroso sottolineare una critica al secondo punto presentato quale difetto di quest’idea. Lo scopo di ogni gioco è proprio l’opposto, non avere conoscenza di una materia e attraverso la lettura del regolamento e l’utilizzo del gioco stesso venire a conoscenza di alcune regole. Da quando si deve essere un druido con anni di esperienza di alchimia e pozioni per poter acquistare e usare un gioco sugli antichi celti?

7.2.4 Sviluppi futuri

- La prima azione che si intende portare avanti per lo sviluppo di questo progetto è quello di presentarlo ad ulteriori gruppi di gioco e ludoteche per effettuare nuovi playtest e ricevere opinioni e idee da giocatori esperti;
- Il passaggio successivo è l’intenzione di presentare questo progetto ad alcune case editrici educative per la sua pubblicazione e vendita;
- Qualora il progetto riscuota successo in termini di giocabilità e di interesse, è intenzione dell’autore quello di sviluppare “espansioni” del mazzo base, introducendo nuove particelle e interazioni. Alcune nuove dinamiche implementabili potrebbero essere:
 - *Carta Ionizzazione*: carta che permette di slegare un elettrone dall’atomo di un giocatore avversario;
 - *Carta Progetto Manatthan*: carta che permette di spaccare il nucleo di un atomo di un giocatore avversario;
 - *Carta Annichilimento*: permette di eliminare dal gioco una particella e la sua corrispondente anti-particella di un giocatore avversario;

- Introduzione di un nuovo mazzo di carte “*obiettivo*” che richiedano il raggiungimento di scopi prefissati per la vittoria della partita;
- Un’ulteriore strategia sarà quella di valutare la possibilità di sviluppare un’applicazione per smartphone e tablet per avvicinare anche gli appassionati di videogiochi.

7.3 Collaborazione per lo sviluppo di un videogioco didattico

In occasione del convegno GIREP-MPTL il candidato ha avviato una collaborazione con la dottoranda Annalisa Terracina dell’università di Roma per lo sviluppo di un videogioco didattico a supporto dei docenti di scuola secondaria di secondo grado. Il progetto si basa sullo sviluppo di un gioco di ruolo che coinvolga gli studenti nella risoluzione di sfide di natura scientifica e volti ad incentivare lo studio e proporre una tecnica alternativa e di maggior fascino per gli studenti. La prima fase di sviluppo di questa collaborazione si è basata sulla realizzazione di un tutor virtuale¹, per l’interazione con il giocatore. Per questa fase il sottoscritto si è occupato di supervisionare i contenuti scientifici e didattici introdotti nel software e di elaborare i testi didattici utilizzati da questo tutor. Allo stato attuale è stata sviluppata un’applet sperimentale sul play store di Google per i dispositivi Android. Tuttavia, essendo ancora in fase di sviluppo essa non è pubblicizzata ed è utilizzata solo per sperimentazioni puntuali circa l’efficacia del prodotto sviluppato; rimane, quindi, raggiungibile solo agli sviluppatori per scopi di ricerca.

7.4 Collaborazione progetto CORDATA

In occasione dell’edizione 2014 del Festival della Scienza di Genova, il cui tema era “tempo”, il candidato ha collaborato al progetto CORDATA operando come coordinatore del gruppo di mediatori a disposizione del progetto e lavorando a sua volta come divulgatore scientifico per l’attività proposta. In breve, il progetto CORDATA prevede la costruzione e installazione di rivelatori di raggi cosmici² presso tutti gli istituti scolastici interessati e aderenti al progetto. Scopo del progetto è quello di introdurre concetti e idee di fisica moderna in ambito scolastico attraverso l’utilizzo di questi rivelatori. Visto che le misure riguardanti il tempo di vista di alcuni raggi cosmici secondari hanno permesso di verificare la dilatazione dei tempi ipotizzata dalla

¹Ad ora applet autonoma, che verrà in seguito inserita nel gioco vero e proprio come parte di supporto ai giocatori

²Si tratta di rivelatori a stato solido e operanti con la tecnologia SIPM elaborata presso FBK.

relatività einsteiniana, il progetto CORDATA è stato selezionato per la partecipazione al festival in quanto argomento fortemente connesso con il tema designato per l'edizione 2014.

Il progetto divulgativo sviluppato e presentato a Genova è stato un laboratorio della durata complessiva di 1 ora, riproposto a ciclo continuo per tutta la giornata di apertura dell'evento e per l'intera durata del festival. L'attività era suddivisa in 3 parti:

- Visione di un filmato a 360 gradi riguardante il processo di fabbricazione della SiPM presso la camera pulita di FBK;
- Incontro con la tematica del tempo di vita di un muone attraverso il linguaggio teatrale;
- Laboratorio di 20 minuti in cui, attraverso l'utilizzo dei rivelatori di raggi cosmici, discutere dei raggi cosmici e del tempo di vita del muone.

Il candidato ha svolto a tempo pieno attività di mediazione di questo percorso con scolaresche e gruppi misti. In occasione di questo progetto è stato osservato un forte interesse per la tematica e quanto sia efficace la pluralità di linguaggi per avvicinare i gruppi ad argomenti complessi come questo.

7.5 Organizzazione evento IPSP2015

Nel corso dell'anno solare 2015 il candidato è stato coinvolto nel comitato scientifico/organizzativo dell'evento Industrial Problem Solving with Physics. Si tratta di un evento organizzato dal dipartimento di fisica dell'Università di Trento, in collaborazione con la divisione per il supporto alla ricerca scientifica e trasferimento tecnologico della stessa università, Confindustria Trento e Trentino Sviluppo-Polo della Meccatronica.

Questo evento si fonda sulla raccolta di tre problemi industriali da sottoporre a tre gruppi di 10 ricercatori e studenti del polo scientifico dell'Università di Trento. I tre gruppi si sfidano nell'arco di una settimana nella ricerca della miglior soluzione al problema sottoposto. Si tratta di un evento di grande efficacia per le industrie in quanto permette loro di entrare in contatto con la realtà della ricerca universitaria e permette di ottenere risposte ad un proprio problema in tempi rapidi. Allo stesso tempo per gli studenti e ricercatori del polo scientifico trentino è un'ottima occasione per conoscere la realtà industriale e quale sia lo stato dell'arte della ricerca in quel campo, oltre che un'occasione per mettere alla prova le proprie abilità e conoscenze alla ricerca di una soluzione concreta per un problema reale.

Questo evento, giunto alla seconda edizione, ha coinvolto in candidato in molti aspetti: produzione dei bandi per la candidatura delle imprese e dei ricercatori/studenti, ricerca delle aziende interessate e presentazione del bando

presso i centri di ricerca e sviluppo, ricerca degli sponsor per la sostenibilità dell'evento, gestione rapporti con l'advisory board, partecipazione attiva alla settimana dei lavori in qualità di coordinatore del gruppo di ricercatori e, infine, stesura dei proceedings dei lavori.

7.6 Rassegna KID SCIENCE

In occasione della rassegna KidScience, organizzata dal Museo delle Scienze Naturali Alto Adige, il candidato ha presentato un laboratorio educativo informale per ragazzi dagli 8 ai 14 anni. Per questa attività è stato ideato e sviluppato un percorso alla scoperta della forza di attrito aerodinamica che, attraverso l'analisi della forma degli oggetti, della loro dimensione e della velocità del vento ha permesso ai partecipanti di scoprire quali siano in parametri che influenzano l'attrito aerodinamico. Il percorso si è concluso con la formazione di 4 gruppi di lavoro e il loro coinvolgimento nella creazione di un modellino di aeroplano che è stato successivamente testato nella galleria del vento per valutare l'attrito aerodinamico subito.

7.7 Photonics week

In occasione dell'anno internazionale della luce il dipartimento di fisica dell'università di Trento, in collaborazione con numerose altre realtà, ha organizzato la photonics week presso il MUSE. Il candidato è stato coinvolto per la conduzione di laboratori di ottica ondulatoria con scolaresche di scuole secondarie di secondo grado.

Allegato 1

Testi pannelli sezione energetica

Energia termica e luminosa

La radiazione solare è alla base di tutte le fonti di energia presenti sul pianeta (eccetto quelle nucleare, geotermica e delle maree). Determina infatti il ciclo dell'acqua, la circolazione dei venti e lo sviluppo di tutte le forme animali e vegetali, comprese quelle all'origine dei combustibili fossili. L'energia solare è anche utilizzabile direttamente per accumulare calore o produrre corrente elettrica.

Molte materie prime

I minerali presenti nel suolo sono tra le più importanti materie prime esistenti sulla terra. Sono sostanze solide, naturali, omogenee e con struttura atomica ordinata. Risultano diversi per composizione chimica, processi di formazione, aspetto e proprietà. Hanno un'origine minerale i metalli, le plastiche, i materiali ceramici e sostanze come il cloro, impiegato nella produzione di diversi beni (coloranti, insetticidi, disinfettanti. . .).

Biomolecole e movimento

I sistemi, grazie alla presenza interna ed esterna di acqua, compiono grandi scambi termici con l'ambiente senza subire forti variazioni di temperatura. Questa proprietà fa dell'acqua un costituente fondamentale per la vita degli organismi dove veicola i nutrienti e le molecole trasportatrici di energia. Grazie alla sua energia cinetica, l'acqua fluente o in caduta può essere impiegata per compiere lavoro: dalla macinazione dei cereali alla produzione di corrente elettrica.

Gas e movimento

L'aria garantisce la vita sul pianeta: fornisce ossigeno per la respirazione, schermo alle radiazioni solari dannose ai tessuti biologici, trattiene calore in prossimità della superficie terrestre. L'industria ne estrae elementi quali azoto, ossigeno o argon tramite processi di liquefazione e distillazione. Le masse d'aria, messe in movimento dalle differenze di temperatura presenti nell'at-

mosfera, costituiscono una fonte energetica da cui è possibile ottenere lavoro.

Elementi plastici, energetici e regolatori

Gli esseri viventi si nutrono di sostanze dalla struttura complessa. L'organismo le assume dall'esterno e ne trae gli elementi necessari per accrescere e rinnovare i propri tessuti (elementi plastici), produrre calore o lavoro (elementi energetici) e svolgere processi metabolici (elementi regolatori). Per queste funzioni, i principi nutritivi utili all'uomo sono proteine, grassi e carboidrati, vitamine e sali minerali.

Energia fossile e building block

Petrolio, gas e carbone si sono formati nei corsi di milioni di anni. Sono le fonti di energia più utilizzate e le materie prime essenziali nell'industria chimica di base. Dotati di elevata densità di energia e di potenza, stoccabili e trasportabili, sono impiegati principalmente in forma di derivati per produrre calore, corrente elettrica e nella mobilità. Forniscono inoltre i costituenti per moltissimi prodotti: dalle plastiche ai farmaci, dalle vernici alle sostanze adesive.

Un vettore energetico

L'idrogeno è presente in composti come acqua e idrocarburi. Per i minori costi di produzione, viene estratto principalmente dagli idrocarburi. Tra i combustibili ha il maggior contenuto energetico. Per essere trasportato e utilizzato viene stoccato sotto pressione o liquefatto a -253 C^0 . È usato soprattutto come propellente aerostazione e per la produzione elettrica in celle a combustibile ma anche nell'industria chimica, alimentare, metallurgica e del vetro.

Un elemento derivato

L'azoto si estrae dal suo minerale principale, il nitro del cile o, data la sua scarsità, dall'aria. Sostanza fondamentale per lo sviluppo dei vegetali, è usato principalmente nei fertilizzanti dove si trova legato all'idrogeno come ammoniaca poiché solo pochi organismi sono in grado di metabolizzarlo puro. In questa forma sta alla base anche di molti altri prodotti come polimeri, esplosivi, coloranti, additivi per gasolio. . .

Lente gravitazionale

La grande massa di una galassia modifica lo spazio che la circonda producendo l'effetto di una lente che devia la radiazione elettromagnetica proveniente da un corpo celeste. Ad esempio, la presenza della galassia zw 2237+030 davanti al quasar (quasi stellar radio source) qso 2237+0305 permette di osservare la "croce di einstein", immagine del quasar riprodotta quattro volte intorno alla galassia.

Ionizzazione

Le particelle elementari possono essere rivelate con un dispositivo chiamato camera a bolle. Attraversando un fluido surriscaldato, le particelle cedono parte della loro energia cinetica ionizzando (rendendo elettricamente carichi) gli atomi incontrati. Gli ioni che si formano lungo la traiettoria producono un'ebollizione del fluido che traccia il passaggio dalla particella e permette di conoscerne massa, velocità, carica elettrica. . .

Fotosintesi

La fotosintesi è il processo che utilizza l'energia della luce per combinare anidride carbonica e acqua producendo carboidrati con cui nutrire le cellule delle piante. Composizione, forma e struttura delle foglie sono caratteristiche fondamentali alla base di questa strategia energetica.

Auto-organizzazione

La formazione di strutture altamente coerenti come i vortici di tornado, cicloni e uragani, è caratterizzata da un grande dispendio energetico (evaporazione e condensazione, rotazione e attrito di masse d'aria..) E da un comportamento della materia non riconducibile alle potenzialità delle singole parti e non prevedibile nelle dimensioni, nel tempo e nello spazio. Questa auto-organizzazione, fortemente collegata allo scambio di energia e materia con l'ambiente, è una proprietà che accomuna sistemi complessi tra loro molto diversi: dallo scarico del lavandino al laser, dal metabolismo cellulare al sistema nervoso, dai terremoti agli ecosistemi.

Colore

Qualsiasi colore intorno a noi è frutto dell'interazione tra luce e materia. Secondo la sua composizione chimica e la sua struttura atomica e molecolare, un oggetto illuminato assorbe, riflette o trasmette selettivamente le diverse componenti cromatiche presenti nello spettro energetico della luce bianca. Il colore che vediamo dipende dalle componenti della radiazione riflesse o trasmesse dall'oggetto ma anche dalla rilevazione effettuata dai nostri occhi e dalla rielaborazione dell'informazione nel nostro cervello.

Legami

Alcune proprietà della materia, come la forma, la regolarità e la simmetria interna dei cristalli, derivano dai legami che determinano la disposizione e le possibilità di movimento di molecole, atomi o singoli elettroni nei solidi, nei liquidi, nei gas.. Questi legami sono caratterizzati dall'energia potenziale elettrostatica tra particelle cariche e dall'energia cinetica di tutte le particelle.

Ossido riduzione

La corrosione del ferro esposto all'aria e all'umidità consiste nella progressiva conversione del metallo in ruggine rosso-bruna. È una comune reazione chi-

mica in cui il ferro perde elettroni (si ossida) e l'ossigeno acquista (si riduce). La spontaneità di questo fenomeno è il risultato del bilancio energetico della reazione, a sua volta collegato alla variazione del grado di disordine della materia che la trasformazione comporta nel sistema e nell'ambiente.

Analisi del ciclo vita

Una sedia è un oggetto passivo: richiede più energia per essere prodotta che per essere utilizzata. Le lampadine o il tostapane, al contrario, sono oggetti attivi. Questa classificazione, applicabile a ogni cosa, rientra nel più ampio sistema di analisi del ciclo vita dei prodotti, che considera l'energia e la materia richieste da ogni bene nel corso della sua intera vita, dalla progettazione alla dismissione.

Classificazione energetica degli elettrodomestici

Apparecchi simili, ad esempio due lavatrici, possono essere confrontati in base all'energia che richiede dono per svolgere la stessa funzione. La classificazione energetica degli elettrodomestici sintetizza in un singolo indice le diverse voci di consumo energetico di un determinato tipo di apparecchi. Nel caso della lavatrice si tratta principalmente dell'energia elettrica assorbita dal motore e di quella necessaria per riscaldare il volume d'acqua impiegato per un lavaggio.

Classificazione energetica degli edifici

La valutazione energetica degli edifici si basa su criteri come la capacità di mantenere uniforme la temperatura interna, l'efficienza degli impianti e l'efficacia della valorizzazione delle potenzialità del contesto ambientale. Questi criteri possono guidare sia la progettazione (rapporto tra superficie e volume, esposizione, uso del verde, impiego di materiali locali, tecniche di coibentazione, impianti e fonti rinnovabili...) che una ristrutturazione (doppi vetri, isolamento a cappotto, integrazione della caldaia con collettori solari...).

Raccolta differenziata

Nelle città, la percentuale di raccolta differenziata sul totale dei rifiuti solidi urbani indica l'investimento in energia sotto forma di lavoro svolto dalla collettività per differenziare i materiali esistenti così da ridurre il futuro consumo di materie prime attraverso il riciclo. Un corretto smaltimento iniziale aumenta le potenzialità di riciclo e riduce l'energia che dovrà essere impiegata nelle fasi successive.

Ritorno energetico sull'investimento energetico

È possibile valutare fonti energetiche diverse attraverso il bilancio energetico delle rispettive tecnologie. L'indice eroei (energy return on energy investment) rapporta l'energia che un tipo di impianto (fotovoltaico, eolico...) potrà fornire nella sua intera attività all'energia necessaria per costruirlo,

condurlo e dismetterlo. I rapporti variano nel tempo per fattori legati sia alle fonti, come l'estrazione di petroli con minore contenuto energetico, che alle tecnologie, come lo sviluppo di celle fotovoltaiche più efficienti.

Impatto ambientale dei sistemi informatici La proposta di greenit, disciplina emergente, è monitorare l'impatto ambientale dei sistemi informatici considerando diversi aspetti: dai componenti con metalli pesanti che inquinano in suolo all'uso di carta nelle stampanti. I consumi energetici costituiscono una voce importante perché l'evoluzione dei processori ha aumentato, insieme alle prestazioni, la potenza elettrica utilizzata per il calcolo. Se un piccolo server assorbe come un frigorifero, quello utilizzato da una banca può richiedere quanto una cittadina.

Fabbisogno materiale totale

I flussi di materia ed energia su cui si basa l'economia di un paese sono misurati dal tmr (total material requirement), un indicatore che considera sia le risorse nazionali, estratte per uso interno e per l'esportazione, sia quelle importate. In particolare, il tmr dell'Italia indica che la nostra economia è sostenuta da crescenti prelievi di risorse (energetiche e non) dai sistemi naturali del resto del mondo.

Impronta ecologica

L'impronta ecologica misura l'impatto ambientale dei consumi attraverso la quantità di spazio naturale necessario per produrre le risorse utilizzate e per assorbire i rifiuti generati da singoli individui o collettività. Secondo questo criterio si può stimare la porzione di terra (o, in futuro, il numero di mondi) impiegato dall'umanità. Nonostante questo sia uno degli indicatori più conosciuti e utilizzati, sono recenti i metodi di calcolo standardizzati per risultati compatibili e consistenti a livello mondiale.

Indice di sostenibilità feem

Il benessere di una società dipende da molti fattori che influiscono sulla qualità della vita: valore economico dei beni e dei servizi prodotti ma anche la longevità, tempo libero, qualità dell'ambiente, biodiversità... l'indice, recentemente elaborato dalla fondazione eni enrico mattei, integra in un unico modello venti indicatori di tipo economico, sociale e ambientale per misurare la capacità dei paesi di svilupparsi in modo sostenibile cioè preservando il benessere delle generazioni future.

Allegato 2

Questionario somministrato a studenti di scuola secondaria di secondo grado

Energia e dintorni

Caro studente,

ti propongo il seguente questionario per un'indagine che svolgo per la mia tesi di dottorato presso l'Università di Trento. Il sondaggio è totalmente ANONIMO e le domande che seguiranno non sono in alcun modo finalizzate a valutare la tua preparazione ma servono a raccogliere informazioni su quale sia la conoscenza comune che si ha nell'ambito di produzione e consumo di energia. Alcune domande, per esempio, vogliono solo conoscere quale sia la tua opinione a riguardo questi temi. Ti chiedo quindi, per favore, di rispondere con le conoscenze che hai al momento, senza informarti per trovare la risposta corretta o consultarti con altri.

Se per caso avessi già compilato questo questionario ti ringrazio molto per il tuo aiuto e ti chiederei di non compilarlo più volte.

Ti ringrazio fin da ora per il tempo che vorrai dedicarmi.

1. Dati personali

- Quanti anni hai?
- Sesso:
 - Maschio
 - Femmina
- Scuola e anno frequentato?
- Città?

2. *Energia*: qual'è l'unità di misura dell'energia riconosciuta dal Sistema Internazionale?

- wattora
- E

- joule
 - caloria
 - altro
3. *Energia/2*: per l'energia elettrica un'unità di misura molto usata è il kWh, sapresti dire quanto costa, mediamente, 1 kWh di energia elettrica?
- 0.001 – 0.01 euro per kWh
 - 0.01 – 0.05 euro per kWh
 - 0.05 – 0.1 euro per kWh
 - 0.1 – 1 euro per kWh
4. *Fabbisogno energetico*: hai un'idea di quale sia il fabbisogno medio giornaliero di energia elettrica di una famiglia italiana (usa pure casa tua come esempio)?
- < 5 kWh
 - 5 – 20 kWh
 - 20 – 50 kWh
 - > 50 kWh
5. *Potenza*: qual è la potenza massima utilizzabile a casa tua?
- 1 kW
 - 3 kW
 - 10 kW
 - 3 kWh
 - Altro
6. *Energia e potenza*: potresti indicare brevemente quale sia la differenza tra energia e potenza?
7. *Fabbisogno domestico*: prendiamo in considerazione un'abitazione media di 4 stanze, posta a Trento, dotata di un riscaldamento a termosifone, cucina a gas, forno elettrico, forno a microonde, 2 televisori, 2 computer, aspirapolvere e altri ordinari elettrodomestici. Metti in ordine di consumo di energia (non solo elettrica), dal più alto al più basso, queste attività legate alla vita domestica:
8. *Fabbisogno domestico/2*: prendendo ancora in considerazione la situazione domestica precedente, disporre le stesse attività in funzione della potenza assorbita, dal valore più grande al più piccolo:

	1	2	3	4	5
Illuminazione					
Riscaldamento					
Cottura e conservazione cibi (Forni e frigorifero)					
Strumenti elettrici vari (Pc, Cellulari, aspirapolvere...)					
Pulizia vestiti (Lavatrice, asciugatrice, ferro da stiro...)					

	1	2	3	4	5
Illuminazione					
Riscaldamento					
Cottura e conservazione cibi (Forni e frigorifero)					
Strumenti elettrici vari (Pc, Cellulari, aspirapolvere...)					
Pulizia vestiti (Lavatrice, asciugatrice, ferro da stiro...)					

9. *Fonti energetiche rinnovabili*: indica, tra le seguenti, quali sono le fonti energetiche rinnovabili:

- Energia solare
- Petrolio
- Energia eolica
- Energia idroelettrica
- Idrogeno
- Energia nucleare
- Carbone
- Gas
- Maree
- Energia geotermica
- Biomasse

10. *Produzione energetica da fonti rinnovabili*: hai idea di quale sia, rispetto alla produzione italiana globale, la percentuale di energia elettrica prodotta da fonti rinnovabili in Italia nell'ultimo anno?

- < 5 %
- 5 – 15 %

- 15 – 30 %
 - 30 – 45 %
 - altro
11. *Fonti provenienti dal sole*: quali di queste fonti da cui produciamo energia NON arriva, anche indirettamente, dallo sfruttamento dell'energia del sole?
- Vento
 - Energia geotermica
 - Energia idroelettrica
 - Petrolio
 - Energia nucleare
 - Gas
 - Biomasse
 - Maree
 - Carbone
12. *Black out*: immaginando che domani ci svegliassimo senza corrente elettrica, elenca quali sarebbero le tue attività che, anche per un'interruzione di qualche mese, non subirebbero nessuna variazione
13. *Black out/2*: tra le attività che ti sarebbero impossibili in caso di mancanza di corrente, di quali sentiresti più la mancanza?
14. *Fabbisogno energetico/2*: il consumo di energia elettrica non è il solo fabbisogno di energia che abbiamo. Potresti elencare altri fabbisogni di energia?
15. *Frazioni di energia*: all'interno del consumo totale di energia, riusciresti a dare una stima di quale sia la percentuale di energia elettrica (prendendo in esame il nostro stile di vita)?
- < 10 %
 - 10 – 30 %
 - 30 – 50 %
 - 50 – 70 %
 - > 70 %

GRAZIE PER LA COLLABORAZIONE!

Questionario somministrato alla cittadinanza

L'energia nel nostro stile di vita

Gentile amico/a,

ti propongo il seguente questionario per un'indagine che svolgo per la mia tesi di dottorato presso l'Università di Trento. Il sondaggio è totalmente ANONIMO e ti chiederei di rispondere senza informarti in internet per trovare la risposta corretta.

Alcune domande prevedono di stimare dati difficilmente noti, ma ti chiederei di rispondere sulla base della percezione che hai scegliendo tra le proposte che troverai.

Una volta ultimata la raccolta delle risposte, pubblicherò sulla pagina facebook Questionario sulla percezione dell'uso dell'energia le risposte corrette alle domande.

Ti ringrazio fin da ora per il tempo che mi dedicherai e se per caso avessi già compilato questo questionario ti chiederei di non compilarlo più volte.

1. *Dati personali*

- Quanti anni hai?
- Sesso:
 - Maschio
 - Femmina
- Quale livello di istruzione hai?
 - Elementare
 - Scuola media
 - Scuola superiore
 - Laurea
- Se hai messo scuola superiore o laurea, potresti specificare quale indirizzo scolastico/corso di laurea hai frequentato?

2. *Energia*: indica, tra le seguenti opzioni, quali sono le forme di energia riconosciute dalla scienza (più di una risposta possibile)

- Energia elastica
- Energia potenziale gravitazionale
- Energia ionica
- Energia cinetica
- Energia spirituale
- Energia quantica
- Energia elettromagnetica

- Energia cosmica
 - Energia chimica
3. *Fonti energetiche:* indica, tra le seguenti opzioni, quali sono le fonti energetiche rinnovabili (più di una risposta possibile)
- Energia solare
 - Petrolio
 - Energia eolica
 - Energia idroelettrica
 - Idrogeno
 - Energia nucleare
 - Carbone
 - Maree
 - Gas
 - Energia geotermica
 - Biomasse
4. *Fonti provenienti dal sole:* quali di queste fonti energetiche NON deriva, anche INDIRETTAMENTE (pensando a come si crea tale fonte, per esempio), dallo sfruttamento dell'energia del sole? (più di una risposta possibile)
- Vento
 - Energia geotermica
 - Energia idroelettrica
 - Petrolio
 - Energia nucleare
 - Gas
 - Biomasse
 - Maree
 - Carbone
 - Onde
5. *Produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili:* potresti dare una stima di quale sia la percentuale di energia elettrica prodotta da fonti rinnovabili in Italia nell'ultimo anno, rispetto alla produzione nazionale di tale energia?
- < 5 %

- 5 – 10 %
- 10 – 20%
- 20 – 30 %
- 30 – 40 %
- > 40 %

6. *Efficienza centrale termoelettrica (carbone e gas)*: in Italia, per la produzione di energia elettrica, utilizziamo in gran parte centrali che sfruttano gas naturale e carbone. Queste centrali però non riescono a convertire tutta l'energia posseduta da queste fonti. Immaginando di immettere in una di queste centrali 100 Joule di energia, potresti stimare quanta di essa viene convertita in energia elettrica?

- < 10 Joule
- 10 – 30 Joule
- 30 – 50 Joule
- 50 – 70 Joule
- 70 – 90 Joule

7. *Accumulo di energia*: indica, tra le seguenti opzioni, quali centrali hanno la possibilità di accumulare energia nei periodi in cui la domanda di energia elettrica è bassa, per produrla a comando nel momento del bisogno (più di una risposta possibile)

- Centrale nucleare
- Centrale Idroelettrica
- Centrale eolica
- Pannelli fotovoltaici
- Centrale a carbone/petrolio
- Centrale a marea

8. *Import energia elettrica*: in Italia si parla spesso dell'energia elettrica che importiamo dall'estero. Potresti stimare, rispetto al fabbisogno italiano, quale percentuale di energia elettrica importiamo?

- < 10 %
- 10 – 20 %
- 20 – 35 %
- 35 – 50 %
- 50 – 65 %
- > 65 %

9. *Perdite di energia di rete:* durante il trasporto dell'energia elettrica lungo i tralicci sono presenti alcune perdite. Potresti stimare, rispetto al fabbisogno Italiano, quale sia la percentuale di energia elettrica che perdiamo nella rete durante il trasporto?

- < 0,1 %
- 0,1 – 0,5 %
- 0,5 – 1 %
- 1 – 5 %
- 5 – 10 %
- > 10 %

10. *Fabbisogno domestico:* prendiamo in considerazione un'abitazione media di 4 stanze, posta nel centro Italia, dotata di un riscaldamento a termosifone, cucina a gas, forno elettrico, forno a microonde, 2 televisori, 2 computer, aspirapolvere e altri ordinari elettrodomestici. Metti in ordine queste attività legate alla vita domestica in base al CONSUMO di ENERGIA (non solo elettrica), dal più alto al più basso (1 maggior consumo di energia, 5 minor consumo):

	1	2	3	4	5
Illuminazione					
Riscaldamento					
Cottura e conservazione cibi (Forni e frigorifero)					
Strumenti elettrici vari (Pc, Cellulari, aspirapolvere...)					
Pulizia vestiti (Lavatrice, asciugatrice, ferro da stiro...)					

11. *Fabbisogno domestico/2:* prendendo ancora in considerazione la situazione domestica precedente, disporre le stesse attività in funzione della POTENZA ASSORBITA, dal maggior (1) al minore assorbimento (5):
12. *Fabbisogno energia elettrica:* In rapporto al consumo annuale di energia di una generica persona italiana (energia elettrica, benzina, gas ..), potresti stimare quale sia la percentuale di energia ELETTRICA utilizzata?

- < 5 %
- 5 – 15 %
- 15 – 30 %

	1	2	3	4	5
Illuminazione					
Riscaldamento					
Cottura e conservazione cibi (Forni e frigorifero)					
Strumenti elettrici vari (Pc, Cellulari, aspirapolvere...)					
Pulizia vestiti (Lavatrice, asciugatrice, ferro da stiro...)					

- 30 - 45 %
- 45 - 60 %
- > 60 %

GRAZIE PER LA COLLABORAZIONE!

Allegato 3

Questionari progetto “Utenti consapevoli di energia elettrica”

Il questionario somministrato alla classe coinvolta nella sperimentazione prima dell'avvio del progetto è il seguente.

Progetto ‘Energia’

Gentile studente, ti propongo questo questionario ANONIMO che non vuole valutare la tua preparazione ma aiutare a proporti un progetto adatto alle tue conoscenze e ai tuoi interessi. Ti chiedo, per questo, di rispondere con sincerità e serietà alle domande.

Grazie.

1. Spiega, a parole tue, cos'è l'energia?
2. Quale, tra le seguenti, è l'unità di misura dell'energia? (più di una risposta possibile)
 - watt
 - joule
 - E
 - Wattora
 - Volt
 - Non so
3. Quale di queste affermazioni sull'energia è corretta (più di una risposta possibile)
 - L'energia ha varie forme, ma è possibile trasformare una forma di energia in un'altra;
 - L'energia può essere consumata e persa completamente.
 - L'energia può essere creata dal nulla attraverso centrali elettriche

- L'energia non si può distruggere ma solo convertire da una forma ad un'altra
4. È possibile trasformare una forma di energia interamente in un'altra forma di energia?
- sì, sempre in ogni trasformazione
 - sì, ma solo se si sta attenti ad eventuali perdite
 - no, l'energia non si può trasformare in altre forme
 - no, è impossibile trasformare tutta l'energia in un'altra forma, ci sono sempre perdite.
 - Non so
5. Hai mai sentito parlare di potenza e di energia elettrica?
- Sì, di entrambe
 - Sì, ma solo di energia elettrica
 - Sì, ma solo di potenza
 - No, di nessuna delle due
6. Spiega, a parole tue, quale sia la differenza tra potenza ed energia?
7. Sei interessata/o ad un'attività che ti aiuti a comprendere i meccanismi scientifici dell'utilizzo dell'energia elettrica?
- Molto
 - Abbastanza
 - Poco
 - Per niente
8. Sei interessata/o ad un'attività che ti aiuti a comprendere come funzionano gli elettrodomestici di casa e quanto consumano?
- Molto
 - Abbastanza
 - Poco
 - Per niente
9. Quale, tra questi aspetti, ti interessa maggiormente? (2 scelte possibili)
- Scoprire quanta energia elettrica serve in una casa
 - Capire come si legge una bolletta elettrica e il contatore di casa
 - Capire come funzionano gli elettrodomestici in una casa

- Scoprire come si può produrre energia elettrica in una centrale elettrica
- Scoprire le varie forme di energia e le possibili conversioni

10. Preferiresti che questa l'attività che verrà svolta (2 scelte possibili):

- usasse strumenti tecnologici come computer, smartphone e tablet
- proponesse esperimenti che ti coinvolgano in prima persona
- proponesse esperimenti curiosi alla cattedra da guardare
- proponesse la proiezione di video e filmati
- proponesse esercizi da fare a casa per capire meglio quanto fatto in classe

In seguito si presenta il questionario somministrato alla stessa classe una volta ultimato il percorso

1. Quale, tra le seguenti, è l'unità di misura dell'energia? (più di una risposta possibile)

- watt
- joule
- E
- Wattora
- Volt
- Non so

2. Spiega, a parole tue, quale sia la differenza tra potenza ed energia?

3. Spiega, a parole tue, cosa si intende per efficienza energetica e perché è importante?

4. Pensando alla tua casa, metti le seguenti attività domestiche in ordine in base al CONSUMO di ENERGIA (non solo elettrica). Indica con 1 l'attività a minor consumo fino al 5 l'attività a maggior consumo:

- Illuminazione;
- riscaldamento (fornelli elettrico, caldaia . . .);
- cottura e conservazione cibi (forno, microonde, frigorifero. . .);
- pulizia della casa (aspirapolvere, lavatrice ecc.);
- attività di svago e hobby (TV, radio, pc ecc.).

5. Unisci, con una freccia, l'elettrodomestico ai fenomeni fisici e alle tecnologie che servono per farlo funzionare (più di una freccia può partire da ciascuno dei quadrati):

Phon	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	corrente elettrica, filo conduttore (effetto Joule)
Forno	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	bobine e magneti (Induzione magnetica)
Frigorifero	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	compressione ed espansione di un gas
Lampadina-incandescenza	<input type="checkbox"/>		
Lavatrice	<input type="checkbox"/>		
Lavastoviglie	<input type="checkbox"/>		

6. Sei soddisfatto del percorso svolto?

- Molto

- Abbastanza
 - Poco
 - Per niente
7. C'è qualcosa che non hai capito bene o non è stato spiegato chiaramente?
 8. Cosa ti è piaciuto di più di questo percorso?
 9. Cosa ti è piaciuto di meno di questo percorso?
 10. Quale esperimento ti ha colpito e interessato di più e perché?
 11. Ritieni che ci sia qualcosa che non è stato affrontato e che avresti avuto piacere di conoscere?
 12. Consigliaresti a tuoi compagni di altre classi di affrontare questo stesso percorso?
 - Molto
 - Abbastanza
 - Poco
 - Per niente

GRAZIE PER L'AIUTO E L'ATTENZIONE!

Si riporta, infine, il questionario sottoposto alle due classi campione non coinvolte nella sperimentazione.

Ciao, ti propongo questo questionario ANONIMO che non vuole valutare la tua preparazione ma mi serve per analizzare le conoscenze che hai su questi temi. Ti chiedo, per questo, di rispondere con sincerità e serietà alle domande.

Grazie!

1. Spiega, a parole tue, cos'è l'energia?
2. Quale, tra le seguenti, è l'unità di misura dell'energia? (più di una risposta possibile)
 - watt
 - joule
 - E
 - Wattora
 - Volt
 - Non so
3. Quale di queste affermazioni sull'energia è corretta (più di una risposta possibile)
 - L'energia ha varie forme, ma è possibile trasformare una forma di energia in un'altra;
 - L'energia può essere consumata e persa completamente.
 - L'energia può essere creata dal nulla attraverso centrali elettriche
 - L'energia non si può distruggere ma solo convertire da una forma ad un'altra
4. È possibile trasformare una forma di energia interamente in un'altra forma di energia?
 - sì, sempre in ogni trasformazione
 - sì, ma solo se si sta attenti ad eventuali perdite
 - no, l'energia non si può trasformare in altre forme
 - no, è impossibile trasformare tutta l'energia in un'altra forma, ci sono sempre perdite.
 - Non so
5. Hai mai sentito parlare di potenza e di energia elettrica?
 - Sì, di entrambe

- Sì, ma solo di energia elettrica
 - Sì, ma solo di potenza
 - No, di nessuna delle due
6. In caso tu abbia risposto affermativamente alla domanda precedente, spiega, a parole tue, quale sia la differenza tra potenza ed energia.
7. Hai mai sentito parlare di efficienza energetica?
- Sì
 - No
8. In caso tu abbia risposto affermativamente alla domanda precedente, spiega, a parole tue, cosa si intende per efficienza energetica e perché è importante.
9. Pensando alla tua casa, metti le seguenti attività domestiche in ordine in base al CONSUMO di ENERGIA (non solo elettrica). Indica con 1 l'attività a minor consumo fino al 5 l'attività a maggior consumo:
- Illuminazione;
 - riscaldamento (fornelli elettrico, caldaia ...);
 - cottura e conservazione cibi (forno, microonde, frigorifero...);
 - pulizia della casa (aspirapolvere, lavatrice ecc.);
 - attività di svago e hobby (TV, radio, pc ecc.).
10. Unisci, con una freccia, l'elettrodomestico ai fenomeni fisici e alle tecnologie che servono per farlo funzionare (più di una freccia può partire da ciascuno dei quadrati):

Phon	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	corrente elettrica, filo conduttore (effetto Joule)
Forno	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	bobine e magneti (Induzione magnetica)
Frigorifero	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	compressione ed espansione di un gas
Lampadina-incandescenza	<input type="checkbox"/>		
Lavatrice	<input type="checkbox"/>		
Lavastoviglie	<input type="checkbox"/>		

GRAZIE PER L'AIUTO!

Allegato 4

Regolamento 'POWER PLANT'

LO SPIRITO DEL GIOCO

Lo scopo del gioco è di trarre profitto dalla vendita dell'energia elettrica prodotta dalle centrali elettriche costruite lungo il percorso della plancia di gioco, sino a diventare il giocatore più ricco e il dominatore della produzione di energia.

GIOCATORI

Da due a sei giocatori.

DOTAZIONE

una plancia di gioco
un mazzo di cartoncini EVENTO
un mazzo di cartoncini CURIOSITA'
10 brevetti
3 dadi
6 coppie di pedine giocatore e 1 pedina METEO
18 centrali modello base, per ogni colore
14 centrali modello avanzato, per ogni colore
banconote di vario taglio
un regolamento

La PLANCIA di gioco è suddivisa in 3 aree:

1. Ufficio brevetti: suddiviso in 10 caselle, una per ogni tipologia di centrale edificabile
2. Percorso principale: suddiviso in 36 caselle che rappresentano i centri di ricerca, i centri per le previsioni meteorologiche, le caselle per la costruzione di centrali ed altro

Numero giocatori	Banconote 50.000	Banconote 10.000	Banconote 1.000	Banconote 500
2	7	10	10	10
3	7	10	10	10
4	6	10	10	10
5	6	10	10	10
6	5	10	10	10

Tabella 7.1: *Numero di banconote da distribuzione in funzione dei giocatori*

3. Centro Meteorologico: suddiviso in 6 caselle con cui indicare le condizioni meteo presenti;

PREPARAZIONE

Posizionate sulla plancia di gioco il mazzo delle carte EVENTO, i brevetti delle centrali e le carte CURIOSITA'. La pedina METEO deve essere posizionata, nell'area Centro Meteorologico, inattiva fino alla prima previsione meteo (vedi Previsioni metereologiche a pag. 4).

Ogni giocatore ha a disposizione due pedine giocatore e le corrispondenti pedine per la costruzione delle centrali. Una pedina si muoverà sul Percorso principale, partendo dalla casella Inizio mentre la seconda pedina si muoverà nell'Ufficio brevetti partendo dalla casella con la freccia rossa.

Un giocatore a scelta assumerà anche la gestione dell'Ufficio brevetti, ruolo che non comporta nessun vantaggio per lo svolgimento del gioco e che può essere ricoperto anche da qualcuno che non partecipa al gioco. L'addetto all'Ufficio brevetti dovrà gestire lo scambio di banconote e la vendita dei brevetti delle centrali per facilitare le operazioni tra i giocatori. In base al numero dei partecipanti si distribuisce ad ogni giocatore un capitale iniziale secondo la seguente tabella

INIZIO DEL GIOCO

Con un lancio di dado si decide chi inizierà il gioco, procedendo in seguito in senso antiorario.

Ad ogni turno si lanciano tre dadi: due dadi di colore rosso per i passi della pedina lungo il percorso principale e un dado blu per i passi della seconda pedina nell'ufficio brevetti. Due o più pedine possono trovarsi contemporaneamente sulla stessa casella, senza che questo comporti alcun mutamento del normale svolgimento del gioco.

Ufficio brevetti

Quando la pedina che si muove nell'area Ufficio Brevetti si ferma su una tecnologia è possibile effettuare una delle seguenti azioni: - acquistare al più

due centrali, da posizionare immediatamente e a propria scelta nelle caselle adibite a quella tecnologia presenti sul percorso principale - a partire dal secondo passaggio, è possibile acquistare il brevetto corrispondente a quella tecnologia (vedi in seguito sezione Brevetto e diritti).

Acquisto e posizionamento centrali

I soldi per l'acquisto delle centrali, indicati sul tabellone e sul brevetto corrispondente, devono essere versati all'ufficio brevetti, a meno che qualcuno non si sia aggiudicato il brevetto per tale tecnologia (vedi il paragrafo successivo). Per quanto riguarda il posizionamento delle pedine centrali, esiste solo una regola: su ogni casella non possono essere costruite complessivamente più di 5 centrali. Ad esempio si può presentare la condizione in cui sono state costruite sulla stessa casella due centrali gialle, due blu e una rossa.

Esistono due tipi di centrali: il modello base e il modello avanzato che sono caratterizzate da differenti pedine e diversa rendita. Per ogni casella si inizia a costruire centrali modello base che possono essere "evolute" solo tramite i Centri di ricerca (vedi la sezione Centri di ricerca a pag. 4). Una volta che le centrali di una data casella sono state commutate in centrali modello avanzato, allora ogni ulteriore centrale che viene posizionata (dallo stesso giocatore) sarà automaticamente di tipo avanzato.

Se un giocatore termina le proprie pedine, non può costruire ulteriori centrali.

Brevetto e diritti

A partire dal secondo giro all'interno dell'Ufficio Brevetti, in alternativa all'acquisto di centrali, si ha la possibilità di acquistare il Brevetto della tecnologia corrispondente. Aggiudicarsi la proprietà di un brevetto dà diritto ad alcuni vantaggi:

- il proprietario del brevetto può costruire le corrispondenti centrali a metà prezzo
- ogni altro giocatore nell'acquistare tali centrali versa metà del costo al proprietario del brevetto (e l'altra metà, come di consueto, all'ufficio brevetti);
- se il proprietario termina il proprio movimento sul percorso principale sulla casella relativa alla tecnologia di cui si possiede il brevetto può costruire una centrale (su quella casella);

Movimento nel percorso principale La pedina che si muove lungo il percorso principale ha differenti possibilità a seconda della casella sulla quale si ferma:

- casella a disposizione per una centrale: pagare eventuali rendite al rispettivo proprietario

- casella finanziamento: ritirare dall'Ufficio brevetti un finanziamento
- casella meteo: effettuare una previsione (vedi sezione Previsioni meteorologiche a pag. 4)
- casella “?”: pescare un cartoncino CURIOSITA'
- casella Black out: subire un black out delle proprie centrali (vedi la sezione Black Out a pag. 4)

Fermata su casella centrale Se non è stata costruita ancora nessuna centrale, non accade nulla. Se, al contrario, altri giocatori hanno già costruito una o più centrali, allora il giocatore che ha ultimato il suo movimento su quella casella deve pagare le rispettive rendite segnate sulla plancia.

Esempio:

Il giocatore viola muove la propria pedina e finisce su una casella in cui il giocatore giallo ha costruito una centrale modello base, il giocatore blu due centrali modello avanzato e lui stesso un'altra centrale. Il giocatore viola deve, quindi, pagare la rendita corrispondente ad una centrale modello base al giocatore giallo e la rendita di due centrali al giocatore blu.

Rendita centrali rinnovabili e incentivi

Le centrali rinnovabili sono le seguenti:

- centrale solare
- centrale geotermica
- centrale fotovoltaica
- centrale eolica
- centrale idroelettrica

Ad eccezione della centrale idroelettrica, ogni volta che un giocatore deve versare una rendita legata a queste centrali sono presenti anche gli incentivi. Il proprietario delle centrali ha diritto, oltre alla rendita segnata sul tabellone – influenzabile dalle condizioni meteorologiche (vedi sezione Previsioni meteorologiche a pag. 4) – anche ad un contributo aggiuntivo dall'Ufficio Brevetti pari a metà della rendita ottenuta, arrotondata in difetto.

Esempio:

Il giocatore rosso termina il proprio turno su una casella dedicata alla centrale fotovoltaica dove il giocatore blu ha costruito due centrali. La rendita di due centrali sarebbe di 8.000 euro ma, le previsioni meteo, hanno determinato un sole cocente che raddoppia le rendite delle centrali solari e fotovoltaiche per cui il giocatore rosso dovrà pagare 16.000 euro al giocatore blu. In aggiunta a questa rendita, il giocatore blu ritirerà dall'Ufficio brevetti altri 8.000 euro grazie agli incentivi.

Centrali non rinnovabili e costo di gestione

Le centrali presenti sulla plancia che sono catalogate come non rinnovabili sono:

- centrali a gas
- centrali a petrolio
- centrali a carbone
- centrali nucleari

La costruzione di una o più di queste centrali comporta un grande guadagno grazie alla grande quantità di energia che producono. Esse, però, sfruttano risorse non rinnovabili e sono quindi inficcate da costi di gestione che simboleggiano l'acquisto delle risorse (gas/petrolio/carbone o combustibile nucleare) e una penale sull'emissione di CO₂ o produzione di scorie radioattive. I costi di gestione, indicati sotto la rendita delle centrali, devono essere pagati ad ogni passaggio dalla casella Inizio sul percorso principale e vanno pagati se si possiede almeno una centrale di una determinata tecnologia.

Esempio:

Il giocatore rosso ha costruito una centrale a gas e due centrali a petrolio. Ogni volta che passa dalla casella Inizio pagherà 4.000 euro per la centrale a gas e 5.000 euro per la centrale a petrolio, anche se ne possiede più di una.

Passaggio dalla casella Inizio Quando un giocatore passa dalla casella inizio ha due obblighi da rispettare:

- pagare i costi di gestione di eventuali sue centrali non rinnovabili
- pescare una carta EVENTO ed eseguire le istruzioni indicate; tali carte contengono azioni che possono influenzare anche altri giocatori.

Il passaggio dalla casella inizio permette, inoltre, il riavvio dell'attività delle centrali qualora fossero sotto l'azione di Black Out (vedi in seguito).

Black Out

Quando un giocatore termina sulla casella Black Out! ogni centrale che possiede smette di funzionare e, quindi, non dà rendita nel caso in cui altri giocatori terminino il proprio turno su una di queste centrali. Il Black out rimane attivo fino al passaggio dalla casella Inizio.

Curiosità

Quando un giocatore termina sulla casella “?” deve rispondere ad una domanda. Un altro giocatore, evitando di mostrare le risposte, pesca la prima carta dal mazzo CURIOSITA' e legge ad alta voce la domanda elencando le possibili risposte se presenti. Se il giocatore risponde correttamente vince 10.000 euro altrimenti paga 2.000 all'Ufficio Brevetti.

Centri di ricerca

Quando un giocatore termina il turno su uno dei 2 centri di ricerca può, a sua scelta, pagare 4.000 euro per evolvere le proprie centrali presenti su una casella Ad esempio tutte le centrali che sono posizionate sulla prima casella corrispondente alla centrale idroelettrica, anche se la seconda casella ne aveva altre a disposizione.

Le pedine centrali base, una volta compiuta l'evoluzione, tornano a disposizione del giocatore e tutte le centrali che verranno aggiunte dal giocatore su quella casella saranno di tipo avanzato. Una volta che si evolve una centrale non è possibile

declassarla.

Previsioni meteorologiche

Quando un giocatore termina la sua mossa su una casella "Previsioni meteo" deve scegliere, a proprio piacere, una condizione meteo tra le quattro possibili. Questa scelta va marcata con l'apposita pedina METEO nell'area centro meteorologico. Le possibili condizioni meteorologiche hanno effetto su alcuni tipi di centrali elettriche e ne possono determinare il raddoppio, il dimezzamento o addirittura l'azzeramento della rendita, come indicato sul tabellone stesso. Le condizioni meteorologiche scelte rimangono in atto fino a che un giocatore non termina nuovamente sulla casella "Previsioni meteo" e decide nuove condizioni.

Vendita o pubblicazione di un brevetto

Il proprietario di un brevetto può, in ogni momento, decidere di vendere il proprio brevetto. La procedura è la seguente: - deve, in primo luogo, mettere il brevetto all'asta tra gli altri giocatori partendo da una base indicata sul brevetto stesso. Il vincitore dell'asta diventa il proprietario del brevetto e ne acquista tutti i benefici - se nessun giocatore è interessato, è possibile pubblicare il brevetto vendendolo all'Ufficio brevetti al prezzo corrispondente alla base d'asta. In questo caso nessun giocatore potrà riacquistare il brevetto e i corrispondenti diritti.

Vendita di centrali

Una centrale può essere venduta all'Ufficio brevetti in ogni momento ritirando i soldi spesi per la costruzione. La pedina corrispondente torna immediatamente in possesso del giocatore.

Fallimento

Quando un giocatore deve pagare all'Ufficio brevetti o ad un altro giocatore una somma superiore a tutto ciò che possiede fallisce. In tal caso tutto ciò che egli possiede passa all'ufficio brevetti che paga integralmente i creditori. Eventuali brevetti vengono considerati pubblicati. Il giocatore fallito deve ritirarsi dal gioco.

Conclusione del gioco

Quando il penultimo giocatore fallisce, l'ultimo rimasto in gioco vince la partita. Una variante del gioco prevede di stabilire all'inizio la durata della partita - es. 45 minuti - e allo scadere del tempo i giocatori confronteranno le rispettive rendite attive tenendo conto di eventuali black out, dei costi di gestione, di incentivi e condizioni meteo favorevoli o sfavorevoli. Vince il giocatore che ha la rendita più alta.

Materiale di gioco

Contestualmente allo sviluppo di "Power plant" e del relativo regolamento sono state ideate e realizzate delle bozze dei materiali di gioco. I materiali esposti in seguito devono essere intesi come bozze autoprodotte per la fase di play-test e per una maggior efficacia nella presentazione a terzi. Non si tratta di materiale definitivo adatto ad una sua commercializzazione. Qualora si rendesse possibile commercializzare il prodotto si vuole procedere a ridefinire totalmente la grafica di

questi materiali di gioco per renderli di maggior attrattiva e in linea con i canoni di design degli attuali giochi da tavolo.

A.D. 2014 N° 00006			A.D. 2014 N° 00007																																						
Brevetto per centrale elettrica IDROELETTRICA a bacina			Brevetto per centrale elettrica TERMICA A GAS																																						
																																									
Costo brevetto 50'000			Costo brevetto 25'000																																						
Base d'asta per cessione 40'000			Base d'asta per cessione 20'000																																						
Diritti del possessore di questo brevetto: <ul style="list-style-type: none"> - Possibilità di costruire una centrale sul territorio corrispondente se si li ferma sopra con la pedina - Il valore di costruzione di ogni centrale è dimezzato rispetto a quanto segnato - Meta del valore di acquisto di ogni centrale acquistata da altri giocatori 			Diritti del possessore di questo brevetto: <ul style="list-style-type: none"> - Possibilità di costruire una centrale sul territorio corrispondente se si li ferma sopra con la pedina - Il valore di costruzione di ogni centrale è dimezzato rispetto a quanto segnato - Meta del valore di acquisto di ogni centrale acquistata da altri giocatori 																																						
Rendita centrali idroelettriche <table border="1"> <thead> <tr> <th>Numero centrali</th> <th>Base</th> <th>Evoluta</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1 - 330 MWatt</td> <td>€ 4'800</td> <td>6'000</td> </tr> <tr> <td>2 - 920 MWatt</td> <td>€ 14'000</td> <td>18'000</td> </tr> <tr> <td>3 - 2120 MWatt</td> <td>€ 32'000</td> <td>38'000</td> </tr> <tr> <td>4 - 3150 MWatt</td> <td>€ 48'000</td> <td>50'000</td> </tr> <tr> <td>5 - 3950 MWatt</td> <td>€ 60'000</td> <td>65'000</td> </tr> </tbody> </table>			Numero centrali	Base	Evoluta	1 - 330 MWatt	€ 4'800	6'000	2 - 920 MWatt	€ 14'000	18'000	3 - 2120 MWatt	€ 32'000	38'000	4 - 3150 MWatt	€ 48'000	50'000	5 - 3950 MWatt	€ 60'000	65'000	Rendita centrali termiche a gas <table border="1"> <thead> <tr> <th>Numero centrali</th> <th>Base</th> <th>Evoluta</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1 - 150 MWatt</td> <td>€ 8'200</td> <td>10'000</td> </tr> <tr> <td>2 - 400 MWatt</td> <td>€ 22'000</td> <td>25'000</td> </tr> <tr> <td>3 - 800 MWatt</td> <td>€ 53'000</td> <td>60'000</td> </tr> <tr> <td>4 - 1150 MWatt</td> <td>€ 65'000</td> <td>70'000</td> </tr> <tr> <td>5 - 1440 MWatt</td> <td>€ 80'000</td> <td>90'000</td> </tr> </tbody> </table>			Numero centrali	Base	Evoluta	1 - 150 MWatt	€ 8'200	10'000	2 - 400 MWatt	€ 22'000	25'000	3 - 800 MWatt	€ 53'000	60'000	4 - 1150 MWatt	€ 65'000	70'000	5 - 1440 MWatt	€ 80'000	90'000
Numero centrali	Base	Evoluta																																							
1 - 330 MWatt	€ 4'800	6'000																																							
2 - 920 MWatt	€ 14'000	18'000																																							
3 - 2120 MWatt	€ 32'000	38'000																																							
4 - 3150 MWatt	€ 48'000	50'000																																							
5 - 3950 MWatt	€ 60'000	65'000																																							
Numero centrali	Base	Evoluta																																							
1 - 150 MWatt	€ 8'200	10'000																																							
2 - 400 MWatt	€ 22'000	25'000																																							
3 - 800 MWatt	€ 53'000	60'000																																							
4 - 1150 MWatt	€ 65'000	70'000																																							
5 - 1440 MWatt	€ 80'000	90'000																																							

Figura 7.4: *Fac-simile delle schede brevetto che sono a disposizione dei giocatori.*

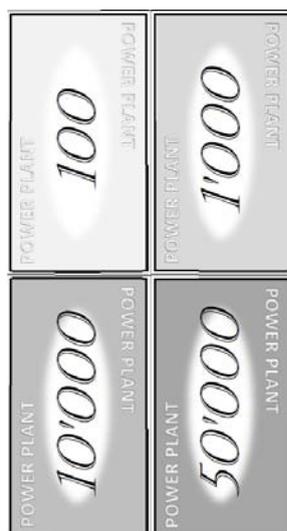


Figura 7.5: *Monete che sono state sviluppate per le fasi di play test del gioco.*

Il tabellone di gioco, mostrato in figura 7.6, è ad ora in una veste grafica essenziale in quanto il prodotto è in fase di test e di valutazioni di ricerca. In un suo futuro sviluppo si intende rompere gli schemi geometrici e creare un percorso di fantasia in cui sia presenti immagini delle fonti energetiche e delle centrali in uso.

Allegato 5

Regolamento 'ELEMENTARY'

Elementary vi trasporterà nel mondo sub atomico che ci circonda, per creare la materia che compone l'universo. Pesca una particella elementare, come il quark UP o DOWN, e combinala con altre per creare le particelle composte e formare atomi. Usa le interazioni del mondo della fisica per ostacolare gli avversari e sii il primo a formare l'atomo di elio e vincere la partita!

SCOPO

Lo scopo di Elementary è utilizzare le particelle elementari per impossessarsi del maggior numero di particelle e creare atomi.

CONTENUTO

23 carte "Particella composta" di colore azzurro

60 carte "Particella elementare" di colore arancione, suddivise in particelle (retro a sfondo scuro) e anti-particelle (retro a sfondo chiaro).

22 carte "Interazione" di colore verde

5 carte "Legenda"

GIOCATORI

Da 2 a 5 giocatori (con meno di 5 giocatori è consigliabile ridurre le carte "Particella composta" in gioco)

PREPARAZIONE

Mescolare il mazzo di carte Particella composta e disporre 5 carte scoperte sul tavolo di gioco. Unire le carte Particella elementare e Interazione nel mazzo "carte di gioco", mescolare e distribuire 6 carte ad ogni giocatore.

SVOLGIMENTO

Inizio partita Parte il giocatore più giovane e si procede in senso antiorario. Ad inizio turno si pescano due carte dal mazzo "carte di gioco" e si prosegue con lo svolgimento di due azioni tra le seguenti:

- Acquisire una Particella composta dal tavolo
- Costruire un atomo
- Utilizzare una carta Interazione

- Annichilire carte Particella elementare

Prima di passare la mano ogni giocatore non deve possedere in mano più di 6 carte, le carte in eccesso devono essere scartate.

Acquisire una carta particella Durante il proprio turno, qualora si possiedano le carte Particella elementare adatte indicate sulla carta, è possibile acquisire una particella prendendo dal tavolo la carta Particella composta corrispondente e posizionandola scoperta davanti a se, visibile agli avversari. Le carte Particella elementare utilizzate vanno scartate. Ogni volta che si acquista una particella si scopre una nuova carta Particella composta.

Esistono carte Particella composta che permettono di acquisire una particella oppure la rispettiva antiparticella. Quando si acquista questa carta si consiglia di usare la carta legenda per coprire parzialmente la carta mostrando la particella scelta.

IMPORTANTE: Ogni particella che è stata acquisita non potrà più essere rimessa in gioco sul tavolo, in nessun caso. Qualsiasi carta Particella composta scartata esce dal gioco.

Costruire un atomo È possibile costruire un atomo combinando delle particelle acquisite con una Particella elementare di tipo elettrone o muone posizionando scoperta la carta Particella elementare sulla carta particella. Una volta creato un atomo è possibile aggiungere ad esso, sempre al costo di un azione, ulteriori carte Protone o Neutrone o Particella elementare.

Per la costruzione e la crescita di un atomo è necessario rispettare le seguenti indicazioni:

- Si creano atomi combinando particelle con elettroni/muoni e anti-atomi utilizzando anti-particelle e anti-elettroni/anti-muoni
- In ogni momento devono essere presenti lo stesso numero di protoni e elettroni/muoni
- Non possono essere presenti più neutroni di protoni
- Nell'accrescere un atomo si deve rispettare la Particella elementare con cui si è iniziato: ad un atomo creato usando un muone non si può aggiungere un elettrone e viceversa.

Esiste la possibilità di creare atomi esotici utilizzando solo carte Particella composta: ai protoni e neutroni si uniscono pioni al posto di elettroni/muoni. In questo caso esiste un'ulteriore regola da rispettare:

- I protoni devono essere combinati a pioni di carica negativa e gli anti-protoni a pioni di carica positiva.

Annichilimento di carte particella elementare Durante il proprio turno è possibile annichilire due carte Particella elementare possedute in mano se sono una particella e la rispettiva anti-particella. Questa mossa prevede di scartare la coppia di carte selezionate per pescare due nuove carte dal mazzo "carte

di gioco” oppure per recuperare dal mazzo degli scarti una differente coppia di carte Particella elementare, purchè siano nuovamente una particella e la rispettiva anti-particella.

In ogni momento è possibile visionare il mazzo degli scarti. Le carte scartate verranno, quindi, rimescolate e rimesse in gioco in un nuovo mazzo solo quando viene ultimato il precedente mazzo di gioco.

Le carte “interazione” Le carte interazione possono essere utilizzate durante una propria azione e consistono in:

- *Fotone*: permette di pescare dagli scarti una coppia elettrone – anti-elettrone. Se non sono presenti entrambe le carte è possibile pescare l’unica carta a disposizione.
- *Z*: permette di far scartare, a propria scelta, una carta dalla mano di un qualsiasi giocatore senza che quest’ultimo debba mostrare la propria mano.
- *W-*: permette di far scartare, a propria scelta, una carta Down oppure anti-Down ad un qualsiasi giocatore e recuperare una carta Up - rispettivamente anti-Up. Se non fosse presente la carta negli scarti W- può essere usato per far scartare una carta down - anti-down – all’avversario. Se l’avversario non possiede tale carta non si ha diritto alla pesca negli scarti.
- *W+*: permette di far scartare, a propria scelta, una carta Up oppure anti-Up ad un qualsiasi giocatore e recuperare una carta Down - rispettivamente Anti-Down. Se non fosse presente la carta negli scarti W+ può essere usato per far scartare una carta Up - anti-Up – all’avversario. Se l’avversario non possiede tale carta non si ha diritto alla pesca negli scarti.
- *Raggio gamma*: scartando tutte le carte della propria mano è possibile far scartare ad ogni altro giocatore una particella acquisita – a meno che non costituisca un atomo.
- *Raggio Cosmico*: scartando un protone acquisito, che non costituisce atomo, si può obbligare un giocatore a propria scelta a scartare un atomo costruito.
- *Forza E.M.*: posizionando questa carta scoperta sopra ad una propria particella carica, che non costituisce atomo, si impedisce ai giocatori al proprio fianco di acquisire nuove particelle della stessa carica finché Forza E.M. è presente. Qualsiasi azione che elimina la particella a cui Forza E.M. è collegata fa scartare anche questa carta.
- *Forza Forte*: posizionando questa carta scoperta sul tavolo si annullano gli effetti subiti da Forza E.M.
- *Acceleratore*: scartando una carta Particella elementare si obbliga un altro giocatore a scartare una particella acquisita.

Conteggio dei punti Terminata la partita, ogni giocatore procede con il conteggio dei propri punti:

- 1 punto per ogni particella (o anti-particella) acquisita, anche se fa parte di un atomo
- 2 punti per ogni atomo (o anti-atomo) costruito
- 3 punti per ogni atomo esotico (o anti-atomo esotico) costruito

Fine e vittoria della partita La partita ha termine in due condizioni.

1. Quando non ci sono più carte Particella composta in gioco sul tavolo: il vincitore è il giocatore che ha totalizzato il punteggio più alto.
2. Quando un giocatore riesce a creare un atomo di elio4 - ossia composto da 2 protoni, 2 neutroni e 2 elettroni - o rispettivo anti-atomo, conclude la partita e ne è automaticamente il vincitore, indipendentemente dal conteggio punti.

Esempio di gioco *Sul tavolo sono presenti due neutroni, un antiprotone, un pione + e un protone. Il giocatore 1 ha in mano 2 Up, 1 Down, 1 antielettrone 1 Raggio cosmico. Inizia il turno pescando 1 elettrone e 1 Down. Avendo in mano 2 Up e 1 Down li usa per raccogliere la carta protone e la posiziona davanti a sé. Nella seconda azione scarta la coppia elettrone e antielettrone per pescare due nuove carte coperte. Gira una nuova carta "Particella", scoprendo un pione-, e passa il turno.*

Il giocatore 2 possiede un pione- a cui è collegata la carta "Forza E.M" e un atomo composto da 1 protone e 1 elettrone. In mano ha 2 down e 1 up e con la sua prima azione li usa per prendere la carta neutrone (girandone una nuova). Con la sua seconda azione unisce il neutrone al gruppo atomo per farlo progredire. Termina la sua mano e passa il turno.

Il giocatore 3 ha costruito in precedenza un atomo con 1 anti-protone e 1 anti-elettrone e possiede anche un anti-protone. In mano ha 1 Up e pesca un anti-elettrone e "raggio gamma". Nella prima azione usa l'anti-elettrone per unire l'anti-protone all'anti-atomo posseduto che ora si compone di 2 anti-protoni e 2 anti-elettroni. Nella seconda azione usa la carta raggio gamma: scartando l'intera sua mano fa scartare al giocatore 1 il protone e al giocatore 2 la particella pione- perdendo la carta "Forza E.M."

SIMBOLOGIA e GLOSSARIO Le particelle presenti in ELEMENTARY sono suddivise in categorie, identificate dal simbolo presente sulla carta in alto a sinistra:

- *l leptoni*: sono Particelle elementari e sono l'elettrone, il muone e le rispettive antiparticelle
- *Q quark*: sono Particelle elementari e sono i quark UP, DOWN e le rispettive antiparticelle
- *a adroni*: sono Particelle composte e sono il pione+, il pione- e il protone e neutrone con le rispettive antiparticelle.

Si presentano, in seguito, alcune immagini delle carte elaborate.

	Particella elementare	sono le carte identificate dal bordo arancione
	Particella composta	sono le carte identificate dal bordo azzurro
	Atomo	combinazione adeguata di una o più carte <i>Particella elementare</i> e <i>Particella composta</i> .
	Carta/pescare	prendere una o più carte dal mazzo
	Scartare	spostare una carta nel mazzo degli scarti. Il simbolo scarta può essere trovato in combinazione con altri simboli
	Recuperare	pescare una o più carte dal mazzo degli scarti
	Annichilire	scartare una coppia di carte <i>Particella elementare</i> e rispettiva <i>anti-particella elementare</i>
	Mano	sono le carte in mano ad un giocatore
	Un giocatore	un giocatore a propria scelta
	Tutti gli altri giocatori	tutti i giocatori eccetto il giocatore che usa la carta

Figura 7.7: *Tabella della simbologia adottata sulle carte da gioco.*



Figura 7.8: Le carte con il bordo in azzurro sono le particelle composte, protone, neutrone e pione. Con il bordo arancio troviamo le particelle elementari, distinguibili in materia e antimateria dallo sfondo rispettivamente bianco e grigio.



Figura 7.9: In alto è possibile vedere il retro delle carte particella elementari, la cui grafica distingue le particelle dalle rispettive antiparticelle. In basso a sinistra, inoltre, è presente la carta legenda a disposizione dei giocatori.



Figura 7.10: Le carte con il bordo verde sono le carte interazione.

Allegato 6

L'ENERGIA E LA SCIENZA

Un ciclo di articoli per comprenderla meglio

Quanti argomenti, in ambito scientifico e non, vengono trattati con superficialità?! Lasciati al caso oppure osservati con approssimazione, senza dare chiare indicazioni di come si debbano trattare correttamente. È sufficiente pensare alla correlazione tra vaccini e autismo, smentita più volte in ambito di ricerca ma che, attraverso canali alternativi a quello ufficiale scientifico, raggiunge spesso l'attenzione di migliaia di persone allarmando genitori e parenti. Ma non è indispensabile rimanere in ambito medico. Poco prima del disastro di Fukushima erano innumerevoli i dibattiti televisivi che riguardavano l'eterno dilemma "Nucleare in Italia sì o no?", riportato in auge dall'allora premier Silvio Berlusconi. In questi talk era classico l'impasse in cui le parti si contrapponevano, ognuno presentando dati che corroboravano il loro punto di vista, ma senza presentare un quadro oggettivo della situazione, semplice e chiaro. Lo spettatore, attonito, si ritrovava a doversi formare un'opinione sulla base della "fiducia" data alla parte politica e non sui dati presentati.

In ambito scientifico, d'altronde, è molto forte la convinzione che numerosi argomenti – specie in fisica – siano troppo complicati per essere spiegati al grande pubblico in modo chiaro e si lascia quindi la divulgazione della cultura scientifica al caso o a giornalisti scientifici improvvisati. Fortunatamente negli ultimi decenni si è assistito ad un'inversione di tendenza, con ricercatori e divulgatori scientifici impegnati in prima linea nella comunicazione scientifica al grande pubblico. Ad aggiungere difficoltà a questo complesso scenario in cui si deve "spiegare in modo chiaro e semplice" occorre la richiesta di effettuarlo anche in velocità, con poche parole. E questo è realmente difficile. Non solo per un'oggettiva difficoltà da parte del comunicatore, ma questa richiesta è controproducente anche per l'ascoltatore. Come si può spiegare bene – e quindi capire bene - in due parole quello che professionisti brillanti impiegano anni ad imparare?

Per questo voglio sottolineare fin da subito che il viaggio alla scoperta dell'energia, che cercheremo di percorrere con il rigore e la completezza richiesti – seppur anche con semplicità e chiarezza - non sarà un viaggio breve e privo di impegno. Così come io ho dedicato anni di studio per affrontare questo tema e per crearne un quadro di insieme nel quale collocare e dare senso a molti fenomeni, mio caro lettore, voglio chiederti un po' di pazienza e di fatica per avvicinarti a questo affascinante mondo nei suoi molteplici aspetti. Talvolta i progressi che effettueremo

sembreranno fin troppo piccoli ma, posso prometterti, questo ritmo si rende necessario per un buon approfondimento e sedimentazione dei concetti che incontreremo e che solo in apparenza sembrano semplici. La pazienza che dovremo impiegare verrà ripagata dalla possibilità di affrontare questo vastissimo tema da molti punti di vista, alcuni spesso trascurati, in un approccio fondamentale per la creazione di un quadro d'insieme chiaro e completo.

In questo tortuoso percorso apprenderemo le svariate sfaccettature che accompagnano il mondo dell'energia: Conosceremo la disciplina che ha il ruolo di definire le grandezze scientifiche ad ora conosciute, la fisica. Osserveremo le varie definizioni delle molteplici forme di energia riconosciute in ambito scientifico e che l'uomo ha imparato ad utilizzare. Vedremo alcune formulazioni matematiche, legate all'energia, che ci permettono di quantificare questa entità. Ci avvicineremo ai risultati tecnologici raggiunti in ambito energetico, cercando di comprenderne il funzionamento. Scopriremo alcuni dettagli spesso lasciati agli esperti ma che rendono l'energia uno dei concetti più affascinanti e, al tempo stesso, intellegibili del mondo scientifico. Utilizzeremo, infine, quanto incontrato per comprendere quanto accade nel nostro mondo quotidiano, dalla bolletta dell'energia elettrica fino al dimensionamento di una centrale.

L'ENERGIA IN JOULE

ma anche in calorie o chilowattora... l'importante è misurarla!

Molte sono le forme di energia che l'uomo, nel corso dei secoli, ha imparato a comprendere e sfruttare a proprio vantaggio: energia cinetica, potenziale gravitazionale, chimica e molte altre. Tuttavia oggi quando si parla di energia immediatamente la nostra mente vola all'energia elettrica, sicuramente la forma più riconosciuta e sulla quale facciamo il maggior - forse eccessivo - affidamento. Per poter fare chiarezza su cosa sia veramente l'energia, possiamo inizialmente concentrarci sul fatto che, nonostante le varie forme esistenti, una caratteristica le accomuna tutte: l'unità di misura. Come per misurare distanze usiamo il metro (e i suoi multipli, ad esempio il chilometro), per il tempo parliamo di secondi e per la massa abbiamo a che fare con il chilogrammo, per l'energia l'unità di misura è il joule. Questa unità di misura è stata dedicata allo scienziato francese da cui prende il nome, celebre per i suoi studi riguardanti la conversione dell'energia meccanica in calore. Il joule ha come simbolo *j*. A seconda del settore in cui stiamo lavorando, però, è possibile incontrare altre unità di misura dell'energia: in ambito alimentare è molto usata la calorie, quando trattiamo la materia a livello atomico si parla di elettronvolt e per l'energia elettrica di casa c'è il chilowattora, l'unità su cui si basa la bolletta. Tuttavia trattandosi dello stesso soggetto, l'energia, esistono dei fattori di cambio per convertire un'unità di misura in un'altra, analogamente al cambio di monete di nazionalità diversa. Una calorie, ad esempio, è stata misurata da Joule stesso come equivalente a 4.186 *j*.

È così importante definire un'unità di misura?

Sebbene a volte sembri solo una paranoia da scienziato, la possibilità - che diventa rapidamente necessità - di attribuire un'unità di misura ad una quantità

fisica è un aspetto chiave del mondo scientifico. Possiamo riassumere le principali ragioni in questi punti:

- *riconoscimento*: come le nostre generalità ci caratterizzano agli occhi delle altre persone, le unità di misura identificano le grandezze fisiche di cui parliamo. Ogni parametro che, al termine di un processo, si ritrova ad essere espresso in joule è un'energia;
- *confronto*: ogni grandezza ha un'unità di misura di riferimento e quindi è possibile effettuare confronti con valori della stessa grandezza ma provenienti da contesti differenti. I fattori di cambio, infatti, permettono di ricondursi tutti ad un'unica unità, quella di riferimento.
- *misura*: questo aspetto è molto spesso trascurato da chi non si occupa concretamente di scienze ma è centrale. Definire un'unità di misura implica definire uno standard su come dover misurare una data grandezza: in ambito scientifico ogni aspetto su cui si vuole discutere deve poter essere misurato e quantificato tramite procedure concordate comunitariamente. L'energia, per quanto immateriale, è misurabile e trova quindi spazio tra le grandezze fisiche riconosciute dal mondo scientifico.

Quest'ultimo è forse l'aspetto più tecnico ma, al tempo stesso, più centrale di questo nostro discorso. Ogni quantità fisica, che trova quindi posto in ambito scientifico, ha alle spalle una procedura standard condivisa per la propria misura. Ne consegue che qualsiasi disciplina che proponga delle teorie con procedure non ben definite e non misurabili non ha carattere scientifico.

Lungi da me l'idea di dire che tutte le quantità non misurabili non abbiano dignità, la parte più interessante della nostra vita è fatta di cose evanescenti e non misurabili: amore, amicizia, sorrisi etc.

Tuttavia, anche in ambito energetico, esistono discipline che propongono tecniche o terapie, che per definizione dovrebbero avere carattere misurabile, basate su filosofie e teorie sceve da ogni fondamento scientifico. L'impossibilità di effettuare misure e prove controllate è un ottimo indizio per capire che si sta trattando con una disciplina pseudo-scientifica e, quindi, da osservare con cautela e scetticismo.

L'ENERGIA: CONSERVAZIONE

Istruzioni per l'uso.

Nulla si crea nulla si distrugge, tutto si trasforma. Quante volte abbiamo sentito questa citazione di Lavoisier, scienziato francese del diciottesimo secolo! Sebbene questo principio sia stato introdotto parlando della massa di sostanze che reagiscono tra loro, esso può essere considerato valido anche per l'energia. In ogni fenomeno³, infatti, l'energia totale del sistema - se isolato - si conserva.

In fisica quando si tratta una qualsiasi legge di conservazione, come l'energia ad esempio, è fondamentale la definizione del sistema che si vuole analizzare. Definire un sistema significa definire i confini all'interno dei quali si vuole racchiudere

³Esiste una possibilità di violare la conservazione dell'energia, ma ne parleremo in seguito

e osservare quello che accade con lo scopo di analizzarne il comportamento. Immaginiamo, per un attimo, di voler fotografare un lago di montagna e, tramite quella foto, capire come si comporti l'acqua che lo compone. La prima scelta potrebbe essere quella di porci vicino alla riva e fotografare l'acqua: sicuramente vedremmo molti dettagli, come le increspature delle onde, ma si perderebbe il senso generale del paesaggio. Potremmo allora, da lontano, fotografare il lago in modo che la sua superficie riempi completamente la fotografia, in modo tale da vedere tutto lo specchio d'acqua e il suo emissario. La comprensione sarebbe migliore, tuttavia mancherebbero informazioni su come il lago si rifornisca di acqua. A bordo di un elicottero potremmo fotografare il lago, il suo emissario e anche i monti vicini che creano il bacino idrico. Alzandoci ulteriormente di quota, infine, la fotografia ritrarrebbe tutta la regione montuosa in cui il lago è inserito; saremmo sicuri di non aver escluso nulla ma, ahimè, talmente distanti da non poter distinguere il nostro soggetto. La scelta di un sistema fisico è simile all'inquadratura della foto: deve includere tutto quanto si vuole osservare ma non troppo per non creare confusione o perdere il soggetto. Quest'ultimo, nel nostro caso l'energia, è simboleggiato dall'acqua del lago: sbagliando inquadratura potremmo osservare solo dettagli secondari, ad esempio concentrandoci solo su "perdite" di energia, temendo violazioni del principio di conservazione senza tuttavia capire che, ampliando i nostri orizzonti, includeremmo altre conversioni che equilibrerebbero il nostro bilancio complessivo.

Diventa, quindi, fondamentale osservare con grande apertura mentale quanto accade attorno a noi. Sarà possibile vedere, ad esempio, che utilizzando un phon l'energia elettrica "acquistata" dalla rete viene convertita sia nel movimento dell'aria che nell'aumento della sua temperatura. Similmente un'automobile sfrutta la benzina per trasportare i passeggeri dove più gli aggrada ma anche per caricare la batteria, climatizzare l'ambiente, muovere il tergilcristalli, spostare l'aria che si trova davanti all'auto in corsa e fin anche riscaldare il terreno con i pneumatici. Considerando ogni forma di energia in gioco si potrà vedere che la quantità presente in un sistema, in ogni momento, è sempre costante. Si hanno solo cambiamenti di forma.

Ad oggi non si è ancora trovato un esperimento che violi questo principio naturale di conservazione. Tuttavia quante volte sentiamo parlare di "produzione", "spreco" o "consumo" di energia, come se la si potesse far sparire o creare? Ancora una volta l'italiano è uno strumento inadeguato: sarebbe più preciso parlare di "conversione" dell'energia⁴. In ogni azione, naturale o artificiale, l'energia è sempre presente e l'uomo nel corso del tempo ha sviluppato, sempre con maggior perizia, varie tecniche per una conversione da una forma ad un'altra.

⁴Molto meno elegante, lo ammetto, ma aiuterebbe a ridurre alcuni problemi di comprensione

Bibliografia

- [1] OBSERVA 2004 *La crisi delle vocazioni scientifiche e le sue motivazioni*
- [2] http://www.edscuola.it/archivio/norme/programmi/licei_2010.pdf
- [3] <http://hubmiur.pubblica.istruzione.it/PRTA-TitoliAccesso/-ricercatitoliperclasse.action>
- [4] RANIERI M. 2011 *Le insidie dell'ovvio - Tecnologie educative e critica della retorica tecnocentrica* (Edizioni ETS)
- [5] PETERS P. C. 1982 *Even honors students have conceptual difficulties with physics* (Am. J. Phys., 50, 501)
- [6] DEVES R., LOPEZ P. *Inquiry based science education and its impact on school improvement: The ECBI Program in Chile*
- [7] Roger T., David W. J. *An overview of cooperative learning*, pubblicato originariamente in THOUSAND J. , VILLA A., NEVIN A. 1994 *Creativity and Collaborative Learning* (Brookes Press, Baltimore)
- [8] Hamdan N., McKnight P., McKnight K., Arfstrom K. M. 2013 *A review of flipped learning* (Flipped Learning Network)
- [9] MAJOR C. H., PALMER B. 2001 *Assessing the Effectiveness of Problem-Based Learning in Higher Education: Lessons from the Literature* (Spring, Vol 5, 1)
- [10] CARRADA G., 2005 *Comunicare la scienza - Kit di sopravvivenza per ricercatori* (I quaderni del MS)
- [11] http://www.miur.it/0006Menu_C/0012Docume/0098Normat/2092Modifi_cf3.htm
- [12] http://w3.lnf.infn.it/index.php?option=com_content&view=article&id=224:asimmetrie&catid=79:pubblicazioni-divulgative-infn&Itemid=173&lang=it
- [13] <http://www.asimmetrie.it/>
- [14] <http://mug.sapoto.it/internet-in-60-secondi/>
- [15] ECSITE *The impact of Science & Discovery Center* (Report of the Science Center Enrichment Activity Grant Project)
- [16] <http://www.ideatorio.usi.ch/vacanze-scientifiche>
- [17] <http://campusvacanze.it/index.php/campus-scientifici>

- [18] <http://www.unijunior.it/bologna/campi-estivi/>
- [19] <https://www.ted.com/>
- [20] <http://famelab.org/>
- [21] https://it.wikipedia.org/wiki/Categoria:Programmi_televisivi_di_divulgazione_scientifica
- [22] <http://www.cinziabancone.it/2012/03/24/la-divulgazione-scientifica-fra-web-e-tv.html>
- [23] https://en.wikipedia.org/wiki/Horrible_Science
- [24] KAKALIOS J. 2005 *La fisica dei supereroi* (Einaudi)
- [25] BASSETT B., EDNEY R. 2008 *La relatività a fumetti* (Cortina Raffaello)ù
- [26] <http://www.luccacomicsandgames.com/it/2014/comics/programma/lucca-comics-e-science/>
- [27] <http://www.arditodesio.org/produzioni.html>
- [28] <http://www.jetpropulsiontheatre.com/>
- [29] <http://www.deproducers.it/>
- [30] <http://venetoblog.corrieredelveneto.corriere.it/2015/08/25/maniglia-della-prospettiva-totale-nuova-provocazione-dei-dusty-eye/>
- [31] <http://www.aquapol.it/>
- [32] http://www.westerntechnique.it/index.php?option=com_virtuemart&view=productdetails&virtuemart_product_id=1&virtuemart_category_id=2
- [33] <http://ingegneriaforum.it/index.php?topic=1549.0>
- [34] <http://tuseiluce.altervista.org/blog/la-shungite-una-pietra-di-vita/>
- [35] https://en.wikipedia.org/wiki/Andrew_Wakefield
- [36] <http://www.lastampa.it/2015/02/24/scienza/benessere/morbillo-in-aumento-la-paura-delle-vaccinazioni-alla-base-della-nuova-epidemia-FcBaGZh8vPi1HCVW8UT2DI/pagina.html>
- [37] <http://www.tempi.it/spagna-bambino-sei-anni-muore-difterite-genitori-ingannati-anti-vaccini#.VfbAtJdH4-I>
- [38] NHMRC National Health and Medical Research Council, March 2015 *Evidence on the effectiveness of homeopathy for treating health conditions*
- [39] https://it.wikipedia.org/wiki/Jacques_Benveniste
- [40] <http://firmiamo.it/omeopatia>
- [41] <http://www.cicap.org/new/images/a/s/274693.jpg>
- [42] https://it.wikipedia.org/wiki/Doppio_cieco
- [43] <http://www.ilpost.it/2011/09/24/il-comunicato-del-ministro-gelmini-sui-neutrini-e-il-cern/>
- [44] <http://www.scienceinmedicine.org.au/>

- [45] http://www.partecipasalute.it/cms_2/node/1956
- [46] <http://www.ilpost.it/2013/03/08/interrogazioni-parlamentari-scie-chimiche/>
- [47] <http://www.illibraio.it/umberto-eco-social-network-video-232777/>
- [48] MOCANU D., ROSSI L., ZHANG Q., KARSAI M. QUATTROCIOCCHI W. 2015 *Collective attention in the age of (mis)information* (Computers in Human Behavior, 51, 1198–1204)
- [49] <http://attivissimo.blogspot.it/2014/03/corriere-panorama-e-repubblica-colti.html>
- [50] http://www.corriere.it/scienze/08_giugno_13/auto_acqua_giapone_13212016-3932-11dd-acb4-00144f02aabc.shtml
- [51] <http://www.tempi.it/gli-animalisti-hanno-distrutto-anni-di-ricerca-per-curarre-luomo-e-multi-animali-liberati-moriranno#.VdXNspdH4-I>
- [52] D. Bressanini, B. Mautino, 2015, *Contro Natura* (Rizzoli, Milano)
- [53] ANVUR, 2013, *Rapporto sullo stato del sistema universitario e della ricerca*
- [54] attivissimo.blogspot.it
- [55] <http://medbunker.blogspot.it/>
- [56] www.butac.it
- [57] <http://medbunker.blogspot.it/p/la-cura-simoncini-non-cura-nessuno.html>
- [58] https://it.wikipedia.org/wiki/Max_Gerson
- [59] https://it.wikipedia.org/wiki/Consultazioni_referendarie_in_Italia
- [60] BONCINELLI E. 2015 *Noi siamo cultura. Perché sapere ci rende liberi* (Rizzoli)
- [61] https://www.telethon.it/dona?gclid=Cj0KEQjwg9-vBRCK7L7wmO2u0JcBEiQA_tzoaFALJb4seu9Cw29Yg4Lq-0VVAQ9UCVGESEz0dTKiRXgaAkMZ8P8HAQ
- [62] https://en.wikipedia.org/wiki/Wernher_von_Braun
- [63] https://en.wikipedia.org/wiki/Rogers_Commission_Report#Role_of_Richard_Feynman
- [64] http://www.anvur.org/index.php?option=com_content&view=article&id=778:esiti-della-consultazione-sulla-valutazione-della-terza-missione-it&catid=47&Itemid=362&lang=it
- [65] http://www.emagister.it/master/comunicazione_scientifica-eh.htm
- [66] http://crisiscientifica.anisn.it/pdf/studi_scientifici.pdf
- [67] <http://www.progettolaureescientifiche.eu/>
- [68] ANZELLOTTI G. , CATENA L. M., CATTI M., COSENTINO U., IMME' J., VITTORIO N. 2015 *L'insegnamento della matematica e delle scienze nella società della conoscenza* (Mondadori Università)

- [69] <http://www.observa.it/cresce-il-livello-di-alfabetismo-scientifico-degli-italiani/?lang=it>
- [70] <https://www.cicap.org/new/articolo.php?id=275445>
- [71] https://en.wikipedia.org/wiki/Sch%C3%B6n_sandal
- [72] OSSICINI S. 2012 *L'universo è fatto di storie non solo di atomi. Breve storia delle truffe scientifiche* (Neri pozza colibri)
- [73] Kim E., PAK S. 2001 *Students do not overcome conceptual difficulties after solving 1000 traditional problems* (Am. J. Phys, 70, 7)
- [74] <http://www.museoscienza.org/>
- [75] <http://www.deutsches-museum.de/>
- [76] <http://www.museogalileo.it/>
- [77] <http://www.muse.it/>
- [78] <http://www.musilbrescia.it/sedi/cedegolo/default.asp>
- [79] <http://www.festivalscienza.it/site/home/programma-2015.html>
- [80] http://www.autorita.energia.it/it/consumatori/bollettatrasp_ele.htm
- [81] <http://www.terna.it/LinkClick.aspx?fileticket=JThzisRlWb8%3d&tabid=418&mid=2501>
- [82] http://dgerm.sviluppoeconomico.gov.it/dgerm/ben/ben_2013.pdf
- [83] http://ita.arpalombardia.it/ita/console/files/download/47/_04_Consumi2.pdf
- [84] http://ec.europa.eu/europe2020/europe-2020-in-a-nutshell/targets/index_it.htm
- [85] http://www.repubblica.it/ambiente/2012/06/13/news/prospettive_energia_storage-37114274/
- [86] WATT M. D. 1983 *Some alternative views of energy* (Phys. Educ., 18, 213-217)
- [87] SOLOMON J. 1983 *Learning about energy: how pupils think in two domains* (Eur. J. Sci. Educ., 5, 49-59)
- [88] HARRER W. B., FLOOD J. V., WITTMANN C. M. 2013 *Students talk about energy in project-based inquiry science* (Aip. Conf. Proc., 1513, 162-165)
- [89] BANAS-SIERRA C., DIAZ-CORREA J. L. 2008 *The effect of secondary education teachers' involvement in an action-research program on their students' alternative ideas on energy* (J. Phys. Tchr. Educ. Online, 5, 20-24)
- [90] Feynmann R. 1971 *La legge fisica Universale* (bollati boringhieri pp 77-79)
- [91] PASSATORE G. 2013 *Fisica e senso comune: aspetti di un rapporto complesso* (Giornale di Fisica, VOL. LIV N.1, 3-40)
- [92] BESSON U., DE AMBROSIS A. 2011 *L'effetto serra e l'insegnamento di concetti e fenomeni fisici legati all'energia* (Giornale di fisica, VOL. LII, N. 3, 167-195)

- [93] TESTA I. 2012 *Il ruolo della fisica dell'alfabetizzazione scientifica e nei processi di decisione degli studenti riguardo questioni socio-scientifiche: analisi di una sperimentazione didattica* (Giornale di fisica, VOL. LIII. N.3, 199-234)
- [94] COKER B., CATHOGLU H., BIRGIN O.M 2010 *Conception of students about renewable energy sources: a need to teach based on contextual approaches* (Procedia Social and Behavioral Sciences, 2, 1488-1492)
- [95] <https://www.google.it/intl/it/forms/about/#start>
- [96] <http://www.fondazionemcr.it/sperimentarea>
- [97] <https://progettoidroelettrico.wordpress.com/>
- [98] PEPPER C. 2009 *Problem based learning in science* (Educ. Res., 19, 128-141)
- [99] HARRER B. W., FLOOD V. J., WITTMANN M. C. 2013 *Students Talk about Energy in Project-Based Inquiry Science* (Physics Education Research Conference, AIP Conf. Proc. 1513, 162-165)
- [100] WHITELEGG E., PARRY M. 1999 *Real-life contexts for learning physics: meanings, issues and practice* (Phys Edu, 32, 98-72)
- [101] COCKER B., CATLIOGLU H., BIRGIN O. 2010 *Conceptions of students about renewable energy sources: a need to teach based on contextual approaches* (Procedia Social and Behavioral Science 2, 1488-1492)
- [102] HOOVER-DEMPSEY K. V., BATTIATO A. C., WALKER J. M. T., REED R. P., DEJONG J. M., JONES K. P. 2001 *Parental involvement in homework* (Educ. Psychol., 36(3),195-209)
- [103] BESSON U. 2015 *Didattica della fisica* (Carrocci editore, Studi Superiori)
- [104] FUCHS H. U. 2007 *From image schemas to dynamical models in fluids, electricity, heat, and motion* (Zurigo)
- [105] CAMPBELL P. 1998 *Using stories to enrich the physics curriculum* (Phys. Edu., 33(6). 356-358)
- [106] CORNI F., GILIBERTI E., MARIANI C. *A story as innovative medium for science education in primary school*
- [107] HADZIGEORGIOU Y. 2006 *Humanizing the teaching of physics through storytelling: the case of current electricity* (Phys. Edu., 41(1), 42-46)
- [108] EGAN K. 1988 *Primary understanding* (New York, Routledge)
- [109] <http://www.iprase.tn.it/formazione/formazione-docenti-e-dirigenti/corsi/leggere-e-scrivere-matematica-fisica-e-scienze-indagando-nel-laboratorio-e-con-le-tecnologie-2/>
- [110] CAVALLINI G. 1995 *La formazione dei concetti scientifici* (Firenze, La Nuova Italia)
- [111] BOSCOLO P., ZUIN E. 2014 *Come scrivono gli adolescenti* (Bologna, il Mulino)
- [112] GENNA. M. E. 2011 *Calore e Temperatura. Rappresentazione dei contenuti fisici nella bibliografia in uso nella scuola primaria: conoscenza comune o scientifica?* (Quaderni di Ricerca in Didattica (Science), 2)

- [113] BESSON U., DE AMBROSIS A. 2011 *L'effetto serra e l'insegnamento di concetti e fenomeni fisici legati all'energia* (Giornale di Fisica, Vol LII, N.3)
- [114] McGonigal J. 2011 *Reality is Broken* (Penguin Books)
- [115] https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_largest_power_stations_in_the_world
- [116] https://it.wikipedia.org/wiki/Fattore_di_capacit%C3%A0
- [117] <http://www.eia.gov/forecasts/capitalcost/>
- [118] <http://www.merz-verlag-en.com/>
- [119] <http://play-modena.it/>
- [120] <https://www.futurashop.it/oscilloscopio-tascabile-4-canali-con-memoria-case-in-metallo-7300-dsoquadsilver>
- [121] <http://www.thermal.com/thermal-cameras/>
- [122] http://www.corriere.it/cronache/09_marzo_31/universita_addio_primo_anno_focus_decasare_5c4b0886-1dc7-11de-84d3-00144f02aabc.shtml
- [123] NESSE, 2011 *"The Challenge of shadow education"*
- [124] <http://www.luccacomicsandgames.com/it/lcg/news/gioco-inedito-20152016-aperte-le-iscrizioni/>
- [125] http://www.luccacomicsandgames.com/fileadmin/documents/games/concorsi-e-tornei/2015-2016_ITA_Bando_Gioco_Inedito.pdf
- [126] <http://www.premiogaetanomarzotto.it/premi/>
- [127] CORNI F., GILIBERTI E., MARIANI C. *Quantity/potential-related elementary concepts in primary school teacher education*
- [128] KOKKOTAS P., MALAMITSA K., RIZAKI A. 2008 *Storytelling as a strategy for understanding concepts of electricity and electromagnetism* (Proceedings of the Second International Conference on Story in Science Teaching)
- [129] CORNI F., GILIBERTI E., FUCHS H. U. *Student teachers writing science stories: a case study*
- [130] CORNI F. *Stories in physics education*
- [131] PALLOTTINO G. V., VICENTINI M. 2009 *Insegnare male la fisica: istruzioni per l'uso* (La fisica nella scuola, XLII, 3, 133-137)
- [132] ROBINSON K. 2015 *Fuori di testa - Perché la scuola uccide la creatività* (Erickson)
- [133] BRESSANINI D. 2008 *OGM tra leggende e realtà - Chi ha paura degli organismi geneticamente modificati?* (Chiavi di lettura, Zanichelli)
- [134] ROVELLI C. 2015 *Che cos'è la scienza - La rivoluzione di Anassimandro* (Oscar Mondadori)
- [135] MONTALI L. 2003 *Leggende tecnologiche - ...e il gatto bonsai mangiò la fragola pesce* (Avverbi edizioni)

- [136] MAVALDI M., VACCA R. 2012 *La pillola del giorno prima - vaccini, epidemie, catastrofi, paure e verità* (Transeuropa edizioni)
- [137] SMIL V. 1994 *Energy in world history* (Westview press)
- [138] SMIL V. 2008 *Energy in nature and society - General energetics of complex systems* (The MIT press)
- [139] Der Karlsruher Physikkurs 2006 *Energia Quantità di moto Entropia*
- [140] UNESCO 2000 *Report of the world conference on science: framework for action science sector* (Parigi: UNESCO)
- [141] OECD 2000 *Measuring student knowledge and skills: the pisa 2000 assessment of reading, mathematical, and scientific literacy* (Parigi: OECD)
- [142] <http://bressanini-lescienze.blogautore.espresso.repubblica.it/2015/01/25/ri-flessioni-di-uno-scientziato-divulgatore-parlare-ai-biodinamici/>
- [143] <http://bressanini-lescienze.blogautore.espresso.repubblica.it/2013/06/21/con-sigli-non-richiesti-a-giovani-scientziati-aspiranti-divulgatori/>
- [144] M. W. BAUER, *The Evolution of Public Understanding of Science - Discourse and Comparative Evidence*, paper submitted to the journal Science, Technology and Society, 2009
- [145] <http://www.aquapol.it/index.php/widgetkit/la-soluzione-di-aquapol-la-deumidificazione-definitiva>
- [146] http://www.ilgiardinodegliilluminati.it/significato_proprieta_poteri_delle_pietre_e_dei_cristalli/proprieta_significato_poteri_pietre_cristalli.html
- [147] <http://www.asdaa.it/it/ospedali/merano/888.asp>
- [148] <http://www.fondazionenegro.it/la-fondazione-negro/>
- [149] <http://video.corriere.it/deputato-5-stelle-microchip-corpo-umano/eb47055c-85d9-11e2-b184-b7baa60c47c5>
- [150] http://www.cfr.org/interactives/GH_Vaccine_Map/#map
- [151] http://milano.corriere.it/milano/notizie/cronaca/13_aprile_23/universita-statale-denuncia-irruzione-animalisti-farmacologia-212814492945.shtml?refresh_ce-cp
- [152] <http://www.unife.it/master/comunicazione>
- [153] <http://mcs.sissa.it/>
- [154] <http://www.accademiadematica.it/art/home/Home/Corsi%20Professionali%20/Corso%20di%20Giornalismo%20Scientifico#>
- [155] http://statistica.miur.it/ustat/Statistiche/IU_home.asp
- [156] S. Fusco, 2013, *La falsa scienza* (Carrocci editore, Roma)
- [157] <http://www.autorita.energia.it/it/index.htm>

*Il guaio di farsi una cultura é che il processo richiede molto tempo,
ti brucia la parte migliore della vita, e quando hai finito
l'unica cosa che sai é che ti sarebbe convenuto di piú fare il banchiere.*
Philip K. Dick