

ALMA MATER STUDIORUM · UNIVERSITY OF BOLOGNA

Department of Physics and Astronomy Master
Degree in Physics

**Cinematica e sostenibilità: design e analisi di una
proposta didattica per la scuola secondaria di primo
grado**

Supervisor:

Prof. Giulia Tasquier

Co-supervisor:

Prof. Barbara Coletta

Submitted by:

Gianluca Ranzi

Academic Year 2023/2024

Abstract

La crisi globale si sta manifestando in varie forme, inclusi problemi ambientali urgenti. Malgrado l'attenzione crescente da parte di diversi settori, l'educazione scolastica incontra tuttora difficoltà nel supportare gli studenti nell'analisi di queste complesse questioni socio-scientifiche.

Questa tesi si propone di costruire e indagare in che modo la sostenibilità ambientale possa essere integrata nell'insegnamento della fisica, sviluppando competenze di sostenibilità legate all'apprendimento della disciplina e, parallelamente, capire in che modo questo processo possa contribuire a rigenerare il sapere fisico.

Questo lavoro ha visto la progettazione, realizzazione e analisi di un percorso didattico proposto all'interno di una classe seconda di una scuola secondaria di primo grado.

Attraverso gli interventi degli studenti e dal materiale prodotto durante le attività si indaga l'impatto dell'integrazione dei temi di sostenibilità sullo sviluppo di competenze ad essi legati e sulla comprensione dei concetti cinematici, con un focus sui processi di costruzione e interpretazione dei grafici, individuando in che modo l'utilizzo di questi ultimi possa o meno facilitare la comprensione degli studenti in questo particolare contesto.

Dai risultati è emerso che gli studenti sono stati in grado di sviluppare alcune competenze di pensiero sistemico e pensiero critico, assieme a quelle di pensiero esplorativo, e di attribuzione di valore alla sostenibilità. Inoltre, al termine del percorso, gli studenti hanno dimostrato la capacità di mettere in pratica i concetti appresi, riuscendo ad effettuare analisi cinematiche, anche mediante l'uso di grafici, mostrando tuttavia alcune difficoltà nella formalizzazione dei concetti.

In conclusione, il percorso ha rappresentato un punto di partenza da cui poter avviare il processo di integrazione dei temi di sostenibilità ambientale in una disciplina come la fisica, con alcune interessanti criticità da approfondire in future ricerche.

Ringraziamenti

Prima di tutto ringrazio la Professoressa Tasquier, per la disponibilità e la pazienza con la quale mi ha guidato lungo questo percorso stimolante e ambizioso.

Allo stesso modo voglio ringraziare la Professoressa Barbara Coletta, docente che mi ha permesso di realizzare questo progetto all'interno di una sua classe, concedendomi ampie libertà e, allo stesso tempo, fornendomi tutto il supporto necessario. Se già da studente ho avuto modo di apprezzare la sua bravura come docente, in questo percorso ho avuto la fortuna di poterla affiancare dall'altro lato della cattedra. Un grazie va anche alla classe in cui ho svolto il tirocinio, per il modo in cui mi hanno accolto, e per i legami che abbiamo sviluppato, pur avendo avuto poco tempo in cui interagire. Non voglio dimenticare che i protagonisti di questo progetto sono loro.

Ringrazio la mia famiglia per avermi garantito un continuo supporto, e per non aver mai dubitato delle mie capacità, senza essere mai indifferenti ai miei successi e ai miei fallimenti.

Un ringraziamento va anche alla mia seconda famiglia, il gruppo scout Modena 7, a partire dagli educatori che nel mio percorso hanno contribuito alla formazione del mio carattere, fino alla comunità capi, nella quale ora sono inserito, alle Coccinelle di cui sono stato educatore per due anni, ai Rover e alle Scolte del Clan La Sorgente, dei quali sono capo attualmente. Con loro ho condiviso esperienze indimenticabili, durante le quali ho sviluppato molte qualità, che mi sono state d'aiuto anche durante questo percorso. Nessuno riesce a spronarmi a dare il meglio di me come loro.

Un grazie anche al mio professore di matematica e fisica nelle scuole superiori, Andrea Betti, che mi ha trasmesso la passione per questa fantastica disciplina.

Indice

Introduzione.....	5
Capitolo 1. Contesto dell'istruzione legata a temi di sostenibilità ambientale.....	8
1.1. Il ruolo delle istituzioni	8
1.1.1. Il contesto mondiale.....	9
1.1.2. Il contesto europeo.....	10
1.1.3. Il contesto italiano.....	14
1.2. Esempi di progetti europei.....	15
1.2.1. ECF4CLIM.....	15
1.2.2. CLIMADEMY.....	17
Capitolo 2. La cinematica nella ricerca in didattica della fisica.....	23
2.1. La ricerca sulle difficoltà degli studenti e sugli ostacoli epistemologici in cinematica.....	24
2.2. Implicazioni per l'insegnamento.....	30
2.3. Domande di ricerca.....	34
Capitolo 3. La cinematica nella ricerca in didattica della fisica	36
3.1. Il contesto scolastico e il periodo di osservazione.....	38
3.2. Prova preliminare.....	39
3.3. Il "Viaggio a Trento"	42
3.4. Lavori di gruppo.....	44
3.5. Questionario finale.....	46
Capitolo 4. Strumenti di analisi	48
4.1. Prova preliminare.....	50
4.2. Rappresentazioni realizzate per i lavori di gruppo.....	53
4.3. Analisi effettuate durante i lavori di gruppo.....	54
4.4. Risposte della verifica.....	55
4.5. Questionario di fine percorso.....	56
Capitolo 5. Analisi dei risultati.....	59
5.1. Prova preliminare.....	59
5.2. Rappresentazioni realizzate per i lavori di gruppo.....	67
5.3. Analisi effettuate durante i lavori di gruppo.....	72
5.4. Risposte della verifica.....	77
5.5. Questionario di fine percorso.....	86
Conclusioni.....	97
Bibliografia.....	100
Sitografia.....	104
Allegato.....	106

Introduzione

L'attuale crisi globale si sta manifestando in varie forme, inclusi problemi ambientali urgenti come il cambiamento climatico. Nonostante l'attenzione crescente da parte di diversi settori, l'insegnamento della scienza nelle scuole continua a incontrare difficoltà nel sostenere gli studenti nell'analisi di queste complesse questioni socio-scientifiche. Un esempio significativo di questo ritardo è il fatto che quasi la metà dei curricula nazionali a livello mondiale non faccia esplicito riferimento alla sostenibilità e, in particolare, alle tematiche legate al cambiamento climatico (UNESCO, 2021). Questa situazione è in contraddizione con le linee guida stabilite nell'ultimo decennio, in seguito all'adozione dell'Agenda 2030 nel 2015 e a importanti rapporti recenti (ad es., Bianchi *et al.*, 2022; OECD, 2018; White *et al.*, 2023), che evidenziano l'importanza di una scuola che promuova la consapevolezza degli studenti riguardo alle questioni attuali e future, al fine di prepararli a gestire la complessità del mondo reale. Per affrontare le sfide che la società contemporanea presenta, i sistemi educativi sono chiamati a incentivare lo sviluppo di competenze negli studenti di tutte le età, permettendo loro di costruire rappresentazioni coerenti della complessità del presente. Questo approccio è cruciale per promuovere un'alfabetizzazione scientifica adeguata e incoraggiare un senso di *agency* verso il futuro. Nel quadro europeo delle competenze per la sostenibilità, GreenComp, vengono identificate quattro aree fondamentali per affrontare le problematiche di sostenibilità: "incarnare i valori, abbracciare la complessità, immaginare futuri e agire". A queste si affiancano competenze specifiche, come il pensiero sistemico, il pensiero orientato al futuro e l'*agency* trasformativa (Bianchi *et al.*, 2022). Per promuovere l'insegnamento dei temi legati alla sostenibilità ambientale, non è sufficiente limitarsi ad inserire qualche lezione dedicata a questi argomenti, ma occorre modificare i programmi di ogni disciplina allo scopo di integrare la sostenibilità ambientale nel piano di studi proprio di ciascuna materia. Le indicazioni che vengono da questi report, infatti, devono essere accompagnate da un ripensamento globale soprattutto della didattica delle discipline STEM, già avviato a livello europeo da diversi anni (e.g. CE, 2018¹) e proseguito in Italia negli anni più recenti (e.g. D.l. 92/2019; MiM, 2023²). Questo ripensamento richiede un processo di rigenerazione del sapere insegnato a scuola capace di considerare il sapere scientifico in maniera integrata, sviluppando competenze che permettono di orientarsi nella complessità del mondo moderno e che forniscono un forte aggancio con i temi di sostenibilità ambientale, come le competenze di pensiero sistemico e di creatività.

In che modo l'educazione scientifica sta rispondendo a queste sfide? Questa tesi, analizzando recenti progetti di ricerca Europei guidati dal gruppo di ricerca di Didattica della Fisica di Bologna (SEAS³, CLIMADEMY⁴) e casi concreti che vengono dall'open schooling network guidato dalla Prof.ssa Levrini⁵,

¹ Consiglio dell'Unione Europea (2018). *RACCOMANDAZIONE DEL CONSIGLIO del 22 maggio 2018 relativa alle competenze chiave per l'apprendimento permanente*. Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea.

² Ministero dell'istruzione e del Merito (2023). *Linee guida per le discipline STEM*

³ SEAS (Science Education for Action and Engagement towards Sustainability) è un progetto europeo coordinato dall'Università di Bologna che si occupa sviluppare strumenti e metodi con l'obiettivo di agevolare la collaborazione tra le scuole e il territorio nell'affrontare le sfide della sostenibilità. Sito web: <https://www.seas.uio.no/>

⁴ CLIMADEMY (CLIMate change teachers acaDEMY) progetto europeo triennale finanziato dall'Erasmus + Teacher Academy nato nel giugno del 2022, ha come obiettivo la creazione di una rete europea capace di offrire un programma completo per guidare gli insegnanti nell'educazione sulle tematiche del cambiamento climatico. Il progetto è coordinato da Maria Kanakidou, e comprende partner in Finlandia, Germania, Grecia e Italia. Sito web: <https://CLIMADEMY.eu>

⁵ <https://www.fedora-project.eu/>

intende offrire una prospettiva su come integrare GreenComp nella ricerca sull'educazione scientifica, con l'obiettivo di preparare una nuova generazione di studenti a gestire un futuro incerto e complesso, attraverso l'insegnamento/apprendimento della fisica.

La domanda di ricerca affrontata in questo lavoro di tesi è duplice: <<Come si può integrare la sostenibilità, intesa sia come tema che come modo di ragionare, nell'insegnamento della fisica, in modo da sviluppare competenze di sostenibilità legate alla disciplina (i.e. GreenComp)? E come, a sua volta, può la sostenibilità contribuire a rigenerare il sapere fisico, mettendo in evidenza la sua autenticità e aiutando gli studenti a superare le difficoltà di apprendimento in un percorso didattico orientato alla sostenibilità?>>. Per rispondere a questa domanda in questo lavoro si presenta la progettazione e l'analisi di un percorso didattico di fisica, proposto ad una classe seconda di una scuola secondaria di primo grado, con l'obiettivo di ancorare i temi di sostenibilità ambientale alla cinematica, identificando al suo interno dei pilastri da cui poter rigenerare la conoscenza che questa disciplina propone, in modo da integrare in modo efficace le questioni cruciali di oggi. Nello specifico il percorso ha previsto l'integrazione di una prospettiva umanistica all'uso dei dati, ispirandosi al progetto *Dear Data* dell'artista Giorgia Lupi⁶. Questa domanda complessa e ambiziosa è stata declinata nel contesto locale, articolandosi nelle seguenti domande:

1. In che modo l'integrazione dei temi di sostenibilità nella didattica della fisica può migliorare la comprensione degli studenti riguardo alla cinematica?
2. Quali sono le principali difficoltà che gli studenti incontrano nella costruzione e interpretazione dei grafici cinematici, e come possono essere superate nel contesto di un percorso didattico orientato alla sostenibilità? In particolare, in che modo le rappresentazioni grafiche possono facilitare o ostacolare la comprensione degli studenti riguardo ai concetti cinematici in un contesto di insegnamento che include temi di sostenibilità?
3. In che misura un percorso didattico progettato attorno ai temi della mobilità sostenibile può contribuire a sviluppare competenze legate alla sostenibilità tra gli studenti della scuola secondaria di primo grado? E, nello specifico, quali tipi di competenze è stato possibile sviluppare attraverso questo percorso?

La tesi è suddivisa in cinque capitoli.

Il capitolo 1 presenta una panoramica a livello normativo e legislativo sull'educazione legata ai temi di sostenibilità ambientale, con un focus particolare sull'educazione, a partire dal livello mondiale, per poi restringere il campo a quello europeo e infine a quello italiano. Verranno descritti e talvolta commentati normative e documenti redatti dalle più importanti istituzioni, selezionati appositamente con l'obiettivo di presentare il quadro generale in maniera chiara e completa ed evitare elenchi di documenti, decreti e normative inutilmente lunghi. All'interno del capitolo, verranno presentati anche progetti che tentano di tramutare le indicazioni provenienti dalle istituzioni in azioni concrete da adoperare in ambienti educativi, tra cui il progetto CLIMADEMY, dal quale ho potuto ricavare approcci, metodologie e strumenti utili per la progettazione delle attività.

Il capitolo 2 si concentra sulle difficoltà degli studenti legati ai concetti della cinematica e alla costruzione ed interpretazione dei grafici. Il capitolo propone una review di quanto la letteratura afferma sul tema, individuando quali siano le principali difficoltà degli studenti legate alla cinematica e riflettendo sulle implicazioni che queste hanno in termini di insegnamento/apprendimento, ampiamente studiate sin dagli anni '80 nel settore di ricerca della didattica della fisica. La review della letteratura ha permesso di individuare la domanda di ricerca di questo lavoro.

⁶ Lupi, Giorgia et al. (2016). *Dear data : a friendship in 52 weeks of postcards*. Princeton Architectural Press, New York. Sito web del progetto: <https://giorgialupi.com/dear-data>

Nel capitolo 3 si descrive il percorso didattico progettato e realizzato all'interno della classe in cui ho svolto il tirocinio, delineando gli obiettivi generali, e descrivendo prima di tutto il contesto, a partire dall'istituto che mi ha accolto, restringendo il campo alla classe, spiegando in che modo è avvenuta la collaborazione con l'insegnante, il periodo di osservazione svolto nel primo mese, passando alla descrizione del progetto didattico, suddiviso nelle varie attività, specificando gli obiettivi di ciascuna.

Nel capitolo 4 si descrive la metodologia alla base del progetto e gli strumenti di raccolta dati, indicando come ciascuno strumento tenti di rispondere alle domande di ricerca specifiche elencate nel capitolo 2.

Nel capitolo 5 si presentano i risultati ottenuti, analizzando come ciascuno strumento descritto nel capitolo precedente abbia contribuito a rispondere alle domande di ricerca.

Nelle conclusioni si discutono i risultati ottenuti, ragionando sui punti forti e sugli aspetti da migliorare con l'idea di non limitare quanto fatto all'esperienza di tirocinio ma di rendere l'intero progetto una proposta didattica efficace da cui poter partire per sviluppare competenze di sostenibilità ambientale all'interno di una disciplina come la fisica per tutto il corso della carriera dello studente.

CAPITOLO 1. Contesto dell'istruzione legata a temi di sostenibilità ambientale

Questo lavoro di tesi ha l'obiettivo di progettare e analizzare un percorso didattico capace di inserire il tema della sostenibilità ambientale all'interno dei curriculum tradizionali, - nello specifico nel curriculum di scienze - non come argomento isolato ma legato ai temi di fisica affrontati in un particolare grado scolastico.

Il capitolo comincia con un'analisi delle indicazioni fornite dalle più importanti istituzioni a livello mondiale, europeo e italiano, descrivendo i principali documenti pubblicati sul tema dell'educazione alla sostenibilità ambientale, dai quali emergerà il messaggio che, nonostante la grande rilevanza del tema, allo stato attuale sono pochi i paesi che hanno fatto dell'apprendimento permanente un principio guida per la sostenibilità nell'istruzione e nella formazione (C.E. 2022). Nella seconda parte del capitolo verranno presentati alcuni progetti europei che hanno tentato di rispondere alle esigenze riportate dalle principali istituzioni, proponendo idee concrete per integrare i temi di sostenibilità ambientale all'interno dei curriculum scolastici, sottolineando la loro stretta dipendenza dalle normative istituzionali. Si descriverà in particolare il progetto CLIMADEMY⁷, in cui si colloca questa tesi di laurea, che ha dato vita a metodi e strumenti interessanti in grado di guidare un processo ambizioso come l'integrazione dei temi legati alla sostenibilità ambientale con gli argomenti propri delle discipline tradizionali.

1.1. Il ruolo delle istituzioni

L'importanza del ruolo che hanno le istituzioni nell'orientare i programmi e le prassi scolastiche è testimoniato dallo studio compiuto dal progetto FEDORA⁸ che, all'interno del WP1, si è posta l'obiettivo di allineare l'insegnamento/apprendimento delle scienze in contesti scolastici con le indicazioni fornite dal settore "Ricerca ed Innovazione" della Commissione Europea. Gli autori dello studio affermano che sono proprio i processi istituzionali a presentare un ostacolo per lo sviluppo di metodologie di insegnamento innovative come l'interdisciplinarietà, la competitività istituzionale e l'impatto sociale, affermando, ad esempio, che "L'interdisciplinarietà è un argomento molto rilevante, ma le istituzioni (ad esempio attraverso programmi scolastici formali o attraverso sistemi di ricompensa, promozione, valutazione, finanziamento) non forniscono una vera e propria guida su come gestire l'interdisciplinarietà" (Pučétaitè et al, 2022, p.6). In questa prima parte si presenta il pensiero delle più importanti istituzioni riguardo al tema dell'educazione alla sostenibilità ambientale e al suo inserimento all'interno dei curriculum scolastici, partendo dal contesto mondiale, per poi restringere il campo a quello europeo ed italiano. Si vedrà come le istituzioni di ogni livello siano concordi nell'affermare l'importanza di questo tema, fornendo linee guida chiare che tuttavia non permettono ancora di operare una trasformazione della dimensione organizzativa della scuola che includa modelli didattici che permettano di ancorare efficacemente l'educazione ambientale alla didattica tradizionale.

⁷ CLIMADEMY (CLIMAt change teachers acaDEMY) progetto europeo triennale finanziato dall'Erasmus + Teacher Academy nato nel giugno del 2022, ha come obiettivo la creazione di una rete europea capace di offrire un programma completo per guidare gli insegnanti nell'educazione sulle tematiche del cambiamento climatico. Il progetto è coordinato da Maria Kanakidou, e comprende partners in Finlandia, Germania, Grecia e Italia. Sito web: : <https://CLIMADEMY.eu>

⁸ FEDORA (Future-oriented Science Education to enhance Responsibility and Engagement in the society of acceleration and uncertainty) è un progetto triennale finanziato dall'UE. È iniziato a settembre 2020 ed ha svolto le sue attività fino ad agosto 2023. Coordinato dall'Università di Bologna, il progetto riunisce 6 istituzioni partner di 5 Paesi europei. Sito web: <https://www.fedora-project.eu>

1.1.1. Il contesto mondiale

L'UNFCCC⁹ (*United Nations Framework Convention on Climate Change*) è una convenzione sul tema dei cambiamenti climatici firmata da 165 paesi facenti parte dell'ONU durante l'UNCED¹⁰ del 1992. Questo evento è di estrema importanza, perché ha dato inizio ad una serie di incontri formali tra le parti firmatarie tenutisi ogni anno, noti come COP, dai quali sono emersi documenti di rilevanza internazionale sul tema dei cambiamenti climatici¹¹.

L'obiettivo principale della conferenza è la “stabilizzazione delle concentrazioni di gas serra nell'atmosfera a un livello tale da impedire pericolose interferenze antropiche con il sistema climatico” (UNFCCC, 1992, p.3). Di nostro interesse è l'articolo 6 del trattato, che parla dell'importanza di “attuare programmi educativi e di sensibilizzazione del pubblico sui cambiamenti climatici e i loro effetti” (UNFCCC, 1992, p.8), incentivando, oltre alla formazione di personale scientifico, tecnico e dirigenziale, anche la cooperazione e la promozione reciproca tra le parti, che si attua condividendo sia il materiale educativo e di sensibilizzazione del pubblico prodotti in ciascuno stato aderente, che programmi di istruzione e formazione sviluppati e attuati nel proprio paese.

Di forte impatto è stata sicuramente la stesura dell'Agenda 2030 per lo sviluppo sostenibile, approvata dall'Assemblea Generale dell'Onu il 25 settembre 2015, che presenta 17 obiettivi interconnessi definiti dalle Nazioni Unite da raggiungere entro il 2030. Di interesse per questa tesi sono il quarto, *Istruzione di qualità*, e il tredicesimo, *Lotta contro il cambiamento climatico*. Tra i sotto obiettivi del primo troviamo “garantire entro il 2030 che tutti i discenti acquisiscano la conoscenza e le competenze necessarie a promuovere lo sviluppo sostenibile, anche tramite un'educazione volta ad uno sviluppo e uno stile di vita sostenibile” (UNGA, 2015, p.17/35), mentre tra quelli del secondo compare “migliorare l'istruzione, la sensibilizzazione e la capacità umana e istituzionale per quanto riguarda la mitigazione del cambiamento climatico, l'adattamento, la riduzione dell'impatto e l'allerta tempestiva” (UNGA, 2015, p.23/35). È chiaro dunque che l'educazione alla sostenibilità, nella quale rientra anche quella ambientale, sia considerata come uno degli strumenti più efficaci per combattere il cambiamento climatico, e, allo stesso tempo, come elemento fondamentale per garantire un'istruzione di qualità a tutti gli studenti.

L'educazione ai cambiamenti climatici è menzionata anche negli importantissimi *Accordi di Parigi*, stipulati durante la COP21 tenutasi in Francia nel 2015. L'articolo 12 afferma che “Le Parti cooperano nell'assumere le misure necessarie, ove opportuno, a migliorare l'istruzione, la formazione, la sensibilizzazione e la partecipazione del pubblico nonché l'accesso del pubblico alle informazioni in materia di cambiamenti climatici, riconoscendo l'importanza di tali passi per rafforzare le attività intraprese in virtù del presente accordo” (GUUE, 2016, L.282/12).

Per chiudere questo breve excursus storico, è fondamentale citare la GEP¹², una piattaforma collaborativa introdotta durante lo UN's Transforming Education Summit del 2022 con lo scopo integrare programmi e pratiche di istruzione esistenti all'interno del sistema globale di istruzione.

⁹ Portale web dell'UNFCCC <https://unfccc.int/>

¹⁰ UNCED (United Nations Conference on Environment and Development) è una conferenza tenutasi a Rio de Janeiro nel giugno del 1992. Link dell'articolo dal portale web delle Nazioni Unite: <https://www.un.org/en/conferences/environment/rio1992>

¹¹ Informazioni tratte principalmente da:

<https://www.isprambiente.gov.it/it/attivita/cambiamenti-climatici/convenzione-quadro-sui-cambiamenti-climatici-e-protocollo-di-kyoto>

¹² La GEP (Greening Education Partnership) è un'iniziativa globale, promossa dall'UNESCO, nata nel 2022 con lo scopo di supportare i paesi nella lotta al cambiamento climatico sfruttando il ruolo dell'istruzione. Sito web: <https://www.unesco.org/en/sustainable-development/education/greening-future>

Questa piattaforma include 82 Stati membri e più di 1100 organizzazioni, ed è strutturata intorno a quattro elementi cardine:

- Greening Schools
- Greening Curriculum
- Greening teacher training and education systems' capacities
- Greening Communities

Durante la COP28 tenutasi a Dubai dal 30 Novembre al 12 Dicembre 2023, la GEP ha creato il primo Greening Education Hub¹³, e ha organizzato più di 200 incontri per promuovere azioni concrete attraverso l'educazione, riconoscendo ai più giovani il ruolo guida nell'affrontare le questioni ambientali e sottolineando inoltre l'importanza di collegare l'impatto della crisi climatica sulle migrazioni e sul diritto all'educazione.

1.1.2. Il contesto europeo

I trattati sopraccitati, insieme ad altre normative provenienti prevalentemente dalle COP tenutesi nel corso degli anni, hanno portato l'Unione Europea, a partire dal 2018, ad interessarsi maggiormente al tema dell'istruzione legata ai cambiamenti climatici.

Il documento portavoce dell'impegno dell'Europa nei confronti dell'ambiente è il Green Deal¹⁴ europeo, che, pur non parlando esplicitamente del tema dell'istruzione scolastica, rappresenta, insieme all'Agenda 2030 istituita dall'ONU, il riferimento principale per i documenti e le normative elencate in seguito.

La posizione dell'Unione Europea sul tema dell'istruzione legata ai temi di sostenibilità ambientale è ben riassunta nella risoluzione del Parlamento Europeo emanata nel marzo 2019, la quale, nella sezione dedicata agli aspetti sociali del cambiamento climatico, cita: “[Il Parlamento Europeo] ritiene che i giovani abbiano una coscienza sociale e ambientale sempre più acuta, che ha il potere di trasformare le nostre società in vista di una futura resilienza ai cambiamenti climatici, e che l'istruzione dei giovani rappresenti uno degli strumenti più efficaci per combattere i cambiamenti climatici; sottolinea la necessità di coinvolgere attivamente le generazioni più giovani nello sviluppo di relazioni internazionali, interculturali e intergenerazionali, che sono alla base del cambiamento culturale che sosterrà gli sforzi globali per un futuro più sostenibile”. (C.E., 2019, p.5)

Legato al tema dell'insegnamento, nel vertice europeo tenutosi a Goteborg nel 2018 è nata per la prima volta l'idea di creare uno “Spazio europeo dell'istruzione¹⁵”, con l'obiettivo, entro il 2025, di costruire sistemi di educazione ed inclusione più resilienti e inclusivi.

Nella comunicazione della Commissione Europea del 30 settembre 2020, dove viene illustrato il piano concreto del progetto di costruzione del piano di istruzione europeo, si sottolinea l'importanza di integrare i temi legati alla sostenibilità ambientale nelle scienze naturali ed umane, sostenendo quindi un cambiamento di competenze, metodi, processi e culture tradizionali legate a ciascuna disciplina.

In questi termini la Commissione europea ha istituito diverse iniziative:

- la coalizione “Istruzione per il clima”, creata al termine dello stesso anno per “mobilitare competenze, fornire risorse per la creazione di reti e sostenere approcci creativi con insegnanti, alunni e studenti” (C.E, 2020, p.19). L'obiettivo principale è quello di “sollecitare

¹³ Fonte: <https://www.unesco.it/it/news/leducazione-ai-cambiamenti-climatici-alla-cop28/>

¹⁴ Il Green Deal Europeo rappresenta un insieme di iniziative politiche strategiche proposte dalla Commissione europea con lo scopo di raggiungere la neutralità climatica in Europa entro il 2050. Fonte: <https://www.consilium.europa.eu/it/policies/green-deal/#:~:text=Il%20Green%20Deal%20europeo%20C3%A8%20un%20pacchetto%20di%20iniziative%20strategiche,un'economia%20moderna%20e%20competitiva.>

¹⁵ Fonte: <https://education.ec.europa.eu/it/about-eea/the-eea-explained>

l'intera comunità educativa [...] ad un rinnovato impegno contro il cambiamento climatico, con azioni che abbiano, dove possibile, obiettivi definiti" (Gabriel, 2020, p.15). La proposta è quella di cominciare con impegni individuali, o di singole istituzioni educative, per contribuire con azioni concrete, fino ad arrivare con il tempo ad avviare progetti di cooperazione tra scuole ed istituti educativi in tutta Europa. "La Coalizione è l'elemento centrale di una futura comunità dell'istruzione verde, un ampio movimento oltre i confini nazionali e settoriali, che si impegna in Europa a trasformare il Green Deal in realtà" (Gabriel, 2020, p.16). La coalizione ha 5 obiettivi principali:

- acquisizione di competenze nel campo della sostenibilità
 - formazione degli insegnanti
 - cambiamento di comportamenti e lavoro con valori e norme
 - rafforzamento dell'interazione istruzione-scienza
 - lotta contro la disinformazione ed accrescimento della sicurezza;
- l'European Education and Training Expert Panel, formato da un gruppo di esperti per l'istruzione e la formazione, con l'obiettivo di chiarire quali sono i fattori maggiormente rilevanti per favorire la cooperazione europea nell'istruzione. Dai loro incontri è nata l'idea che la consapevolezza riguardo ai temi ambientali non è sufficiente, ma occorre promuovere cambiamenti nei comportamenti individuali, attraverso una solida conoscenza di come la sostenibilità si traduce in azioni concrete;
 - l'iniziativa "Ricercatori nelle scuole", che chiede ai paesi membri dell'Unione Europea di creare occasioni di incontro tra ricercatori, insegnanti e studenti, con l'obiettivo di inquadrare meglio le sfide di oggi, in particolare quelle legate al cambiamento climatico, allo sviluppo sostenibile, alla promozione di ambienti e stili di vita più sani, e ampliare l'accesso alle discipline STEM e alle attività di ricerca per tutti. In Italia sono stati organizzati numerosi eventi, ripetuti più volte negli anni, come la notte dei ricercatori, sharper¹⁶, leaf, streets e supersciencieme.
 - La stesura di un quadro europeo delle competenze legate ai cambiamenti climatici e allo sviluppo sostenibile (GreenComp), pubblicato nel 2022.

Quest'ultimo documento in particolare introduce un framework di competenze che sarà ripreso e contestualizzato ad un ambiente educativo dal progetto CLIMADEMY, di si parlerà nel paragrafo 1.2. L'obiettivo dichiarato del documento, scritto dal JCR¹⁷, è di "formare persone abituate a pensare in modo sistemico e critico, interessate al presente e al futuro del nostro pianeta" (Bianchi *et al.*, 2022, p.7). La relazione individua dodici competenze in materia di sostenibilità, e le suddivide in quattro settori:

- incarnare i valori di sostenibilità: incentrata sul sistema di valori che una persona possiede, sulla visione del mondo in termini di sostenibilità, sulla promozione dell'equità, della giustizia, e sul legame profondo che c'è tra l'uomo e la natura. Le competenze specifiche di questo settore sono:
 - attribuire valore alla sostenibilità: l'obiettivo è di inquadrare i propri valori e quelli degli altri, scoprire come variano tra le persone e con il tempo, valutare criticamente se questi coincidono con i valori della sostenibilità;
 - difendere l'equità: è un impegno intrapreso per le generazioni attuali e future, cercando di imparare dalle generazioni precedenti;

¹⁶ <https://www.sharper-night.it/>

¹⁷ JCR (Joint Research Centre) è un servizio della Commissione Europea formato da scienziati con l'obiettivo di guidare studi e ricerche in accordo con la policy dell'Unione Europea capaci di avere un impatto positivo sulla società. Il servizio è guidato da Iliana Naidenova Ivanova.

- promuovere la natura: riconoscere che ogni essere umano fa parte della natura e dipende strettamente da lei. Chiede un impegno a rispettare le specie che abitano del mondo, al fine di ripristinare e rigenerare ecosistemi sani e resilienti;
- accettare la complessità della sostenibilità: riguarda lo sviluppo del pensiero sistemico e critico, utile per valutare le informazioni e mettere in discussione le pratiche non sostenibili, per osservare la complessità dei sistemi in gioco individuando interconnessioni, e per inquadrare i problemi odierni come questioni legate alla sostenibilità. Le competenze legate a questo settore sono:
 - pensiero sistemico: invita a considerare i problemi di sostenibilità sotto diversi aspetti, comprendere come i diversi elementi in gioco interagiscono tra loro;
 - pensiero critico: mettere in discussione le informazioni, le argomentazioni e le ipotesi con cui ci si interfaccia ogni giorno, e realizzare come il contesto personale, culturale e sociale di provenienza influenza il modo di pensare riguardo ai temi di sostenibilità;
 - definizione del problema: inquadrare le sfide di oggi come problemi legati alla sostenibilità, in modo da individuare strategie per prevenire possibili problemi futuri ed affrontare quelli di oggi;
- immaginare futuri sostenibili: individuare le azioni che permettano di realizzare futuri sperati. Questo richiede la capacità di comprendere ed analizzare il presente, per capire che è costituito da sistemi complessi che, interagendo tra di loro, influenzano le traiettorie attuali e future, e che in gioco non ci sono solo le azioni concrete, ma anche i valori, le visioni del mondo e le esperienze. Le competenze che riguardano questo settore sono:
 - senso del futuro: l'atto di immaginare futuri alternativi e sostenibili, individuando i passi concreti che aiutano a realizzarli;
 - adattabilità: capacità di adoperare azioni sostenibili nel clima di incertezza, rischio e ambiguità che viviamo oggi;
 - pensiero esplorativo: attivare un pensiero relazionale, capace di collegare ambiti relativi a diverse discipline tra loro, utilizzando la creatività e sperimentando idee e metodi nuovi;
- agire per la sostenibilità: l'ultimo settore invita ad adottare azioni concrete sia individualmente che collettivamente a sostegno della sostenibilità ambientale. Le competenze legate sono:
 - agency politica: orientarsi all'interno del sistema politico, individuare comportamenti non sostenibili da parte dei vertici in vari settori, esigere politiche efficaci per la sostenibilità;
 - azione collettiva: creare rete tra le persone per attuare azioni sostenibili concrete;
 - iniziativa individuale: capire cosa è possibile fare per l'ambiente a livello individuale, contribuire attivamente per migliorare le condizioni della comunità e del pianeta.

È evidente come i quattro settori, come le relative dodici competenze, siano strettamente correlati tra loro. Lo stesso testo invita a trattarle come parti di un insieme, e, per rendere chiaro il concetto, offre una rappresentazione visiva che mostra la connessione tra le competenze Green attraverso la metafora dell'alveare, dove le api rappresentano il settore "agire per la sostenibilità", i fiori il settore "immaginare futuri sostenibili", l'alveare il settore "incarnare i valori della sostenibilità" ed infine il polline e il nettare il settore "accettare la complessità della sostenibilità".

È chiaro dunque che il messaggio principale è che la sostenibilità è un tema complesso, e deve essere accettato come tale: le competenze ad essa associate non possono essere dunque linearizzate o divise,

ma devono essere considerate in un'ottica di sviluppo parallelo.



Figura 1.1. Rappresentazione visiva del *GreenComp*. Dalla visualizzazione è chiaro come le dodici competenze siano in realtà strettamente interconnesse. Le api, agendo sia come organismo indipendente che come collettivo rappresentano il settore “agire per la sostenibilità”. I fiori, generando frutti e semi solo se impollinati, rappresentano il settore “immaginare futuri sostenibili”. L'alveare, dimora delle api, che le protegge e le sostiene, rappresenta il settore “incarnare i valori della sostenibilità”. Infine il polline e il nettare, che attirano le api e vengono trasportati di fiore in fiore, rappresentano la stretta interdipendenza di sviluppo di tutte le competenze, rappresenta il settore “accettare la complessità della sostenibilità”. Fonte: Bianchi, G., Pisiotis, U. and Cabrera Giraldez, M. (2022), *GreenComp The European sustainability competence framework*. Punie, Y. and Bacigalupo, M. editor(s), EUR 30955 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg. p.3

Da report più recenti, tuttavia, emerge che, nonostante tutti gli sforzi intrapresi principalmente negli ultimi anni, “l’apprendimento per la sostenibilità ambientale non è ancora un elemento sistemico della politica e della pratica nell’UE” (C.E., 2022, p.2) ribadendo l’importanza di una forte cooperazione e collaborazione tra i portatori di interessi nel settore dell’istruzione e nella formazione, al fine di “garantire che la sostenibilità sia saldamente ancorata nell’intera esperienza di apprendimento degli studenti” (CE, 2022, p.2), a cui si aggiunge anche una dimensione verticale, che collega l’individuo all’istituto, fino al livello dell’intero sistema. La proposta del documento è di sviluppare un apprendimento della sostenibilità ambientale che cominci dalla prima infanzia e che si sviluppi nei gradi scolastici successivi in un’ottica di formazione permanente, presente a tutte le età e a tutti i livelli. Per questo l’indicazione è quella di creare ambienti di apprendimento favorevoli in cui l’intero istituto è attivo sul tema della sostenibilità, che sia incentrato sul discente, coinvolgente, positivo e basato su esperienze di vita reale.

Oltre a quelli citati in precedenza, sono stati prodotti altri documenti, normative, iniziative da parte dell’Unione Europea su questo tema. Il messaggio è chiaro: è necessario e urgente ancorare l’educazione ambientale all’interno dei programmi educativi, in modo da formare cittadini consapevoli e attivi. La sostenibilità ambientale, rispetto alle discipline scolastiche, non è un tema che può essere approfondito o meno a seconda del percorso di studi che si intende intraprendere, ma deve essere trattato con estrema serietà e consapevolezza in ogni realtà scolastica, indipendentemente dal grado, dal livello e dalla finalità dell’istituto.

1.1.3 Il contesto italiano

L'educazione alla sostenibilità ambientale, nel contesto italiano, si colloca nel più ampio tema dell'educazione civica, insediata all'interno dei programmi scolastici italiani a partire dalla legge n.92 del 20 agosto 2019. L'articolo 1 specifica che l'educazione civica "contribuisce a formare cittadini responsabili e attivi e a promuovere la partecipazione piena e consapevole alla vita civica, culturale e sociale delle comunità, nel rispetto delle regole, dei diritti e dei doveri" (D.l. 92, 2019) e, tra gli obiettivi specifici, inserisce anche la condivisione e la promozione dei principi di sostenibilità ambientale, accanto a quelli di legalità, di cittadinanza attiva e digitale e del diritto alla salute e al benessere. La legge chiarisce che l'insegnamento dell'educazione civica è trasversale, e le ore dedicate ad essa, che non devono essere inferiori a 33 ogni anno, sono da stabilirsi a priori. Il 22 giugno 2020 sono state pubblicate le prime Linee guida per l'insegnamento dell'educazione civica, ai sensi dell'articolo 3 della legge 20 agosto 2019, n. 92, nelle quali si evidenzia ancora una volta la prospettiva trasversale di questa nuova disciplina, capace di trasmettere valori non inquadrabili in una sola materia scolastica, ma che devono essere coniugati all'interno di tutte le discipline "per sviluppare processi di interconnessione tra saperi disciplinari ed extradisciplinari" (MiM, 2020, p.3).

L'allegato B del documento delinea il profilo delle competenze di educazione civica. Per quanto riguarda quelle legate al tema dell'educazione alla sostenibilità ambientale per il primo ciclo, di interesse per la progettazione del percorso didattico, le indicazioni fornite sono molto generali. Ad esempio, l'allegato riporta che ciascun alunno deve aver compreso il concetto di prendersi cura dell'ambiente, aver capito la necessità di uno sviluppo equo e sostenibile, rispettoso dell'ecosistema, nonché di un utilizzo consapevole delle risorse ambientali, e che sia capace di promuovere la cura per l'ambiente.

Nonostante l'argomento della trasversalità dell'educazione civica sia spesso ribadita, nessun documento allude alla possibilità di indirizzare la didattica verso pratiche interdisciplinari, o comunque innovative, capaci di superare il modello pedagogico tradizionale. Le linee guida fornite dalle Indicazioni Nazionali lasciano dunque uno spazio di libertà ed interpretazione su come l'educazione civica possa essere sviscerata. Per questo motivo negli ultimi anni sono emersi diversi progetti che hanno tentato di ideare programmi concreti capaci di integrare i temi di educazione civica con gli argomenti propri di ciascuna disciplina. Un esempio è il piano "RiGenerazione Scuola", istituito dal MiM, con l'obiettivo di inserire le questioni sociali, ambientali ed economiche odierne all'interno dei programmi delle discipline tradizionali, attraverso un processo di rigenerazione dei saperi, dei comportamenti, delle infrastrutture e delle opportunità. Il Ministero ha avviato una serie di progetti, in collaborazione con alcune scuole da tutta Italia, per provare a realizzare questi obiettivi.

Un altro esempio è dato dalla collaborazione tra Unibo, in qualità di membro del progetto europeo SEAS¹⁸, e la scuola secondaria di I grado di Meldola, che ha dato vita ad un percorso didattico interdisciplinare e trasversale capace di stimolare gli studenti delle classi terze dell'istituto ad interessarsi al tema dei cambiamenti climatici e a svolgere un ruolo attivo nel proprio territorio in favore della sostenibilità ambientale, attraverso lo strumento cChallenge, ideato dallo stesso progetto SEAS. Nell'ambito del già citato progetto FEDORA, inoltre, è nato Aerocene¹⁹, un percorso didattico, emerso dall'omonima piattaforma, capace di coniugare due discipline come la fisica e l'arte con lo scopo di immaginare un futuro più sostenibile. Anche alcuni editori scolastici hanno provato a proporre percorsi didattici capaci di trasformare in azioni concrete le linee guida fornite dal Ministero.

¹⁸ SEAS (Science Education for Action and Engagement towards Sustainability) è un progetto europeo coordinato dall'Università di Bologna che si occupa sviluppare strumenti e metodi con l'obiettivo di agevolare la collaborazione tra le scuole e il territorio nell'affrontare le sfide della sostenibilità. Sito web: <https://www.seas.uio.no/>

¹⁹ Link al progetto: <https://aerocene.org/2023/02/>

DeaScuola, ad esempio, offre sul proprio portale web una serie di progetti didattici di educazione civica²⁰, suddivisi sia per argomento che per grado scolastico. Riguardo al tema “ambiente e salute”, il sito presenta tre percorsi per le scuole secondarie di primo grado, dal titolo: Il territorio come patrimonio, Pandemia e convivenza sociale, Non c’è un pianeta B. Per ciascuno di questi, DeaScuola fornisce una descrizione dettagliata del percorso, una scheda del progetto e il materiale per gli studenti.

Lo stesso editore propone uno schema capace di legare gli argomenti propri dell’educazione civica alle varie discipline del curriculum scolastico, dove il tema dei cambiamenti climatici, oltre che a matematica e scienze, è associato alle discipline di italiano, storia e geografia.

A conclusione del paragrafo è opportuno menzionare il recentissimo rinnovamento delle Linee guida sull’educazione civica, pubblicate dal MiM il 7 settembre 2024: questo documento delinea degli obiettivi di apprendimento più specifici relativi al primo ciclo di istruzione riguardo ai temi di sostenibilità ambientale. In particolare, si indica tra i traguardi di sviluppo delle competenze “Comprendere le cause dei cambiamenti climatici, gli effetti sull’ambiente e i rischi legati all’azione dell’uomo sul territorio”. (MiM, 2024, p.14), e, tra gli obiettivi di apprendimento specifici, si trova “Riconoscere situazioni di pericolo ambientale, assumendo comportamenti corretti nei diversi contesti di vita” (MiM, 2024, p.14) oltre a “Mettere in relazione gli stili di vita delle persone e delle comunità con il loro impatto sociale, economico ed ambientale” (MiM, 2024, p.13). Nonostante le indicazioni mantengano una linea generale, queste linee guida presentano per la prima volta degli obiettivi specifici ben definiti rivolti alla sostenibilità ambientale.

1.2. Esempi di progetti europei

Le linee guida delineate dalle principali istituzioni europee e italiane lasciano ampio margine di libertà sulle modalità con cui integrare i temi legati alla sostenibilità ambientale all’interno dei curricoli scolastici. Questo ha permesso, specialmente negli ultimi anni, la nascita di molti progetti che hanno tentato di ideare programmi didattici capaci di concretizzare questa richiesta (ad es. FEDORA, SEAS). In questo paragrafo saranno descritte due di queste, che sono state capaci di fornire idee e strumenti che permettono di ancorare efficacemente i temi di sostenibilità ambientale all’interno dei curriculum scolastici. Sarà chiaro, inoltre, come i programmi stipulati da ciascun progetto siano stati largamente influenzati dai documenti emanati dalla Commissione Europea.

1.2.1. ECF4CLIM

L’ECF4CLIM²¹ è un’organizzazione europea nata nel 2020 con lo scopo di creare un framework di competenze europeo (*Ecf*) che le comunità educative possano sfruttare per combattere il cambiamento climatico e promuovere uno sviluppo sostenibile attraverso un processo multidisciplinare, transdisciplinare e partecipativo, che coinvolge istituti provenienti da diversi paesi dell’UE. A partire dalla sua fondazione, l’organizzazione si è impegnata a:

- sviluppare un ECF iniziale
- stabilire una linea di base per le competenze individuali e collettive

²⁰ <https://educazionecivica.deascuola.it/>

²¹ ECF4CLIM (European Competence Framework for CLIMate), organizzazione europea nata nel 2020, coordinata da Ana Prades e Yolanda Lechon, finanziata da European Union’s Horizon 2020. Sito web: <https://www.ecf4clim.net>

- implementare interventi pratici, replicabili, adattabili ad ogni contesto che favoriscano l'acquisizione delle competenze
- valutare le abilità degli interventi per rafforzare le competenze sostenibili e le performance ambientali
- rendere valido l'EFC

Nel 2022, l'organizzazione ha pubblicato un primo documento riguardante lo sviluppo di un ECF iniziale, che descrive quali siano le competenze essenziali legate ai cambiamenti climatici da sviluppare a livello individuale e collettivo, oltre ai fattori che influenzano, in positivo o in negativo, la promozione di azioni di sostenibilità ambientali all'interno di istituzioni educative. Per fare ciò, gli autori si sono basati sui risultati di un crowdsourcing realizzato tra gli enti che hanno aderito all'iniziativa, sull'analisi di documenti, in particolare il già citato articolo sul GreenComp, e su una review della letteratura sul tema. L'EFC iniziale è strutturato come una guida, con l'obiettivo di fornire strumenti utili a tutte le parti interessate e promuovere lo sviluppo dell'insegnamento di pratiche legate alla sostenibilità all'interno di contesti educativi. È composto da quattro step:

- in primo luogo, si stimolano le persone ad impegnarsi nella promozione della sostenibilità, rafforzando la loro comprensione sui temi legati all'ambiente, con l'obiettivo di far emergere una visione comune riguardo alle competenze che si vogliono sviluppare;
- il secondo step mira a far acquisire alle persone una comprensione profonda della complessità della sostenibilità, cercando delle connessioni tra la vita scolastica di tutti i giorni e i temi legati ai cambiamenti climatici, fornendo alle comunità educative indicazioni e strumenti per aiutare gli studenti a trovare questi legami;
- Il terzo atto si concentra sulla visione di futuri alternativi, promuovendo l'adattabilità ai provvedimenti e alle azioni che verranno intraprese per contrastare il cambiamento climatico e tracciando possibili vie per migliorare la condizione dell'ambiente;
- l'ultimo atto riguarda la progettazione di strategie di azione, a partire dai risultati ottenuti negli step precedenti, e la valutazione delle stesse una volta compiute.

I quattro step proposti richiamano evidentemente i quattro settori di competenza del GreenComp delineati dal JCR, descritti nel paragrafo precedente.

Attraverso quello che i componenti del progetto definiscono un "approccio partecipativo ibrido"²² sono state attuate una serie di misure e pratiche atte a rafforzare e a promuovere la sostenibilità, sperimentate in Portogallo, Romania e Spagna. Tra queste si trovano:

- misure per promuovere un cambio di condizione delle strutture educative, con l'introduzione di nuovo equipaggiamento, infrastrutture, strumenti di contabilità e monitoraggio atti a ridurre le emissioni;
- misure per promuovere un "cambiamento nelle persone", con azioni mirate all'informazione, la presa di consapevolezza e lo sviluppo di conoscenze legate al cambiamento climatico, come visite a musei, esibizioni, ma anche lezioni e corsi tenuti da insegnanti in aula;
- misure per promuovere un cambiamento nel sistema, che agiscono a livello organizzativo, integrando i temi legati alla sostenibilità nei curricula didattici, fornendo materiali per i docenti, ma anche adoperandosi nel campo della ricerca, promuovendo tesi di master e dottorati legate ai temi ambientali.

²² <https://www.ecf4clim.net/>

Infine, l'ECF4CLIM ha creato uno spazio digitale che, oltre a una grande quantità di materiale educativo legato ai temi ambientali, mette a disposizione degli strumenti capaci di fornire una stima dell'impatto ambientale della struttura scolastica in cui si studia o si lavora (chiamato *Footprint Calculator*). Uno di questi, ad esempio, permette di calcolare l'impatto ambientale legato ai trasporti della classe: a partire da una serie di parametri, come la distanza da casa e il mezzo utilizzato, il calcolatore fornisce una stima della CO₂ emessa ogni giorno dal totale degli studenti. Lo spazio digitale permette inoltre a chi usufruisce dei materiali del progetto di lasciare un feedback per aiutare gli sviluppatori a migliorare la qualità della proposta.

1.2.2. CLIMADEMY

CLIMADEMY²³ è un progetto europeo triennale finanziato dall'Erasmus + Teacher Academy nato nel giugno del 2022 e incentrato sul cambiamento climatico, con l'intento principale di offrire un programma completo capace di guidare gli insegnanti di tutta Europa ad una comprensione profonda del tema e allo sviluppo di una metodologia di insegnamento efficace. Lo scopo è quello di preparare le generazioni future ad affrontare le sfide legate alla sostenibilità ambientale possedendo tutti i mezzi necessari a superarle.

Il progetto è coordinato dall'Università di Creta, e coinvolge altri sei partners provenienti da quattro stati europei: l'Università di Bologna e la Fondazione Golinelli in Italia, l'Università di Brema in Germania, la Direzione regionale dell'istruzione primaria e secondaria di Creta e l'Ellinogermanikh Agogi Scholi Panagea Savva Ae in Grecia, l'Università di Helsinki in Finlandia. Questa collaborazione ha permesso di generare una comunità di pratica, formata da esperti in scienze naturali e didattica delle scienze e da insegnanti, capace di creare programmi e strategie innovative finalizzate all'educazione sui cambiamenti climatici, incentrati su:

- individuazione dei principali fattori che influenzano il cambiamento climatico
- rilevazioni di fenomeni legati al cambiamento climatico attraverso una raccolta dati diretta, utilizzando siti a disposizione di CLIMADEMY in Finlandia e in Grecia, oppure attraverso risultati provenienti da modelli pubblici o da altri satelliti
- indagine dell'impatto che il cambiamento climatico ha sulla società odierna
- ricerca di modalità per mitigare i fenomeni climatici o adattarsi a questa situazione.

Come dichiarato nel fact sheet dello stesso progetto, ad oggi il cambiamento climatico non è stato ancora incorporato nella school science, nonostante sia stato proprio il Parlamento Europeo a sostenere che l'educazione scolastica sia uno degli strumenti più efficaci per combatterlo. CLIMADEMY è nato per risolvere questo problema, con l'idea, in futuro, di estendere l'iniziativa a nuovi membri provenienti da tutta Europa.

Il progetto è strutturato intorno a sei Work Packages:

- WP1: gestione, coordinamento e governance del progetto
- WP2: sviluppo di materiale educativo sul cambiamento climatico
- WP3: sviluppo di un modello educativo per la formazione degli insegnanti
- WP4: stabilimento di un Auditorium virtuale (CLAUDI) suddiviso in hub nazionali
- WP5: implementazione delle attività di formazione
- WP6: Valutazione dell'impatto, della diffusione e della sostenibilità.

²³ Le informazioni riportate in seguito sono prese da <https://climademy.eu/>

Entrando nel dettaglio del WP2²⁴, il materiale educativo sviluppato, prodotto dai partner di CLIMADEMY oppure prelevato da sorgenti web, è suddivisibile in tre categorie, etichettate con:

- fattori determinanti per il cambiamento climatico
- impatto sui sistemi ambientali, sociali e biologici, e collegamenti con altri obiettivi di sviluppo sostenibile dell'Agenda 2030
- misure di mitigazione ed adattamento

Per poter raccogliere efficacemente tutto il materiale in modo coerente con le finalità del progetto, CLIMADEMY ha sviluppato dei criteri di selezione. Il primo riguarda la pertinenza con il tema dei cambiamenti climatici e la lingua con cui è stato prodotto, che deve essere quella propria di almeno uno dei partner facenti parte del progetto, oppure l'inglese. In un momento successivo si valuta se il materiale possa o meno essere utilizzato in un ambiente scolastico, o, in caso contrario, se sia possibile fare adattamenti per renderlo utile allo scopo. L'ultimo processo di selezione si basa sul loro obiettivo, sull'affidabilità, sulla presenza o meno di citazioni di fonti scientifiche, e, ovviamente, su come gli autori si posizionano riguardo al tema dei cambiamenti climatici.

Il materiale disponibile si trova nella forma di: articoli didattici, strumenti per l'insegnamento e l'apprendimento online, giochi da tavolo e via web, video e documentari. Il materiale di lingua inglese è inserito nel sito di CLIMADEMY, mentre quello prodotto nella lingua madre dei partners del progetto è stato inserito all'interno della piattaforma CLAUDY, che è l'oggetto principale del WP4²⁵. Il motivo che ha portato alla costruzione di questo spazio virtuale è di dare la possibilità a ciascun partner di adattare le informazioni, i materiali e la conoscenza individuata dai gruppi di lavoro alle peculiarità del sistema educativo della propria nazione. Ciascun hub ha lo scopo di creare una rete locale tra tutti i docenti interessati all'insegnamento del cambiamento climatico in classe. La piattaforma si basa sul software Moodle, e si presenta come uno spazio virtuale nel quale gli insegnanti possono sviluppare e distribuire i propri materiali educativi. Si tratta di una vera e propria piattaforma di e-learning, all'interno della quale è possibile selezionare corsi da seguire in modalità sincrona o asincrona. È possibile caricare immagini, documenti, video, ma anche programmare webinar da seguire in tempo reale.

Il WP3, che riguarda il delineamento del modello pedagogico del progetto, è stato interamente sviluppato dell'Università di Bologna che, insieme alla Fondazione Golinelli, ha guidato la costruzione dell'hub italiano di CLIMADEMY. I due partners hanno formato un'equipe di dodici insegnanti provenienti da cinque istituti secondari dell'Emilia Romagna con i quali hanno co-progettato le linee di sviluppo, i contenuti formativi e le attività. Gli ambiti prioritari di lavoro per l'hub italiano, individuati con l'idea di unire al consolidamento delle competenze scientifiche di base un approccio pedagogico attivo, costruttivista e STEAM, sono:

- future literacy
- incertezza e complessità
- data literacy
- narrazione
- educazione civica e cittadinanza attiva²⁶.

²⁴ Ciò che segue è tratto da: University of Bremen, (2023). *Deliverable D2.1 "List of available educational material and tools on climate change"*. 101056066 — CLIMADEMY — ERASMUS-EDU-2021-PEX-TEACH-ACA. https://climademy.eu/wp-content/uploads/2024/09/CLIMADEMY_D2.1.

²⁵ Ciò che segue è tratto da: University of Crete (2023). *Deliverable D4.2 "CLAUDI site available"*. CLIMADEMY—ERASMUS-EDU-2021-PEX-TEACH-ACA. https://climademy.eu/wp-content/uploads/2024/09/CLIMADEMY_D4.2.

²⁶ Fonte:

All'interno della piattaforma CLAUDI²⁷ di CLIMADEMY, è presente una sezione introduttiva contenente video che forniscono una presentazione dell'hub italiano e delineano il modello pedagogico²⁸ su cui si fonda l'intero progetto: questo è basato sulla volontà di superare sia la visione che le persone hanno del sapere insegnato a scuola come conoscenza che si allontana dai problemi importanti, che la credenza che i sistemi educativi siano incapaci di fornire i mezzi necessari per poter immaginare e progettare dei futuri apprezzabili.

I partner principali del progetto CLIMADEMY si sono sentiti chiamati a rispondere a queste mancanze, decidendo di impegnarsi a ripensare alle priorità da dare all'educazione, nell'ottica di lasciare spazio alle questioni ambientali. Strumenti importanti da cui partire per una progettazione didattica capace di integrare i valori della sostenibilità sono la teoria del data storytelling, di cui parlerò in seguito, e il quadro europeo delle GreenComp stipulato dal JCR.

Per impostare il modello pedagogico di CLIMADEMY, dunque, i progettisti si sono chiesti quali fossero i contenuti minimi da introdurre a scuola per poter parlare di cambiamenti climatici e come inserire queste attività all'interno dei curriculum già esistenti. Ovviamente per integrare i temi legati alla sostenibilità ambientale nei programmi scolastici occorre effettuare una serie di modifiche al sistema attuale: la scuola italiana, infatti, ha un modello pedagogico che vede ancora l'insegnante come depositario del sapere, con il compito di trasmettere questa conoscenza ai suoi studenti. Il tema dei cambiamenti climatici sfida questa immagine, perché al suo interno non esiste un sapere definito che possa essere semplicemente trasmesso. Oltre a questo occorre considerare che, rispetto ai tempi in cui è stato delineato questo modello pedagogico, oggi gli studenti sono immersi in una società della conoscenza, dove le informazioni provengono da molteplici fonti. L'idea di CLIMADEMY, dunque, è quella di riconcettualizzare la dinamica in classe in modo da poter considerare la conoscenza come qualcosa che possa essere generata da diverse sorgenti. Questo richiede una collaborazione non solo tra insegnante e alunni, ma anche tra più docenti allo stesso tempo: i cambiamenti climatici, infatti, non possono essere inquadrati all'interno di una sola materia scolastica. Ecco che entra in gioco il tema dell'interdisciplinarietà, che, nell'ottica del modello pedagogico tradizionale, diventa un problema aggiuntivo: in che modo più docenti possono essere contemporaneamente in una classe in una situazione di co-teaching? Una volta che si riesce a rispondere a questa domanda, ecco che l'interdisciplinarietà, da problema, diventa una risorsa fondamentale per poter affrontare i cambiamenti climatici a scuola. La modalità consigliabile con cui effettuare questa cooperazione tra docenti arriva dal mondo del marketing, ed è la metodologia proposta dalla teoria del *co-design*. Si tratta di un tipo di approccio di progettazione basato sulla partecipazione attiva di tutte le parti interessate (Morelli *et al.*, 2021). Con questo tipo di approccio, utenti ed esperti vengono messi sullo stesso piano in fase di progettazione: non esiste più una netta separazione tra fornitori e fruitori di un certo prodotto, ma, già dalle prime fasi, queste due figure sono in dialogo tra loro. In ambito scolastico, il co-design si traduce con la partecipazione al processo di progettazione didattica non solo di tutti i docenti della classe, ma anche dei ricercatori e dei professionisti della didattica. In questo modo, infatti, è possibile riportare efficacemente in aula le proposte educative provenienti dalla ricerca, assegnando agli esperti in questo campo il ruolo di *consulenti di processo*²⁹ nei confronti degli insegnanti, capaci quindi di aiutare gli insegnanti a costruire un "percorso di riflessione e rielaborazione migliorativa del proprio agire didattico, in una prospettiva di sviluppo professionale" (Castoldi, 2015, pp. 17-18). Questa prospettiva può aiutare gli insegnanti nella transizione verso il modello pedagogico proposto da CLIMADEMY.

<https://www.fondazionegolinelli.it/it/news/cresce-lhub-italiano-di-climademy-dalla-prima-rete-di-docenti-alla-piattaforma-di-e-learning-e-community-building>

²⁷ <https://claudi.chemistry.uoc.gr/>

²⁸ <https://www.youtube.com/watch?v=qCXj6H2pSkM&t>

²⁹ Espressione coniata da Castoldi nel manuale *Didattica generale*, 2015

Dall'hub italiano di CLIMADEMY sono emersi due progetti di grande importanza: il primo è il lavoro di tesi di Clemente Rossi (2023), *Pedagogical model for teacher education on climate change within the European CLIMADEMY project*, che tenta di mettere in pratica il modello pedagogico di CLIMADEMY, proponendo attività pratiche da sviluppare in aula. Il secondo è il progetto *Dear Data*³⁰, realizzato da Giorgia Lupi e Stefanie Posavec, due information designer pluripremiate. Ogni settimana, per un anno intero, le due ricercatrici hanno collezionato un particolare tipo di dati, derivati dalla loro vita di tutti i giorni come, ad esempio, quante volte hanno controllato l'orario durante una settimana, e hanno rappresentato queste informazioni su una lettera attraverso dei disegni e se le sono inviate a vicenda, utilizzando il servizio postale americano, per Giorgia Lupi, e inglese, per Stefanie Posavec.

Ciascuna di queste lettere contiene da un lato la rappresentazione dei dati registrati in settimana, attraverso disegni di ogni tipo, dall'altro una legenda che permetta all'altra persona di ricavare correttamente le informazioni rappresentate.

L'idea avuta dalle due ricercatrici ha permesso loro di cercare modalità sempre più innovative per rappresentare i dati registrati durante la settimana. Come testimoniato da loro stesse in un video di presentazione del progetto³¹, collezionare e ridurre a dati anche aspetti della propria vita che avrebbero potuto metterle a disagio ha permesso di trattare queste informazioni con un minor. Il carico di emotività associato ai dati condivisi è aumentato nel tempo, arrivando a rivelare, ad esempio, i momenti in cui il partner ha mostrato affetto oppure è sembrato distaccato. "Alla fine, abbiamo realizzato entrambe che i dati sono l'inizio della storia, non la fine, e dovrebbero essere visti come un punto di partenza per interrogarsi e comprendere il mondo intorno a noi, invece che vederli come la risposta definitiva a tutte le nostre domande". Il progetto è durato in totale cinquantadue settimane. L'insieme delle lettere che le ricercatrici si sono inviate tra loro è stato racchiuso in un libro e sono consultabili da chiunque.

Il progetto appena descritto si colloca all'interno di un ragionamento più ampio che propone di rivedere le modalità con cui i dati vengono prodotti, presentati e visualizzati. È chiaro che oggi le persone si interfacciano quotidianamente con una gran quantità di informazioni, che si presentano attraverso varie forme di rappresentazione. La loro individuazione, elaborazione ed analisi attiva dei processi cognitivi estremamente complessi, che spesso portano alla mancata comprensione o al fraintendimento degli stessi. Quando una persona si trova di fronte ad un grafico, o a qualunque altra tipologia di visualizzazione di dati, ciò che vede non sono altro che informazioni codificate per mezzo di una rappresentazione. Occorre dunque educare chiunque alla scienza dei dati già a partire dall'età scolastica. Un filone di studi ha individuato la sorgente delle difficoltà che le persone hanno nel relazionarsi con i dati proprio nella modalità in cui questi vengono visualizzati, affermando che "I dati da soli non bastano: per comunicare al meglio le evidenze ricavate dalla data analysis occorre anche un coinvolgimento emotivo"³².

Si tratta del Data Storytelling, una tecnica che propone di raccontare una storia attraverso i dati, non limitandosi a presentare una serie di informazioni in modo distaccato, ma cercando di far leva sull'emotività delle persone, sfruttando gli insight ottenuti dall'analisi dei dati per ispirare una o più azioni in chi li visualizza. Questa assunzione, come spiega bene Josephine Condemi nell'articolo *Data Storytelling: cos'è e come si trasmettono i dati con la narrazione*, è supportata dal fatto che la scienza è ormai concorde nell'affermare che conosciamo attraverso le emozioni: l'apprendimento dunque non

³⁰ Lupi, Giorgia et al. (2016). *Dear data : a friendship in 52 weeks of postcards*. Princeton Architectural Press, New York. Sito web del progetto: <https://giorgialupi.com/dear-data>

³¹ <https://www.youtube.com/watch?v=iqaVe1MCTIA>

³² Citazione tratta da Condemi(2022). *Data Storytelling: cos'è e come si trasmettono i dati con la narrazione*. <https://www.bigdata4innovation.it/data-science/data-mining/data-storytelling-cose-e-come-si-trasmettono-i-dati-con-la-narrazione/>

dipende esclusivamente dal contenuto razionale, ma soprattutto dall'emozione associata al messaggio. L'autrice individua, a partire dalla considerazione sul modo in cui le informazioni vengono visualizzate oggi, la necessità di una più attenta riflessione su quali siano i dati utilizzati nelle analisi e del perché vengono selezionati proprio questi. "Vale per i dati quello che vale per le storie: bisognerebbe sempre chiedersi qual è la fonte, a quale scopo sono stati raccolti, a beneficio di chi, cosa (o chi) è rimasto fuori dal modello"³³. A conferma di quest'ultimo aspetto, Lee *et al.* (2021) affermano che le pratiche di raccolta, visualizzazione, interpretazione, analisi e comunicazione dei dati sono modellati su tre livelli:

- livello personale, che riguarda le esperienze dirette con i dati, ed è dipendente dalle conoscenze pregresse e dagli interessi del soggetto. Secondo gli autori, favorire esperienze dirette con la misurazione di dati aiuta gli studenti ad esplorare, in futuro, modelli statistici che includono operazioni complesse. Questo livello è associato ad uno sviluppo di agency e proprietà sul set di dati con cui si sta lavorando, paralleli ad una comprensione generale della natura della scienza. D'altro canto, è altrettanto necessario che gli studenti non si soffermino esclusivamente sul proprio lavoro, ma che riescano ad estendere le competenze acquisite dalle esperienze dirette con i dati a pratiche più generali;
- livello culturale, che riguarda tutti gli strumenti e le pratiche derivanti dalla cultura di appartenenza, cominciando dagli artefatti utilizzati durante la raccolta e l'analisi dei dati, fino agli approcci e ai metodi messi in pratica durante l'esperienza. Questo livello, nonostante abbia potenzialmente un impatto forte sul coinvolgimento degli studenti con i dati, rimane spesso implicito. Gli autori consigliano di attuare una riflessione critica sui vantaggi e gli svantaggi che strumenti e pratiche adoperate comunemente durante la raccolta e l'analisi di dati hanno, specialmente in un ambiente didattico.
- livello sociopolitico, che influenza il modo in cui questi dati vengono raccolti, interpretati e utilizzati. Si riferisce agli obiettivi che accompagnano un certo studio con i dati, che influenza il modo in cui questi vengono raccolti, analizzati e presentati per essere visualizzati.

Secondo gli autori, questi tre livelli sono strettamente interconnessi tra loro ed operano simultaneamente ogni volta che ci si interfaccia con dei dati.

Richiamando ora quanto scritto nello scorso paragrafo, uno strumento importante per poter conciliare i temi di sostenibilità ambientale con le discipline tradizionali è stato ideato a partire da un lavoro effettuato dall'hub inlandese di CLIMADEMY che, a partire dalle indicazioni fornite dal JCR nel documento relative alle competenze in materia di sostenibilità, ha impostato un competence framework in grado di adattare le GreenComp al modello di CLIMADEMY. Anche in questo caso risulta evidente come le istituzioni giochino un ruolo importante nella progettazione didattica proposta da questi progetti. I quattro settori di competenza citati in precedenza sono stati ribattezzati in: *values and attitudes, scientific inquiry, creativity* e *action*. Per ciascun settore, oltre a quelle già introdotte dal documento di Bianchi *et al.*, sono state aggiunte nuove competenze, impostate sulla base di un sondaggio sottoposto a dei giovani studenti³⁴ (qui riportate in inglese, come da documento ufficiale):

- Values and attitudes
 - CC well-being

³³Citazione tratta da Condemi(2022). Data Storytelling: cos'è e come si trasmettono i dati con la narrazione. <https://www.bigdata4innovation.it/data-science/data-mining/data-storytelling-cose-e-come-si-trasmettono-i-dati-con-la-narrazione/>

³⁴ Lo studio è riportato nell'articolo Taurinen, J., Vesterinen, V. M., Veijonaho, S., Siponen, J., Riuttanen, L., & Ruuskanen, T. (2024). *Climate change competencies from perspective of Finnish youth*. Journal of Youth Studies, 1–20, dove sono stati intervistati 43 giovani studenti finlandesi, ai quali è stato domandato quali competenze sia urgente sviluppare oggi per combattere il cambiamento climatico.

- CC justice and collaboration
- Scientific inquiry
 - CC science orientation
- Creativity
 - CC leadership
- Action
 - CC implementation
 - CC justice and collaboration
 - CC well-being

Dove “CC” è la sigla di “Climate Change”. Questa è un’ulteriore prova di quanto le norme emanate dalle principali istituzioni modellino le scelte didattiche di ciascuna organizzazione.

A partire da questo framework, l’hub greco di CLIMADEMY ha creato il *Template for Activities*, strutturato in modo tale da progettare ciascuna attività sulla base del competence framework indicato in precedenza. In questo template, infatti, prima ancora di spiegare i dettagli dell’attività, si chiede di specificare la connessione della stessa con il tema dei cambiamenti climatici. In una sezione successiva, si richiede al progettista di riflettere in maniera critica sul legame che l’attività proposta ha con il competence framework di CLIMADEMY, chiedendo in che modo questa contribuisca a sviluppare le competenze di ciascun settore specifico. Di seguito, si chiede in che modo si valuta il raggiungimento degli obiettivi indicati, sottolineando come un’accurata verifica del raggiungimento di questi ultimi sia fondamentale per la riuscita del progetto.

Entrambi i progetti presentati in questo paragrafo propongono delle modalità e degli strumenti utili ad integrare i temi di sostenibilità ambientale all’interno dei programmi didattici scolastici. È evidente come le pratiche siano state influenzate dalle indicazioni fornite dalle principali istituzioni, in particolare l’ONU e l’UE, riferendosi principalmente all’Agenda 2030, al Green Deal europeo e al modello GreenComp ideato dal JCR. Entrambi i progetti, in modo particolare CLIMADEMY, propongono un modello pedagogico capace di superare quello tradizionale, che vede una distinzione netta dei saperi propri di ciascuna disciplina, promuovendo la cooperazione tra docenti di una stessa classe e ricercatori in un clima interdisciplinare. Tuttavia, come dichiarato dal progetto FEDORA, la mancanza di chiare linee guida emanate dalle principali istituzioni, insieme al mantenimento di criteri di valutazione, legittimazione e accountability settoriali, contribuiscono ad ostacolare una transizione di questo tipo (Pučėtaitė et al, 2022). Per poter orientare le pratiche scolastiche verso un tipo di insegnamento capace di affrontare le questioni cruciali della nostra epoca, in un sistema che prevede una divisione netta dei saperi e non ammette ancora la possibilità di agire sulla dimensione organizzativa della scuola, occorre dunque operare una riflessione sui contenuti delle discipline stesse.

CAPITOLO 2. La cinematica nella ricerca in didattica della fisica

Recenti risultati emersi da report e progetti a livello internazionale, europeo ed italiano (ad es. D.I. 92/2019; C.E., 2022), hanno messo in luce l'importanza di operare una riflessione dei contenuti delle discipline tradizionali e di promuovere un rinnovamento delle stesse capace di includere temi complessi dell'attualità. Entrando nel dettaglio del settore scientifico, negli ultimi anni il Ministero dell'Istruzione ha avviato un processo di ripensamento sugli obiettivi e sui metodi dell'educazione delle discipline STEM, già intrapreso a livello europeo a partire dal 2018³⁵, sottolineando in particolare come la complessità della modernità debba essere affrontata con una prospettiva interdisciplinare che consenta di integrare abilità provenienti da discipline diverse. Dal documento del MiM³⁶, appaiono evidenti le connessioni tra l'approccio integrato STEM e quello delineato dal JCR: in particolare, il primo è in grado di potenziare quattro competenze, nominate "4C", tra cui quella di "Critical thinking" e di "Creativity", che trovano riscontro anche all'interno del GreenComp. Inoltre, il MiM lamenta il fatto che le discipline STEM non sono considerate nel loro complesso all'interno del curriculum scolastico italiano, ma sono frammentate in più discipline assegnate a docenti spesso appartenenti a classi di concorso diverse. Le stesse indicazioni evidenziano anche come la molteplicità dei linguaggi, che affianca a quello matematico e scientifico anche il linguaggio grafico-pittorico, musicale, artistico, sia fondamentale già dalla prima infanzia per comprendere la complessità del mondo che ci circonda, promuovendo lo sviluppo complementare delle diverse forme di intelligenza dell'individuo. È evidente dunque che il passaggio del concetto di educazione scolastica da apprendimento di un insieme di conoscenze linearizzato e frammentato ad uno sviluppo di competenze integrato che devono essere considerate nella loro complessità è un tema che interessa tutti gli ambiti del sapere.

Il compito degli esperti che lavorano nell'ambito della didattica della fisica, dai ricercatori ai docenti delle scuole, è dunque quello di individuare, all'interno della disciplina, dei pilastri attraverso i quali poter sviluppare competenze di sostenibilità coerenti con la stessa, senza trascurare gli obiettivi di apprendimento propri di ciascun settore. A partire da queste considerazioni e attraverso l'analisi dei progetti europei descritti nel capitolo precedente, questo lavoro di tesi presenta la progettazione, realizzazione e analisi di un percorso didattico di fisica, proposto ad una classe seconda di una scuola secondaria di primo grado, che sia capace di raggiungere l'obiettivo. Questo particolare grado scolastico, nell'organizzazione italiana, rappresenta infatti una fase di passaggio tra il primo ciclo di istruzione, che comprende anche la scuola primaria, e il secondo. La principale differenza tra primo e secondo ciclo, relativa al curricolo delle discipline scientifiche, è che in un caso queste assumono una forma integrata, e si mescolano all'interno di una sola materia, mentre nel secondo trovano una propria indipendenza, dividendosi in settori all'interno dei quali le peculiarità di ciascuna sono ben definite. Essendo inclusa nel primo ciclo di istruzione, le discipline scientifiche all'interno della scuola secondaria di primo grado rientrano nel primo caso. Tuttavia, avvicinandosi al secondo ciclo di istruzione, è in questa fase che ciascun settore comincia ad essere caratterizzato in modo diverso rispetto agli altri: per questo motivo, al termine del primo ciclo, pur in una prospettiva integrata, la richiesta del Ministero dell'Istruzione è quella di potenziare l'alfabetizzazione e i saperi specifici delle

³⁵ Consiglio dell'Unione Europea (2018). *RACCOMANDAZIONE DEL CONSIGLIO del 22 maggio 2018 relativa alle competenze chiave per l'apprendimento permanente*. Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea.

³⁶ MiM (2023). *Linee guida per le discipline STEM*

single discipline³⁷, avviando dunque il processo di scissione degli argomenti scientifici che troverà il proprio compimento nel secondo ciclo di istruzione. Per questi motivi ho deciso di progettare un intervento didattico adatto ad una scuola secondaria di primo grado, per poter avviare quel processo di rigenerazione del sapere insegnato richiesto dalle principali istituzioni, ancorando contemporaneamente i temi legati alla sostenibilità ambientale alla fisica, già in questo grado scolastico, dove emerge per la prima volta la dimensione epistemologica della disciplina.

Tra i pochi argomenti affrontati nel programma di scienze del primo ciclo d'istruzione, la cinematica è quello che meglio si presta ad un processo di rigenerazione della conoscenza che permetta di ancorare efficacemente i temi di sostenibilità ambientale ad alcuni aspetti di questa disciplina, sviluppati, in questo lavoro di tesi, attraverso la mobilità sostenibile.

Per conservare, in fase di progettazione, le peculiarità proprie della disciplina, e realizzare una proposta didattica efficace, è necessario conoscere quali sono le principali difficoltà degli studenti riguardo a questo argomento e quali implicazioni didattiche propongono i principali autori in didattica della fisica.

2.1 La ricerca sulle difficoltà degli studenti e sugli ostacoli epistemologici in cinematica

Gli ostacoli epistemologici, in linea generale, “dipendono dallo statuto epistemologico stesso di un concetto o oggetto culturale”³⁸. Per capire meglio cosa si intende, si pensi alle resistenze che hanno ricevuto teorie come la relatività e la meccanica quantistica da parte della comunità scientifica, che ha mostrato difficoltà ad accettare idee e concetti innovativi, e di non essere intenzionata ad abbandonare un modello di pensiero tradizionale.

Nell'ambito educativo, con ostacoli epistemologici si indicano le resistenze individuate negli studenti riguardo ai concetti insegnati basate sul contrasto tra conoscenza scientifica e la conoscenza di senso comune. Non è possibile indagare quali siano nel concreto queste difficoltà senza prima aver compreso da cosa queste derivino e in che modo si manifestino degli studenti. Occorre ricordare, infatti, che gli studenti di una scuola secondaria di primo grado non hanno mai affrontato temi di cinematica durante il proprio percorso educativo, e la loro conoscenza sull'argomento si basa su preconcetti derivati dalle proprie esperienze di vita e da interazioni con altre persone. È opportuno dunque analizzare come la ricerca in didattica della fisica si pone di fronte al contrasto tra conoscenza comune e conoscenza scientifica. Dalla letteratura emergono due approcci interessanti che forniscono spunti importanti su come affrontare questo contrasto per una tematica come la cinematica con studenti che non hanno mai affrontato questi argomenti durante la propria carriera scolastica.

Il primo è definito da alcuni filosofi della scienza come *costruttivista radicale*³⁹ (Von Gaslersfeld, 1984; Zanarini, 1992): per darne una definizione, l'autore bolognese introduce il concetto di “immagini del sapere”, che sono traducibili in assunti meta scientifici dettati da un forte spessore emotivo. Per chiarire questo concetto, utilizzando un esempio fornito dall'autore, un'immagine del sapere molto diffusa tra gli scienziati è un radicale realismo conoscitivo, ovvero la credenza che l'immagine della realtà, non distorta dai sensi o dalle percezioni umane, sia fornita dalla scienza.

³⁷ Il Ministero dell'Istruzione promuove un'elaborazione del sapere che sia integrato e padroneggiato all'interno della scuola secondaria di primo grado, evitando il più possibile la frammentazione, ma, allo stesso tempo, invita a potenziare l'alfabetizzazione di base attraverso i linguaggi e i saperi specifici delle discipline, considerando anche che, all'interno delle Indicazioni Nazionali, gli obiettivi di apprendimento sono suddivisi nelle diverse discipline scientifiche. Fonte: <https://www.MiM.gov.it/scuola-secondaria-di-primo-grado>

³⁸ Citazione presa da <https://nuovadidattica.wordpress.com/agire-didattico/9-la-trasposizione-didattica/ostacoli-ontogenetici-epistemologici-didattici/>

³⁹ Quanto segue è tratto dall'articolo Zanarini (1992). *immagini del sapere e formazione scientifica*. La Fisica nella Scuola, XXV, 4. pp. 299 - 310, che, citando altri autori, riassume la posizione appena annunciata.

Se dunque anche per gli esperti di materie scientifiche l'attività conoscitiva è mossa da assunti meta scientifici, tanto più lo sarà per studenti che per la prima volta si interfacciano con questi argomenti in un contesto istituzionale. Per questo motivo è necessario conoscere bene cosa siano le immagini del sapere e in che modo queste influenzano i processi di apprendimento.

Zanarini (1992), prendendo spunto da un suggerimento di Elkana (1981), afferma che è possibile dividere le immagini del sapere in due classi: la prima vede l'attività scientifica come strumento principale per scoprire le grandi verità della natura, mentre la seconda vede la scienza come una invenzione personale. Solo queste ultime possono essere oggetto di analisi e riflessione, per comprenderle meglio.

Lo stesso autore propone una modalità per sfruttare queste immagini del sapere al fine di promuovere l'apprendimento degli studenti. L'autore infatti si discosta dal realismo conoscitivo di cui ho parlato in precedenza, affermando che la scienza fornisce solamente un'interpretazione della natura, caratterizzata anche da aspetti psicologici e culturali. Ecco che allora i fatti non diventano più qualcosa di oggettivo ed uguale per tutti, ma sono proprio le immagini del sapere a determinare cosa sia un fatto. Citando Hanson (1958), i fatti sono "carichi di teorie", perché è nel modo in cui li descriviamo, o, in ottica costruttivista, li costruiamo, che emerge l'immagine del sapere a loro associata. La conoscenza comune si presenta come "non verbale, intuitiva, ed emerge dall'esperienza corporea di relazione con l'ambiente" (Zanarini, 1992, p.302), e viene spesso esplicitata mediante una narrazione, presentandosi come una costruzione narrativa della realtà (Bruner, 1981), che appare irriducibile ad altri tipi di conoscenza, e in particolare alla conoscenza scientifica. L'obiettivo di sostituire ad una conoscenza grossolana una conoscenza scientifica è dunque irrealizzabile, così come non è possibile connotare la conoscenza scientifica come vera e quella comune come pre-scientifica, perché "ogni nuova conoscenza che viene proposta non può che confrontarsi con le precedenti anche in termini di significati, di economia concettuale, di oggettività descrittiva" (Zanarini, 1992, p.303).

Quali sono allora le implicazioni didattiche conseguenti a questa analisi? L'autore afferma che "È difficile ma assai importante, in tutti i contesti formativi, trovare invece uno spazio per presentare la scienza come costruzione culturale, della quale sottolineare la dimensione storica di avventura conoscitiva, di invenzione di questioni centrali, di dibattito appassionato tra "ragioni" diverse" (Zanarini, 1992, p.305). Ecco che allora in un'aula di una scuola elementare, ad esempio, l'insegnante accetterà come valida ogni spiegazione dei bambini, sottolineando però la loro località, e farà emergere il significato che la spiegazione ha per chi la propone. È utile che il bambino sappia esprimersi anche in maniera narrativa, in modo da far emergere gli elementi di maggior pregnanza emotiva.

Una volta ascoltate tutte le teorie, lo scopo dell'insegnante non è metterle alla prova, quanto mettere d'accordo le teorie di ciascuno con quelle degli altri, costruendone insieme una che, pur essendo ancora locale e limitata, sarà patrimonio di tutti.

Altri autori (McCloskey, 1983; Halloun & Hestenes, 1985; Maloney & Siegler, 1993) considerano invece la conoscenza comune e i preconcetti degli studenti come un ostacolo all'apprendimento, da rimpiazzare con la conoscenza scientifica⁴⁰.

Maloney e Siegler (1993), ad esempio, propongono un approccio alla questione basato sul problem solving. Gli autori spiegano che, quando una qualunque persona, esperta o meno, si avvicina ad un problema di fisica che richiede la conoscenza di un particolare concetto, si innesca un meccanismo di conflitto tra le varie modalità con cui quel determinato concetto è stato compreso dal soggetto. In questo articolo, la conoscenza comune è considerata come una modalità di comprensione intuitiva, dettata dalle proprie esperienze di vita e dalla cultura circostante, di un argomento che non è stato

⁴⁰ Quanto segue è tratto principalmente dall'articolo Maloney, David & Siegler, Robert. (1993). *Conceptual competition in physics learning*. International Journal of Science Education.

ancora affrontato formalmente. Una volta presentate le nozioni formali relative a quel particolare tema, queste, in un primo momento, coesisteranno ed entreranno in conflitto con le comprensioni intuitive antecedenti.

In questa prospettiva, la modalità di comprensione che vince la competizione di un dato problema sarà poi utilizzata per rappresentarlo e risolverlo. Per capire meglio cosa intendono gli autori, si consideri un classico caso di una massa posta su un piano inclinato: questo può essere affrontato da uno studente esperto utilizzando le leggi orarie oppure le leggi di conservazione dell'energia: la scelta tra queste due opzioni determina la modalità di comprensione dominante dello studente. È chiaro allora che in quest'ottica la conoscenza comune è qualcosa da superare attraverso questo conflitto, e compito dell'insegnante è quello di favorire la vittoria delle tipologie di comprensione formali rispetto a quelle intuitive. Dunque in questo caso la distinzione tra conoscenza comune e conoscenza scientifica appare evidentemente più marcata che nel precedente.

Se allora secondo diversi modelli l'apprendimento può avvenire attraverso due modalità, aggiungendo semplicemente nuovi elementi a quelli già esistenti, oppure modificando gli elementi di conoscenza già esistenti in modo da accomodarne di nuovi (Ausubel, 1978; White, 1988), nell'ottica di questo approccio il conflitto tra conoscenza comune e scientifica avviene quando i nuovi elementi non si adattano bene a quelli già esistenti. In questo caso le possibilità per risolvere la situazione sono due: o si tenta di ricostruire quella conoscenza di base per far accomodare i nuovi elementi, operazione che tuttavia richiede tempo ed energie, oppure questi vengono inseriti nella memoria a lungo termine, come elementi isolati. Ecco allora che se un elemento nuovo di conoscenza non è applicato nella risoluzione di particolari problemi, non è detto che non sia presente nella struttura cognitiva del soggetto (Maloney & Siegler, 1993).

Gli autori suggeriscono allora di confrontare le diverse tipologie di problemi riguardanti un determinato tema, in modo che gli studenti imparino le condizioni di applicabilità di diversi concetti fisici. Il processo di problem solving, infatti, prevede diversi step: in primo luogo lo studente utilizza la sua conoscenza di base per costruire una rappresentazione del problema; successivamente, deve compiere delle scelte strategiche: prima controlla se esiste qualche algoritmo applicabile in maniera meccanica, e, se ne esistono più di uno, seleziona il più appropriato. Se non si trovano algoritmi applicabili, comincia un'analisi concettuale, dove si selezionano i concetti ritenuti applicabili in quel contesto, scegliendo quello che si ritiene essere il più appropriato, e si determina come applicarlo. La richiesta di trovare le similarità e le differenze tra due o più problemi diversi, relativi ad uno stesso campo della fisica, permette di rendere esplicito il processo descritto in precedenza. Gli autori inoltre ritengono inadeguati i test, con finalità diagnostica e sommativa, composti semplicemente da uno o due problemi per ogni argomento trattato, poiché questi risultano insufficienti per comprendere la sorgente dell'errore di uno studente. Una valutazione adeguata richiede di rilevare sia i concetti dei quali lo studente è a conoscenza, sia se sono state comprese le condizioni di applicabilità di tali concetti in determinati contesti.

Dopo aver delineato questi aspetti, è possibile indagare quali siano nel concreto le difficoltà che si manifestano maggiormente negli studenti, tenendo in considerazione anche la metodologia utilizzata dagli autori per farle emergere, specialmente in relazione all'età del campione analizzato.

Il tema delle difficoltà degli studenti relative agli argomenti di cinematica è oggetto di studio della didattica della fisica già a partire dagli anni '80. Analizzando gli articoli dei principali autori sul tema si nota che è possibile suddividere gli studi in due linee di indagine⁴¹:

- la prima riguarda uno studio attento delle difficoltà degli studenti nella connessione dei grafici con i concetti di cinematica e con il mondo reale

⁴¹ Un riferimento a questa distinzione si trova nelle slide delle lezioni della professoressa Levrini di *Insegnamento della fisica, aspetti teorici e sperimentali* dell'a.a. 2021/2022

- la seconda indaga il legame tra conoscenza matematica e fisica.

È chiaro dunque che il tema principale che ha interessato gli studiosi in questo campo è quello della rappresentazione grafica di un sistema cinematico.

In questa review, mi soffermerò esclusivamente sulle difficoltà legate agli argomenti che ho trattato durante il tirocinio, ignorando quindi le parti degli articoli che parlano di altri temi, sempre legati alla cinematica, come il moto uniformemente accelerato.

Per rendere chiara la modalità con cui ho ricercato le informazioni all'interno degli articoli, di seguito elencherò i concetti che ho formalizzato in classe durante il percorso:

- posizione
- stato di moto
- stato di quiete
- velocità come rapporto tra spazio percorso e tempo impiegato
- velocità media come rapporto tra lo spostamento e l'intervallo di tempo considerato
- moto uniforme
- traiettoria
- spostamento
- intervallo di tempo.

Già a partire dagli anni '80 del secolo scorso, dagli studi dei principali autori in didattica della fisica (McDermott & Trowbridge, 1980; McDermott & Trowbridge, 1981, Halloun & Hestenes, 1985) hanno individuato le difficoltà che gli studenti hanno nel connettere ai grafici i concetti cinematici. In particolare, le ricerche hanno individuato che⁴²:

- gli studenti affermano che se due oggetti si trovano uno di fianco all'altro, allora viaggiano alla stessa velocità;
- gli studenti non distinguono né tra posizione e spostamento, né tra velocità e variazione di velocità. scrivono $v = x/t$ invece che $v = \Delta x/\Delta t$.
- gli studenti non distinguono tra "intervallo di tempo" ed "istante di tempo";
- gli studenti tendono a scrivere $v = d/t$, il che suggerisce una difficoltà nel distinguere la velocità media da quella istantanea;
- gli studenti non distinguono tra distanza e velocità.

Questi e altri lavori che sono giunti a risultati analoghi hanno dato vita ad altri studi più recenti che hanno tentato di indagare sul rapporto degli studenti con i concetti cinematici, in particolare legati all'uso dei grafici (McDermott *et al.*, 1987; Leinhardt *et al.*, 1990; Beichner, 1994; Wemyss & Van Kampen, 2013). Alle difficoltà citate in precedenza, ne sono state aggiunte di nuove:

- all'interno dei grafici lineari, calcolare la velocità sulla base dell'altezza dei punti, invece che sulla base della pendenza della retta, ovvero tendono ad assegnare velocità maggiore a punti ad ordinata maggiore;
- difficoltà nel far combaciare informazioni narrative con caratteristiche rilevanti del grafico;
- confondere un grafico spazio-temporale con la rappresentazione della traiettoria del corpo, nominato "graph-as-picture" (Leinhardt *et al.*, 1990);

⁴² Rielaborazione presa da Chang Physics Class (2021). *Student misconceptions on kinematics*
<https://changphysicsclass.com/2021/07/05/student-misconceptions-on-kinematics/>

- determinare se la velocità è costante: legato all'errore graph-as-picture, gli studenti non riescono ad intuire, a partire dalle caratteristiche del grafico, se il moto descritto sia o meno uniforme;
- determinare il valore della velocità: la maggior parte degli errori deriva dall'aver associato alla velocità il valore della posizione, altri hanno provato ad individuarne il valore attraverso l'interpretazione, non avendo evidentemente compreso che questa è data dal rapporto tra spazio percorso e tempo impiegato;
- incapacità nel capire come cercare le informazioni all'interno di un grafico

Il campione analizzato dalla maggior parte degli autori è composto studenti delle università (McDermott & Trowbridge, 1980; McDermott & Trowbridge, 1981, Halloun & Hestenes, 1985; McDermott, 1987; Wemyss & Van Kampen, 2013) appartenenti a corsi introduttivi di fisica, seguito, in rari casi, da studenti del college (Halloun & Hestenes, 1985; Beichner, 1994) e delle scuole medie (Beichner, 1994).

La maggior parte di questi autori privilegiano come modalità di indagine la somministrazione di test diagnostici. L'attenzione da porre è quella sottolineata da Maloney e Siegler(1993): questi devono essere progettati in modo da rilevare sia se i concetti sono stati appresi dallo studente, sia se sono state comprese le condizioni di applicabilità di tali concetti in determinati contesti.

Il secondo filone di studi, che cerca di indagare il legame tra conoscenza matematica e fisica, nasce dalla constatazione che le difficoltà degli studenti relative ai grafici cinematici derivino da una scarsa conoscenza della matematica non ha ottenuto alcun riscontro sperimentale. (McDermott, 1987; Leinhardt *et al.*, 1990; Woolnough, 2000). Alcuni autori (M. Planinic *et al.*, 2012; Ceuppens *et al.*, 2019) hanno allora sottoposto ad un campione di studenti a problemi complementari di matematica e fisica, che richiedono l'utilizzo dei grafici, confrontando gli approcci e i risultati ottenuti. Un esempio è presentato in **Figura 2.1**

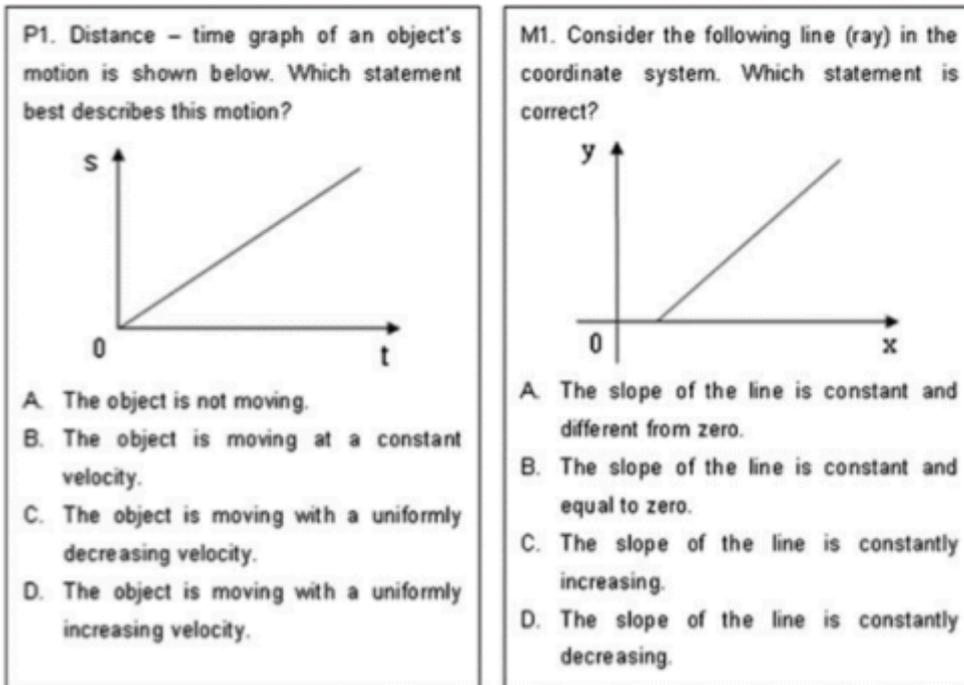


Figura 2.1. Un esempio di esercizi paralleli in matematica e fisica proposti agli studenti dagli autori. Fonte: Planinic, Maja & Milin Sipus, Zeljka & Katic, Helena & Susac, Ana & Ivanjek, Lana. (2012). Comparing student understanding of line graph slope in physics and mathematics. *International Journal of Science and Mathematics Education*. 2012. p. 1399.

Dallo studio è emerso che gli studenti hanno risultati migliori nelle prove di matematica rispetto alle prove complementari in fisica. Gli autori croati hanno provato a spiegare questo fatto affermando che, sebbene entrambe le discipline richiedono agli studenti di estrapolare dei dati dai grafici lineari, la fisica, in aggiunta, chiede di interpretare le informazioni ottenute all'interno del contesto fisico dato. Redish (2023), nel tentativo di dare una spiegazione alle difficoltà degli studenti in relazione ai grafici, suddivide questi ultimi in due categorie: grafici per gli occhi e grafici per la mente. I primi riguardano ciò che rappresenta una traiettoria, come le mappe, mentre i secondi sono rappresentazioni che richiedono delle analisi per essere interpretate. È in quest'ultima categoria che rientrano i grafici cinematici. Questa distinzione tornerà utile nel capitolo 4. L'autore definisce quattro abilità che ciascuno studente deve coltivare per utilizzare i grafici in maniera efficace in ambito fisico⁴³:

- costruire la rappresentazione e capire come codifica l'informazione matematica;
- interpretare che cosa l'informazione codificata nel grafico ci sta dicendo riguardo al sistema fisico;
- connettere la rappresentazione visiva del grafico con un'equazione che descriva il fenomeno;
- conoscere quando e come utilizzare i grafici in modo appropriato nei problemi fisici.

Ed elenca una serie di sfide che ciascuno studente deve affrontare per sviluppare ognuna di queste. Per quanto riguarda la prima abilità, le sfide riguardano una serie di capacità specifiche da coltivare che riguardano la struttura generale dei grafici le quali, anche in un contesto puramente matematico, sono necessarie per impostare correttamente la rappresentazione. Tra queste si trovano la costruzione degli

⁴³ Redish, Edward. (2023). *Using math in physics: 6. Reading the physics in a graph*.

assi, il loro orientamento, la definizione di un sistema di coordinate, e tutto ciò che serve per poter impostare il grafico. Successivamente occorre inserire i punti sul grafico, e leggerli come coppie associate, che possiedono un valore per l'ascissa ed uno per l'ordinata. Le ultime due capacità da sviluppare per affrontare questa prima sfida riguardano lo studio di funzione, argomento troppo avanzato per studenti di seconda media. Quello che l'autore nota è che difficilmente gli studenti riescono a trasferire queste abilità apprese durante i corsi di matematica in un contesto fisico. Per la seconda abilità, la sfida principale riguarda la capacità di superare gli ostacoli che gli studenti incontrano nell'ambito di interpretazione, analisi e produzione di grafici. L'autore fa riferimento alle difficoltà elencate in precedenza, che non riscrivo.

La terza abilità esula dal programma affrontato durante il tirocinio, mentre l'ultima è un tema cardine del percorso didattico proposto in questa tesi. Redish (2023) afferma che i problemi che nascono in questo caso sono di natura epistemologica, primo tra tutti il *framing*, ovvero doversi chiedere, davanti ad un problema, "Cosa sta succedendo qui? Data questa situazione, quale conoscenza devo applicare?". Questo step è spesso inconscio, e può portare a diversi problemi, come:

- vedere i grafici come una soluzione ad un problema, e quindi come scopo di un'attività, piuttosto che come strumento di *sense-making*;
- trattare i grafici in termini matematici anziché utilizzarli per esprimere informazioni fisiche;
- non comprendere che una situazione fisica possa essere riassunta da più grafici.

I quattro ambiti descritti da Redish saranno il riferimento principale per lo sviluppo di competenze legate alla produzione ed analisi dei grafici cinematici durante il progetto di tesi proposto.

2.2. Implicazioni per l'insegnamento

Gran parte degli articoli riportati nel paragrafo precedente concludono con una sezione dedicata alle implicazioni per l'insegnamento, legate alle difficoltà individuate nello studio. Altri autori, invece, a partire dalle misconcezioni individuate dalla letteratura, hanno messo in pratica e valutato determinate strategie didattiche, che saranno riportate in questo paragrafo.

Cominciando dagli articoli riguardanti le difficoltà degli studenti nella connessione dei grafici con i concetti di cinematica e con il mondo reale, citati nel paragrafo precedente, le implicazioni didattiche proposte dagli stessi autori (McDermott & Trowbridge, 1981; Halloun & Hestenes, 1985; McDermott *et al.*, 1987) sono:

- applicare le definizioni di spostamento e velocità in tipologie diverse di moto, in modo da interiorizzare il significato di questi concetti;
- utilizzare dei sensori del moto in grado di tradurre i movimenti degli studenti in grafici cinematici, per legare l'apprendimento alla pratica;
- far esercitare gli studenti nella lettura, analisi e produzione di grafici in altri contesti oltre alla cinematica, in modo da far sviluppare un'abilità generale di lavoro con i grafici agli studenti;
- rappresentare in forma grafica il moto di un oggetto visualizzato in laboratorio, e riprodurre in forma sperimentale ciò che è rappresentato su un grafico cinematico, per sviluppare l'abilità di passare dalla realtà ai grafici e viceversa.

In letteratura esistono studi che hanno realizzato e analizzato un percorso didattico basato su alcuni degli spunti sopracitati, e che ci permettono di verificare la loro reale efficacia. Ad esempio, legato al secondo punto, Gagliardi e Giordano (2014) presentano un percorso didattico realizzato all'interno di una classe seconda di una scuola media, nel quale si utilizza un sistema MBL, un sensore di movimento

capace di tradurre in grafico il moto degli studenti, per aiutare gli studenti nella comprensione dei concetti cinematici. Inizialmente gli alunni osservano il grafico rappresentante il moto dell'insegnante tracciato dal computer attraverso il sistema MBL, e, cercando di dare senso a quello che vedono, scoprono che cosa rappresentano gli assi. In un momento successivo l'insegnante ha lasciato gli studenti liberi di utilizzare il sistema: la classe ha allora avuto la possibilità di giocare a produrre forme diverse, attirati soprattutto dal fatto che, rimanendo fermi, il computer traccia sul grafico una linea orizzontale.

Dopo aver tentato di riprodurre varie immagini, si è passati all'analisi sia della forma complessiva che delle sue parti punto per punto utilizzando il cursore. In più, utilizzando la funzione zoom, gli studenti hanno potuto capire che il grafico non è continuo, ma che è composto da punti discreti, come hanno notato ad un'opportuna scala. L'insegnante ha dunque assegnato ai ragazzi il compito di realizzare "un progetto di movimento a parole, con un grafico, con disegni, etc." (Gagliardi & Giordano, 2014, p.185) e a riprodurlo con il sensore MBL, per vedere se questi coincidono. Gli autori affermano che "un'eventuale segnalazione di errore del computer o la non corrispondenza tra grafico previsto e grafico ottenuto sono per i ragazzi un feedback molto più efficace di qualsiasi valutazione dell'insegnante e [gli studenti] si attivano per risolvere l'eventuale discrepanza finché non hanno successo" (Gagliardi & Giordano, 2014, p.185). Il lavoro si conclude con la costruzione della tabella (p,t) a partire dalla tabella (p,t), cercando di collegare alle attività svolte i concetti di: velocità istantanea, velocità media su piccoli tratti, velocità media complessiva, velocità media equivalente per moti rappresentati su traiettoria curvilinea.

Alcuni studi (Bétrancourt & Tversky, 2000; Ploetzner & Lippitsch, 2006), tuttavia, mettono in dubbio l'efficacia dell'utilizzo parallelo di diverse tipologie di rappresentazione. Lo studio degli autori tedeschi parte dal presupposto che aggiungere rappresentazioni iconiche, come il disegno di una macchina che si muove lungo il percorso, e di "stamp diagram", che rappresentano l'andamento della posizione, della velocità e dell'accelerazione nel tempo, si veda **Figura 2.2.**, aiutino a comprendere con più facilità la relazione tra fenomeni motori e grafici cinematici. Il campione è composto da studenti con età compresa tra i 16 e i 17 anni, che vengono suddivisi in tre gruppi. Utilizzando il software PAKMA, al primo gruppo si permette di visualizzare solo delle simulazioni dinamiche di vari fenomeni del moto e i relativi grafici, al secondo si aggiunge una rappresentazione iconica del moto, e al terzo si aggiungono ulteriormente i "stamp diagram". Il livello dei gruppi è omogeneo. L'aggiunta di rappresentazioni iconiche e di "stamp diagram" non ha aiutato gli studenti a comprendere meglio la relazione tra fenomeni e grafici cinematici, al contrario, i membri degli ultimi due gruppi hanno ottenuto risultati peggiori, specialmente nei quesiti riguardanti i concetti di forza ed accelerazione. Il secondo studio conferma quanto detto nel primo: i risultati raggiunti in ambito cinematico da due gruppi di studenti di livello omogeneo non presentano particolari differenze, nonostante solo ad uno dei due siano stati forniti anche rappresentazioni iconiche del moto.

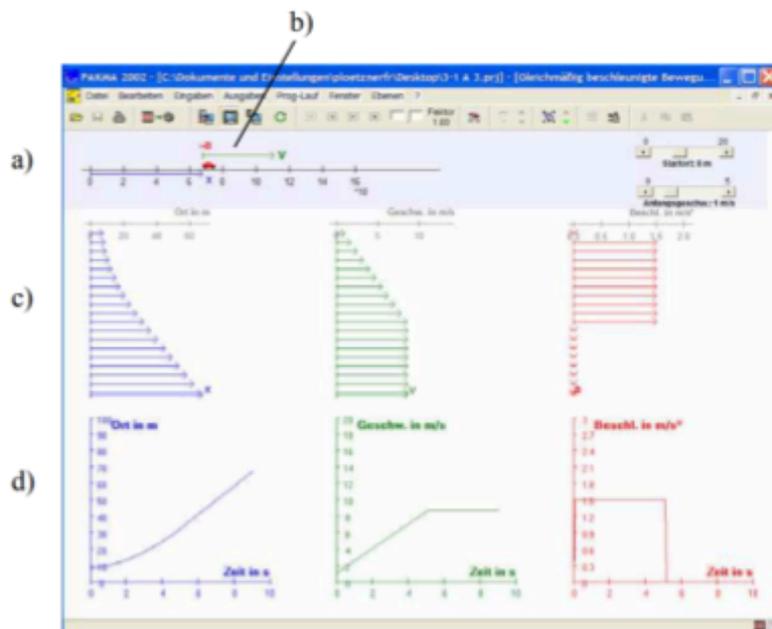


Figura 2.2. Esempio di display del software PAKMA. Con la lettera a) si indica la simulazione dinamica di un fenomeno motorio, la lettera b) la rappresentazione iconica (in questo caso un'automobile), la lettera c) gli stamp diagram, la lettera d) le rappresentazioni grafiche dinamiche. Ciascun gruppo ha a disposizione le funzioni a) e d), il secondo gruppo ha in aggiunta a disposizione la funzione c), il terzo la funzione c) e d). Fonte: Ploetzner, Rolf & Lippitsch, Stefan & Galmbacher, Matthias & Heuer, Dieter. (2006). *Students' Difficulties in Learning Physics from Dynamic and Interactive Visualizations*. ICLS 2006 p. 551

Già sei anni prima, Bétrancourt e Tversky hanno stipulato due criteri fondamentali per l'efficacia delle animazioni al computer legate alla didattica, etichettati come *mappe concettuali* e *concisione*. Questo si traduce nel fatto che "una grafica efficace mappa in modo diretto e semplice le informazioni da convogliare negli aspetti del display" (Bétrancourt & Tversky, 2000, p.17).

Legato invece al quarto punto, uno studio condotto da McDermott e Rosenquist (1987) tenta di mostrare come un insegnamento basato sull'osservazione di moti reali aiuti gli studenti a sviluppare una "comprensione qualitativa" di aspetti della cinematica, e nello specifico a comprendere che la velocità è una quantità continuamente variabile, a distinguere tra i concetti di posizione, velocità e variazione di velocità, ed infine a fare connessioni tra vari concetti cinematici, la loro rappresentazione grafica, e il moto di oggetti reali. Per capire in che modo l'osservazione di moti reali aiuta a giungere a questo tipo di comprensione, di seguito fornisco l'esempio di un'attività, incentrata sulla difficoltà individuata da uno studio già citato in precedenza (McDermott & Trowbridge, 1980), che riguarda la distinzione tra le idee di "stessa posizione" e "uguale velocità", che si manifesta quando una persona afferma che due oggetti hanno la stessa velocità quando si trovano uno di fianco all'altro. Gli autori hanno mostrato agli studenti due situazioni di moto: il rotolamento di una sfera che parte da ferma su un piano inclinato e il rotolamento di un'altra sfera su una superficie piana a velocità costante (nel limite del caso reale) su un tratto di lunghezza uguale al piano inclinato. È chiaro a tutti che inizialmente la velocità della prima sfera sarà minore, e che al termine della discesa il valore di questa avrà superato quello della prima. La domanda è: in quale momento le due sfere hanno la stessa velocità? Inizialmente gli studenti osservano il moto delle due sfere separatamente, poi insieme (a). Quando viene posta loro la domanda, la risposta andata per la maggiore è stata quella attesa, ovvero che le due sfere hanno la stessa velocità quando si trovano una di fianco all'altra. Si fanno osservare allora agli studenti altri due casi di moto: nel primo, due sfere che si muovono alla stessa velocità, una davanti all'altra (b); nel secondo, due sfere che si muovono a velocità costante ma diverse in valore, con quella più veloce che supera la più lenta (c). A questo punto gli studenti dimostrano di aver compreso che due oggetti possono avere la stessa velocità anche senza essere uno di fianco all'altro, e riescono ad individuare il momento in cui questo accade, utilizzando come criterio il fatto che quando

le due sfere mantengono la stessa distanza per un certo periodo di tempo, pur limitato, è lì che i valori delle velocità sono uguali. Questa strategia, a detta degli autori, “illustra il nostro approccio alla differenziazione di concetti legati. Nel momento in cui emerge il sospetto che gli studenti non distinguono un concetto dall’altro, si fornisce una situazione che evochi la difficoltà” (McDermott & Rosenquist, 1987, p.409). La sequenza risulta importante: se per primo fossero stati mostrati i moti (b) e (c), anche gli studenti con la misconcezione che due corpi hanno la stessa velocità quando si trovano uno di fianco all’altro avrebbero risposto correttamente al quesito legato all’osservazione (a). Una volta mostrato un moto diverso, tuttavia, la difficoltà avrebbe potuto emergere nuovamente. Con questa modalità, invece, gli studenti hanno potuto correggere il proprio errore ed estendere la distinzione tra “stessa posizione” e “velocità uguale” a qualunque tipo di moto.

L’articolo propone altri esempi di attività legate all’apprendimento di concetti cinematici attraverso l’osservazione dei moti di alcuni oggetti, come la stesura di un grafico a partire da un esperimento, o, viceversa, la rappresentazione in laboratorio di un moto descritto da un grafico. Queste attività, così come la precedente, sono strutturate per studenti universitari frequentanti corsi preparatori, che non hanno ricevuto in precedenza un’istruzione prettamente fisica. Gli autori tuttavia consigliano di estenderle anche a studenti pre-college, adoperando “ulteriori modifiche”. I risultati ottenuti dagli studenti che hanno partecipato a questo progetto al termine del percorso universitario confermano che il livello raggiunto in termini di comprensione dei concetti cinematici è analogo a quello degli studenti con un miglior background in fisica. La ricerca in didattica della fisica sottolinea l’importanza di promuovere un apprendimento attivo (Tejeda & Alcaron, 2015, Hernandez *et al.*, 2021, Mbwire & Ntivuguruzwa, 2023), attraverso esperienze derivate dalla vita di tutti i giorni (Hernandez *et al.*, 2021), o attività legate all’uso di tutorial (Tejeda & Alcaron, 2015). In particolare quest’ultimo approccio, per quanto abbia portato a risultati incoraggianti, presenta ancora un numero esiguo di ricerche a riguardo, l’invito degli autori è dunque quello di intraprendere ulteriori ricerche in questo ambito.

Passando ora al filone riguardante il legame tra la conoscenza fisica e matematica, studi particolarmente rilevanti sono quelli di Redish (2023). Prima di tutto, assunto che l’abilità di lavorare con i grafici in campo matematico non è automaticamente trasferibile in campo fisico, l’autore invita a porre agli studenti dei quesiti progettati con cura, iniziando da situazioni molto semplici, che diverranno via via sempre più complesse. Occorre cominciare con l’obiettivo di interpretare il grafico di una singola situazione, chiedendo agli studenti di interpretare la fisica dietro i punti della rappresentazione, attivando un primo processo di correlazione tra conoscenza matematica e fisica. In un momento successivo aumenta il livello di complessità della richiesta: l’obiettivo diventa collegare grafici diversi a situazioni fisiche diverse, con le stesse variabili in gioco. Ad esempio si può chiedere agli studenti di confrontare diversi tipi di grafici spazio temporali, individuare il tipo di moto, confrontare le velocità medie in determinati intervalli di tempo... .

Lo step successivo è quello di descrivere una stessa situazione con diverse tipologie di grafici, osservando come ciascuna fornisca informazioni diverse. Infine, l’ultimo step di questa progressione didattica riguarda il collegamento di grafici diversi a situazioni diverse: lo studente deve essere in grado di distinguere due tipologie di moto differenti attraverso due tipologie di grafici differenti, ed individuare per ciascun evento le rappresentazioni correlate.

Ancora una volta, l’autore sottolinea come l’uso dei grafici non deve rappresentare un ostacolo per l’apprendimento della fisica, ma anzi deve essere percepito dagli studenti come metodo più efficace per unire i concetti alle relative equazioni: attraverso queste rappresentazioni, infatti, è possibile esplorare come fenomeni fisici dipendano dai parametri espressi in un determinato problema.

Redish elenca una serie di esercizi e problemi da proporre ai propri studenti, attraverso quesiti a risposta multipla, che includono anche l’opzione “nessuna delle precedenti”. È molto importante

questo aspetto, perché aiuta gli studenti a ragionare sulla connessione tra il grafico e la situazione fisica, non solo sulla risposta. Il tema della produzione dei grafici dev'essere affrontato parallelamente a quello dell'analisi: gli studenti non possono imparare a leggere un grafico senza esercitarsi nella loro produzione.

Richiamando l'importanza del ruolo delle istituzioni nella progettazione didattica, è opportuno verificare se i suggerimenti sopra citati siano conciliabili con quanto stipulato dalle Indicazioni Nazionali⁴⁴ per il curricolo della scuola dell'infanzia e del primo ciclo di istruzione, che forniscono un quadro sulle conoscenze e competenze che gli studenti devono sviluppare al termine della scuola secondaria di primo grado, suddividendoli nei vari argomenti propri di ciascuna disciplina. Legato al tema della cinematica, all'interno del profilo di competenze si trova la capacità di analizzare dati e fatti della realtà e di verificare l'attendibilità delle analisi quantitative e statistiche proposte da altri. Entrando nei traguardi specifici al termine della classe terza della scuola secondaria di primo grado, la fisica è inserita nella disciplina "scienze", e, nello specifico della cinematica, compare, tra gli obiettivi di apprendimento, l'utilizzo del concetto fisico di velocità in varie situazioni di esperienza, raccogliendo dati su variabili rilevanti di differenti fenomeni, trovando relazioni quantitative ed esprimendole con rappresentazioni formali di tipo diverso (MiM, 2012, p.56).

È evidente dunque che le Indicazioni Nazionali forniscono solo un quadro molto generale degli obiettivi di apprendimento legati alla fisica, in particolare alla cinematica.

Nel 2018 un nuovo documento del MiM⁴⁵ sottolinea ancora una volta come la cittadinanza rimanga lo sfondo integratore di ogni disciplina, e riconosce nel pensiero scientifico uno strumento culturale che permette a ciascun individuo di sviluppare il pensiero logico e critico e dunque poter leggere la complessità della realtà in modo razionale.

Si rinnova l'invito già annunciato nel documento del 2012, ovvero di creare "una nuova alleanza fra scienze, storia, discipline umanistiche, arti e tecnologia, in grado di delineare la prospettiva di un nuovo umanesimo" (MiM, 2012, p.7). Le modalità non richiedono tuttavia la modifica della dimensione organizzativa scolastica, ma si rinnova la richiesta di attuare una riflessione sui contenuti delle singole discipline.

2.3. Domande di ricerca

In questo capitolo e nel precedente ho fornito una panoramica dei principali report e progetti a livello mondiale, europeo ed italiano riguardanti la situazione attuale relativa all'istruzione legata alla sostenibilità ambientale e alle discipline STEM, insieme ad una review della letteratura in didattica della fisica riguardo alle principali difficoltà degli studenti legate ai concetti di cinematica.

Parallelamente alla richiesta di operare una riflessione dei contenuti delle discipline tradizionali e di promuovere un rinnovamento delle stesse capace di includere temi complessi di attualità, come la sostenibilità ambientale, negli ultimi anni il Consiglio Europeo e, successivamente, il Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca, hanno avviato un processo di ripensamento della didattica proposta dalle discipline STEM, affermando chiaramente che "le sfide di una modernità sempre più complessa e in costante mutamento non possono essere affrontate che con una prospettiva interdisciplinare" (MiM, 2023, p.2). L'obiettivo di sviluppare in ciascun individuo competenze che permettano di orientarsi in una realtà sempre più complessa sembra dunque accomunare l'educazione dei temi di sostenibilità ambientale e delle STEM. La domanda di ricerca affrontata in questo lavoro di tesi è duplice: <<Come si può integrare la sostenibilità, intesa sia come

⁴⁴ Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca (2012). *Indicazioni Nazionali per il curricolo della scuola d'infanzia e del primo ciclo*

⁴⁵ Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca (2018). *Indicazioni Nazionali e nuovi scenari*

tema che come modo di ragionare, nell'insegnamento della fisica, in modo da sviluppare competenze di sostenibilità legate alla disciplina (i.e. GreenComp)? E come, a sua volta, può la sostenibilità contribuire a rigenerare il sapere fisico, mettendo in evidenza la sua autenticità e aiutando gli studenti a superare le difficoltà di apprendimento in un percorso didattico orientato alla sostenibilità?>>. Per rispondere a questa domanda è stata progettata, realizzata ed analizzata una proposta didattica all'interno di una classe seconda di una scuola secondaria di primo grado, con l'obiettivo di ancorare i temi di sostenibilità ambientale alla cinematica, identificando al suo interno dei pilastri da cui poter rigenerare la conoscenza che questa disciplina propone, in modo da integrare in modo efficace le questioni cruciali di oggi.

Attraverso attività di questo tipo gli studenti avranno modo di raggiungere gli obiettivi di apprendimento legati alla cinematica e di sviluppare parallelamente competenze legate alla sostenibilità ambientale.

Riguardo al primo aspetto, infatti, perché la proposta didattica sia davvero efficace, occorre che il progetto permetta di mantenere intatte le pratiche proprie della disciplina. Per questo motivo è stato necessario effettuare una review degli articoli in didattica della fisica, dalla quale è emerso che le principali difficoltà che gli studenti hanno nell'effettuare analisi cinematiche derivano da una mancata abilità nell'uso dei grafici. Questa tipologia di rappresentazione sarà dunque introdotta dalla prima attività, e i concetti di cinematica saranno formalizzati attraverso attività di produzione e analisi della stessa. All'interno della domanda di ricerca citata in precedenza, ne sorgono dunque altre più specifiche relativi ai temi della cinematica e della sostenibilità ambientale, ovvero:

1. In che modo l'integrazione dei temi di sostenibilità nella didattica della fisica può migliorare la comprensione degli studenti riguardo alla cinematica?
2. Quali sono le principali difficoltà che gli studenti incontrano nella costruzione e interpretazione dei grafici cinematici, e come possono essere superate nel contesto di un percorso didattico orientato alla sostenibilità? In particolare, in che modo le rappresentazioni grafiche possono facilitare o ostacolare la comprensione degli studenti riguardo ai concetti cinematici in un contesto di insegnamento che include temi di sostenibilità?
3. In che misura un percorso didattico progettato attorno ai temi della mobilità sostenibile può contribuire a sviluppare competenze legate alla sostenibilità tra gli studenti della scuola secondaria di primo grado? E, nello specifico, quali tipi di competenze è stato possibile sviluppare attraverso questo percorso?

CAPITOLO 3. L'intervento in classe

Il percorso si colloca all'interno del programma di scienze della scuola secondaria di primo grado. Nel caso specifico della mia tesi, le attività sono state proposte ad una classe seconda, ma, non necessitando di particolari prerequisiti per poter essere affrontate, se non la capacità di eseguire calcoli con le frazioni già appresa durante la scuola primaria, il progetto è adattabile a qualsiasi classe di questo grado scolastico. In aggiunta, il percorso è strutturato in modo da poter essere incluso, almeno in parte, nelle 33 ore di educazione civica previste dalla legge 92 del 20 agosto 2019: l'obiettivo del progetto, infatti, è quello di integrare efficacemente i temi di sostenibilità ambientale all'interno del tradizionale piano di studi legato alla cinematica, permettendo a ciascuno studente di progredire nello sviluppo delle competenze di sostenibilità introdotte dalla JCR e ampliate da CLIMADEMY, raggiungendo parallelamente gli obiettivi di apprendimento legati alla cinematica delineati dalle Indicazioni Nazionali.

L'idea di svolgere un tirocinio all'interno di una scuola secondaria di primo grado è nata dalla volontà di creare un progetto che già in questo grado scolastico sia capace di rigenerare la conoscenza propria di una disciplina come la fisica in modo da poter integrare i temi di sostenibilità ambientale e rispondere alle richieste che giungono dalle istituzioni mondiali, europee ed italiane. Il percorso, prendendo spunto dal progetto *Dear Data* dell'artista Giorgia Lupi⁴⁶, propone l'integrazione di una prospettiva umanistica all'uso dei dati (Lee *et al.*, 2021), invitando gli studenti a ragionare sul rapporto tra spazio e tempo modellizzato su situazioni diverse: un grafico, una mappa, un problema reale, utilizzando anche narrazioni e disegni, mantenendo come filo conduttore di ciascuna attività la complementarità dei linguaggi, che si traduce nell'utilizzo parallelo di tipologie di rappresentazioni differenti per descrivere uno stesso evento. Il collegamento tra la fisica e la sostenibilità ambientale si sviluppa attraverso l'analisi cinematografica di un viaggio, descritto mediante grafici, narrazioni o disegni, a partire dalla quale è possibile ricavare il mezzo di trasporto utilizzato per effettuarlo, e quindi calcolare l'impatto ambientale, in termini di CO₂ emessa o evitata, a cui questo ha portato. In questo modo l'analisi cinematografica non viene percepita come il fine dell'attività, ma come strumento utile per affrontare uno dei problemi più importanti di oggi, ovvero il cambiamento climatico, contribuendo al superamento della visione dell'educazione scolastica come indottrinamento di concetti lontani dalle questioni rilevanti odierne⁴⁷, promuovendo la cinematica come uno strumento che può effettivamente aiutare a progettare futuri sostenibili.

La sfida principale è quella di non trattare la fisica e la sostenibilità ambientale come due temi distinti sviluppati in parallelo nel corso del progetto, ma attuare una vera e propria integrazione di questi ultimi all'interno del programma di scienze in un'ottica olistica, nella quale le abilità acquisite in cinematica aiutano a sviluppare le competenze legate alla sostenibilità ambientale, e viceversa.

Per fare ciò, è necessario riprendere la didattica della cinematica tradizionale e rivederla in una prospettiva più ampia, capace di generare conoscenze e abilità non solo legate alla fisica, ma estendibili anche all'acquisizione di competenze in materia di sostenibilità ambientale. Il modello che ha guidato l'inserimento di queste ultime all'interno delle attività proposte durante il tirocinio è il *Template for Activities*, descritto nel capitolo 1. Ho progettato ogni attività chiedendomi fin da subito in che modo le abilità sviluppate si inseriscano nel quadro del competence framework di CLIMADEMY, e come il raggiungimento degli obiettivi legati a queste ultime sarebbe stato valutato, dove possibile.

⁴⁶ Lupi, Giorgia et al. (2016). *Dear data : a friendship in 52 weeks of postcards*. Princeton Architectural Press, New York. Sito web del progetto: <https://giorgialupi.com/dear-data>

⁴⁷ Il progetto contribuisce a rispondere alle problematiche individuate dai partner dell'hub italiano di CLIMADEMY, a partire dalle quali hanno impostato il modello pedagogico del progetto. Fonte: https://www.youtube.com/watch?v=npK_Ek2Nt0M&t

Riguardo la didattica della cinematica, invece, dagli studi analizzati nel capitolo 2 è emerso che i principali errori degli studenti derivano da difficoltà nei processi di produzione ed analisi dei grafici. Questa tipologia di rappresentazione è dunque introdotta fin dalla prima attività, presentando e formalizzando i concetti cinematici attraverso essa. Il riferimento principale per lo sviluppo di abilità legate all'utilizzo dei grafici in ambito fisico è l'analisi effettuata da Redish, legata alle quattro abilità principali che ciascuno studente deve sviluppare e le sfide ad esse associate, descritta nel paragrafo 2.1.

Riprendendo il tema della complementarità dei linguaggi, l'idea è che rappresentare i dati cinematici in forma narrativa e attraverso immagini, insieme all'utilizzo dei grafici, fosse il modo migliore per aiutare gli studenti a comprendere cos'è un grafico cinematico, cosa lo distingue dalle altre forme di rappresentazione, che tipo di dati vuole presentare e, di conseguenza, perché sono così fondamentali in fisica. Si consideri allora un viaggio descritto attraverso un testo, delle immagini, ed un grafico: da tutte e tre le rappresentazioni è possibile ricavare dei dati da cui effettuare delle analisi cinematiche, ma ciascuna li presenta in modo diverso, a seconda della propria finalità. Mentre i racconti e i disegni hanno lo scopo di descrivere il viaggio arricchendolo di particolari narrativi e iconici, facendo dunque leva sull'emotività di chi li visualizza, i grafici sono costruiti esclusivamente per evidenziare le relazioni che intercorrono tra i dati cinematici ed agevolare la loro analisi. L'obiettivo è quello di guidare gli studenti alla comprensione della natura di questi ultimi attraverso attività di questo tipo, nelle quali viene chiesto loro di analizzare e produrre varie tipologie di rappresentazione che descrivono un viaggio: a partire dai dati ricavati, sarà inoltre possibile risalire al mezzo di trasporto utilizzato, ancorando all'analisi effettuata il tema della mobilità sostenibile. In questo modo è possibile sviluppare contemporaneamente abilità legate alla cinematica e alla sostenibilità ambientale.

Entriamo ora nella descrizione del progetto. Ho avuto a disposizione nove ore per la sua realizzazione, suddivise in tre blocchi da due ore e tre blocchi da un'ora.

Le attività sono state svolte nell'ultimo mese dell'anno scolastico, per il semplice motivo che la professoressa di matematica e scienze della classe ha deciso di inserire l'argomento in quel periodo.

Gli obiettivi generali dell'intero percorso sono:

- formalizzazione e comprensione dei concetti di cinematica propri del curriculum di scienze della scuola secondaria di primo grado: i riferimenti principali sono stati le Indicazioni Nazionali, il libro di testo utilizzato dalla classe e il materiale didattico che la docente è solita proporre alle proprie classi;
- sviluppo delle abilità grafiche e comprensione della natura della rappresentazione: quali sono le sue caratteristiche, che tipo di informazione codifica, cosa la distingue dalle altre rappresentazioni, come si collegano i concetti cinematici ad un grafico;
- sviluppo di competenze di sostenibilità: il legame tra la cinematica e le tematiche di sostenibilità ambientale si sviluppa attraverso attività che prevedono l'esplorazione di sistemi su diversi livelli di analisi. Queste esperienze permettono di accrescere in particolare le competenze di pensiero sistemico, critico e di definizione del problema, senza dimenticare che queste non possono essere sviluppate senza considerare la competenza di sostenibilità nel suo complesso.

Per questo motivo gli obiettivi di ciascuna attività saranno divisi in due categorie, dividendo quelli relativi alla comprensione dei concetti di cinematica e allo sviluppo di abilità grafiche da quelli relativi allo sviluppo di competenze di sostenibilità ambientale. Riguardo a queste ultime, si specificherà come ciascuna attività permetta la progressione di ogni studente nei quattro settori delineati dal competence framework di CLIMADEMY, secondo il modello del *Template for Activities*, evidenziando la stretta connessione che intercorre tra le stesse.

Di seguito, inserisco il programma della parte in aula svolta durante il tirocinio:

Attività	Durata
Periodo di osservazione	metà marzo - inizio maggio
Prova preliminare	2 ore in classe + compito a casa
Lezione “viaggio a Trento”	2 ore
Lavori di gruppo	2 ore
Restituzione dei lavori di gruppo	2 ore
Questionario finale	1 ora

Tabella 3.1. Programma delle attività svolte durante il tirocinio.

3.1. Il contesto scolastico e il periodo di osservazione

La scuola secondaria di primo grado che mi ha ospitato è stata quella che ho frequentato io stesso. Questo è un aspetto molto importante, perché mi ha permesso di entrarci avendo già bene in mente la sua struttura, gli spazi e i materiali di cui potevo usufruire, l'idea di istruzione che quell'istituto ha.

All'interno della scuola è data grande importanza alle discipline scientifiche, come testimonia un ampio laboratorio di scienze, fornito di materiale per esperimenti in vari ambiti, dalla chimica alla fisica, e la presenza molto sostenuta ed incentivata di una squadra di matematica dell'istituto, selezionata e preparata attraverso attività pomeridiane. Ogni aula è dotata di una LIM, e ogni classe può utilizzare, per scopi didattici e valutativi, dei chromebook portatili. La scuola inoltre garantisce la presenza di un docente di sostegno per ogni ora curricolare.

La professoressa che è stata mia tutor, con cui ho avuto modo di collaborare anche in altri ambiti negli scorsi anni, è stata la mia docente in passato. Il nostro rapporto era già buono prima di cominciare l'esperienza, per cui non è stato difficile co-progettare delle attività dedicate alla cinematica insieme a lei.

La classe seconda in cui ho attuato il progetto è composta da 25 alunni, più un altro studente, figlio di proprietari di giostre, che si è unito per un breve periodo, e ha assistito solo a una parte delle attività che ho proposto.

Ho iniziato il tirocinio a metà marzo, ma le attività del progetto sono cominciate solo in maggio. Durante il primo periodo, ho avuto modo di osservare la classe durante le ore di matematica e scienze, inquadrando ogni studente, dal punto di vista comportamentale, cognitivo e dell'interesse mostrato verso la materia. Come spiegato nel paragrafo 2.1., la prima parte del tirocinio è stata fondamentale per valutare il grado di maturazione medio della classe, l'interesse per le discipline di matematica e scienze, le competenze sviluppate, e, non meno importante, la motivazione degli studenti. Ho affiancato la professoressa in qualche spiegazione, e ho avuto modo di fornire un tutoraggio ad alcuni studenti in difficoltà, fatto che mi ha permesso di creare un legame con loro prima di iniziare le mie attività.

Gli argomenti trattati durante le ore scolastiche sono stati: le proporzioni e le percentuali in aritmetica, il teorema di Pitagora e le sue applicazioni in geometria, la dinamica, inclusi i concerti di forza, baricentro e leve, con tipologie ed applicazioni.

Ho dunque avuto modo di osservare qual è stato il primo impatto degli studenti con la fisica, essendo il primo argomento nel programma di scienze proprio di questa disciplina. In generale, la classe ha un rendimento nella media in matematica e scienze, con un soggetto particolare portato per le materie, alcuni molto bravi e qualcuno che fa molta fatica, sia per limiti cognitivi che per poca voglia di studiare.

La partecipazione non era delle migliori e, ascoltando anche i pareri di alcuni professori, sembra che sia molto complicato trovare qualcosa che stimoli l'interesse degli studenti in profondità. Tuttavia non esistono elementi che disturbano la lezione in modo esagerato, e, sebbene sia difficile ottenere e mantenere l'attenzione degli studenti, questa non è mai stata alterata dall'interruzione da parte di alcuni soggetti della classe.

Aver svolto il tirocinio nell'ultima parte dell'anno ha sicuramente influito negativamente sull'esito delle attività: gli studenti erano stanchi per i mesi passati, e questo ha inciso sul loro rendimento. Durante le lezioni di scienze su argomenti di dinamica, la professoressa ha tentato di coinvolgere la classe, integrando le lezioni frontali con semplici esperimenti proposti agli studenti, utilizzando materiali di uso scolastico o casalingo. Nonostante la maggior parte degli studenti abbia affrontato con entusiasmo ed impegno questa parte, l'interesse per la fisica non sembra essere molto alto. Ho ricevuto pochi commenti espliciti sulla disciplina, tutti negativi, ma che rappresentano un dato troppo povero. I risultati della verifica sulla parte di dinamica, mediamente inferiori a quelli delle altre verifiche, sembrano confermare questa ipotesi.

3.2. Prova preliminare

Prima di affrontare l'intero percorso di cinematica, agli studenti è stata proposta una prova preliminare, divisa in due parti. Per questioni tempistiche, una parte è stata svolta in classe, nell'arco di un'ora, con l'utilizzo dei chromebook, mentre la seconda è stata eseguita a casa per compito. Ovviamente questo ha influito sui risultati: la prima parte è stata svolta da 25 studenti su 26, mentre la seconda solamente da 21, nonostante gli alunni fossero stati avvisati che chi non l'avesse eseguita avrebbe avuto una penalità nella verifica finale. In più, come verrà sottolineato nell'analisi, lo svolgimento degli ultimi esercizi a casa ha portato ad una maggiore leggerezza di esecuzione, e ad un minore impegno, per quanto il tempo a disposizione fosse maggiore di quello avuto in classe, circoscritto all'ora di lezione.

Dato che il giorno entro cui svolgere la prova è coinciso con la prima attività del progetto, descritta nel paragrafo successivo, chiedere agli studenti che non avevano eseguito il compito di svolgerlo comunque a casa avrebbe sicuramente restituito dati poco accurati, in quanto non si sarebbe più trattato di prove "preliminari", ma eseguite a percorso già avviato.

La lezione successiva alla prima parte della prova preliminare ha previsto la formalizzazione di alcuni concetti di cinematica, effettuata a partire dalla correzione della prova stessa.

Gli obiettivi legati alla cinematica della prova preliminare sono:

Prima parte

- formalizzazione, durante la correzione della prova, dei concetti di: posizione, stato di moto, stato di quiete, traiettoria, spostamento, intervallo di tempo, velocità media, velocità costante e moto uniforme, in linea con gli obiettivi di apprendimento delineati dalle Indicazioni Nazionali e con il programma suggerito dal libro di testo. In particolare, la prima parte della prova preliminare sviluppa i seguenti temi:
 - introduzione del concetto di velocità media: questa compare solo nel secondo esercizio, mentre nel primo si introduce l'idea di velocità attraverso un caso di moto uniforme. L'idea è quella di partire dalla tipologia di moto più semplice, in modo da focalizzare l'attenzione degli studenti esclusivamente sul fatto che la velocità è data dal rapporto tra una distanza e l'intervallo di tempo ad essa associato. Una volta compreso questo concetto, nell'esercizio successivo si ragiona sulla differenza tra velocità costante e velocità media;

- distinzione tra spostamento e traiettoria: questa viene affrontata nel secondo esercizio. La differenza tra i due concetti è evidenziata dalle rappresentazioni che li accompagnano: il primo è visualizzato attraverso un grafico, il secondo attraverso una mappa. La comprensione del concetto di spostamento come distanza tra il punto di fine e il punto di inizio di un moto è propedeutico all'apprendimento della definizione di velocità media. Infatti quest'ultima fa riferimento ad un rapporto tra lo spostamento e l'intervallo di tempo in cui questo è avvenuto, e non si interessa della traiettoria percorsa;
- introduzione all'uso dei grafici: nel primo esercizio si chiede agli studenti di trasporre in forma grafica dei dati ricavati attraverso i propri calcoli. L'obiettivo riguarda la corretta impostazione della rappresentazione, che deve quindi contenere tutti gli elementi che la caratterizzano, assieme ad un appropriato inserimento dei punti a seconda dei risultati ottenuti mediante i calcoli. Durante la correzione della prova questi aspetti sono stati sottolineati;
- individuare ed elaborare dei dati da testi ed immagini: in entrambi gli esercizi sono presenti dati, in forma numerica e grafica, che gli studenti devono essere in grado di riconoscere ed utilizzare per eseguire i calcoli richiesti. Nel primo esercizio questi sono rappresentati in forma puramente testuale, mentre nel secondo sono visualizzati anche sotto forma di immagini. Si comincia ad introdurre il tema della complementarità dei linguaggi, che sarà ampiamente affrontato nella seconda parte della prova: gli stessi tipi di dati possono essere rappresentati in forme diverse, in questo caso testuali o attraverso immagini;

Seconda parte

- saper leggere e produrre grafici cinematici: nel primo esercizio vengono presentati due grafici dai quali gli studenti devono individuare ed analizzare dei dati cinematici, mentre negli esercizi successivi è richiesto loro di convertire in forma grafica delle rappresentazioni narrative o iconiche; il primo esercizio chiede di interpretare che cosa l'informazione codificata nel grafico ci sta dicendo riguardo al sistema fisico, attraverso un confronto delle velocità medie dei due soggetti del problema, mentre il secondo e il terzo mirano a verificare la capacità degli studenti nell'inserimento corretto dei punti;
- saper lavorare con diverse forme di rappresentazione: agli studenti è chiesto di saper gestire delle informazioni dello stesso tipo, ovvero cinematiche, fornite da grafici, disegni e testi. Questo può essere diviso in due sotto obiettivi:
 - saper ricavare dei dati da diverse tipologie di rappresentazione e saperli confrontare. Gli studenti devono essere in grado di ricavare tutte e sole le informazioni che ciascuna rappresentazione è in grado di fornire: è importante che non venga omissa nulla durante la raccolta dati, e che non vengano aggiunte informazioni puramente ipotetiche, come, ad esempio, assumere che la velocità di un oggetto sia costante se non viene specificato. Per quanto riguarda il confronto dei dati, anche questo avviene con gradualità: nel primo esercizio si richiede di comparare delle informazioni ricavate da un'unica tipologia di rappresentazione, quella grafica. Successivamente, nel terzo esercizio, si chiede di confrontare i dati estrapolati da due diverse tipologie di rappresentazione, un testo e delle immagini;
 - saper passare da un registro di rappresentazione ad un altro. Già nel primo esercizio si chiede agli studenti di descrivere in forma narrativa ciò che hanno ricavato dai grafici, mentre negli esercizi successivi la richiesta è quella di rappresentare in forma grafica delle informazioni estrapolate da testi o immagini. Quello che si vuole

prevalentemente verificare è che non vengano omessi o aggiunti dei dati nel passaggio da un registro di rappresentazione ad un altro.

Gli obiettivi legati alle competenze di sostenibilità, divisi nei quattro settori di competenze, e validi per entrambe le parti della prova, sono:

- values and attitudes: i problemi proposti nella prova preliminare, specialmente nella seconda parte, permettono agli studenti di esercitarsi ad identificare ed estrarre da un sistema complesso esclusivamente le informazioni che interessano. Prendendo come esempio l'ultimo esercizio della prova, le foto che Lucia invia a Francesca contengono molteplici informazioni, come, ad esempio, il colore delle scarpe, la forma della fontana... . Agli studenti è chiesto di ricercare esclusivamente dati cinematici, disinteressandosi di tutto il resto. Lo stesso avviene nelle situazioni quotidiane: i valori di sostenibilità si mescolano, all'interno di un sistema altamente complesso, con valori di altro tipo. Questo tema sarà ripreso nel questionario finale proposto agli studenti;
- scientific inquiry: legato al settore precedente, i problemi proposti contengono una molteplicità di dati di tipo diverso. La complessità della situazione descritta da ciascuno aumenta gradualmente: nel primo esercizio, i dati cinematici sono presentati come le informazioni principali proposte dal testo, l'unico dato che non interessa è che si tratta di un treno, mentre nell'ultimo esercizio le immagini proposte hanno lo scopo principale di inviare un altro tipo di informazione (è chiaro che Lucia non ha inviato le foto a Francesca perché fossero analizzate da un punto di vista cinematografico) e risulta più difficile ricercare i dati cinematici all'interno delle fonti. La competenza del pensiero critico si sviluppa specialmente nel secondo esercizio, dove si chiede agli studenti di provare a spiegare come mai, considerata la traiettoria percorsa da Filippo prima e lo spostamento poi, i valori di velocità media calcolati sono diversi. L'idea intuitiva può essere quella che la madre di Filippo, che ha a disposizione solo il dato sullo spostamento del figlio, abbia torto perché possiede informazioni limitate. Nell'articolo di Bianchi *et al.* si legge: "Il pensiero critico può aiutare i discenti a diventare più responsabili e a collaborare attivamente alla creazione di un mondo sostenibile. In particolare, il rafforzamento del pensiero critico li aiuterà ad andare oltre la comprensione passiva dei concetti di sostenibilità. Li aiuterà a sviluppare la capacità di riflettere e valutare teorie e ipotesi" (Bianchi *et al.*, 2022 p.21). Anche la competenza di inquadramento del problema è sviluppata: agli studenti si chiede di definire, all'interno di un sistema complesso, un problema di cinematica. Questo aiuta loro ad esercitarsi ad inquadrare una situazione dalle molteplici sfaccettature da una singola prospettiva, in questo caso di tipo fisico, che in futuro potrà aiutare a saper rileggere le sfide attuali come problemi di sostenibilità;
- creativity: fa parte di questo settore la competenza di pensiero esplorativo, che si sviluppa nel collegamento di diverse discipline. Nella prova preliminare l'analisi di rappresentazioni narrative e iconiche richiede di attingere a competenze che riguardano gli ambiti letterari ed artistici dell'istruzione scolastica, e chiedono agli studenti di saper relazionare queste competenze con quelle scientifiche di analisi dati;
- action: questo settore si sviluppa nella capacità di prevedere gli sviluppi di una certa situazione. Questo avviene nel primo esercizio, dove, a partire dalla descrizione di un treno che si muove di moto uniforme, si chiede di prevedere la posizione del mezzo dopo un certo periodo di tempo, e quanta distanza ha percorso in un determinato periodo.

3.3. Il “Viaggio a Trento”

La lezione seguente è stata sviluppata attraverso la complementarità dei linguaggi, con lo scopo principale di avviare il processo che porterà gli studenti a comprendere che la rappresentazione grafica mette a fuoco solo alcuni aspetti della descrizione di un evento, cioè quelli che interessano dal punto di vista cinematografico, mentre gli altri due tipi di rappresentazione aggiungono informazioni diverse, che però possono risultare necessarie per arricchire la descrizione dell'evento e ricavare dati fisici più precisi. I principali riferimenti teorici che hanno guidato la progettazione di questa attività sono la teoria del data storytelling, da cui deriva l'idea di rappresentare un sistema cinematografico, in questo caso un viaggio, attraverso una narrazione, e il progetto *dear data*, da cui ho tratto le linee guida per rappresentare correttamente un evento attraverso dei disegni. La strategia didattica scelta è quella della discussione collettiva effettuata a partire da un input fornito dall'insegnante: la descrizione di un proprio viaggio.

L'idea è stata quella di partire da una semplice frase: “Ho fatto un viaggio da Modena a Trento, sono partito alle 9:00 e sono arrivato alle 15:00” e da qui cominciare fin da subito ad effettuare un'analisi cinematografica, calcolando la velocità media, utilizzando il dato sulla distanza Modena-Trento ricavato da Google Maps. Si scopre che c'è qualcosa che non va, in quanto questa risulta estremamente bassa. A questo punto l'insegnante fornisce nuove informazioni, non più in forma narrativa, ma attraverso disegni realizzati dalla sorella immaginaria durante il viaggio, dai quali la classe può intuire che questo è suddiviso in tre tappe, intervallate da pause più o meno lunghe. Una volta identificati i luoghi attraversati, con lo stesso metodo utilizzato in precedenza si individuano gli spostamenti relativi di ciascun tragitto, e, man mano che le informazioni vengono ricavate, si inseriscono nuovi punti su un grafico proiettato alla LIM. Si procede allora con un'ulteriore analisi cinematografica, dalla quale si ricava la velocità media totale e quella relativa ai singoli tratti percorsi. I risultati sono più plausibili, ma ancora una volta c'è qualcosa che non va: la velocità media dell'ultimo tratto è di gran lunga superiore alle altre due, e troppo alta per un'automobile. Si deduce allora che l'ultimo tragitto è stato effettuato in treno. Il messaggio, a questo punto della lezione, è che l'analisi cinematografica del viaggio ha permesso di intuire aspetti che il racconto iniziale non aveva fornito, alcuni dei quali addirittura esulano dal campo fisico, come la comprensione del mezzo di trasporto utilizzato durante gli spostamenti. Attraverso il calcolo della velocità media fatto all'inizio della lezione, è stato possibile valutare la qualità dei dati che il docente aveva messo a disposizione, e capire che le informazioni sul viaggio, in termini spaziali e temporali, non erano complete. A che scopo sono stati ricavati i mezzi di trasporto utilizzati durante il viaggio? In questo momento entra in gioco il tema della sostenibilità ambientale: attraverso questo dato, infatti, è possibile fare una stima sul totale di CO₂ emessa ed evitata durante il tragitto. In questo caso, ad esempio, aver effettuato l'ultimo tratto in treno ha permesso di evitare una certa quantità di emissioni di CO₂, che invece sarebbe stata effettuata se questo fosse stato fatto in automobile.

Gli obiettivi principali dell'attività, dal punto di vista cinematografico, si dividono in:

- lettura, interpretazione ed analisi dei dati: all'interno di racconti e disegni, agli studenti è chiesto di saper ricavare dati cinematografici. Una volta individuati, questi devono essere interpretati alla luce della situazione descritta, ed analizzati in modo critico, non solo per ricavare informazioni di tipo cinematografico, come ad esempio la velocità media, ma anche per capire se i dati che si hanno a disposizione sono sufficienti o meno per raggiungere i nostri scopi. Calcolare la velocità media dello spostamento Modena-Trento effettuato in sei ore, verificando che risulta un valore troppo basso, ad esempio, fa comprendere alla classe che i dati che si hanno a disposizione non sono sufficienti;

- analisi cinematica, compresa la produzione di grafici cinematici: fin dalla prima richiesta di analisi si costruisce in maniera collettiva un grafico alla lavagna che rappresenta i dati ricavati dalle immagini e dalla narrazione, evidenziando da subito lo stretto legame tra analisi cinematica e grafici. Durante l'attività si pone particolare attenzione nella costruzione della rappresentazione grafica e nell'inserimento di tutti gli elementi che lo costituiscono.

Gli obiettivi legati allo sviluppo delle competenze di sostenibilità, sempre divisi nei quattro settori, sono:

- values and attitudes: lo sviluppo dell'analisi cinematica nel calcolo dell'impatto ambientale a cui il viaggio descritto ha portato è un chiaro invito a conferire valore a questo aspetto. Dal testo di Bianchi *et al.*, "Le competenze in materia di sostenibilità, come il pensiero sistemico e il senso del futuro, sono utili se collegate ai valori della sostenibilità, perché altrimenti tali competenze potrebbero essere utilizzate per azioni non sostenibili" (Bianchi *et al.*, 2022, p.17). In questa attività la competenza di pensiero sistemico entra sicuramente in gioco, come verrà spiegato nel punto successivo. La scelta di utilizzare i dati cinematici ricavati dall'analisi per effettuare una revisione del viaggio dal punto di vista della sostenibilità ambientale sottolinea l'importanza data a questo tema;
- scientific inquiry: come anticipato in precedenza, lo sviluppo della competenza di pensiero sistemico è tra gli obiettivi di questa attività. In questo caso una situazione di vita quotidiana, inizialmente letta da un punto di vista fisico, si trasforma in un problema di sostenibilità, che senza la componente cinematica non può essere risolto;
- creativity: al termine dell'attività sarà chiaro a ciascuno studente come il viaggio descritto dal sottoscritto sia in realtà un evento molto più complesso di quello che poteva apparire inizialmente, e di come le molteplici scelte effettuate, ad esempio sul tragitto e sui mezzi di trasporto utilizzati, abbiano conseguenze reali in termini non solo cinematici, ma anche di impatto ambientale. Ci si interroga allora su quali tipologie di valori siano stati messi al primo posto nel compiere queste decisioni, e come scelte diverse avrebbero potuto portare a futuri diversi, nei quali l'impatto ambientale del viaggio sarebbe stato sicuramente inferiore. Nell'ottica di immaginare futuri sostenibili, il testo di Bianchi *et al.* suggerisce di esercitare la padronanza del pensiero esplorativo: oltre a competenze di tipo cinematico, come il calcolo della velocità media, agli studenti è richiesto di saper analizzare un testo e dei disegni al fine di estrapolare informazioni di carattere scientifico. È in questo modo che entra in gioco l'interdisciplinarietà.
- action: questo aspetto si sviluppa nella capacità di effettuare previsioni riguardo all'impatto ambientale di ogni spostamento. Grazie all'ausilio di un sito web⁴⁸, infatti, è possibile stimare l'effettiva quantità di CO₂ emessa e risparmiata durante l'intero tragitto. Gli studenti hanno allora a disposizione le informazioni sulla quantità di emissioni che questo tipo di viaggio ha portato.

Al termine dell'attività, a ciascuno è stato assegnato il compito di pensare ad un proprio viaggio, possibilmente reale e costituito da più tappe, e descriverlo nelle tre forme di rappresentazione visualizzate durante l'attività: grafica, iconica e narrativa. Questo ha permesso agli studenti di esplorare in profondità il livello personale nella pratica di raccolta dati: le informazioni rappresentate sono state raccolte in maniera diretta, basandosi sulla propria esperienza, e non utilizzando elementi esterni,

⁴⁸ https://co2.myclimate.org/it/car_calculators/new

come è successo nella prova preliminare e nella lezione sul “viaggio a Trento”. Gli studenti hanno avuto una settimana di tempo per realizzare il compito.

3.4 Lavori di gruppo

La struttura della terza attività è molto semplice: i 21 studenti presenti sono stati divisi in sei gruppi di livello omogeneo, da tre o quattro componenti ciascuno. Ogni alunno ha distribuito le tre rappresentazioni di uno stesso viaggio che ha realizzato a tre gruppi differenti, secondo uno schema preparato in precedenza, in modo che ciascun gruppo avesse più o meno lo stesso numero di rappresentazioni grafiche, iconiche e narrative, e che nessuno possedesse due rappresentazioni diverse di uno stesso viaggio.

Compito di ciascun gruppo era quello di analizzare ogni rappresentazione dal punto di vista cinematico, individuando lo spostamento e la velocità media dell'intero tragitto e delle singole parti, se questo è stato suddiviso in più tratti. Al termine dell'analisi si chiede agli studenti di provare ad intuire i mezzi di trasporto utilizzati in ogni spostamento, a partire dai dati cinematici ricavati, e di convertire in grafico le rappresentazioni iconiche e narrative ed in testo quelle grafiche.

Si divide la classe in gruppi omogenei per livello, riferendo a ciascuno studente a quale gruppo consegnare ogni rappresentazione, per poi scrivere alla lavagna la consegna. Gli obiettivi di questa attività sono analoghi a quelli della lezione precedente, in quanto il processo di analisi è lo stesso. In questo caso, tuttavia, utilizzando la modalità dei lavori di gruppo, si chiede agli studenti di spendersi in prima persona.

L'attività ha la durata di un'ora. Nell'ultima mezz'ora della lezione è stata impostata una discussione collettiva sull'attività appena svolta, chiedendo alla classe, come prima cosa, quale tipologia di rappresentazione sia stata la più complicata da analizzare, per poi domandare loro se si aspettavano di poter parlare di fisica in questo modo, descrivendo dei viaggi e utilizzando testi e disegni, oltre ai grafici. L'obiettivo è, attraverso un processo metacognitivo, fare leva sulla complementarità dei linguaggi utilizzata durante l'attività. Attraverso questo ragionamento, è possibile per gli studenti iniziare ad individuare le differenze tra una rappresentazione grafica e qualunque altro tipo di rappresentazione. Riguardo a questo aspetto, si ragiona con gli studenti sul fatto che l'utilizzo di conoscenze e abilità proprie di altre discipline ha permesso di realizzare delle analisi accurate, permettendo di vedere la fisica non solo negli esercizi proposti dai libri di testo o dai professori, ma soprattutto negli eventi della vita quotidiana. A partire dalle prove preliminari, infatti, è stata la complementarità dei linguaggi a farla da padrona: gli studenti hanno visualizzato, prodotto ed analizzato rappresentazioni che richiedono competenze non solo fisiche, ma anche, tra le altre, narrative ed artistiche. Una rappresentazione iconica, ad esempio, non può essere comprensibile se i disegni non risultano ben fatti, così come un testo non può essere chiaro se non vengono rispettate le regole della grammatica, della sintassi e della semantica. Questo aspetto si lega molto bene al concetto di “pensiero esplorativo”.

Durante la lezione successiva, sviluppata attraverso una discussione collettiva, sono state proiettate alla LIM una rappresentazione per tipologia tra quelle prodotte dagli studenti come compito a casa per i lavori di gruppi, con lo scopo di far emergere i pattern di ragionamento da loro utilizzati per analizzare ciascuna di queste, chiedendo ad esempio quale elemento ha subito attirato la loro attenzione, o quale informazione hanno ricavato per prima. La domanda che ruota intorno all'intera esperienza è: “Che cos'è un grafico cinematico? Che tipo di informazioni posso ricavare? Cosa rende un grafico diverso da altri tipi di rappresentazione?”. Al termine della lezione, si tenterà di rispondere a questa domanda. Inizialmente gli studenti sono stati invitati ad osservare come le informazioni ricavate da ciascuna rappresentazione aiutino a rendere completa la descrizione di un evento: mentre durante i lavori di

gruppo, l'attività prevedeva di passare da un registro di rappresentazione ad un altro, convertendo ad esempio in grafico un testo o dei disegni, per ricavare dati cinematici, e un grafico cinematico in forma testuale, durante questa attività i diversi registri sono stati considerati separatamente, in modo da notare in che modo ciascuna rappresentazione sia in grado di apportare informazioni e dati originali, che le altre non sono in grado di fornire. Gli interventi della classe sono trascritti alla lavagna, in modo da poter individuare analogie e differenze tra i metodi di ragionamento propri di ciascuna rappresentazione. Al termine di questa prima parte, si chiede alla classe quale sia stata la rappresentazione più semplice da analizzare da un punto di vista cinematico, e quale sia lo scopo di ciascuna tipologia, cosa vuole mostrarci. L'obiettivo è quello di definire che un grafico cinematico è un metodo di visualizzazione dei dati costruito per rendere chiare e intuitive i dati di carattere cinematico dell'evento descritto, in particolare le posizioni di un corpo in determinati istanti di tempo, e che informazioni di altro tipo, come i luoghi e gli orari esatti propri di ciascun punto del grafico, non possono essere forniti da questo tipo di rappresentazione.

Nella seconda parte, invece, l'attenzione è stata spostata sull'impatto ambientale che un viaggio può comportare, mostrando prima di tutto un istogramma che rappresenta una stima del totale di emissioni di CO₂ effettuate ed evitate durante tutti i loro spostamenti, calcolata da me utilizzando lo stesso sito web delle lezioni precedenti. Successivamente è stato mostrato 'istogramma rappresentante le mie emissioni da marzo a maggio, confrontando questo grafico con uno che rappresenta i km totali effettuati con mezzi sostenibili e in automobile, ed un altro che mostra il tempo trascorso utilizzando mezzi sostenibili e non. I dati sono stati ricavati dall'applicazione *AWorld*. Dai grafici risulta evidente che esiste una diretta proporzionalità tra i km effettuati con determinati mezzi e il totale di emissioni, mentre il tempo trascorso su entrambe le categorie di trasporto è decisamente sbilanciato a favore dei movimenti sostenibili.

Gli obiettivi della lezione, dal punto di vista cinematico, riguardano la comprensione della natura dei grafici cinematici, sviluppata nella prima parte dell'attività, dove si è posta l'attenzione sui tre registri di rappresentazione visualizzati durante il progetto. Lo scopo è di esplicitare le strategie di ragionamento che gli studenti hanno utilizzato nelle analisi effettuate durante la lezione precedente per ogni tipologia, evidenziando analogie e differenze. Ancora una volta, si vuole porre l'attenzione su come ciascuna tipologia di rappresentazione apporti informazioni diverse, e nessuna da sola possa descrivere interamente una situazione. L'utilizzo parallelo di tre tipologie di rappresentazione diverse per descrivere lo stesso viaggio permette di evidenziare come un grafico cinematico sia costruito in modo da rendere chiari ed intuitivi i dati fisici che vuole mostrare: è più facile avere un'idea della velocità media relativa allo spostamento di un viaggio attraverso un grafico piuttosto che un testo, perché, mentre quest'ultimo è fatto per raccontare molteplici aspetti, il primo è costruito esclusivamente per agevolare l'analisi cinematica di un evento. È in questa lezione che questo aspetto è chiarito una volta per tutte. Per quanto riguarda lo sviluppo delle competenze di sostenibilità, ho suddiviso queste ultime ancora una volta nei quattro settori di competenza:

- values and attitudes: nell'ultima parte della lezione si è posto l'accento sulle emissioni che ciascun viaggio descritto dagli studenti ha comportato, dettaglio che era stato messo in secondo piano durante le attività precedenti, confrontandole con le emissioni prodotte da me negli ultimi tre mesi. Lo scopo di questa parte dell'attività, oltre a quello di far comprendere la relazione tra mobilità sostenibile e scelta dei mezzi di trasporto, è quello di fare leva sui valori di sostenibilità che entrano in gioco nella quotidianità, partendo da una testimonianza personale. Negli ultimi tre mesi, infatti, non ho mai effettuato alcun viaggio lungo con mezzi sostenibili, ma la maggior parte dei contributi di CO₂ evitata derivano da viaggi in bicicletta effettuati all'interno della città. La scelta di utilizzare i dati riferiti alla mia esperienza nasce dalla volontà di presentare l'insegnante come testimone dei valori di educazione civica che si

vogliono trasmettere, dando l'esempio con i propri atteggiamenti e comportamenti: se il docente per primo si impegna in azioni a favore dell'ambiente, può trasmettere i valori collegati a questa in modo autentico. Si evidenzia inoltre come la lotta al cambiamento climatico sia frutto delle scelte di tutti i giorni, guidate dai nostri valori e dalla nostra sensibilità riguardo a questi temi;

- scientific inquiry: legato a quanto scritto nel punto precedente, si pone l'accento sul fatto che ogni descrizione di un viaggio presenta un sistema complesso, da cui poter ricavare molte informazioni di tipo diverso, messe in luce da tipologie diverse di rappresentazioni. Per avere una visione completa di un evento complesso è necessario considerarlo sotto diverse prospettive: una singola rappresentazione rischia di semplificare troppo la situazione che si descrive, e questo, soprattutto in termini di sostenibilità, non aiuta a capire e risolvere i problemi legati all'ambiente. Nell'ultima parte della lezione si tenta di aumentare la consapevolezza negli studenti sull'impatto ambientale che ciascun spostamento comporta, evidenziando come la quantità di CO₂ emessa durante un certo viaggio effettuato in automobile non corrisponda alla quantità di emissioni evitata attraverso uno spostamento in bicicletta o a piedi della stessa durata, mentre se la distanza percorsa è la stessa si può affermare che le due quantità coincidono. Questo aiuta gli alunni ad effettuare delle stime più accurate sull'impatto ambientale dei propri spostamenti, anche senza l'uso dei software visionati durante le attività, e sviluppa la competenza di pensiero critico riguardo questo aspetto;
- creativity: oltre allo sviluppo del pensiero esplorativo, che avviene con la stessa modalità delle attività precedenti, in questo caso il tema del senso del futuro e dell'adattabilità entrano in gioco nell'ultima parte dell'attività, dove si vuole mostrare agli studenti che sono le scelte quotidiane a fare la differenza in materia di sostenibilità. In questo senso il futuro viene percepito come un'opportunità aperta, qualcosa che è possibile modellare attraverso le scelte di tutti i giorni, partendo già da oggi;
- action: si richiede implicitamente agli studenti di effettuare azioni individuali e collettive, estendendo i valori acquisiti durante il percorso ad amici e familiari, sul tema di sostenibilità, in particolare nella scelta dei mezzi di trasporto utilizzati per effettuare determinati spostamenti. Si vuole convincere gli studenti che le azioni quotidiane possono fare davvero la differenza.

3.5. Questionario finale

Al termine del percorso è stato proposto agli studenti un breve questionario, in forma anonima, strutturato in due parti. Il suo contenuto verrà descritto nel prossimo capitolo, in quanto rappresenta uno dei più importanti strumenti di raccolta dati dell'intero progetto. In questo paragrafo si espongono gli obiettivi del questionario legati allo sviluppo delle competenze.

La prima parte è incentrata sulle competenze di sostenibilità e ha lo scopo di verificare, al termine del percorso, lo stato del loro sviluppo: attraverso la descrizione di un semplice evento, come un pomeriggio passato in compagnia di una nostra amica, il tema della sostenibilità ambientale è inserito all'interno di una situazione di vita quotidiana come parte di un sistema complesso composto da numerose variabili. Agli studenti è chiesto di analizzare in modo critico tutte queste variabili nel loro insieme, e prendere decisioni che, ovviamente, portano a delle conseguenze su molteplici aspetti. Nonostante il questionario abbia uno scopo valutativo, sono presenti comunque degli obiettivi di sviluppo relativi a ciascuno dei quattro settori:

- values and attitudes: all'interno di situazioni complesse, che interpellano un gran numero di variabili di tipo diverso (stato fisico, costi, relazioni, impatto ambientale), gli studenti devono

essere in grado di far prevalere comportamenti sostenibili, pur sacrificando altri aspetti importanti;

- scientific inquiry: si richiede di inquadrare ogni situazione come un problema che tocca molteplici aspetti, che devono essere analizzati nella loro complessità, e non separatamente. Ogni decisione ha conseguenze che possono essere positive o negative da ciascun punto di vista, sta allo studente scegliere in maniera critica a cosa dare più importanza di volta in volta;
- creativity: il senso del futuro si traduce nella capacità di valutare correttamente l'impatto ambientale che i propri spostamenti hanno portato e, retroattivamente, nel prendere decisioni sostenibili che siano capaci di ridurlo. La tabella che mostra l'effettiva quantità di emissioni a cui le proprie scelte hanno portato hanno lo scopo di sviluppare questa abilità, qualora non fosse stata acquisita durante le attività precedenti. In questo modo sarà chiaro a ciascuno studente quali decisioni possono portare ad una riduzione dell'impatto ambientale legato ai propri spostamenti.

La seconda parte, invece, è incentrata sulle attività proposte, chiedendo un feedback non tanto sull'acquisizione delle competenze legate alla cinematica, già valutata nella verifica effettuata qualche giorno prima, quanto sull'efficacia di ciascun strumento metodologico nella comprensione dei concetti cinematici affrontati.

Inizialmente si chiede se le varie forme di rappresentazione utilizzate durante le attività abbiano aiutato a comprendere meglio gli argomenti di cinematica, successivamente se ogni attività ha suscitato o meno interesse, lasciando spazio per scrivere i propri commenti. Si descriverà meglio questa parte nei capitoli dedicati alla metodologia e ai risultati ottenuti.

In questa sezione è stato valutato anche il quarto settore di competenze del *Template for Activities*, chiedendo agli studenti se hanno in mente delle azioni concrete da poter attuare nella propria vita per ridurre le emissioni dei loro spostamenti.

CAPITOLO 4. Strumenti di analisi

Il percorso didattico descritto nel capitolo precedente, oltre agli obiettivi di sviluppo parallelo di abilità in cinematica e di competenze di sostenibilità legate alla disciplina, ha lo scopo di rispondere alle domande di ricerca specifiche presentate al termine del secondo capitolo. Di seguito le elenco nuovamente:

1. In che modo l'integrazione dei temi di sostenibilità nella didattica della fisica può migliorare la comprensione degli studenti riguardo alla cinematica?
2. Quali sono le principali difficoltà che gli studenti incontrano nella costruzione e interpretazione dei grafici cinematici, e come possono essere superate nel contesto di un percorso didattico orientato alla sostenibilità? In particolare, in che modo le rappresentazioni grafiche possono facilitare o ostacolare la comprensione degli studenti riguardo ai concetti cinematici in un contesto di insegnamento che include temi di sostenibilità?
3. In che misura un percorso didattico progettato attorno ai temi della mobilità sostenibile può contribuire a sviluppare competenze legate alla sostenibilità tra gli studenti della scuola secondaria di primo grado? E, nello specifico, quali tipi di competenze è stato possibile sviluppare attraverso questo percorso?

La domanda di ricerca 1. mira a verificare se il legame tra i temi di sostenibilità ambientale e la cinematica, sviluppato in particolare attraverso la complementarietà dei linguaggi, così come descritto nel capitolo precedente, è in grado di migliorare la comprensione degli argomenti legati a quest'ultima. L'analisi non mira semplicemente a verificare se le difficoltà emerse nella prima parte del progetto vengano o meno superate al termine dello stesso, ma tenta di valutare il grado di comprensione dello statuto epistemologico della disciplina, verificata sia attraverso il materiale prodotto e ritirato dal sottoscritto, che mediante le discussioni collettive avvenute in aula.

Per quanto riguarda la domanda di ricerca 2., l'idea è quella di individuare le principali difficoltà degli studenti della classe relative all'uso dei grafici, e verificare in quale misura la scelta di utilizzare la metodologia della complementarietà dei linguaggi, tradotta nell'uso parallelo di diverse forme di rappresentazione per descrivere uno stesso evento e, contemporaneamente, l'analisi dello stesso su più livelli, in modo da integrare i temi legati alla sostenibilità ambientale, possa portare ad un miglioramento.

I riferimenti principali per l'analisi dello sviluppo della relazione che gli studenti hanno con le rappresentazioni grafiche sono gli studi analizzati nel secondo capitolo, in particolare l'analisi attuata da Redish sulle abilità che gli studenti devono coltivare per un utilizzo efficace dei grafici cinematici. In particolare, la progressione degli studenti nel corso del progetto nella capacità di costruire adeguatamente la rappresentazione, inserendo al suo interno tutti gli elementi che la caratterizzano (assi orientati ed etichettati, unità di misura coerenti, ...) viene analizzato ogni volta che agli studenti si chiede di disegnare un grafico, con aspettative che dipendono dal grado di complessità della richiesta e da quanto appreso durante le attività precedenti. Contemporaneamente si valuta se i punti all'interno del grafico sono inseriti correttamente, verificando se l'utilizzo costante di questa tipologia di rappresentazione, affiancata alle altre, rende gli studenti capaci di superare le difficoltà legate alla comprensione dei concetti cinematici che emergono all'inizio del percorso, ed è valutata sia nei processi di costruzione che di analisi della rappresentazione. Infine, al termine del percorso si valuta il grado di comprensione degli studenti di cosa sia un grafico cinematico e cosa lo distingua dalle altre tipologie di rappresentazione, che tipo di informazioni possa rivelare, e quali invece no. Gli strumenti di raccolta dati, per verificare se gli studenti hanno compreso in che modo utilizzare questo tipo di rappresentazione, sono i grafici prodotti da loro, all'interno dei quali è verificata la presenza di tutte e

sole le informazioni che questa tipologia di rappresentazione può contenere; la comprensione di quando utilizzare i grafici si verifica invece attraverso le discussioni collettive avvenute in classe.

Per la domanda di ricerca 3. il riferimento principale è il modello di competenze di sostenibilità proposto dalla JCR e ampliato da CLIMADEMY. Attraverso lo strumento del *Template for Activities*, ideato da quest'ultimo progetto, è stato possibile, per ogni attività, delineare gli obiettivi di sviluppo delle competenze di sostenibilità e, ove possibile, in che modo gli stessi saranno valutati. Nonostante il modello preveda la divisione delle competenze in quattro settori, occorre ricordare che, data la complessità del tema, la progressione delle stesse avviene in modo integrato. Tuttavia, le analisi evidenzieranno in che misura ciascuna competenza avrà modo di essere sviluppata, e quali punti invece possono essere migliorati.

Per tentare di rispondere alle domande di ricerca, ho sviluppato degli strumenti di raccolta dati specifici per ogni attività proposta. Nella **tabella 4.1** elenco questi strumenti, specificando in che modo ciascuno di essi ha contribuito a dare una risposta a ciascuna domanda di ricerca.

Strumento	Domanda di ricerca		
	1.	2.	3.
Prova preliminare	x	x	x
Rappresentazioni realizzate per i lavori di gruppo		x	
Analisi effettuate durante i lavori di gruppo	x	x	x
Risposte della verifica	x	x	
Questionario finale	x	x	x

Tabella 4.1. Elenco degli strumenti utilizzati per la raccolta dati, in relazione al contributo di ciascuno relativo alle domande di ricerca. Ciascuno strumento comprende anche le discussioni collettive avvenute durante o dopo le attività associate.

Riguardo alla domanda di ricerca 1., la prova preliminare ha lo scopo di delineare lo stato iniziale sul rapporto che ciascuno studente ha con la cinematica. Il tema della sostenibilità ambientale si inserisce all'interno del progetto a partire dall'attività sul viaggio a Trento. I compiti successivi effettuati in aula aiuteranno a valutare la presenza di una evoluzione negli studenti nella comprensione dei concetti cinematici, identificando quali aspetti sono migliorati e quali invece richiedono un lavoro più approfondito. Solamente dai lavori di gruppo, tuttavia, sarà possibile verificare, attraverso le discussioni collettive, che ruolo ha avuto l'integrazione dei temi legati alla sostenibilità ambientale in questa evoluzione, valutando in aggiunta, sulla base degli interventi degli studenti, se questi ultimi sono in grado di percepire la connessione tra i due temi. Infine, il questionario finale tenterà di verificare l'efficacia di ciascuna attività attraverso una valutazione del gradimento da parte degli studenti, e quanto la complementarietà dei linguaggi, strumento attraverso cui i temi di sostenibilità ambientale sono stati integrati, ha contribuito alla comprensione della cinematica.

Riguardo alla domanda di ricerca 2., la prova preliminare ha una funzione di tipo diagnostica: si vuole verificare quale sia il livello di partenza riguardo le abilità legate ai processi di produzione ed analisi grafica, e il loro legame con la comprensione della cinematica. Attraverso gli strumenti di raccolta dati successivi, sarà possibile verificare la progressione di ciascuno studente, e stabilire in che modo la scelta di utilizzare le rappresentazioni grafiche dalla prima attività ha facilitato o ostacolato la comprensione dei concetti cinematici negli studenti. Un importante materiale di raccolta dati sono

sicuramente i grafici e le analisi realizzate durante le varie attività. All'interno del questionario finale gli studenti valuteranno quanto i grafici hanno aiutato nella comprensione della cinematica, in relazione con le altre tipologie di rappresentazione utilizzate durante il progetto.

Riguardo alla domanda di ricerca 3., ciascuno strumento avrà il compito di verificare il raggiungimento degli obiettivi specifici relativi all'attività associata, così come presentati nel capitolo 3. È chiaro che lo strumento di raccolta dati principale è il questionario di fine percorso, in quanto è l'unico che pone domande mirate agli studenti su questioni legate alla sostenibilità ambientale. Tuttavia, come indicato nel capitolo precedente, anche attività che all'apparenza sembrano incentrate esclusivamente sulla cinematica permettono di valutare lo sviluppo di questa tipologia di competenze.

Di seguito si entrerà nel dettaglio ciascuno strumento metodologico, specificando le eventuali fonti teoriche dalle quali ho tratto spunto per la sua costruzione, e in che modo tenta di rispondere alle domande di ricerca specifiche

4.1. Prova preliminare

In questo paragrafo si specificano le fonti da cui ho tratto spunto per ciascun esercizio, chiarendo in che modo la prova tenta di rispondere alle domande di ricerca. Relativo alla comprensione dei concetti di cinematica e alle abilità legate ai processi di produzione ed analisi grafica, lo scopo della prova è di tipo diagnostico: si vuole verificare il livello di partenza degli studenti. Nell'effettuare l'analisi è opportuno considerare che gli alunni hanno avuto modo di esercitarsi nella costruzione e nell'analisi di grafici durante le ore di matematica e, in particolare, hanno da poco affrontato il tema della proporzionalità diretta in aritmetica, con relative rappresentazioni sul piano cartesiano.

Il primo esercizio della prova preliminare è stato tratto dai tutorial di McDermott. Di seguito si riporta il testo del problema e parte della prima domanda⁴⁹:

Un treno che si muove a velocità costante percorre 80 *cm* ogni 1,6 s. rispondi alle seguenti domande

1. Che nome daresti alla quantità rappresentata dal numero 50? (80=70:1,6).
2. Per indicare la quantità in modo completo, quale informazione aggiuntiva dobbiamo fornire al numero 50?

Il testo di McDermott *et al.* è adatto a studenti universitari, per cui il livello è troppo alto per una classe seconda di una scuola secondaria di primo grado. Di questo tutorial, tuttavia, è apprezzabile il fatto che il concetto di velocità sia introdotto fornendo unicamente le informazioni necessarie a ricavarne il valore, senza ricami narrativi fuorvianti: un dato spaziale, un dato temporale, e la particolarità che si tratta di un moto uniforme. In più, il problema presenta numeri e unità di misura poco "comodi": sicuramente gli studenti hanno già sentito parlare di velocità, e molto probabilmente l'unità di misura che le associano istintivamente sono i *km/h*. Leggere i dati in termini di centimetri e secondi, con numeri associati come 80 e 1,6, permette di non eseguire l'esercizio in maniera automatica, ma di ragionare in modo serio su cosa sia la velocità, e su quali grandezze fisiche entrino in gioco. Dagli studi di alcuni autori, già citati nel capitolo 2, sono emersi risultati incoraggianti in termini di apprendimento dei concetti di cinematica legati all'uso di questo tutorial (Tejeda & Alcaron, 2015).

Considerando il primo esercizio della prova preliminare, nel punto A) l'attenzione non è più incentrata sul valore numerico dello spostamento, come nel testo originale, ma sulla velocità del treno: si chiede

⁴⁹ Testo tratto da McDermott, L. C., Shaffer, P. S. (1998). *Tutorials in Introductory Physics*. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall. p.3

agli studenti di intraprendere un'attenta analisi del testo per estrapolare i dati utili a ricavarne il valore. La richiesta di rappresentare in forma grafica i risultati ottenuti ha lo scopo sia di far esercitare gli studenti nella realizzazione di rappresentazioni grafiche, che di visualizzare la proporzionalità tra spazio percorso dal treno e tempo impiegato per effettuare lo spostamento. Avendo da poco trattato l'argomento della proporzionalità diretta in matematica, è interessante osservare se gli studenti aggiungono spontaneamente una semiretta che unisce tutti i punti al grafico, pur non essendo esplicitamente richiesto. Questo aspetto è di grande importanza, perché non si lega solamente al tema della trasferibilità in campo fisico delle competenze matematiche, ma tenta di verificare se gli studenti colgono nella presenza della semiretta una qualità fondamentale di un grafico rappresentante un moto uniforme. Di ciascuna rappresentazione grafica si valuta la presenza di tutti gli elementi che la caratterizzano, come l'origine, gli assi orientati, l'indicazione dell'unità spaziale e temporale e il fatto che questa sia stata rispettata nell'inserimento dei punti.

Per quanto riguarda il secondo esercizio, incentrato sulla differenza tra spostamento e traiettoria e sul concetto di velocità media, il principale riferimento teorico che ha guidato la sua stesura è il testo di Hugo Besson, *Didattica della Fisica*. Dopo aver definito la velocità media rapporto tra *spostamento* e il tempo, l'autore ci tiene a sottolineare che "lo *spostamento* non è la stessa cosa della *distanza* o *lunghezza percorsa*" (Besson, 2015, p. 87), facendo l'esempio di un corridore che percorre una pista circolare del diametro di 100 m. Una volta arrivato a metà percorso, egli afferma di aver corso per $100 * \frac{\pi}{2} m$, e che quindi la sua velocità media è data dal rapporto tra questo valore e il tempo che ha impiegato. Un fisico esperto, invece, misura una velocità media minore, in quanto come dato spaziale considera semplicemente la distanza tra A e B, ovvero 100 m.⁵⁰ La situazione dell'esercizio 2 della prova preliminare è analoga a quella appena descritta: in questo caso la parte del corridore è associata a Filippo, che per calcolare la propria velocità media utilizza come dato spaziale la traiettoria percorsa, mentre la parte del fisico la fa la madre, che utilizza come dato lo spostamento del figlio, ovvero la semplice distanza tra il punto d'arrivo e il punto di partenza. Per capire ancora meglio la differenza tra spostamento e traiettoria si mostra il tragitto percorso da Filippo con la sua bicicletta attraverso una schermata di Google Maps. Questo rappresenta a tutti gli effetti un "grafico per gli occhi" (Redish, 2023): gli studenti possono visualizzare la "lunghezza percorsa" (usando i termini di Besson, 2015), di Filippo, e quindi calcolare quella che, secondo il protagonista del problema, è stata la sua velocità media. La mamma di Filippo, d'altro canto, ha a disposizione solo i dati relativi alla posizione iniziale e finale del figlio e l'orario in cui si trovava in questi punti. Quando si chiede di calcolare la velocità media di Filippo dal punto di vista della madre, dunque, si entra nel campo dei "grafici per la mente" (Redish, 2023). Non si può più parlare di "lunghezza percorsa", perché non si conosce la traiettoria di Filippo, ma di spostamento, ovvero la distanza fisica tra il punto finale e il punto iniziale. Un grafico sul modulo Google che rappresenta la posizione di Filippo in funzione del tempo secondo la madre aiuta gli studenti a capire questa differenza. Ecco che la velocità media calcolata dalla madre di Filippo sarà sicuramente minore di quella calcolata da Filippo stesso. Uno dei due ha torto dunque? Ovviamente no, semplicemente i due protagonisti del problema hanno a disposizione dati spaziali diversi. Filippo è a conoscenza della traiettoria percorsa da se stesso durante l'intero tragitto, mentre l'unica informazione che ha la madre è quella riferita allo spostamento. Questo esercizio, oltre ad introdurre il tema della distinzione tra i concetti di traiettoria spostamento, offre una riflessione per capire che i parametri fisici sono definiti sulla base delle informazioni che si hanno a disposizione, e nessuno di essi pretende di essere vero, ma semplicemente corretto in base ai dati di cui si è in possesso. Quest'ultimo elemento è stato largamente approfondito durante la correzione della prova preliminare. Chiedendo

⁵⁰ L'esempio del corridore e del fisico si trova nel testo Besson, Ugo (2015). *Didattica della fisica*. Carocci. p. 87

agli studenti di dare una spiegazione riguardo alla discrepanza tra i due valori di velocità media individuati da Filippo e da sua madre, si vuole valutare anche come si posizionano rispetto alla competenza di pensiero critico, che rientra tra le competenze di sostenibilità del GreenComp. Rimanendo sul tema di lettura e produzione dei grafici cinematici, il primo esercizio della seconda parte presenta su un grafico spazio/tempo un insieme di punti misurati da un dispositivo, che registra la posizione di due ciclisti ad intervalli regolari di tempo. I dati che si hanno a disposizione sono della stessa natura di quelli in possesso dalla madre di Filippo. Infatti il grafico che rappresenta la posizione di quest'ultimo nel tempo sulla base delle informazioni in possesso di sua madre simboleggia il più semplice dei "grafici per la mente" (Redish, 2023): due punti, uno iniziale ed uno finale, che indicano la posizione e l'istante di tempo da cui è partito Filippo e la posizione e il tempo di arrivo. In questo esercizio, invece, i punti sono più di due, in quanto l'applicazione registra le posizioni dei due ciclisti ogni venti minuti, ma il ragionamento è lo stesso: all'interno di ogni intervallo, non si hanno informazioni sull'effettivo tragitto effettuato dai due, ma solo sui punti iniziali e finali, quindi sullo spostamento relativo ad un determinato intervallo di tempo. In questo esercizio si chiede agli studenti di confrontare le velocità medie dei due ciclisti in determinati intervalli. Per alcuni di questi, nonostante la posizione finale di uno dei due abbia un valore più alto di quella dell'altro, è la velocità media di quest'ultimo ad essere maggiore, in quanto il suo spostamento, nello stesso intervallo di tempo, ha un valore più grande. Questo esercizio permette di verificare se gli studenti siano in grado o meno di interpretare che cosa l'informazione codificata nel grafico ci sta dicendo riguardo al sistema fisico, in quanto il confronto tra le velocità medie avviene basandosi esclusivamente sui dati ricavabili dalla rappresentazione grafica, ed una risposta sbagliata indica che questa abilità debba essere ancora sviluppata.

Nell'esercizio successivo si entra a contatto con un altro tipo di rappresentazione, quella narrativa, dalla quale si ottengono sia dati analoghi a quelli ritrovati in forma grafica, che dati di natura diversa, come ad esempio il motivo che ha portato Francesca a fermarsi alla fontana. Chiedendo di graficare ciò che è stato descritto in forma narrativa, è possibile verificare se gli stessi dati fisici ottenuti dall'analisi sono riportati anche nella nuova rappresentazione, e quindi la consistenza della singola situazione.

Lo stato iniziale relativo all'acquisizione di competenze di sostenibilità degli studenti viene valutato osservando come gli stessi si muovono all'interno di sistemi che aumentano gradualmente di complessità. Se infatti il testo del primo problema include esclusivamente dati cinematici, le consegne degli esercizi successivi aggiungono man mano sempre più informazioni che esulano dal campo fisico. Si passa infatti dal primo problema, costruito ad hoc per effettuare un'analisi cinematica, all'ultimo, che presenta delle fotografie scattate con il semplice scopo di raccontare un'esperienza, nelle quali i dati cinematici sono più nascosti.

Agli studenti sarà dunque chiesto di individuare i diversi sistemi che caratterizzano un sistema complesso (*scientific inquiry*), estrapolando esclusivamente informazioni di carattere fisico (*values and attitudes*), talvolta prevedendo gli sviluppi di una certa situazione, come nel primo esercizio (*action*). Il passaggio da un registro di rappresentazione all'altro verifica inoltre il grado di sviluppo della competenza di pensiero esplorativo (*creativity*), che, come specificato nel capitolo precedente, si lega al tema dell'interdisciplinarietà: agli studenti è chiesto di fare un'accurata analisi di testi e immagini per ricavare dati fisici, che richiedono competenze legate alle discipline di italiano ed arte. Riguardo al settore *action*, la sua valutazione nella prova si limita alla verifica che gli studenti siano in grado di capire quando è possibile prevedere o meno gli sviluppi di una certa situazione: se l'uniformità del moto del treno nel primo esercizio garantisce di poter stabilire la sua posizione dopo un determinato istante di tempo, a partire dal valore ricavato della sua velocità, questo processo non è possibile nell'esercizio successivo, in quanto il valore calcolato si riferisce alla velocità media di Filippo, e nulla nel testo indica che questa sia costante. La capacità di distinguere tra i due casi sarà valutata durante

la correzione della prova, svolta in modalità di discussione collettiva, che rappresenta un altro importante elemento di raccolta dati. L'obiettivo è utilizzare la prima parte per formalizzare i concetti di cinematica elencati nel capitolo 2, con l'idea di sottolineare specialmente la distinzione tra i concetti di traiettoria e spostamento. La correzione della seconda parte ha anticipato l'attività del viaggio a Trento, ed è stata realizzata nella stessa lezione. In questo caso lo scopo è quello di ragionare sulle analogie e differenze delle tre tipologie di rappresentazione in gioco, in particolare domandando agli studenti quali informazioni è possibile estrapolare da ciascuna di queste. Non mi è stato concesso di registrare le lezioni, tuttavia ho trascritto il riassunto dei commenti degli studenti durante le discussioni collettive, che riporterò nel prossimo capitolo.

4.2. Rappresentazioni realizzate per i lavori di gruppo

Il compito a casa in vista dei lavori di gruppo è stato assegnato al termine dell'attività "Viaggio a Trento". La richiesta è stata quella di provare a realizzare quello che avevo mostrato durante la lezione, in relazione ad un proprio viaggio, in pieno spirito di apprendistato. Al termine dei lavori di gruppo tutte le rappresentazioni prodotte dagli studenti sono state ritirate dal sottoscritto ed utilizzate come materiale di raccolta dati. L'obiettivo di quest'ultima, relativo alla domanda di ricerca 2., è verificare da un lato se la correzione della prova preliminare e la lezione sul "viaggio a Trento" abbiano portato ad un miglioramento nella produzione dei grafici e al superamento delle difficoltà emerse dalle attività precedenti, con un particolare occhio di riguardo a quelle relative alla costruzione della rappresentazione e all'inserimento corretto dei punti, dall'altro che gli studenti siano in grado di realizzare delle rappresentazioni narrative ed iconiche capaci di descrivere correttamente una situazione dal punto di vista fisico. Riguardo a quest'ultimo aspetto, il passaggio da una tipologia di rappresentazione ad un'altra nella descrizione di uno stesso evento deve portare nuove informazioni, senza però tralasciare o modificare nessun dato rilevante dal punto di vista fisico. La richiesta, infatti, è che da ciascuna rappresentazione sia possibile effettuare un'analisi cinematica completa. Ogni forma utilizzata per descrivere il viaggio deve aggiungere delle informazioni che le altre non possono fornire: un racconto può inserire particolari descrittivi, i disegni aiutano a visualizzare meglio la situazione, mentre i grafici permettono di intuire facilmente le distanze in termini spaziali e temporali delle varie tappe, cosa che le altre due rappresentazioni non riescono a garantire. Una cosa importante che gli studenti devono comprendere è che i dati cinematici, che devono essere presenti in tutte e tre le rappresentazioni in modo completo e coerente, non possono essere riportati allo stesso modo. Si considerino ad esempio i dati spaziali: se nei testi questi saranno rappresentati attraverso una descrizione dei luoghi attraversati durante il viaggio, in forma iconica occorrerà utilizzare delle strategie diverse per riportarli, come inserire dei disegni di cartelli stradali; infine l'informazione riguardante i luoghi attraversati non potrà essere contenuta nei grafici, perché i dati spaziali sono riportati esclusivamente in funzione della loro distanza dall'origine, che spesso coincide con il punto di partenza. Osservare se le rappresentazioni prodotte per compito rispettano i criteri sopracitati serve a verificare se l'utilizzo complementare di testi, disegni e grafici durante la lezione sul viaggio a Trento ha effettivamente guidato gli studenti verso la comprensione di cosa sia un grafico cinematico, quali elementi lo caratterizzano e che tipo di informazioni è in grado di fornire. Riassumendo, i lavori prodotti per compito a casa sono un ottimo materiale per poter osservare l'evoluzione nella qualità della produzione di grafici, per verificare le abilità di passaggio da una certa tipologia di rappresentazione ad un'altra e, di conseguenza, la comprensione della natura dei grafici.

4.3. Analisi effettuate durante i lavori di gruppo

Un altro importantissimo elemento di raccolta dati sono le analisi effettuate dai gruppi sui lavori prodotti da ciascuno come compito a casa. Come già indicato nel capitolo 3, ho assegnato a ciascun gruppo il compito di analizzare il numero maggiore possibile di rappresentazioni, individuando:

- spostamento totale
- eventuale spostamento relativo di ciascun tratto del viaggio
- velocità media totale
- eventuale velocità media relativa a ciascun tratto del viaggio
- mezzo di trasporto utilizzato in ciascun tratto

È chiaro che questo processo di analisi è lo stesso adoperato nella lezione del “viaggio a Trento”, dove, inizialmente, è stata individuata la distanza Modena - Trento e calcolata la velocità media totale, per poi, una volta scoperto che il viaggio era composto da tre tratti differenti, individuare lo spostamento relativo a ciascuno di questi e calcolare le rispettive velocità medie, ricavando allora il mezzo di trasporto utilizzato per ogni spostamento. A questo ho aggiunto un’ulteriore richiesta: convertire ciascuna rappresentazione grafica in narrativa, e convertire i testi e i disegni in un grafico cinematico. In quest’ultimo passaggio si vuole verificare la progressione della classe nella capacità di rappresentare in forma diversa tutte e sole le informazioni che si hanno a disposizione. Il testo prodotto a partire dal grafico, per esempio, non deve essere arricchito con informazioni che su quest’ultimo non è ovviamente possibile individuare, come i luoghi esatti attraversati, mentre sul grafico non possono essere riportate altre informazioni oltre alla distanza spaziale e temporale di ciascun punto dal punto di partenza.

Dunque le rappresentazioni prodotte da ciascun gruppo rappresentano un’importante fonte di raccolta dati per verificare l’evoluzione del rapporto degli studenti con le rappresentazioni grafiche. È interessante osservare se la dimensione collaborativa del gruppo sia capace di portare risultati diversi rispetto alle rappresentazioni realizzate a casa.

Le analisi realizzate da ciascun gruppo su tutte e tre le tipologie di rappresentazione fornisce invece un importante riscontro per valutare l’eventuale evoluzione degli studenti nella comprensione della cinematica. I risultati di queste analisi verranno infatti confrontati con quelli derivanti dalla prova preliminare, verificando anche in questo caso l’influenza della dimensione collaborativa.

Infine, le attività di produzione e analisi di rappresentazioni permettono parallelamente di verificare la progressione degli studenti nelle competenze di sostenibilità. La richiesta di individuare il mezzo di trasporto utilizzato sulla base dei dati cinematici è molto importante, perché permette di verificare se gli studenti sono in grado di mettere sullo stesso piano la cinematica e la sostenibilità ambientale (*values and attitudes*), dato che questa informazione serve chiaramente a ricavare la quantità di CO₂ emessa o evitata durante il viaggio, e, contemporaneamente, se gli studenti sono capaci di analizzare una stessa situazione su più livelli (*scientific inquiry*), dimostrando padronanza riguardo, in particolare, le competenze di definizione del problema e di pensiero sistemico. Quest’ultima emerge anche nella capacità di ciascun gruppo di estrapolare dalle rappresentazioni tutti e soli i dati di carattere fisico utili all’analisi cinematica, senza introdurre nel resoconto altri elementi che non hanno alcuna utilità, aspetto che entra in gioco nella conversione delle rappresentazioni narrative e iconiche in grafici, e di questi ultimi in testi, che deve essere effettuata mantenendo esclusivamente i dati che l’una fornisce e che l’altra è in grado di riportare. Il passaggio da una tipologia di rappresentazione ad un’altra, insieme all’analisi di testi e disegni, certifica anche la competenza di pensiero esplorativo degli studenti (*creativity*), in quanto richiedono abilità di analisi del testo e di disegni, proprie delle discipline umanistiche.

Durante la lezione successiva ho avuto modo di verificare i pattern di ragionamento propri delle analisi di ciascuna tipologia di rappresentazione, indagando sull'approccio degli studenti all'analisi cinematica. È in questa fase che ho avuto un riscontro sull'evoluzione della comprensione delle peculiarità della rappresentazione grafica, in quanto, attraverso domande mirate, ho potuto capire se gli studenti hanno effettivamente compreso quali caratteristiche siano in grado di portare, nella descrizione di un sistema fisico, rispetto ad una qualunque tipologia di rappresentazione. Per quanto riguarda la componente della lezione legata alla sostenibilità ambientale, non ho avuto modo. Queste ultime saranno valutate nel questionario finale in funzione dell'intero percorso, compreso anche il discorso enunciato durante questa attività.

4.4. Risposte della verifica

Al termine delle attività, come di consueto, gli studenti affrontano una verifica sul programma di cinematica svolto. Questa è preceduta da una lezione di ripasso gestita in collaborazione con la docente della classe. Il test è effettuato su un modulo Google utilizzando i Chromebook. Nell'**Allegato 3** sono inseriti solo i testi dei due problemi aggiunti dal sottoscritto, poiché i primi esercizi derivano da un documento redatto dalla docente della classe in precedenza, e quindi non sono di mia proprietà. Sono proprio questi ultimi che presentano una importante fonte di dati per verificare l'acquisizione delle competenze legate alla cinematica.

Lo scopo principale dei due problemi sopra citati è di verificare se il percorso didattico ha contribuito o meno allo sviluppo delle abilità grafiche negli studenti.

Gli esercizi riprendono il lavoro svolto durante tutto il percorso, chiedendo di individuare ed analizzare dati cinematici da un diverse tipologie di rappresentazione, effettuando anche delle conversioni, facendo leva, ancora una volta, sulla complementarità dei linguaggi.

Entrambi tentano di indagare lo status finale della classe nella comprensione dei concetti cinematici e nelle abilità di costruzione ed analisi delle rappresentazioni grafiche, contribuendo a verificare in che modo questi l'utilizzo costante di questi ultimi già dalla prova preliminare abbia contribuito allo sviluppo del primo aspetto.

Il primo dei due problemi richiama il primo esercizio della seconda parte della prova preliminare: si descrive il viaggio effettuato in bicicletta da una persona, riportando i dati ricavati da un'applicazione che registra la sua posizione ogni 20 minuti, visualizzati attraverso un grafico. Gli studenti devono analizzare questa rappresentazione dal punto di vista cinematico, con richieste che aumentano gradualmente di complessità, chiedendo inizialmente di individuare lo spostamento totale e il tempo impiegato per effettuarlo, e successivamente di stabilire in quale degli intervalli rappresentati da due punti adiacenti la velocità della protagonista fosse maggiore, e infine di calcolarla. Le prime due richieste mirano semplicemente a verificare la padronanza dei concetti di spostamento totale e tempo impiegato per effettuare questo spostamento, poiché per rispondere basta leggere le coordinate dell'ultimo punto del grafico. Le ultime due domande pongono gli studenti di fronte ad un lavoro di analisi e confronto dei singoli tratti di ciascuno spostamento. Rispetto al primo esercizio della seconda parte della prova preliminare, che chiede di confrontare due rappresentazioni diverse, ora il grafico è solamente uno, e quindi il processo di analisi può sembrare più semplice. Tuttavia, in entrambi i problemi la richiesta è quella di confrontare due intervalli spazio temporali, con la sola differenza che in un caso questi appartengono a due grafici diversi, mentre nel secondo appartengono allo stesso. Sebbene questa tipologia di esercizi non sia stata affrontata nella parte intermedia tra la prova preliminare e la verifica, cioè nelle lezioni sul "viaggio a Trento" e durante i lavori di gruppo, il confronto tra velocità medie relative a due spostamenti diversi è ripreso nella lezione di ripasso che precede la verifica.

Il secondo problema, invece, presenta una situazione fisica descritta attraverso un testo. In linea con i ragionamenti fatti durante il percorso didattico, questa rappresentazione, al contrario di quella grafica, contiene al suo interno dati non prettamente fisici, come il fatto che sia una bella giornata, o che il motivo per cui Francesco si è fermato è per mangiare. Le domande legate al testo sono analoghe a quelle dell'esercizio precedente: si chiede lo spostamento totale, l'orario di arrivo, ed infine di rappresentare su un grafico il viaggio del protagonista. Per quanto riguarda le prime due richieste, mentre nel caso precedente è stato sufficiente osservare le coordinate dell'ultimo punto, in questo caso non è possibile ricavare le risposte da un singolo dato incluso nella rappresentazione, ma occorre sommare tutte le informazioni che si hanno a disposizione sugli spostamenti di Francesco. Il processo non è complicato in quanto si tratta di numeri semplici, ma sicuramente non così immediato come nell'esercizio precedente. Anche questo dettaglio aiuta gli studenti a riflettere sull'utilità che hanno i grafici in fisica nel rappresentare le situazioni che si vogliono analizzare, poiché sono capaci di mettere in luce in modo chiaro ed intuitivo le informazioni di cui abbiamo bisogno.

L'ultima richiesta è quella più importante: si chiede infatti di convertire in grafico il testo appena analizzato. I lavori prodotti dagli studenti saranno un'importantissima fonte di raccolta dati per verificare, insieme ai grafici prodotti durante la prova preliminare e i lavori di gruppo, l'evoluzione di ciascuno studente nelle abilità legate alla loro produzione.

4.5. Questionario di fine percorso

In questa sezione si descrivono le finalità dal punto di vista di raccolta dati del questionario, dividendolo, come nel capitolo precedente, in due parti.

La prima parte, impostata come un librogame, ha lo scopo principale di valutare il progetto abbia effettivamente portato allo sviluppo delle competenze di sostenibilità. La situazione di partenza è familiare e di facile comprensione: ci si è accordati con un'amica per fissare un appuntamento alle 17, ma, assorti in mille pensieri, non ci si è accorti che sono già le 16:45. Il primo quesito chiede di scegliere con quale mezzo andare dall'amica, se in automobile, accompagnati da un genitore, oppure in bicicletta o in autobus. La prima scelta garantisce la sicurezza di arrivare puntuali all'appuntamento, ma comporta una quantità di emissioni di CO₂ che si potrebbe evitare usando le altre modalità di trasporto. Preferendo queste ultime, tuttavia, c'è il rischio di arrivare in ritardo. La storia è molto breve: una volta arrivati all'appuntamento con l'amica, si decide di andare in gelateria, da cui bisogna tornare a casa entro le 19. Agli studenti è chiesto solamente di scegliere il mezzo di trasporto con cui effettuare tutti questi spostamenti, che può variare di volta in volta. Le richieste dunque sono molto semplici, ma la valutazione delle conseguenze di ogni scelta è un aspetto di maggiore complessità. Utilizzare la bicicletta, ad esempio, porta ad un azzeramento delle emissioni di CO₂, ma comporta dei costi in termini di tempo impiegato per ogni spostamento e di stanchezza fisica. Anche scegliendo di utilizzare l'autobus si azzerano le emissioni, senza conseguenze dal punto di vista fisico, ma con un prezzo del biglietto da pagare, che ci lascerà con meno soldi da poter spendere per prendere il gelato. Infine scegliere l'automobile non comporta perdite dal punto di vista fisico ed economico, ma è una scelta non condivisibile dal punto di vista della sostenibilità ambientale. Al termine della storia, si chiede agli studenti di stimare il totale di emissioni di CO₂ che questo viaggio ha comportato. Successivamente, vengono mostrate agli studenti le conseguenze di tutte le scelte compiute, in termini di stato fisico, costi, relazioni ed impatto ambientale. Attraverso il questionario è possibile avere un feedback su come gli studenti hanno intenzione di applicare quanto appreso in termini di sostenibilità ambientale nel quotidiano. A ragazzi e ragazze di 13 anni, infatti, non si può chiedere di dare un apporto importante alle questioni ambientali, ma possono essere abituati a compiere piccole scelte che, crescendo, si evolveranno in decisioni più responsabili dal punto di vista della sostenibilità ambientale. Questo processo, ovviamente, è imprescindibile dallo sviluppo di tutti e quattro i settori di competenza del

GreenComp. Infatti, pur essendo di facile comprensione, la situazione descritta rappresenta un sistema altamente complesso, che interpella un gran numero di variabili di tipo diverso (stato fisico, costi, relazioni, impatto ambientale), all'interno del quale gli studenti devono saper prendere decisioni a favore della sostenibilità (*values and attitudes*) dimostrando la capacità di analizzare la situazione su più livelli (*scientific inquiry*) e di saper valutare le conseguenze delle proprie decisioni relative a ciascuna di queste (*creativity*), dimostrandosi pronti a compiere azioni in favore dell'ambiente che possono portare a sacrifici in termini economici e, talvolta, relazionali (*action*). È qui che finalmente gli studenti possono dimostrare di avere la padronanza di competenze specifiche di sostenibilità, in particolare:

- per il settore *values and attitudes*, la scelta di utilizzare mezzi di trasporto sostenibili testimonia che gli studenti mettono al primo posto i valori di sostenibilità, promuovendo la natura rispetto a questioni economiche e, talvolta, anche relazionali;
- per il settore *scientific inquiry*, le situazioni presentate richiedono di essere analizzate su più livelli, valutando quali siano le conseguenze sotto tutti gli aspetti, in particolare quello della sostenibilità, promuovendo le competenze di pensiero sistemico e critico, identificando ogni scelta come la risposta ad un problema di sostenibilità ben posto (definizione del problema);
- per il settore *creativity*, si chiede agli studenti di valutare ogni scelta sulla base delle conseguenze in termini di impatto ambientale, promuovendo l'adattabilità, intesa come capacità di fare sacrifici per giungere a scenari che non prevedano conseguenze negative delle nostre azioni sull'ambiente (senso del futuro);
- per il settore *action*, effettuare scelte sostenibili dimostra di essere disposti a compiere azioni individuali a favore dell'ambiente, che possono talvolta portare a fare dei sacrifici.

Ancora una volta risulta chiaro come ciascun settore si sviluppi in dipendenza degli altri tre, in quanto tutte le competenze sopra elencate entrano in gioco dal momento in cui si mette lo studente nelle condizioni di dover effettuare una scelta. Infatti non è possibile prendere decisioni a favore dell'ambiente tralasciando una di queste.

La seconda parte del questionario, invece, si riferisce particolarmente alle prime due domande di ricerca, chiedendo inizialmente quanto ciascuna tipologia di rappresentazione utilizzata abbia aiutato nella comprensione della cinematica, motivando le risposte date. Con questo si vuole verificare se i risultati ottenuti, in particolare nei due problemi della verifica, dipendono effettivamente dalla scelta di integrare la sostenibilità ambientale nella didattica della cinematica, utilizzando la complementarità dei linguaggi come filo conduttore dell'intero progetto. La prima domanda chiede di valutare, tramite giudizio numerico, quanto ciascuna tipologia di rappresentazione abbia aiutato nella comprensione della cinematica, lasciando uno spazio per argomentare le proprie risposte. Successivamente si chiede di dare un giudizio numerico relativo all'interesse che ciascuna attività ha suscitato, lasciando poi uno spazio per scrivere commenti liberi su ciascuna di queste. Le domande successive indagano il gradimento che ciascuna attività ha suscitato negli studenti, perché sono convinto che una proposta didattica, per essere efficace, debba essere interessante e coinvolgente. D'altronde lo stesso articolo di Josephine Condemi, citato nel capitolo uno, afferma che "Le scienze cognitive sono infatti ormai concordi nell'affermare che conosciamo attraverso le emozioni, e che l'apprendimento dipende non solo dal contenuto razionale del messaggio, ma anche e soprattutto dall'emozione associata al contenuto e vissuta al momento della sua trasmissione" (Condemi, 2022), per questo motivo ritengo importante verificare il gradimento suscitato da ciascuna attività. Le domande successive permettono di valutare se il progetto ha portato ad un miglioramento negli studenti riguardo la consapevolezza delle tematiche ambientali. In primo luogo si domanda agli alunni se, prima del percorso, erano o meno a conoscenza dell'impatto ambientale causato dai propri spostamenti, in relazione al mezzo utilizzato, e se le attività proposte hanno cambiato qualcosa da questo punto di vista. Successivamente,

si chiede allo studente se abbia o meno intenzione di intraprendere concretamente delle azioni a favore dell'ambiente, e, sia in caso affermativo che in caso negativo, di spiegare il motivo della scelta (*action*).

Come ultima domanda, ho lasciato agli studenti uno spazio per lasciare un commento finale, nel caso avessero qualcosa riguardo al percorso da aggiungere, non esplicitamente richiesto dalle domande poste.

L'anonimato del questionario mi garantisce la piena sincerità degli studenti.

CAPITOLO 5. Analisi dei risultati

In questo capitolo analizzerò i risultati ottenuti da ciascuno strumento di raccolta dati descritto nel capitolo precedente, in funzione delle domande di ricerca specifiche, facendo riferimento alla **tabella 4.1**.

Riguardo alla prova preliminare, verranno elencati i principali errori individuati nel complesso, distinguendo tra quelli che riguardano i concetti cinematici in generale e quelli relativi ai processi di costruzione dei grafici nello specifico, per poi entrare nel dettaglio di ciascuna domanda. Si riporterà in seguito un breve resoconto della discussione collettiva avvenuta al termine della prova.

L'analisi delle rappresentazioni realizzate per compito sarà suddivisa per tipologia, confrontando i risultati con quelli ottenuti dalla prova preliminare.

Anche le analisi effettuate durante i lavori di gruppo saranno divise in tre diverse categorie: analisi delle rappresentazioni grafiche, analisi delle altre tipologie di rappresentazione, produzione dei grafici. Anche in questo caso i risultati ottenuti saranno confrontati con quelli derivanti dagli strumenti metodologici precedenti. Si riporterà in seguito un resoconto della discussione collettiva avvenuta durante la lezione successiva, incentrata particolarmente sulle modalità di analisi adottate per ogni tipologia di rappresentazione.

Il paragrafo dedicato alla verifica finale presenta una prima sezione dedicata ad alcune considerazioni provenienti dalle risposte alle prime domande. Successivamente saranno analizzati nel dettaglio i due problemi inseriti dal sottoscritto nelle stesse modalità della prova preliminare: inizialmente si indicheranno gli errori riscontrati con maggior frequenza, per poi entrare nel dettaglio di ciascuna domanda. Successivamente si opererà un'analisi dell'evoluzione della classe durante l'intero progetto rispetto a tre categorie di indagine: analisi dei grafici, analisi degli altri tipi di rappresentazione e produzione dei grafici.

Infine, i risultati del questionario saranno riportati dividendo lo stesso nei due blocchi già evidenziati nello scorso capitolo: il primo riguarda il librogame di sostenibilità, il secondo riguarda le domande relative alle attività del progetto. Si ragionerà sulle risposte date dagli studenti, in particolare quelle in cui hanno avuto modo di esprimersi liberamente.

Ciascun paragrafo terminerà con una sezione chiamata *considerazioni finali*, nella quale sarà effettuata una sintesi dei risultati alla luce degli obiettivi di ricerca di ciascuno strumento metodologico delineati nel capitolo precedente.

5.1. Prova preliminare

La prova preliminare è stato un ottimo strumento diagnostico per definire il livello iniziale della classe riguardo alla comprensione della cinematica e alle abilità di produzione ed analisi grafica, e per indagare la presenza o meno di basi solide attraverso cui sviluppare, nel corso del progetto, competenze di sostenibilità ambientale.

Le principali difficoltà legate alla comprensione dei concetti cinematici riscontrate sono suddivisibili nelle seguenti categorie:

- confusione tra il concetto di spostamento e di velocità: è capitato che gli studenti abbiano considerato come velocità il dato sullo spostamento effettuato, specialmente nel primo esercizio;
- $v = s \cdot t$: alcuni studenti hanno ricavato la velocità moltiplicando lo spostamento per il tempo impiegato;
- calcolare la velocità come tempo impiegato su spazio percorso: gli studenti che hanno commesso questo errore hanno probabilmente diviso automaticamente il dato maggiore per il

dato minore, non contemplando valori di velocità minori di 1. Questo è deducibile dal fatto che l'unità di misura associata è spesso data da un'unità spaziale su una temporale;

- assegnare velocità maggiore a punti ad ordinata maggiore, evidenziato nell'esercizio 1 della seconda parte della prova, si traduce nel calcolare la velocità media relativa ad un particolare intervallo dividendo semplicemente i valori spaziali e temporali del punto finale;
- non distinguere tra moto uniforme e non uniforme: errore che è emerso sia nei grafici realizzati durante la prova che nella discussione collettiva avvenuta durante la correzione della stessa.

Riguardo alla produzione di grafici, nella prima parte della prova preliminare la richiesta è di rappresentare un moto rettilineo uniforme inserendo i punti nel grafico in base ai dati ricavati dalle risposte alle domande precedenti. La correttezza nei valori delle coordinate di ciascuno di questi, dunque, non entra a far parte delle sole competenze grafiche, in quanto dipende dalla qualità dei calcoli precedenti. Al termine della prima parte della prova preliminare sono stati consegnati 15 grafici. Riguardo le abilità relative alla costruzione della rappresentazione, ho avuto modo di controllare se gli studenti hanno inserito o meno le etichette ai grafici, se hanno trascritto i punti sugli assi in maniera equidistante, rispettando dunque la scala, e se hanno tracciato una semiretta che congiunge i punti, nella circostanza di moto rettilineo uniforme, o, in caso contrario, se hanno lasciato i punti isolati. Il modulo Google su cui hanno svolto la prova presenta un template da ricopiare su un foglio e in cui inserire i punti, che avrebbe dovuto aiutare gli studenti nella costruzione della rappresentazione. Riguardo al primo aspetto, nonostante nell'esempio riportato sul modulo gli assi fossero nominati, solamente 10 studenti su 15 hanno inserito le etichette. Risultati migliori sono stati ottenuti sull'equidistanza dei punti sugli assi, ovvero sull'inserimento di un'unità spaziale e temporale ben definita: solamente in due persone non hanno trascritto i punti in modo equidistante. Tuttavia, nessuno studente ha specificato le unità spaziali e temporali sul grafico con una legenda.

Nel capitolo precedente ho specificato come la presenza della semiretta sia un elemento fondamentale per comprendere se gli studenti colgono nella sua stesura una caratteristica fondamentale del grafico, poiché certifica la relazione di proporzionalità diretta tra lo spostamento ed il tempo impiegato, che è stata successivamente formalizzata come moto uniforme. Come già detto in precedenza, infatti, la proporzionalità è un argomento da poco affrontato in matematica e, per quanto il problema non richieda esplicitamente di inserire una semiretta che congiunge i punti, dal testo della consegna, e nel vedere questi allineati, gli studenti avrebbero dovuto cogliere che esiste una relazione tra loro. Delle nove persone che hanno inserito sul grafico punti allineati, corretti o meno, in sei hanno congiunto questi punti con una linea, ma solo in due hanno inserito il tratteggio per indicare una semiretta. È interessante notare che tre studenti, pur avendo inserito sul grafico punti non allineati, hanno deciso di congiungerli con una linea spezzata.

Meritano menzione anche tre casi che hanno congiunto uno o più punti inseriti all'ascissa attraverso un segmento verticale, ed un caso che ha congiunto alcuni punti all'asse y con una linea orizzontale.

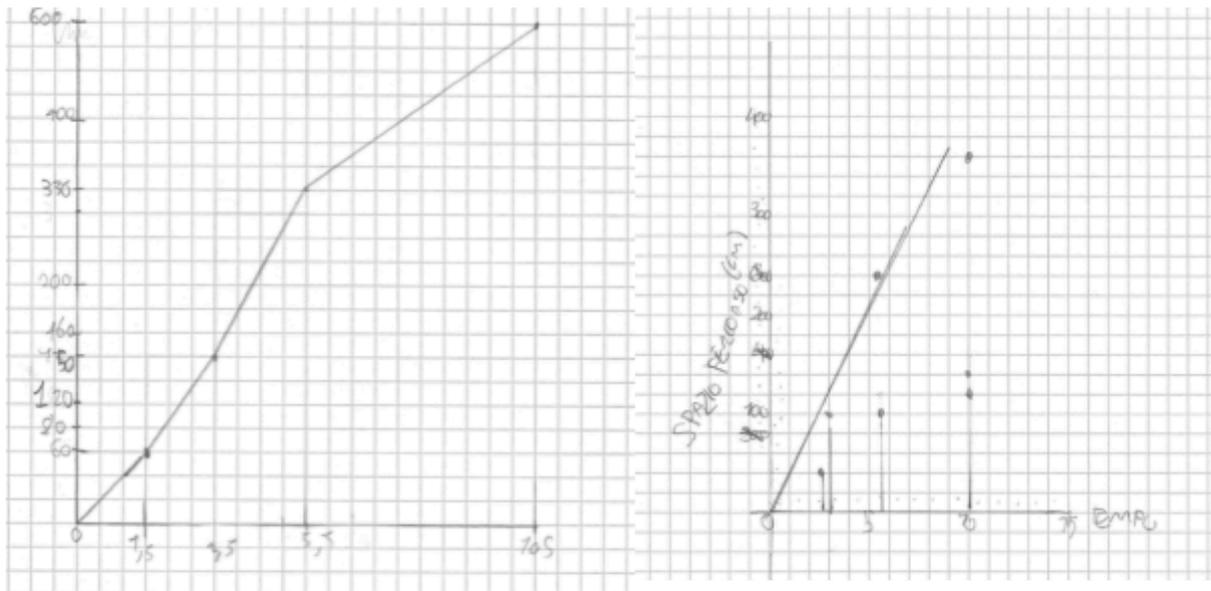


Figura 5.1. A sinistra, un esempio in cui punti non allineati sono stati congiunti con segmenti. A destra, oltre ad un tentativo di disegnare una semiretta che congiunge solo alcuni punti, lo studente ha anche tracciato delle linee verticali che uniscono alcuni punti all'asse delle ascisse

La seconda parte della prova preliminare, invece, chiede di convertire in grafico delle rappresentazioni narrative o iconiche. In questo caso, sono stati consegnati solamente 11 grafici. È sicuramente diminuita l'accuratezza con la quale questi sono stati realizzati: spesso gli assi non sono orientati, oppure mancano le etichette. Nessuno studente è riuscito ad includere tutti i dati ricavabili dai testi e dalle immagini, in ciascun grafico manca almeno un punto che poteva essere aggiunto. In tre persone hanno trasposto erroneamente in forma grafica i dati su distanze e tempi, dimenticandosi che il valore dell'ascissa e dell'ordinata di un dato punto deve tenere conto dei valori del punto precedente. Una sola persona ha ricongiunto i punti del grafico con dei segmenti, nonostante i punti non fossero allineati. Avere a disposizione dei dati ricavati da loro stessi nel primo esercizio probabilmente ha influito su una migliore qualità della realizzazione. In più, un'ulteriore difficoltà è data dal fatto che, mentre l'esercizio del treno presenta i dati spaziali e temporali come valori ben definiti, gli esercizi della corsa di Fabio, Francesca e Lucia chiedono l'impegno di sommare valori spaziali e temporali, utilizzando diciture come "dopo 6 minuti" oppure "dopo 1 km". Questo però non giustifica totalmente la discrepanza tra la qualità dei grafici nella prima e nella seconda parte della prova preliminare, probabilmente influenzata da un minore impegno da parte degli studenti nell'affrontare il compito a casa. Sicuramente la componente pigrizia ha giocato un ruolo fondamentale: svolgere la prova preliminare in aula permette di evitare distrazioni che invece a casa sono presenti. Oltre al fatto che la seconda parte della prova è stata effettuata per compito per necessità tempistiche, la speranza era che, avendo più tempo a disposizione, gli studenti avessero messo maggiore cura alle risposte.

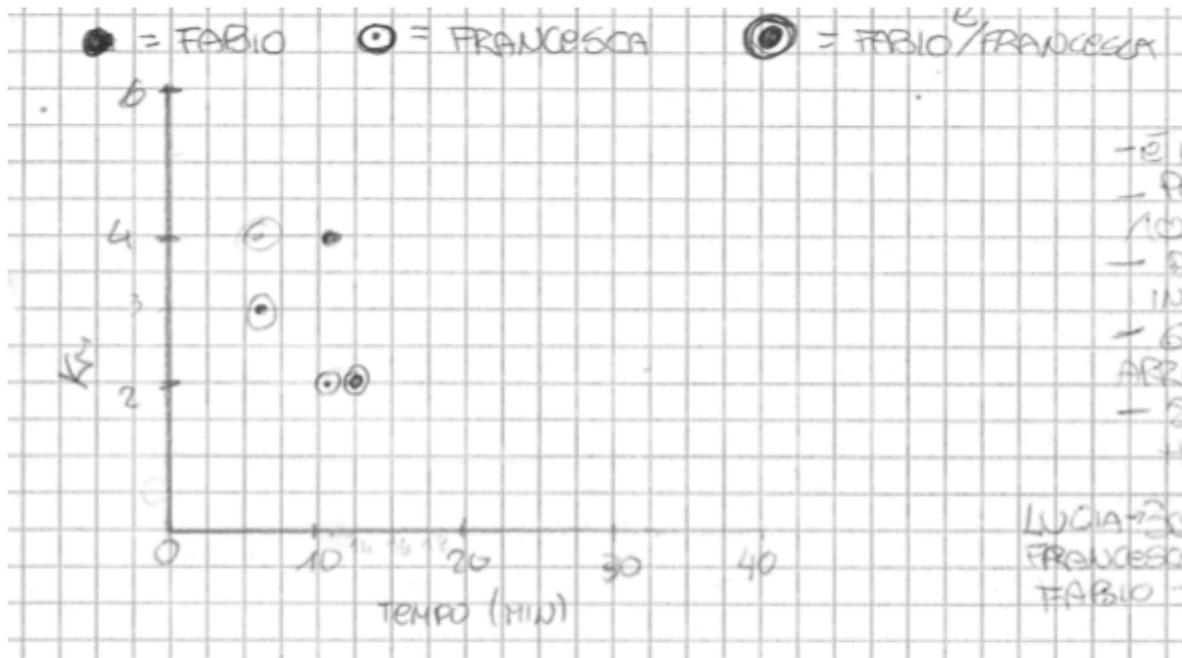


Figura 5.2. In questo caso il punto doppio di ascissa 6 minuti ed ordinata 3 chilometri si riferisce al momento in cui Fabio e Francesca stanno correndo insieme dopo la pausa alla fontana. Il testo dice "Una volta ripartiti, Fabio ha messo su un bel ritmo, e riesce a stare al passo di Francesca per il successivo km. Dopo aver corso insieme per 6 minuti, però, arrivati ad un ponte che passa sopra un fiume, Fabio rallenta, e per completare il chilometro successivo impiega il doppio del tempo di Francesca, che invece impiega sempre lo stesso tempo." L'autore del grafico, leggendo dal testo il dato "6 minuti", ha associato a questo dato 6 come valore dell'ascissa. Tuttavia si è dimenticato di sommare a questi 6 minuti il tempo trascorso fino a quel momento. Il valore corretto sarebbe stato 22 minuti. Lo stesso errore è stato commesso per i punti di ordinata 4

Dopo aver presentato un quadro generale dei risultati della prova preliminare, di seguito si entra nel dettaglio delle singole domande, sottolineando in che modo le difficoltà evidenziate in precedenza sono emerse.

Prima parte

Di seguito sono riportati su una tabella i risultati delle risposte degli studenti a ciascun quesito. In alcuni casi non è stato possibile risalire alla sorgente dell'errore.

Domanda	+	-	/	Tipo di errore
1A) A partire dalle informazioni che abbiamo a disposizione, come possiamo conoscere la velocità del treno?	8	16	1	- assenza di unità di misura (3) - $v=s*t$ (2) - aver confuso velocità e spostamento (1) - hanno scritto che mancano delle informazioni (2)
1B) Assumendo che il treno si muove a velocità costante, che distanza ha percorso dopo 2,5 secondi? quale dopo 5,5 secondi? E dopo 10 secondi?	6	15	3	- assenza di unità di misura (2) - aver utilizzato come costante di proporzionalità 60 cm (4) - calcolo
1C) Assumendo che il treno si muova a velocità costante, quanto tempo ha impiegato a coprire una distanza di 80 cm? Quanto tempo per muoversi di 120 cm? e di 160 cm?	7	14	4	- aver utilizzato come costante di proporzionalità 60 cm (4) - calcolo
2A) Sapendo che, per percorrere quei 5,3 km Filippo ha effettivamente impiegato 21 minuti (escludendo la pausa di 5 minuti), qual è stata, secondo Filippo, la sua velocità media?	6	13	6	- aver calcolato la velocità dividendo il tempo impiegato per lo spazio percorso (5) - $v=s*t$ (2) - calcolo
2B) Qual è stata la velocità media di Filippo secondo sua madre?	2	19	4	- aver calcolato la velocità dividendo il tempo impiegato per lo spazio percorso (4) - $v=s*t$ (2) - risposta uguale alla precedente (3) - risposte date in termini di ritmo (3 km ogni 26 minuti) (3)

Tabella 5.1. Risposte date ai quesiti della prova preliminare. Legenda: + = risposta esatta, - = risposta sbagliata, / = risposta non data

Esercizio 1

Dei venticinque studenti che hanno completato la prova, solo due hanno risposto correttamente a tutte e tre le domande del primo esercizio. Entrambi, dopo aver calcolato in modo esatto la velocità, esprimendo la corretta unità di misura, hanno utilizzato questo dato come coefficiente di proporzionalità tra spazio percorso e tempo impiegato per trovare le risposte ai due quesiti successivi. Nessuno degli altri 6 studenti che hanno risposto correttamente alla prima domanda ha esplicitamente utilizzato il dato sulla velocità ricavato nel primo punto nei calcoli che riguardano gli esercizi successivi. La scelta di utilizzare numeri poco "comodi" ha fatto emergere alcune difficoltà negli studenti: ad esempio, il fatto che il dato temporale non è espresso come un numero intero ha fatto sì che alcune persone abbiano cercato in primo luogo di trovare la distanza percorsa dal treno in un intervallo di tempo espresso da un numero intero (ad esempio 3 secondi), per poi procedere con i calcoli. Per quanto riguarda la scelta delle unità di misura utilizzate, soltanto un caso ha riportato il risultato in

termini di km/h , senza aver tentato di effettuare alcuna conversione. Le altre risposte o hanno utilizzato i cm/s , oppure hanno omesso l'unità di misura.

Guardando le risposte ai punti B) e C), sembra che la maggior parte degli studenti abbia compreso che esiste una proporzionalità tra spazio percorso e tempo impiegato, ma che non tutti siano riusciti a cogliere che la costante di proporzionalità è la velocità. In più, alcuni studenti che non sono riusciti a rispondere correttamente alla prima domanda sono stati in grado di rispondere alla seconda o alla terza, probabilmente utilizzando una proporzione, anche se raramente esplicitata.

Esercizio 2

Tralasciando i punti A) e B), le cui risposte sono già riportate nella **Tabella 5.1**, il punto C) ha lo scopo di far ragionare gli studenti sulla differenza tra spostamento e traiettoria. Solamente 7 persone hanno tentato di rispondere alla domanda. La richiesta di cercare una spiegazione alla discrepanza tra i valori calcolati nel punto A) e nel punto B) ha messo molto in difficoltà gli studenti.

Le 7 risposte sono suddivisibili in tre categorie: risposte basate sulla distanza, sul tempo, e su entrambi. Nella prima categoria, che va per la maggiore, con 5 risposte su 7, rientrano gli studenti che hanno giustificato la differenza tra i due valori di velocità media con i valori diversi dello spazio percorso da Filippo, ritenendo tuttavia i 5,3 km come la distanza vera, e che quindi la madre abbia a disposizione un dato "falso". La risposta basata sul tempo dà molta importanza alla sosta di cinque minuti, affermando che *la madre non sa esattamente quanto ci abbia messo Filippo per arrivare e non sa che lui ha fatto una sosta di 5 minuti*. Infine riporto l'unica risposta basata su entrambi: *perchè per trovare la velocità media bisogna fare la distanza percorsa diviso il tempo percorso e Filippo ha fatto più strada in meno tempo e quindi la sua velocità media sarà più alta. Io alla quantità 5,3 km darei il nome di "reale" mentre a 3 km "teorica"*.

In questo caso si assegna alla traiettoria (senza definirla in questo modo) l'aggettivo di "reale" mentre allo spostamento quello di "teorica".

Come ci si poteva aspettare, la differenza tra traiettoria e spostamento non è nota agli studenti. Per questo motivo ho deciso, dopo averla formalizzata durante la correzione, di sottolineare questa distinzione molte volte durante il percorso, in modo che agli studenti fosse chiaro che la traiettoria rappresenta l'insieme dei punti percorsi da un corpo, mentre lo spostamento la semplice distanza tra il punto finale e il punto iniziale di un tragitto.

Sembra inoltre che le unità di spazio e di tempo scritte in termini di chilometri e minuti mettano gli studenti in maggiore difficoltà rispetto a quelli forniti in termini di centimetri e secondi. Infatti nel secondo esercizio, in cinque studenti hanno scritto i risultati in termini di km/h in almeno uno dei tre punti, e solamente uno di questi ha effettivamente tentato di convertire i km/min in km/h , gli altri hanno semplicemente scritto l'unità di misura errata. Nel primo esercizio invece solo un risultato è stato scritto in termini di km/h , senza alcun tentativo di conversione. Gli altri risultati scritti con un'unità di misura hanno mantenuto i cm/s .

Durante la correzione in classe, ho voluto riprendere questo argomento. Considerando il primo esercizio, ad esempio, gli studenti sono stati concordi nell'affermare che l'unità di misura da associare alla velocità fossero i cm/s , ma molti di loro hanno contemporaneamente sentito la necessità di convertire questi in km/h , nonostante nessuno lo avesse esplicitamente fatto nella prova. Ho avuto modo allora di ragionare con loro sul fatto che la velocità è data dal rapporto tra un'unità spaziale e una temporale, e che la scelta del fattore di scala è una scelta di convenienza, che dipende da cosa sto misurando. Successivamente ho potuto verificare la comprensione della differenza tra le due tipologie di velocità presentate nei due esercizi. Se nel primo caso la velocità del treno è costante, e quindi possiamo prevedere dove si troverà dopo un certo periodo di tempo, nel secondo caso non è così. Ho chiesto allora alla classe se è possibile prevedere la posizione di Filippo dopo un certo periodo di

tempo, una volta calcolata la sua velocità media, facendo anche degli esempi numerici. La risposta è stata affermativa, nessuno studente ha avuto dubbi a riguardo. Ho dovuto quindi spiegare bene l'importanza dell'aggettivo "costante" affiancato alla velocità nel primo esercizio. L'attenzione si è dunque spostata sulle rappresentazioni visualizzate nel secondo problema: gli studenti non erano sicuri delle risposte date in verifica, e alla richiesta di spiegare come mai le distanze percorse da Filippo secondo egli stesso e secondo sua madre fossero diverse nessuno si è attentato a rispondere. La formalizzazione della differenza tra spostamento e traiettoria è stata allora guidata dal sottoscritto, ma ha permesso agli studenti di iniziare a comprendere che tipo di informazione è in grado di fornire un grafico cinematico.

Seconda parte

Domanda	+	-	/	Tipo di errore
1A) Nel primo tratto (i primi 20 minuti), la velocità media di Andrea è:	15	6	0	- Maggiore di quella di Gino (3) - Uguale a quella di Gino (3)
1B) Nel secondo tratto (dai 20 minuti ai 40 minuti) la velocità media di Andrea è:	4	17	0	- Minore di quella di Gino (17)
3A) Chi ci ha messo più tempo per effettuare lo spostamento dal primo all'ultimo punto tra Fabio, Lucia e Francesca?	5	16	0	- Lucia (3) - Francesca (2) - Francesca e Fabio sono stati più lenti di Lucia e hanno impiegato lo stesso tempo (8) - Fabio e Lucia sono stati più lenti di Francesca: e hanno impiegato lo stesso tempo (2)
3B) In quali tratti la velocità media di Lucia è stata maggiore di quella di Francesca?	6	7	8	- In nessuno (2) - Tra il secondo e il terzo (1) - Nel tratto finale (1) - Quando ha incontrato una persona (1) - Nel primo e nell'ultimo (1) - Negli ultimi due (1)

Tabella 5.2. Risposte date ai quesiti della seconda parte della prova preliminare. Legenda: + = risposta esatta, - = risposta sbagliata, / = risposta non data

Le risposte alla domanda 1B) dimostrano che gli studenti non hanno compreso a pieno la differenza tra punto e intervallo: il fatto che, a parità del valore dell'ascissa, in questo caso 40 minuti, il punto che rappresenta la posizione di Gino abbia un valore dell'ordinata maggiore del punto che rappresenta la posizione di Andrea ha tratto in inganno gli studenti, che hanno automaticamente associato a Gino la velocità maggiore.

Per quanto riguarda il punto 1C), che chiede di descrivere attraverso un testo le informazioni che porta il grafico, tutti gli studenti, con l'eccezione di due persone, hanno tentato di dare una risposta. Nessuno, tuttavia è riuscito a fornire una descrizione allo stesso tempo completa e corretta. Molti studenti hanno interpretato il fatto che i punti di Gino abbiano un'ordinata sempre maggiore o uguale a quelli di Andrea come un indizio che Gino fosse più veloce di Andrea, quando in tre tratti è la velocità

media di quest'ultimo ad essere maggiore. Alcuni hanno interpretato che il percorso di Gino fosse più lungo di quello di Andrea, o che ci abbia messo meno tempo. Una sola persona ha dedotto che entrambi sono arrivati nello stesso punto, e un'altra che sono arrivati contemporaneamente. In un caso sono state fatte delle assunzioni che il grafico non esplicita: ad esempio si interpretano due punti consecutivi con la stessa ordinata come un periodo di quiete, in più si afferma che la velocità media di Gino sia stata maggiore di quella di Andrea sia nel primo che nel secondo tratto, cosa che non è esatta (non anche nel secondo). Per ultimo merita menzione un caso che ha affermato che, dato che i punti sui due grafici sono diversi, anche i percorsi effettuati da Gino e Andrea devono esserlo, nonostante il testo specifichi che i due hanno viaggiato insieme.

Per quanto riguarda le risposte ai punti 3A) e 3B), al primo dei tre hanno risposto correttamente solamente 5 studenti. Le risposte sono state variegiate, indice di una certa difficoltà nel confrontare dati estratti da due rappresentazioni di tipo differente. La maggior parte delle persone (8) ha risposto che Fabio e Francesca sono andati più lenti, impiegando lo stesso tempo.

Durante la correzione della seconda parte della prova preliminare, ho mostrato agli studenti i grafici del primo esercizio, relativi al viaggio di Gino ed Andrea. Inizialmente ho chiesto agli studenti il significato del secondo punto del grafico di Gino, di coordinate (20 minuti, 10 km). Le risposte sono state per la maggior parte del tipo "Gino ha percorso 10 km in 20 minuti", segno che gli studenti non hanno ben chiaro che tipo di informazione quel grafico è in grado di fornire. Ho dovuto specificare io stesso che il punto indica semplicemente che Gino si trova a 10 km dalla partenza dopo 20 minuti dall'inizio del viaggio, e che non esistono informazioni su tutto ciò che è successo in quell'intervallo di tempo. Successivamente ho mostrato le rappresentazioni narrative e iconiche degli esercizi seguenti, chiedendo che tipo di informazioni è possibile ricavare da queste. Gli studenti hanno individuato immediatamente che da queste due rappresentazioni è possibile ricavare dati di natura diversa da quelli cinematici, oltre a quelli relativi agli spostamenti e agli intervalli di tempo, e che ciascuna fornisce informazioni che le altre non possono codificare. A partire da questa riflessione è stata avviata la lezione sul viaggio a Trento.

Considerazioni finali

Dalla prova preliminare è emerso che la classe in generale ha una limitata conoscenza pregressa dei concetti cinematici, che si ripercuote in un deficit generale relativo alle abilità grafiche, nonostante questi siano già stati utilizzati in aritmetica.

Dalle risposte ai quesiti e, in particolare, dalle discussioni collettive in aula, gli studenti hanno dimostrato di non essere a conoscenza del tipo di informazione che un grafico cinematico è in grado di rivelare, né cosa lo distingua dalle altre tipologie di rappresentazione. La prova ha dunque permesso di rivelare le principali difficoltà degli studenti, in modo da poter impostare un percorso atto a risolvere, senza dimenticare tuttavia che l'obiettivo principale della tesi è quello di creare un progetto capace di far raggiungere agli studenti un adeguato livello di comprensione della cinematica e di abilità nell'utilizzo dei grafici che sia incentrato sulla sostenibilità, e quindi capace di sviluppare parallelamente competenze legate a questo tema. Riguardo a quest'ultime, all'aumento crescente della complessità della situazione da analizzare nel corso di entrambe le parti della prova, è corrisposto un aumento nel numero di risposte non date, segno che diversi studenti hanno trovato difficoltà nell'estrapolazione di dati fisici all'interno di sistemi analizzabili su più livelli, come il racconto e i disegni degli ultimi due esercizi. Occorre considerare, tuttavia, che la maggior parte degli studenti che hanno dato una risposta alle ultime domande hanno dimostrato di aver saputo ricavare esclusivamente dati di natura cinematica dalle rappresentazioni, giusti o sbagliati che siano. Gli errori riguardano probabilmente una scarsa padronanza del pensiero esplorativo, perché testimoniano la mancanza di abilità di analisi del testo o delle immagini, al fine di ricavare correttamente dati di natura fisica. Anche

il settore *action*, legato in questo caso strettamente alle abilità cinematiche, non ha trovato terreno fertile: sono stati molti, infatti, gli errori commessi negli ultimi due punti del primo esercizio della prova.

5.2 Rappresentazioni realizzate come compito a casa

Le diverse tipologie di rappresentazione prodotte dagli studenti sono state analizzate utilizzando criteri differenti. Nel caso di rappresentazioni narrative ed iconiche, il processo di individuazione dei dati deve essere sfidante, evitando però inutili complicazioni: i testi devono raccontare il viaggio effettuato includendo tutti gli elementi spaziali e temporali necessari per effettuare l'analisi in modo chiaro e non enigmatico, mentre i disegni devono essere accompagnati da una legenda in grado di completare le informazioni fornite dalle immagini, senza però rendere queste ultime superflue. Per quanto riguarda i grafici, ho valutato prima di tutto l'inserimento corretto dei dati all'interno delle rappresentazione, con le giuste coordinate spaziali e temporali associate a ciascun punto, poi la presenza di tutti gli elementi che caratterizzano un grafico: assi orientati ed etichettati, presenza di un'indicazione del fattore di scala, punti del grafico che rispettano la scala... Infine, anche il passaggio da un registro di rappresentazione ad un altro è stato oggetto di analisi, verificando se questo è stato effettuato in modo coerente, mantenendo cioè invariati i dati cinematici, e, allo stesso tempo, rispettando le peculiarità di ciascuna tipologia nelle modalità in cui queste informazioni sono presentate.

Considerando i lavori svolti dagli studenti a casa, la tipologia di rappresentazione che meglio rispetta i punti sopracitati è quella narrativa. Raccontare un proprio viaggio è sicuramente un processo con cui gli studenti hanno maggiore familiarità, rispetto alla descrizione effettuata attraverso disegni o grafici. L'unico errore riscontrato in diverse descrizioni è stato quello di aver inserito all'interno del viaggio una pausa intermedia, senza specificare il luogo in cui questa è avvenuta, con frasi come "ci siamo fermati a mangiare in autogrill per 20 minuti".

Per quanto riguarda le rappresentazioni iconiche, solamente 4 studenti hanno inserito tutti gli elementi necessari per effettuare un'analisi, ma per una di questi la legenda ha reso completamente irrilevante la presenza dei disegni, e l'esercizio di analisi si limita alla lettura della parte testuale.

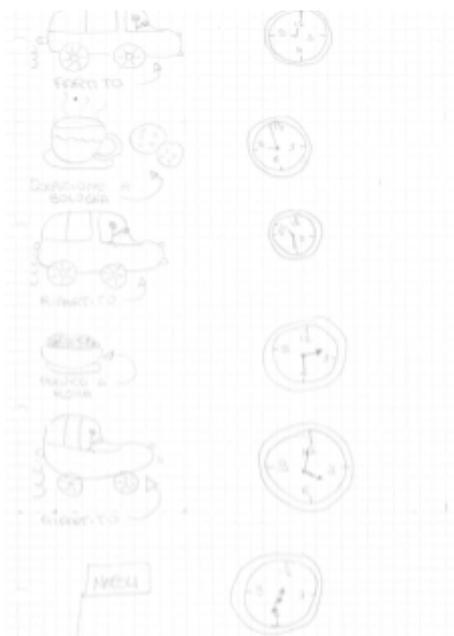


Figura 5.3 In questo caso i disegni non forniscono alcun dato utile per effettuare un'analisi cinematica, tutti gli elementi utili si trovano nella legenda, ovvero gli orologi e le scritte sotto ciascun disegno

Per quanto riguarda le altre rappresentazioni, l'errore più comune riguarda sempre la mancata localizzazione di un certo evento in una determinata posizione: disegnare un piatto di pasta con a fianco un orologio che indica le 13:00 non fornisce dati sufficienti perché, per quanto sia intuibile che si parli di una pausa pranzo effettuata alle 13, il luogo in cui questo evento è avvenuto non è specificato.

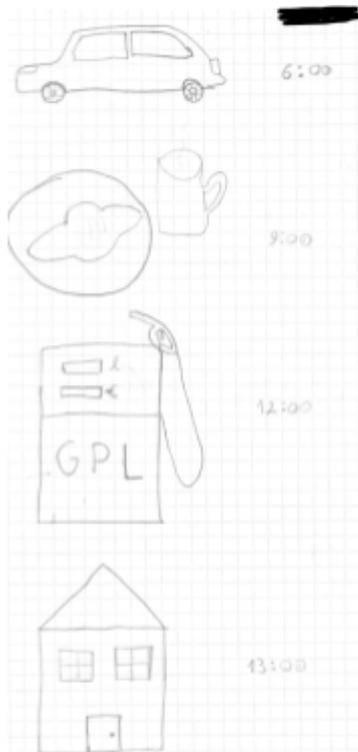


Figura 5.4 In questa rappresentazione mancano le indicazioni sui luoghi in cui avviene ciascun evento

Questo errore probabilmente deriva dal fatto che i disegni da me presentati nella lezione precedente risultavano anch'essi incompleti: il mio obiettivo era cercare di ricavare informazioni dagli stessi, ad esempio intuire che mi ero fermato a fare colazione ad una certa ora, che poi sarebbero state completate dal mio racconto. Al termine della lezione, nella consegna del compito, avevo specificato l'importanza di inserire, nel disegno o nella legenda, informazioni sul luogo in cui ciascun evento avviene, in modo da avere informazioni sullo spostamento. All'interno delle rappresentazioni, i dati temporali sono stati quasi sempre inseriti con disegni di orologi che indicano l'orario, come mostrato da me nell'attività precedente, mentre per i dati spaziali, qualora non fossero inseriti nella legenda, gli studenti hanno disegnato il cartello stradale che indica l'ingresso nella città.



Figura 5.5. Un esempio in cui il dato spaziale è fornito attraverso il disegno di un cartello stradale

Per quanto riguarda le rappresentazioni grafiche, le considerazioni da fare sono tante.

Rispetto alla presenza di tutti gli elementi che caratterizzano un grafico, in 16 studenti su 21 hanno impostato la rappresentazione in modo corretto, dato sicuramente in aumento rispetto ai risultati ottenuti dalla prova preliminare. Gli errori commessi dai cinque rimanenti riguardano la mancanza di etichette degli assi, il non aver rispettato la scala utilizzata, l'aver indicato come coordinate temporali gli orari invece del tempo trascorso dall'inizio del viaggio, o come coordinate spaziali i luoghi invece della distanza dall'origine.

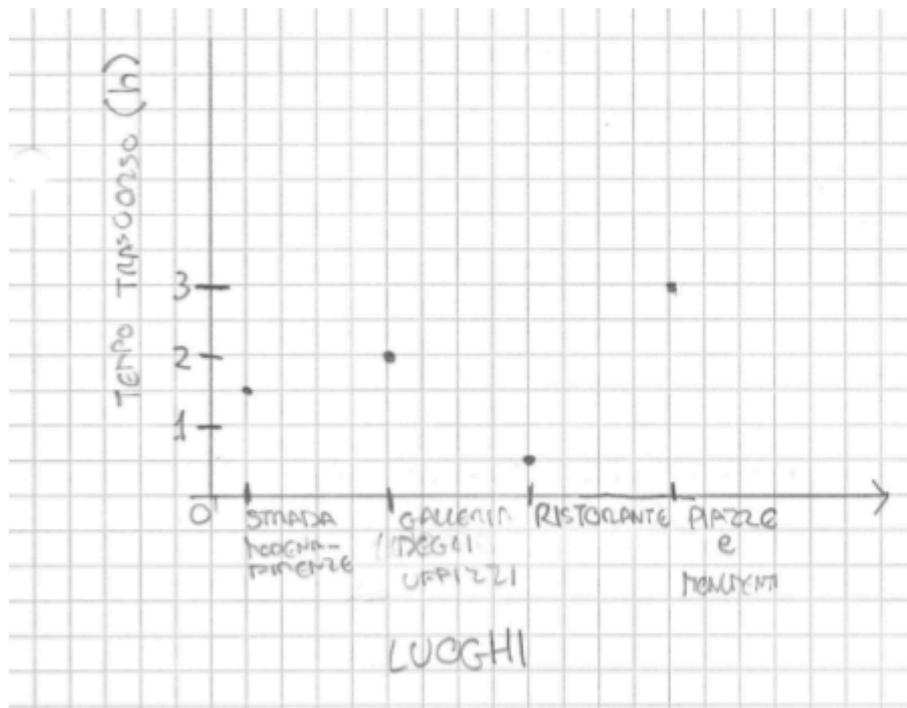


Figura 5.6 Esempio di grafico in cui sulle ascisse sono stati indicati i luoghi e non la distanza dall'origine. È curioso il fatto che in questo caso la componente spaziale sia stata posta sulle ascisse e quella temporale sulle ordinate, errore mai riscontrato durante la prova preliminare.

Per quanto riguarda invece l'inserimento corretto dei punti all'interno del grafico, gli errori sui dati spaziali e temporali sono stati individuati confrontando i grafici con i testi prodotti dalle stesse persone. Riguardo alle distanze, ho usato come riferimento Google Maps, tenendo però in considerazione che non ho chiesto esplicitamente agli studenti di utilizzare questa applicazione per ricavare i dati, e che probabilmente la maggior parte di loro avrà chiesto ai genitori i chilometri percorsi durante il viaggio descritto, ricevendo una risposta molto generica, per cui ho ritenuto errati solo dati spaziali molto

distanti dalle indicazioni dall'applicazione. Solamente 5 persone non hanno commesso errori. È curioso il fatto che 2 studenti abbiano indicato gli spostamenti nelle ascisse e i tempi nelle ordinate, errore mai riscontrato durante la prova preliminare. Inoltre 6 persone hanno aggiunto etichette agli stessi, specificando la posizione a cui corrisponde una determinata coordinata.

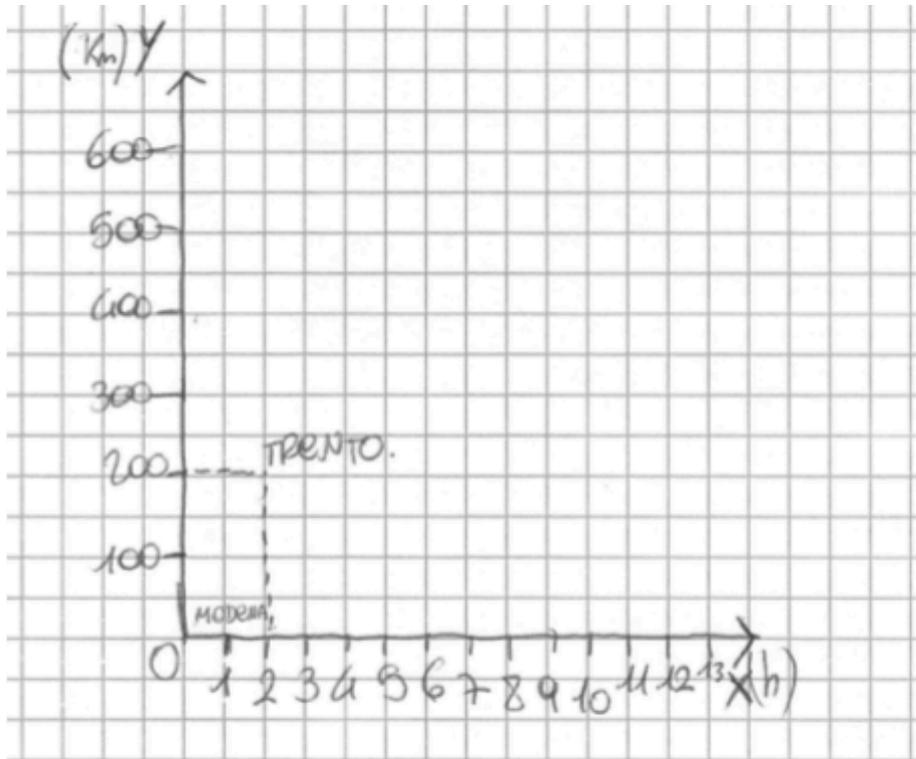


Figura 5.7. Esempio di grafico in i punti sono stati etichettati

Sembra dunque che diversi studenti non abbiano compreso che le uniche informazioni che si possono ricavare dalle coordinate dei punti siano la distanza spaziale e temporale dall'origine, senza poter fornire alcun indizio su luoghi e orari esatti a cui questi punti si riferiscono.

Gli altri errori riguardano:

- aver inserito dei punti senza considerare le coordinate dei precedenti: errore commesso da 5 persone. Tra queste, 2 persone hanno posto come ordinata dell'ultimo punto la distanza dal punto di partenza, senza considerare le tappe intermedie del viaggio che aumentano questo valore. L'errore si traduce, ad esempio, in un viaggio con partenza da Modena e tappe a Bologna, Imola e Riccione, ad aver impostato come ordinata del punto finale 167 km, che è la distanza tra Modena e Riccione, ma che non tiene conto dei passaggi da Bologna e da Imola, che aumentano lo spostamento totale. Questo probabilmente deriva dal fatto di aver inserito come primo punto quello finale, considerando la distanza da quello iniziale, e solo successivamente gli altri;
- aver unito i punti con delle linee: commesso da due studenti, errato perché non si tratta di un caso di moto uniforme;
- aver inserito tratteggi verticali invece dei punti: errore ripetuto anche nella prova preliminare dalla stessa persona, accentuato dall'assenza di indicazioni delle coordinate spaziali. In alcuni grafici considerati fatti bene sono presenti tratteggi verticali ed orizzontali per indicare le coordinate del punto, ho deciso di non ritenerli errori;
- errore nella conversione minuti - ore: in alcuni casi i dati sull'asse temporale sono stati scritti in termini di [ore, minuti], a volte affiancando l'unità di misura (ad esempio scrivendo "1h 48

min” per indicare l’ascissa di un punto), che quindi non ho ritenuto errori, a volte no (ad esempio scrivendo “5,26” come coordinata temporale per indicare 5 ore e 26 minuti).

Inoltre, è bene specificare che, nei grafici in cui si sono riscontrati errori nell’inserimento dei punti, i valori sbagliati riguardano in maggioranza la componente spaziale (6), seguita da quella temporale (2), e in un solo caso entrambe le coordinate.

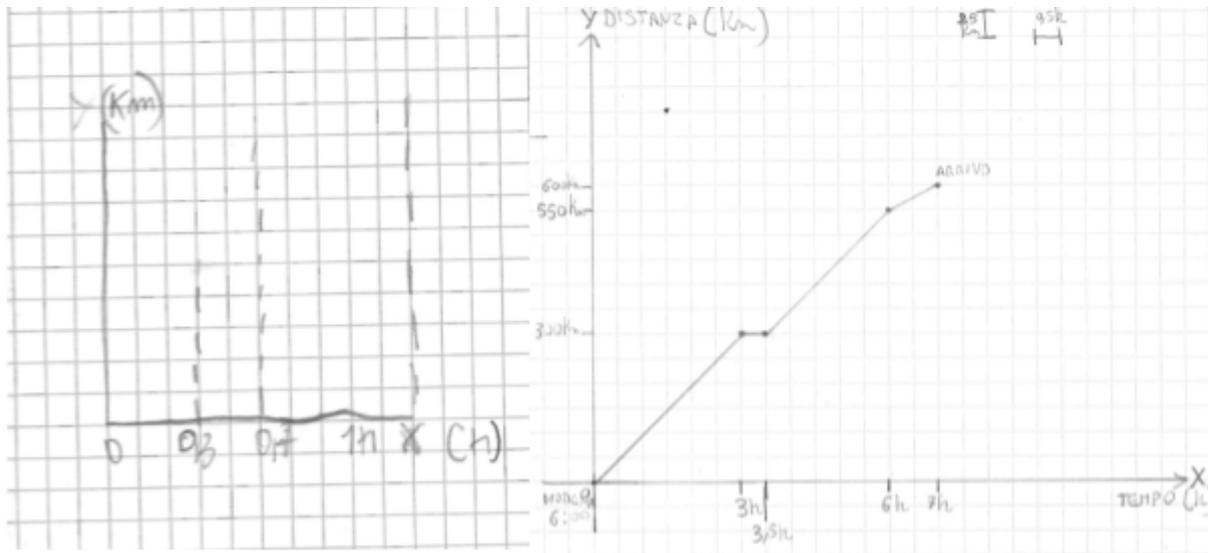


Figura 5.8. A sinistra, esempio di grafico in cui, al posto dei punti, sono stati disegnati dei tratteggi verticali. A destra, esempio in cui i punti del grafico sono stati congiunti con dei segmenti

In questi conti non è stato considerato chi ha semplicemente impostato il grafico, lasciandolo vuoto.

Considerazioni finali

Il bilancio sulla correttezza dei grafici, secondo i criteri scritti sopra, sembra migliore di quello derivante dalla prova preliminare. Alcuni errori, come quello di aggiungere linee che congiungono i punti, di non aver rispettato la loro successione, già riscontrati durante la prova preliminare, si sono ripresentati, seppur in minor quantità. Sembra che aver impostato insieme un grafico cinematico durante la lezione precedente abbia effettivamente aiutato gli studenti ad essere più precisi nella costruzione degli stessi. Occorre tenere conto, tuttavia, che i grafici prodotti in questa attività sono stati più semplici di quelli analizzati e prodotti nella prova preliminare, basti pensare che in quattro persone hanno inserito un solo punto oltre all’origine. Inoltre questi grafici sono stati costruiti a partire dai loro dati, in cui dunque manca la difficoltà di dover effettuare calcoli ed interpretazioni su informazioni presentate da altri o, nel caso della prova preliminare, dal sottoscritto.

È importante sottolineare, tuttavia, che alcuni studenti hanno aggiunto sul grafico informazioni che questo tipo di rappresentazione non è in grado di rivelare.

Probabilmente chi ha commesso questo errore non è stato in grado di accettare che un grafico non è in grado di codificare alcuni aspetti di un evento, che possono emergere invece da un testo o da dei disegni. Nel passaggio da una rappresentazione narrativa o iconica ad una grafica, infatti, il dato relativo ai luoghi attraversati viene perso, in quanto quest’ultima non è costruita per rivelare questo tipo di informazione. Scrivere sulle ascisse il nome delle località percorse insieme alla distanza spaziale dall’origine, o talvolta sostituendo questo dato, indica che lo scopo per cui i grafici sono costruiti non è stato compreso.

5.3 Analisi effettuate durante i lavori di gruppo

Dei lavori svolti da ciascun gruppo sono state valutate le analisi di ciascuna rappresentazione, e la conversione dei grafici in testo e delle rappresentazioni narrative ed iconiche in rappresentazioni grafiche.

Analisi dei grafici

Nel tempo che ciascun gruppo ha avuto a disposizione sono stati analizzati 8 grafici, di cui 3 correttamente, tra i quali si conteggia anche l'analisi di un grafico incompleto, dove il gruppo si è limitato a scrivere che tipo di informazioni mancano per poter svolgere il compito. Osservando le altre cinque analisi, si nota che l'errore più comune riguarda la conversione degli intervalli di tempo dai minuti alle ore, e viceversa. Ad esempio, un gruppo ha considerato 50 minuti come 0,50 ore, mentre è chiaro che la conversione deve essere effettuata attraverso una proporzione, concetto matematico che gli studenti conoscono bene, avendolo da poco affrontato nelle ore di aritmetica. La conversione dei minuti in ore è un tema che ho appena accennato durante la lezione precedente, e sul quale non ho posto eccessiva attenzione. Gli altri errori riguardano l'aver lasciato le analisi incomplete, ad esempio calcolando solo la velocità media totale e non quella dei singoli tratti, semplici errori di calcolo e, nella conversione in testo, aver scritto uno spostamento in termini di *km/h*, errore palesatosi per la prima volta, mai riscontrato né nei compiti a casa né nella prova preliminare, e quindi categorizzato come semplice errore di distrazione.

Per quanto riguarda i grafici analizzati, ad esclusione di quelli incompleti, la conversione in testo è risultata chiara e completa: senza fare supposizioni aggiuntive, come il luogo di partenza, i gruppi sono riusciti a trascrivere tutti e soli i dati estrapolati dai grafici, compreso il mezzo di trasporto utilizzato, stimato secondo le analisi cinematiche effettuate.

Analisi delle altre tipologie di rappresentazione

Le analisi delle rappresentazioni narrative hanno riportato sicuramente risultati peggiori. Sono stati analizzati in tutto 9 testi, ma solo due in modo corretto ed esaustivo. Per quanto riguarda gli altri 7, gli errori riguardano:

- i calcoli delle distanze o dei tempi, soprattutto nel determinare l'intervallo di tempo trascorso da un certo orario ad un altro;
- in un caso lo spostamento totale è stato considerato come la somma degli spostamenti dei singoli tratti, e non come la distanza tra il punto iniziale e finale del viaggio; in due casi si è verificata nuovamente un'errata conversione dei minuti in ore;
- in 3 casi l'analisi risulta incompleta, spesso vengono solo calcolati i dati sullo spostamento e la velocità media totale;
- in un caso il dato temporale è stato confuso con l'effettivo orario in cui un evento è avvenuto: il testo afferma che uno studente è partito alle 2 di notte ed è arrivato alle 11, il gruppo invece di considerare come intervallo di tempo 9 ore, ha scritto che lo studente ha impiegato 11 ore per effettuare l'intero spostamento.

Sono state invece analizzate 10 rappresentazioni iconiche, 6 in modo corretto. Nonostante la bassa percentuale di errore, occorre ricordare che questo tipo di rappresentazione è stata quella in cui sono stati riscontrati risultati peggiori in termini di chiarezza e correttezza dei dati inseriti, per cui 4 di queste 6 analisi sono state considerate ben eseguite per aver individuato la mancanza di informazioni nella rappresentazione. Guardando alle altre 4, gli errori riguardano in maggioranza analisi corrette ma incomplete, e, in un caso, l'aver ritenuto come spostamento totale la somma dei singoli spostamenti.

Conversione in grafico di testi e disegni

I tentativi di conversione in grafico sono stati 9 in totale: 5 a partire dai testi, 4 a partire dalle immagini. I grafici corretti sono in totale 3. Per quanto riguarda gli altri, gli errori si possono classificare in:

- mancanza di punti: uno è addirittura solo impostato e lasciato vuoto;
- aver scritto gli orari sull'ascissa invece che la distanza temporale dall'origine: ecco che in un grafico che descrive un viaggio che comincia alle 4 del mattino, ad esempio, il primo punto dopo l'origine è etichettato "5", a distanza di un quadretto, e il successivo è etichettato "6", sempre a distanza di un quadretto, segno che la prima etichetta non fa riferimento a cinque ore dalla partenza, ma all'orario 5 del mattino. Questo errore è stato commesso in quattro rappresentazioni, di cui tre sono state realizzate dallo stesso gruppo;
- aver scritto il dato temporale sull'ascissa in termini di [ore, minuti] senza specificarlo: errore commesso in un solo caso, si traduce nell'aver scritto ad esempio "1:24" per indicare che, dall'inizio del viaggio, era trascorsa un'ora e ventiquattro minuti, dove però l'ascissa è stata etichettata con "ore", e quindi il dato "un'ora e ventiquattro minuti", tradotto in termini di ore, dovrebbe essere stato scritto come "1,4 ore", utilizzando una semplice proporzione;
- presenza di una semiretta, come ad indicare un moto uniforme: riscontrata in un solo caso;
- errore di conversione: avvenuta in un caso, che aveva commesso lo stesso errore nell'analisi, convertendo 72 minuti in 0,72 ore.

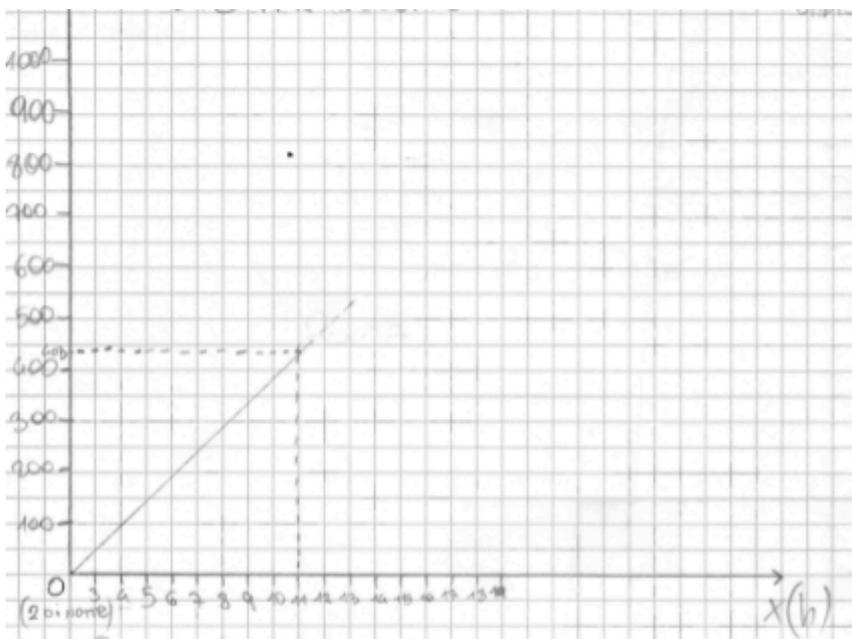


Figura 5.9. Conversione in grafico di un testo analizzato, nel quale era indicato che il viaggio descritto è cominciato alle 2 di notte e terminato alle 11. Nell'analisi, l'intervallo di tempo considerato è stato di 11 ore, invece che di 9, e questo errore si è palesato anche nella rappresentazione grafica, nella quale, sulle ascisse, sono stati indicati gli orari, e non la distanza di tempo dall'origine.

Discussioni collettive

Al termine della lezione ho chiesto agli studenti quale tipologia di rappresentazione fosse stata la più complicata da analizzare, e di spiegare il motivo. La maggior parte ha risposto "i grafici", perché hanno ritenuto fosse più complicato estrapolare le informazioni, e soprattutto intuire il mezzo di trasporto utilizzato dalla persona. Chi non ha dato questa risposta, tuttavia, ha affermato che è più facile ricavare

i dati cinematici dai punti di un grafico piuttosto che da testi o disegni. Tra questi, quattro persone hanno risposto che è stato più complicato analizzare le rappresentazioni narrative, in quanto i dati cinematici sono nascosti e mescolati con informazioni di altro tipo. Due persone hanno detto invece di avere avuto maggiore difficoltà nell'analisi delle rappresentazioni iconiche, ma non hanno saputo spiegare il motivo. In generale, dunque, gli studenti non hanno ritenuto complicato estrapolare dati da testi e immagini.

Durante la lezione successiva, ho avuto modo di indagare l'approccio degli studenti nell'analisi di ciascuna tipologia di rappresentazione, fattore che ho sfruttato per andare a definire una volta per tutte cos'è un grafico cinematico e cosa lo distingue dalle altre tipologie di rappresentazione.

Per primo ho proiettato il seguente disegno:

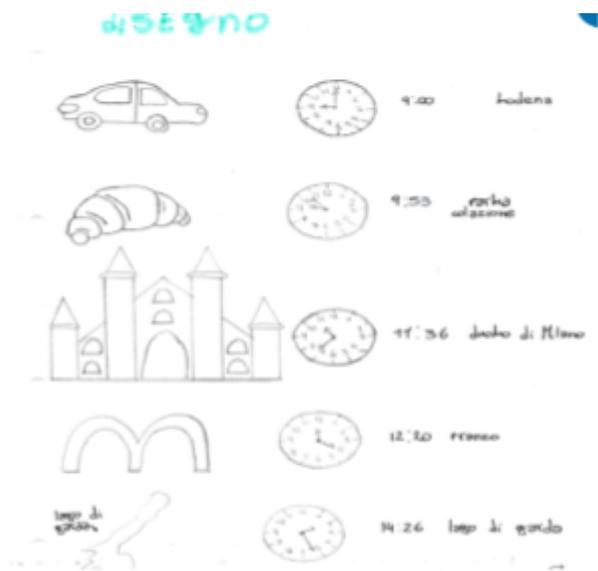


Figura 5.10. Rappresentazione iconica proiettata durante l'ultima attività. È una delle rappresentazioni meglio realizzate, nonostante l'assenza di dati, come il luogo relativo al disegno della brioches

chiedendo semplicemente agli studenti, nel completare l'analisi cinematica, su cosa si fossero concentrati, e che tipo di ragionamento avessero fatto per ricavare i dati. Alla lavagna ho trascritto i loro interventi, cercando di fare una sintesi. La prima cosa su cui si sono focalizzati gli studenti sono i numeri scritti di fianco agli orologi, e, successivamente i luoghi ad essi correlati. L'unico intervento riferito alla parte iconica della rappresentazione è stato "C'era una macchina", informazione utile dal momento che avevo chiesto agli studenti di cercare di ricavare il mezzo di trasporto utilizzato durante il tragitto. Al di là di questa considerazione, è chiaro che la legenda rappresenta la principale fonte di dati per loro, essendo la prima cosa su cui hanno posto l'attenzione dell'intera rappresentazione.

Successivamente, agli studenti è stato presentato il seguente testo tra quelli analizzati dai gruppi nella lezione precedente:

Io sono partita per Napoli da Modena alle 9:00. Quando sono arrivata a Bologna erano le 9:50. Alle 10:30 sono ripartita, ma poi quando sono arrivata a Roma erano le 14:30, e mi sono fermata a mangiare per 1h, 30 min, poi sono ripartita alle 16:00 per arrivare a Napoli ho impiegato 2h:30 e sono arrivata alle 18:30.

Figura 5.11. Testo proiettato durante l'ultima lezione. È uno dei più chiari, contenente tutti gli elementi necessari per effettuare un'analisi

Le risposte sono state più generiche, probabilmente perché la classe aveva capito che il mio scopo era quello di confrontare i modi di ragionare propri di ogni rappresentazione. In questo caso, la prima cosa su cui gli studenti hanno posto l'attenzione è lo spostamento totale. Probabilmente questo è viziato dal fatto che questa informazione si trova nella prima frase, non ho avuto la possibilità di verificare se, con un testo scritto in modo diverso, il primo dato che avrebbe catturato la loro attenzione sarebbe stato sempre lo spostamento totale. Successivamente l'attenzione si è soffermata sui dati temporali, e, infine, sui dati spaziali intermedi, ovvero il passaggio a Bologna e a Roma. Rispetto al caso precedente, in cui ciascun intervento ha riportato contemporaneamente la posizione e l'orario corrispondente di ciascuna parte del viaggio descritto, gli studenti hanno riconosciuto che i dati temporali sono sicuramente i più facili da individuare, in quanto si tratta di numeri posti all'interno di un testo. Il riconoscimento dei dati spaziali, invece, è un processo che richiede una maggiore complessità, in quanto occorre saper distinguere le parole che fanno riferimento ai luoghi rispetto a tutte le altre. Come ultimo esempio è stato proiettato il seguente grafico:

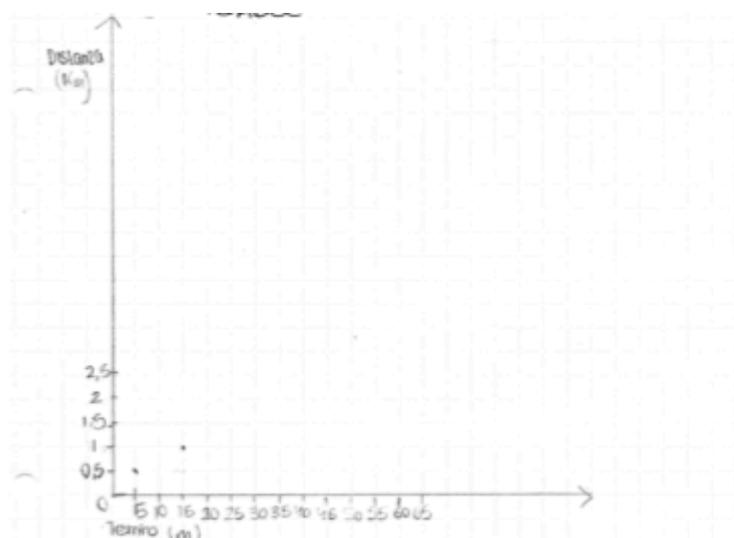


Figura 5.12. Grafico proiettato alla lavagna. Pur contenendo solamente due punti, è uno dei pochi grafici che contiene tutti gli elementi necessari per la sua costruzione (assi orientati, etichette numeriche, ...) in modo chiaro. A partire da questo grafico è stato fatto un ulteriore ragionamento su come questo tipo di rappresentazione debba essere impostato, in vista della verifica finale.

La prima cosa su cui gli studenti hanno posto la loro attenzione sono i numeri sugli assi, poi le etichette sugli stessi, la posizione dei punti, e infine la distanza tra il punto finale e l'origine nel tempo indicato. Anche in questo caso i numeri hanno attirato l'attenzione prima della componente testuale. Questi vengono infatti osservati in primis per farsi un'idea dei dati ricavabili, per poi spostare l'attenzione sulle loro coordinate, a partire dall'ultimo, per calcolare lo spostamento totale.

La lezione è proseguita ragionando insieme agli studenti sul tipo di informazioni che ciascuna tipologia di rappresentazione è in grado di fornire, e quale sia la sua utilità, chiedendo prima di tutto alla classe quale delle tre rappresentazioni, dal loro punto di vista, fornisce un'immagine mentale più chiara della situazione descritta, facendo riferimento anche alle analisi effettuate durante la lezione precedente. Quasi tutti gli studenti hanno risposto che la narrazione rappresenta la tipologia di rappresentazione che arreca una visione più chiara di quanto descritto. Il motivo di questa risposta riguarda probabilmente l'abitudine a ritrovare problemi sotto forma di testo. Pochi studenti hanno risposto che i disegni danno loro un'immagine più chiara, nessuno ha risposto "i grafici".

Ho posto allora l'attenzione su questi ultimi, chiedendo di provare ad intuire come mai siano costruiti in questo modo, e quale sia la loro utilità. Dopo un momento iniziale in cui nessuno sapeva cosa rispondere, gli studenti hanno detto che dai grafici è più semplice ricavare i dati sulla velocità media, intendendo che le informazioni riguardanti spostamento ed intervallo di tempo risultano più lampanti. Infatti, per esempio, dai testi e dai disegni non compare l'effettiva distanza tra le località descritte: per ricavarli serve effettuare una ricerca più approfondita. Inoltre, dai grafici risulta più facile stimare la velocità media, semplicemente osservando la posizione dei punti.

Ho approfittato delle risposte date dagli studenti per esplicitare definitivamente che la rappresentazione grafica è costruita unicamente per garantire una visualizzazione di dati fisici che sia il più possibile intuitiva, mentre nelle altre due forme di rappresentazioni queste informazioni sono da ricercare in modo più ricercato.

Considerazioni finali

In totale, tra i sei gruppi, sono state effettuate 27 analisi. Era ovviamente impensabile che gli studenti potessero analizzare tutte le rappresentazioni, e ritengo che la classe, nell'ora e cinque minuti che hanno avuto a disposizione, abbia lavorato bene.

Il bilancio delle analisi è sicuramente negativo, il numero di quelle contenenti errori è decisamente maggiore rispetto a quelle riuscite. Ritengo tuttavia che l'attività abbia avuto esito positivo: gli studenti hanno avuto modo di spendersi in prima persona, in un clima collaborativo, nell'analisi cinematica di rappresentazioni di diverso tipo. Sicuramente si è notato un miglioramento, sia nella parte di calcolo della velocità media, sia in quella grafica, rispetto alla prova preliminare.

Per quanto riguarda quest'ultimo aspetto, i grafici realizzati a casa sono stati di qualità maggiore, secondo i criteri stipulati in precedenza, rispetto a quelli fatti in classe. Questo è dato principalmente da due motivi: realizzare un grafico su dati personali è sicuramente più facile di graficare dati prodotti da altri; il tempo limitato e lo stress dovuto alla richiesta di effettuare tante analisi ha sicuramente giocato un fattore importante in termini di fretta e pressione durante l'attività in classe. Sembra dunque che la dimensione collaborativa non abbia arrecato vantaggi sotto questo punto di vista.

Tra le analisi e i grafici, gli errori più comuni riguardano:

- errata conversione delle ore in minuti
- coordinate spaziali e temporali inserite senza considerare i punti precedenti
- aver inserito gli orari come coordinata temporale, invece degli intervalli di tempo.

In questa attività, la difficoltà della richiesta è aumentata parecchio rispetto alle precedenti: la comparsa di errori mai riscontrati in precedenza, come quello di aver inserito gli orari al posto delle distanze temporali sulle ascisse, è probabilmente frutto di questa progressione.

Per analizzare lo sviluppo delle competenze di sostenibilità, si fa riferimento ad aspetti già evidenziati in questo paragrafo, riletti dal punto di vista di sviluppo delle competenze di sostenibilità ambientale.

Ciascun gruppo ha dimostrato, in almeno uno dei lavori, di essere in grado di analizzare un evento su più livelli, dato che in 14 analisi su 27 è stato riportato il mezzo di trasporto utilizzato in ciascuno

spostamento. Considerando che alcune di queste hanno dichiarato che nella rappresentazione non sono presenti elementi sufficienti per ricavare le informazioni cinematiche necessarie, sono pochi i casi in cui gli studenti hanno deliberatamente ignorato la richiesta, sintomo della grande importanza che ciascun gruppo ha dato nel ricavare il mezzo di trasporto con cui ciascun viaggio è stato effettuato. Rimanendo nell'ambito del pensiero sistemico, unito alla capacità di passare da un registro di rappresentazione ad un altro, legato al pensiero esplorativo, non sono stati molti i tentativi di conversione delle rappresentazioni. Nel passaggio dai grafici ai testi, i gruppi sono stati abili nel trascrivere esclusivamente i dati che si hanno a disposizione. Più problematico è stato il passaggio da testi e disegni ai grafici. Occorre notare, tuttavia, che, oltre a errori dovuti alla costruzione della rappresentazione, l'unica difficoltà riguardante la capacità di riportare sul grafico esclusivamente i dati che è possibile visualizzare si manifesta nell'inserimento degli orari sulle ascisse al posto della distanza temporale dall'origine. In nessun caso, ad esempio, è stato riportato il nome dei luoghi attraversati sugli assi o sui punti della rappresentazione, errore riscontrato più di una volta nei grafici prodotti da loro per questa attività, e non ancora corretto in classe. Il dato è troppo povero per poter parlare di miglioramento in questo senso, in quanto sono state convertite in grafici solamente 9 rappresentazioni. Tuttavia, è bene sottolineare che gli studenti hanno dimostrato la padronanza nelle competenze di analisi del testo e di immagini, proprie di discipline umanistiche e artistiche, per quanto il compito fosse alla portata di tutti e non particolarmente difficile per questo grado scolastico.

Dalle discussioni collettive è invece emerso che, al termine delle attività, prima della verifica finale, gli studenti hanno riconosciuto di avere ancora una certa difficoltà nei processi di estrapolazione ed analisi di dati ricavati da grafici. Era attendibile che il percorso didattico non avrebbe portato gli studenti a percepire la rappresentazione grafica come modalità più intuitiva ed efficace per rappresentare un sistema cinematico, per arrivare a questa consapevolezza occorre molto più tempo di quello che ho avuto a disposizione. È chiaro però, specialmente dalle risposte ricevute durante l'ultima discussione collettiva, che le attività proposte abbiano portato ad un miglioramento negli studenti riguardo alla percezione di cosa sia un grafico cinematico: la classe ha infatti mostrato di avere consapevolezza che i dati, in un grafico cinematico, sono presentati per essere lampanti ed intuitivi, nonostante molti di loro abbiano ancora alcune difficoltà a lavorare con essi.

5.4 Risposte della verifica

La verifica è stata svolta da tutti e 25 gli studenti della classe.

Le prime domande riguardano le definizioni di alcuni concetti cinematici formalizzati durante il percorso, specialmente durante la correzione della prova preliminare. Le richieste erano nella forma di scelta multipla, per tanto agli studenti non è stato chiesto di imparare a memoria una definizione, quanto di saperla distinguere da altre affermazioni false.

In particolare, dalle risposte è emerso che:

- la definizione corretta di traiettoria e spostamento è stata data rispettivamente da 13 e 12 studenti. Solamente 6 persone hanno risposto correttamente ad entrambe le domande. 3 persone hanno dato la stessa definizione per entrambi;
- in 17 persone non hanno saputo dare la corretta definizione di intervallo di tempo del moto, confondendolo con il tempo di movimento di un oggetto;
- in 13 studenti hanno affermato che lo spazio si misura in km/h , errore che era emerso in un solo caso durante le attività precedenti;
- in 15 studenti hanno associato alla definizione di velocità media il concetto di accelerazione (10), traiettoria (4) e tempo (1);
- risultati più incoraggianti sono stati riscontrati nella definizione di moto uniforme (un solo errore) e di stato di quiete (3 errori).

Dalle prime domande emerge chiaramente che gli studenti non sono stati in grado di interiorizzare la dimensione formale dei concetti di cinematica, nemmeno chiedendo loro semplicemente di individuare la definizione giusta rispetto a quelle errate. I problemi inseriti dal sottoscritto chiedono invece di mettere in pratica i concetti appresi: è interessante notare se i numerosi errori riscontrati nelle definizioni formali si ripercuotono sulle abilità di analisi cinematica e di produzione di grafici. Come nell'analisi della prova preliminare, si riportano per prime le tipologie di errore maggiormente riscontrate, distinguendo tra quelli riguardanti l'analisi cinematica e quelli riguardanti la costruzione di rappresentazioni grafiche, per poi procedere con un resoconto dettagliato domanda per domanda. Nel primo ambito, tra gli errori riguardanti l'analisi cinematica si trovano:

- confusione nel concetto di spostamento: in 6 persone hanno risposto alla richiesta di indicare lo spostamento totale in almeno uno dei due problemi indicando anche il tempo impiegato;
- calcolare la velocità come tempo impiegato su spazio percorso: commesso da 3 studenti in risposta alla domanda di ricavare la velocità media di Anna nel tratto in cui questa è maggiore. Anche in questo caso gli studenti che hanno commesso questo errore hanno probabilmente diviso automaticamente il dato maggiore per il dato minore, non contemplando valori di velocità minori di 1. Questo è deducibile dal fatto che l'unità di misura associata, tranne che per un caso, è data da un'unità spaziale su una temporale;
- mancata distinzione tra intervallo di tempo ed istante di tempo: per ricavare la velocità media 3 studenti hanno semplicemente diviso il valore della coordinata spaziale dell'ultimo punto dell'intervallo per il valore della coordinata temporale corrispondente;
- errori nella lettura dei dati temporali in un testo: nell'analisi cinematica del viaggio di Francesco, alcuni dettagli, specialmente quello riguardante la pausa di un'ora e mezza effettuata prima di percorrere l'ultimo tratto, sono stati ignorati da alcuni studenti.

Gli errori riguardanti la costruzione dei grafici sono:

- linee che uniscono i punti: sembra che alcuni studenti considerino valido un grafico cinematico solo se questo contiene delle linee che uniscono i suoi punti, indipendentemente dal significato matematico e fisico di queste. L'errore può derivare dal fatto che, in un esercizio precedente, è stato presentato il grafico di un moto uniforme, per cui gli studenti possono aver pensato di dover aggiungere le linee anche in questo. Ciò non li giustifica, in quanto durante il progetto è stato ripetuto più volte che, se il testo non parla di moto a velocità costante, non devono essere aggiunte linee al grafico. L'errore è stato commesso da 10 persone;
- non sommare ai km relativi a ciascuno spostamento i km già percorsi nei tratti precedenti. Errore commesso da 8 persone;
- mettere sulle ascisse gli orari invece delle ore trascorse dall'inizio. Errore commesso da 4 persone;
- non avere un'unità spaziale/temporale definita (le distanze tra i valori spaziali non sono proporzionali, così come tra i valori temporali). Errore commesso da 3 persone;
- scrivere i dati temporali in forma [ore, minuti] senza specificarlo: si traduce nell'aver trascritto il dato "5 ore e 30 minuti" come valore nell'asse temporale "5,30", invece che "5,5" o "5,50", in quanto l'ascissa è stata etichettata con "ore". Errore commesso da 2 persone.

Facendo riferimento all'**Allegato 3**, si riportano i risultati relativi a ciascuna domanda.

Domanda	+	-	/	Tipo di errore
16) Qual è stato lo spostamento totale di Carla?	19	2	4	- errori di calcolo - aver specificato l'intervallo di tempo insieme allo spostamento quando non richiesto (non considerato errore)
17) Dopo quanto tempo Carla si trova nella posizione finale?	24	1	0	Errori di calcolo
18) Calcola la velocità media totale di Carla	11	11	4	- aver diviso automaticamente il dato maggiore per il minore (2) - risposta data in termini di ritmo, invece che di velocità, scrivendo <i>10 min/km</i> (1) - errori di calcolo
19) In quale dei tre tratti la velocità media di Carla è maggiore?	19	6	0	<i>Nel primo</i> (1) <i>Nel terzo</i> (5)
20) Calcola la velocità media di Carla nel tratto in cui è maggiore	5	15	5	- aver diviso il dato maggiore per il minore (2) - confusione tra istante di tempo e intervallo di tempo (2) - aver considerato come velocità lo spostamento (1) - scritto in termini di andamento (<i>4km ogni 20 min</i>) (1) - errori di calcolo
21) Qual è stato lo spostamento totale di Francesco?	15	6	4	- aver specificato l'intervallo di tempo insieme allo spostamento quando non richiesto (non considerato errore) (3) - errori di calcolo
22) Se Francesco è partito alle 11:00, a che ora ha preso la corriera?	12	11	2	- aver scritto l'ora in cui Francesco si è fermato per mangiare invece che l'ora in cui ha preso la corriera (5) - non aver considerato la pausa di un'ora e mezza (2)

Tabella 5.3. Risposte date ai quesiti della verifica. Legenda: + = risposta esatta, - = risposta sbagliata, / = risposta non data

Per quanto riguarda la conversione in grafico richiesta nell'ultimo esercizio, ho assegnato un punteggio da 0 a 5 a ciascuno. Si riporta in seguito la distribuzione dei punti

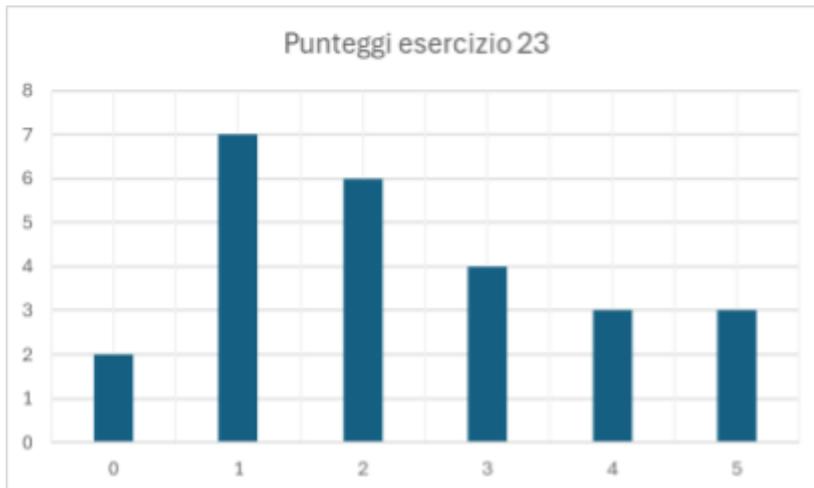


Figura 5.13. Distribuzione dei punteggi dell'esercizio 23, in cui veniva richiesto agli studenti di produrre un grafico. Ciascun errore, relativo sia alla costruzione della rappresentazione che all'inserimento dei dati, causava la perdita di un punto

Per evidenziare le tipologie di errore riscontrate, si riporta la scansione di alcuni grafici.

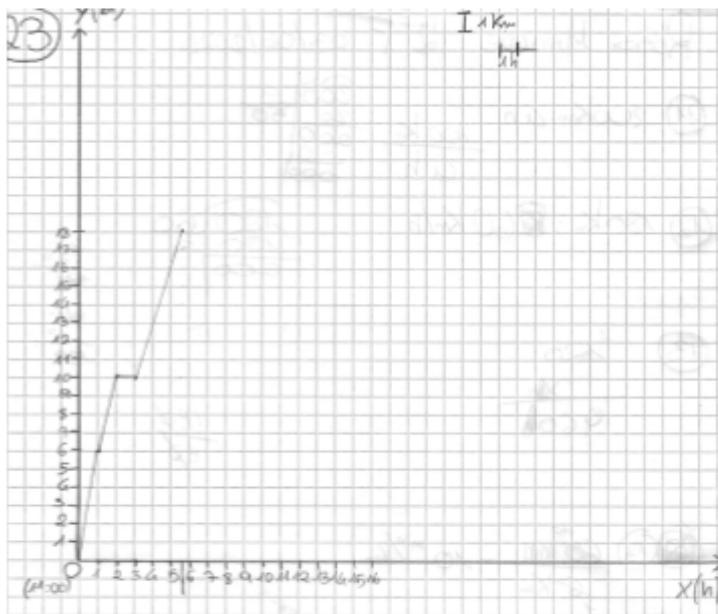


Figura 5.14 Esempio di grafico in cui sono state aggiunte linee congiungenti i punti. Si noti che, nell'origine, è stato specificato l'orario di partenza.

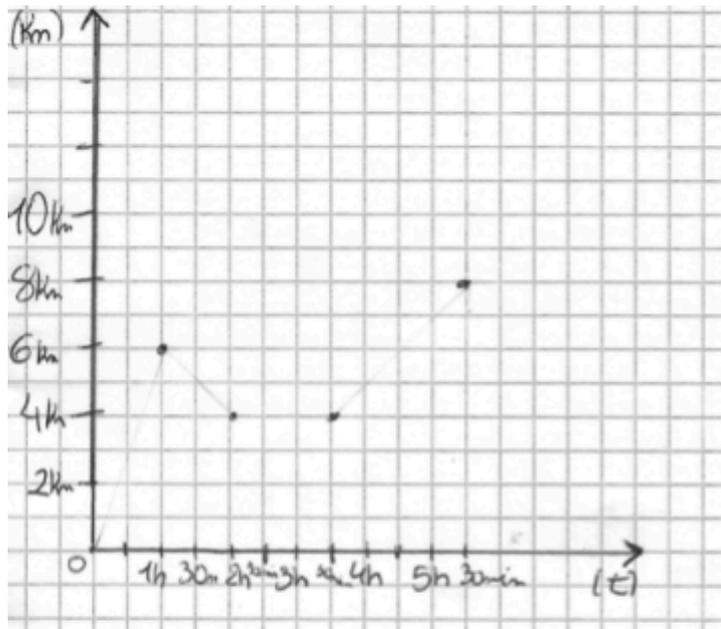


Figura 5.15 Esempio di grafico in cui i punti sono stati inseriti senza considerare le coordinate spaziali dei precedenti. In questo caso erano state disegnate anche le linee congiungenti i punti, poi cancellate

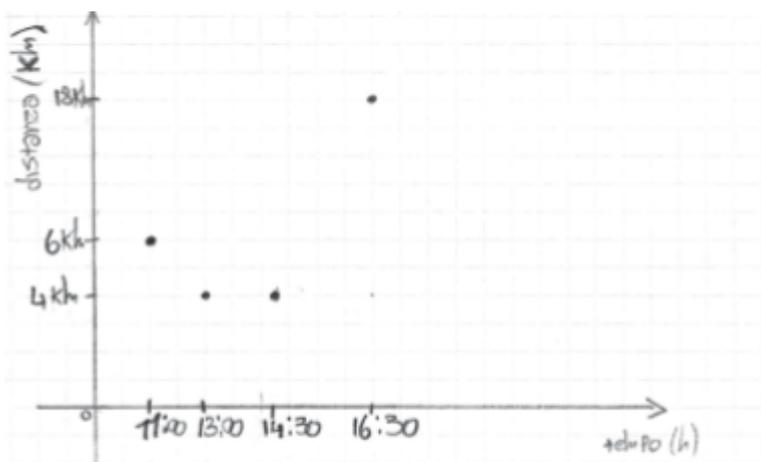


Figura 5.16 Esempio di grafico in cui, oltre agli errori sui valori delle ordinate, che non vengono sommati a quelli dei punti precedenti, nelle ascisse sono stati trascritti gli orari, per lo più errati, invece che le distanze temporali dall'origine

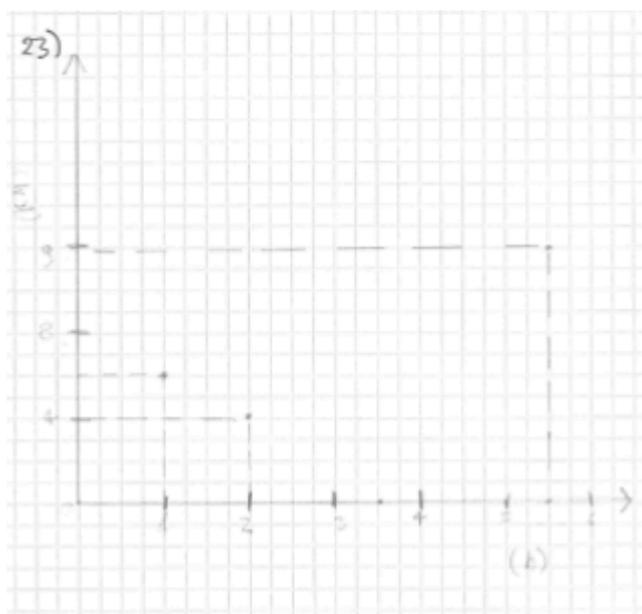


Figura 5.17 In questo grafico, la distanza tra i valori dell'ordinata 9 km e 8 km e tra i valori 4 km e 8 km è la stessa

L'analisi specifica della verifica sarà effettuata attraverso un confronto con i dati ricavati dalle attività precedenti, in modo da poter presentare la progressione della classe nei processi di costruzione ed analisi dei grafici cinematici, secondo tre categorie: analisi delle rappresentazioni grafiche, analisi delle altre tipologie di rappresentazione e produzione di grafici.

Analisi delle rappresentazioni grafiche

Il primo esercizio della verifica sarà confrontato con il primo esercizio della seconda parte della prova preliminare e con l'analisi dei grafici effettuata durante i lavori di gruppo.

Rispetto al confronto tra le velocità medie relative a singoli spostamenti, i risultati sembrano migliorati rispetto a quelli ottenuti nella prova preliminare. I due esercizi sono paragonabili in quanto richiedono il confronto tra intervalli, nonostante in un caso questi appartengano allo stesso grafico e nell'altro appartengano a due grafici differenti. Richiamando la prova preliminare, nel primo esercizio della seconda parte si chiede di confrontare la velocità media di due ciclisti nel primo e nel secondo tratto registrato sui grafici. Alla prima domanda hanno risposto correttamente 15 studenti su 25, mentre alla seconda solamente in 4. L'errore commesso è stato etichettato nel primo paragrafo come "assegnare velocità maggiore a punti ad ordinata maggiore", che è lo stesso che ha portato 5 persone ad affermare, in verifica, che l'ultimo tratto percorso da Anna è quello con velocità media maggiore, probabilmente confusi dal fatto che il punto finale del grafico ha un'ordinata più alta. Rispetto alle 19 persone che hanno commesso un errore analogo nella prova preliminare, c'è stato sicuramente un grande miglioramento.

Prima di confrontare l'analisi dei grafici in verifica con quella effettuata durante i lavori di gruppo occorre fare alcune precisazioni. Le attività sono molto diverse tra loro: in un caso gli alunni operano individualmente, con la pressione della valutazione, e con l'obbligo di completare tutte le consegne, mentre nell'altro gli studenti lavorano in gruppo, in un clima molto disteso e con la richiesta di effettuare il maggior numero di analisi possibile, senza il vincolo di doverle completare tutte. In più, da quest'ultima attività sono emerse solamente 11 analisi, mentre durante la verifica ne sono state effettuate 25.

L'errore riscontrato con più frequenza durante i lavori di gruppo, riguardante la conversione dei minuti in ore, in questo caso non è mai stato verificato, ma, al contrario, 4 persone si sono dimostrate capaci

di convertire in modo efficace i km/min in km/h . La verifica ha dunque confermato l'abilità degli studenti nell'individuare i dati sugli spostamenti da un grafico, migliorando anche i risultati riguardanti un corretto inserimento degli intervalli di tempo. Rispetto al calcolo della velocità media, in verifica è apparso un errore emerso durante la prova preliminare ma risolto, solo in apparenza, nei lavori di gruppo: calcolare la velocità dividendo il tempo impiegato per lo spazio percorso. Anche in questo caso probabilmente gli studenti hanno diviso il dato maggiore per il minore, come testimonia il fatto che solo un caso ha associato l'unità di misura nel risultato in termini di min/km , mentre gli altri hanno mantenuto i km/min . Nella verifica 4 persone hanno commesso questo errore, mentre nella prova preliminare erano state 6. Solamente uno studente ha ripetuto lo stesso sbaglio entrambe le volte. Dei 3 rimanenti, solamente uno aveva calcolato la velocità in modo corretto nella prova preliminare. Un altro errore registrato in verifica e non apparso nelle analisi effettuate dai gruppi riguarda aver considerato come velocità il valore dello spostamento. Essendo stato commesso da una sola persona, che mai aveva palesato questo tipo di difficoltà, può essere ritenuto un semplice errore di distrazione.

Analisi delle altre tipologie di rappresentazione

Obiettivo del percorso didattico è quello di integrare la sostenibilità ambientale mantenendo intatte le pratiche disciplinari, utilizzando come metodologia principale la complementarietà dei linguaggi. Per questo motivo è importante indagare la capacità di effettuare analisi cinematiche anche mediante rappresentazioni diverse da quelle grafiche.

Il secondo esercizio della verifica verrà confrontato con il secondo esercizio della seconda parte della prova preliminare e con le analisi dei testi effettuate durante i lavori di gruppo. Infatti anche negli esercizi sulla corsa di Fabio, Francesca e Lucia agli studenti è stato chiesto di valutare il tempo totale di uno spostamento, così come in verifica è stato chiesto loro di calcolare a che ora Francesco ha preso la corriera se la passeggiata è cominciata alle 11. Il motivo per cui questi due esercizi sono confrontabili è che, nonostante nella prova preliminare ci fosse la difficoltà ulteriore di dover confrontare il testo con una rappresentazione iconica, 10 persone hanno mostrato una lettura errata dei dati dal testo, rispondendo, in particolare, che Fabio e Francesca hanno impiegato lo stesso tempo per effettuare il tragitto, o che Francesca ci ha messo di più ad effettuare l'intero tragitto, mentre dal testo, indipendentemente dalle immagini raffiguranti la corsa di Lucia, si doveva riuscire a capire che Francesca aveva impiegato meno tempo di Fabio. Nell'esercizio sulla prova preliminare hanno risposto correttamente solo 5 persone su 25, mentre in verifica le risposte corrette sono state 12. Sembra dunque ci sia stato un miglioramento da questo punto di vista.

Per quanto riguarda il confronto con i lavori di gruppo, prima di tutto occorre considerare che, contrariamente alle risposte date in verifica, in quest'ultima attività nessuno ha aggiunto il dato relativo all'intervallo di tempo alla richiesta di indicare lo spostamento. Il dato più interessante è che in entrambe le attività è emersa la difficoltà nell'associare una distanza temporale ad un intervallo espresso in termini di orari, pur in forme diverse: durante i lavori di gruppo sono emersi errori nel capire la distanza di tempo che intercorre tra un certo orario ed un altro, mentre in verifica è mancato il processo inverso, ovvero individuare l'orario di fine dello spostamento a partire dal dato sulla distanza temporale.

Produzione di grafici

Verranno confrontati i grafici prodotti in verifica con quelli prodotti durante la prova preliminare e quelli realizzati durante i lavori di gruppo, a casa in preparazione o in classe come analisi. Prima di procedere con il confronto, è opportuno fare alcune considerazioni: dalle attività che più si avvicinano alla richiesta dell'esercizio in verifica, ovvero la seconda parte della prova preliminare e i lavori di

gruppo, sono state raccolte rispettivamente 11 e 10 rappresentazioni grafiche. Questo significa che, nel primo caso, diversi studenti hanno scelto di non convertire in grafico le rappresentazioni che hanno analizzato, per motivi che vanno dalla pigrizia ad un senso di incapacità nell'affrontare un compito del genere, mentre durante l'attività di gruppo la richiesta di convertire in grafico altre tipologie di rappresentazione è stata percepita come più complessa, come testimoniano le diverse analisi in cui manca questa parte. Si può affermare allora che i 21 grafici consegnati durante queste due attività si presentano come una selezione dei lavori migliori: se tutti gli studenti e tutti i gruppi avessero realizzato ogni rappresentazione richiesta, i risultati sarebbero stati probabilmente peggiori. In verifica, al contrario, ciascuna persona si è trovata costretta a realizzare almeno un tentativo di produzione di un grafico, e questo ha finalmente garantito un effettivo spettro del livello della classe nel lavoro di produzione della rappresentazione a partire dall'analisi di un testo. Fatte queste opportune considerazioni, si valuterà l'evoluzione della produzione di grafici verificando sia la presenza di tutti gli elementi che lo caratterizzano, sia la correttezza dei punti inseriti.

Riguardo all'impostazione della rappresentazione, nel corso del progetto si evidenzia un notevole miglioramento rispetto ai risultati ottenuti durante la prova preliminare: durante la verifica, gli errori di impostazione del grafico sono stati solamente 3, uno di mancata etichettatura degli assi, due riguardanti la scala con cui sono stati inseriti i valori sugli assi, mentre durante la prova preliminare gli errori di questo tipo sono stati 7.

Riguardo al posizionamento dei punti nel grafico, gli errori verranno suddivisi in diverse categorie:

- Non considerare i punti precedenti nell'inserimento delle coordinate: se nella prova preliminare questo errore è stato commesso da 3 studenti, nel compito a casa in vista dei lavori di gruppo da 6, con solo una persona che lo ha ripetuto entrambe le attività, e nell'analisi in classe è stato commesso una volta da un solo gruppo, nella verifica gli errori di questo tipo sono stati 8. Anche se il bilancio appare negativo, un'analisi più approfondita permette di avere un quadro più chiaro della situazione: 3 di queste 8 persone non avevano commesso l'errore in esercizi precedenti. Osservando i loro grafici prodotti nella seconda parte della prova preliminare e come compito a casa in vista dei lavori di gruppo si nota che:
 - in un caso il grafico realizzato per compito è molto semplice, contenendo solo due punti oltre all'origine, mentre quello relativo alla prova preliminare non è stato consegnato;
 - nel secondo caso, entrambi i grafici presentano errori di diverso tipo, riguardanti sempre la correttezza nell'inserimento dei punti;
 - nel terzo caso, le coordinate dei punti sul grafico realizzato per compito non coincidono con i dati forniti dalla rappresentazione narrativa realizzata dalla stessa persona, mentre quello relativo alla prova preliminare non è stato consegnato.

Si nota dunque che nessuna di queste 3 persone è mai riuscita a realizzare un grafico di difficoltà uguale o maggiore in maniera corretta prima della verifica. Per quanto riguarda le altre 5, in 4 hanno commesso questo stesso errore nella prova preliminare e/o nel compito a casa, tra le quali solo una ha realizzato e consegnato i grafici di ogni attività, mentre l'altra persona non ha mai consegnato i grafici relativi ad alcuna attività, essendo stata assente durante i lavori di gruppo e non avendo consegnato il grafico della prova preliminare. Un dato sicuramente positivo è che, tra le 9 persone che avevano commesso questo tipo di errore nelle attività precedenti, in 6 hanno dimostrato di averlo risolto in questa verifica.

- Congiungere i punti con dei segmenti o con una semiretta, in caso di moto non uniforme: questo tipo di errore è stato maggiormente riscontrato nella verifica finale. Infatti tra gli 11 grafici consegnati riguardanti la prova preliminare, nessuno ha disegnato linee congiungenti i punti, mentre tra i grafici realizzati per i lavori di gruppo, solo uno ha unito i punti con delle linee, e solo un gruppo ha commesso lo stesso errore nella conversione di un testo in grafico. Questo errore mi ha sorpreso parecchio, perché da questo punto di vista la verifica non presenta alcuna difficoltà aggiuntiva rispetto alle attività precedenti: anche in questo caso, come nella prova preliminare o nei lavori di gruppo, gli studenti avevano a disposizione un esempio di grafico spazio temporale nel quale i punti non sono congiunti da linee, nel caso della verifica questo era presentato nel penultimo problema, quello che descrive il giro in bicicletta di Anna;
- scrivere sull'asse temporale gli orari invece che la distanza temporale dall'origine: è opportuno confrontare da questo punto di vista i grafici in verifica con quelli realizzati nelle analisi effettuate durante i lavori di gruppo. In entrambi i casi l'errore è stato commesso 4 volte, ma in quest'ultima attività è stato ripetuto per tre volte dallo stesso gruppo. Tra gli studenti che hanno mostrato questo tipo di difficoltà in verifica, 2 non erano presenti durante l'attività dei lavori di gruppo, uno faceva parte del gruppo che lo ha commesso 3 volte, mentre per il quarto si tratta di una novità, mai verificata durante le attività precedenti. Questo significa che delle 7 persone che hanno fatto parte dei due gruppi che hanno commesso questo errore durante l'attività di analisi, una sola lo ha mantenuto in verifica, mentre in 6 hanno dimostrato di averlo risolto;
- scrivere i dati temporali in forma [ore, minuti], senza specificarlo: sia nei grafici realizzati a casa per i lavori di gruppo che nella verifica finale questo errore è stato commesso da 2 persone. Tuttavia nessuno lo ha ripetuto entrambe le volte. Considerando gli studenti che hanno sbagliato in verifica, uno dei due non era presente il giorno dei lavori di gruppo, mentre l'altro aveva etichettato in modo corretto i dati temporali sull'ascissa in quest'ultima attività, scrivendo ad esempio "1h e 48 min", per cui è probabile che l'errore in verifica sia stato frutto di leggerezza o di distrazione;
- inserire tratteggi verticali al posto dei punti: errore mantenuto da una persona

Alcuni errori riscontrati durante le attività precedenti, come quello di scrivere i luoghi sui punti del grafico e di invertire l'asse spaziale e quello temporale, non sono mai stati riscontrati in verifica.

Considerazioni finali

La verifica ha evidenziato che, al termine del percorso, alcune difficoltà relative alla comprensione dei concetti cinematici e nell'ambito di analisi e produzione di rappresentazioni grafiche non sono state ancora risolte. Pertanto, non posso affermare con certezza che le attività proposte abbiano dissipato ogni dubbio e superato ogni ostacolo emerso durante il percorso. Gli studenti hanno incontrato maggiori difficoltà nei quesiti riguardanti la dimensione formale dei concetti di cinematica rispetto a quelli che richiedevano la loro applicazione pratica. Ad esempio, 15 persone sono riuscite ad individuare lo spostamento totale di Francesco nell'ultimo problema, 19 hanno risposto correttamente alla medesima domanda nell'esercizio precedente, ma solo 12 sono stati capaci di identificare la definizione corretta del concetto. Risultati analoghi sono emersi relativamente ai concetti di intervallo di tempo e di velocità media (con la sola eccezione della domanda 20). Un altro dato significativo riguarda le unità di misura: sebbene nella prima parte della verifica molti studenti non siano stati in grado di associarle correttamente alle grandezze in questione, nei problemi finali i risultati sono stati riportati, nella maggior parte dei casi, in modo corretto.

Dal confronto tra i risultati della verifica e quelli derivanti dai lavori di gruppo e dalla prova preliminare, tuttavia, risulta evidente che il percorso ha condotto ad un miglioramento rispetto al livello iniziale della classe. Un dato particolarmente incoraggiante è rappresentato dal fatto che pochi studenti hanno ripetuto gli stessi errori con l'avanzare delle lezioni, sintomo che, attraverso attività collaborative come discussioni collettive e lavori di gruppo, queste problematiche possono essere affrontate e superate con successo. Di particolare aiuto sono stati sicuramente i momenti di dialogo diretto con la classe, avvenuti durante l'attività relativa al viaggio a Trento e nell'ultima lezione prima della verifica, dove ho potuto sottolineare gli errori che ho esposto nei paragrafi dedicati a ciascuna attività. Sembra quindi che la maggior parte degli studenti che hanno incontrato tali difficoltà abbia assimilato adeguatamente le correzioni, evitando di ripetere gli errori nelle attività successive. Probabilmente, se avessi esercitato una maggiore autorità nei confronti della classe, ottenendo un impegno più significativo durante la prova preliminare, in particolare nella realizzazione dei grafici, e una maggiore attenzione durante le attività in aula, i risultati conseguiti sarebbero stati migliori.

5.5 Questionario di fine percorso

L'analisi del questionario sarà suddivisa in due parti: la prima riguarda la verifica dello sviluppo delle competenze di sostenibilità, la seconda ha lo scopo di ottenere un riscontro sulla qualità delle attività proposte

Prima parte: librogame di sostenibilità

Verranno analizzate le risposte date da ciascuno studente, dividendo il librogame in tre fasi, ciascuna caratterizzata da una scelta relativa al mezzo di trasporto utilizzato.

Nella prima fase, la classe si è divisa equamente: tra i 24 alunni che hanno completato il questionario, 12 hanno optato per un mezzo di trasporto ad alto impatto, rappresentato dall'automobile, per evitare di deludere le aspettative della propria amica. L'altra metà ha invece privilegiato i valori della sostenibilità ambientale, con 3 studenti che hanno scelto l'autobus e 9 che hanno preferito la bicicletta. Esaminando ora i 12 studenti che hanno deciso di recarsi all'appuntamento in automobile, si osserva che tre quarti di essi hanno continuato a utilizzare lo stesso mezzo per recarsi in gelateria nella seconda fase, mentre le rimanenti 3 persone hanno scelto l'autobus.

Riguardo alla terza fase, considerando i primi, si osserva che soltanto 2 studenti hanno mantenuto l'automobile come mezzo di trasporto per tutti i percorsi. In relazione alle 3 persone che hanno scelto di utilizzare l'autobus per spostarsi dalla casa dell'amica alla gelateria, è interessante notare che solo una di esse ha deciso di ritornare con lo stesso mezzo, mentre le altre 2 hanno preferito farsi accompagnare da un genitore in automobile.

Dunque, dei 12 studenti che hanno scelto di effettuare il primo tragitto in macchina, soltanto una, al termine di tutti gli spostamenti, ha scelto di utilizzare mezzi di trasporto sostenibili nella maggior parte dei casi.

Tornando alle altre 12 persone, è interessante osservare che coloro che hanno optato per il trasporto in autobus, nella seconda fase, hanno scelto di recarsi in gelateria facendosi accompagnare in automobile da un genitore. Successivamente, nella terza fase, 2 persone su 3 hanno deciso di farsi riportare a casa in automobile invece che in autobus. Dunque, delle 3 persone che hanno scelto di andare dall'amica in autobus, soltanto una ha selezionato trasporti sostenibili nella maggior parte dei casi.

Delle 9 persone che hanno scelto di andare dall'amica in bicicletta nella prima fase, invece, in 6 hanno mantenuto lo stesso mezzo di trasporto per andare in gelateria. Delle altre 3, che hanno scelto invece di farsi accompagnare in macchina, soltanto una ha mantenuto lo stesso mezzo per tornare a casa, le

altre 2 hanno deciso di tornare in autobus. Dunque, delle 9 persone che hanno scelto la bicicletta alla prima domanda, 8 di loro hanno mantenuto la scelta di mezzi sostenibili come maggioranza.

Il bilancio conclusivo evidenzia che 9 studenti hanno optato per mezzi di trasporto sostenibili in almeno due tratti su tre, di cui 6 li hanno impiegati per l'intera durata del viaggio. Al contempo, si registra che 16 studenti hanno prevalentemente scelto l'automobile, tra i quali 2 hanno utilizzato questo mezzo per tutti i tratti del percorso.

È chiaro che il conflitto tra valori di amicizia, economia (in quanto bisogna tener conto del prezzo del biglietto dell'autobus e del costo del gelato) e sostenibilità ha portato gli studenti a prendere decisioni diverse, sulla base delle loro priorità.

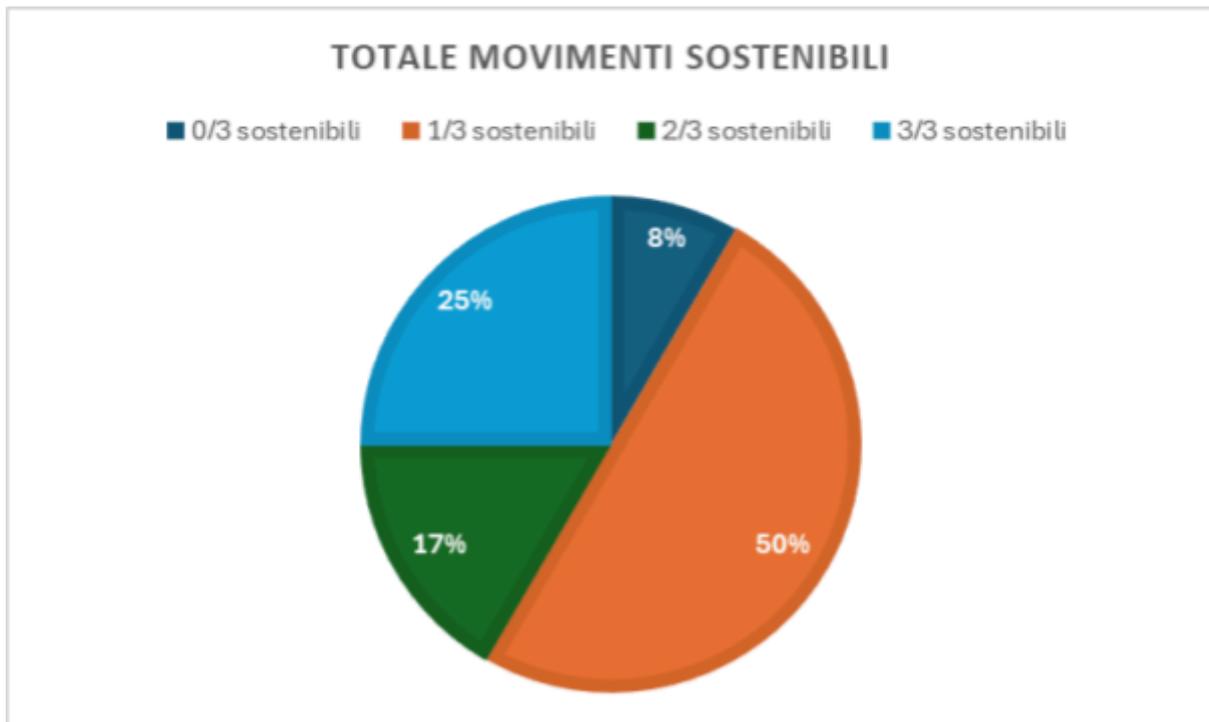


Figura 5.18. Grafico raffigurante le scelte di mobilità sostenibile o meno degli studenti. La metà della classe ha scelto di effettuare movimenti sostenibili solamente in un caso su tre. La seconda categoria maggiormente popolata è quella riguardante gli studenti che hanno scelto mezzi di trasporto sostenibili per la totalità del viaggio, rappresentata da un quarto della classe. Seguono poi gli studenti che hanno optato per movimenti sostenibili in due casi su tre, per concludere con due studenti che hanno utilizzato mezzi impattanti nella totalità dei casi.

Al termine della storia viene chiesto loro di stimare le emissioni che i loro viaggi hanno portato.

Dai dati risulta che:

- 10 studenti hanno risposto in modo corretto, tra i quali però si contano 5 persone che hanno effettuato ogni spostamento in bicicletta;
- 12 studenti hanno sottostimato il proprio impatto ambientale, 7 di loro abbondantemente;
- 2 hanno sovrastimato il proprio impatto ambientale.

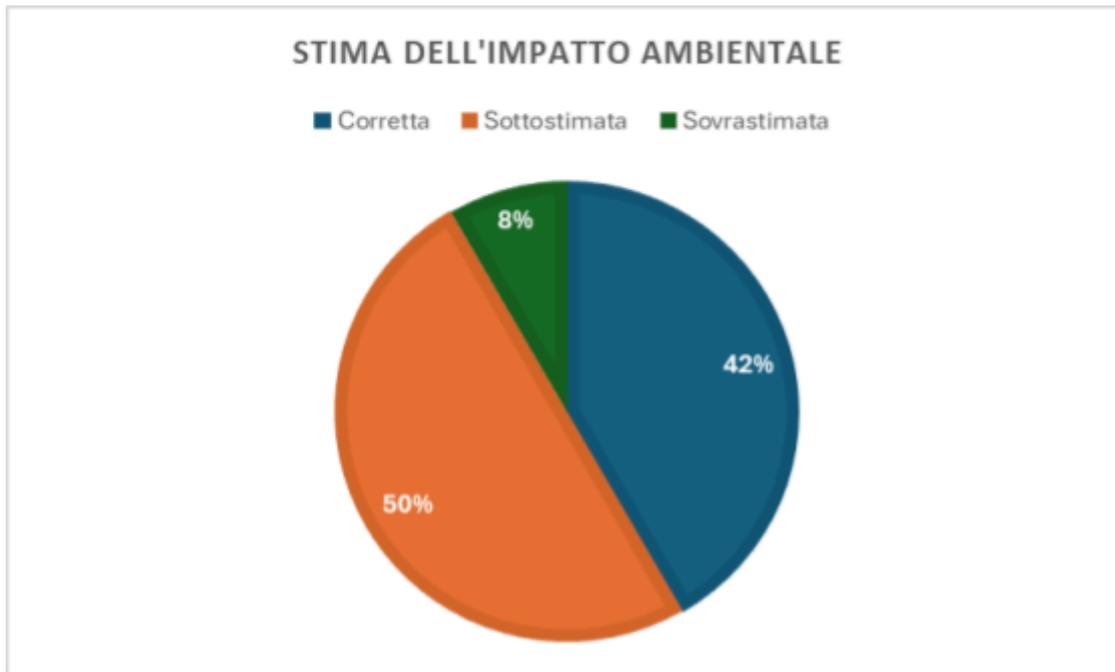


Figura 5.19. Grafico rappresentante le stime degli studenti relative all'impatto ambientale causato dalle proprie scelte. Risulta evidente che metà della classe ha sottostimato la quantità di emissioni

La metà degli studenti ha dunque sottostimato la quantità di emissioni derivanti dalle proprie scelte. Tra questi ci sono anche le due persone che hanno deciso di effettuare ogni spostamento in automobile. Cinque alunni che hanno scelto di utilizzare l'auto in almeno un tragitto sono riusciti a stimare correttamente la quantità di CO₂ emessa. Si può supporre che questi studenti abbiano preso le loro decisioni con una consapevolezza adeguata dell'impatto ambientale conseguente, mentre per gli altri studenti che hanno sottostimato le emissioni, la scelta potrebbe essere stata influenzata da una limitata consapevolezza riguardo a tale impatto.

A sostegno di questa ipotesi, anticipo alcune risposte di una domanda della seconda parte del questionario:

- *sapevo che i mezzi emettono della CO2 ma non così tanta*
- *prima sapevo che la macchina inquinava ma non pensavo così tanto e quindi ho iniziato ad usare di più la bicicletta*
- *da quanto si è visto l'impatto ambientale è altissimo*

Questi risultati dimostrano che gli studenti, in generale, non sono ancora pienamente consapevoli dell'impatto ambientale apportato dalle loro scelte legate alla mobilità. Tuttavia, l'obiettivo del progetto didattico non è sicuramente quello di sviluppare la capacità di effettuare previsioni corrette riguardo alle emissioni, quanto quello di aumentare la consapevolezza che le loro scelte hanno conseguenze di un certo calibro relative all'impatto ambientale. Il questionario infatti, oltre ad essere un utile strumento di raccolta dati, ha un valore educativo, in termini di presa di coscienza del legame tra le proprie scelte quotidiane e la sostenibilità ambientale, che può portare ciascuno, in futuro, a prendere decisioni diverse.

Seconda parte: questionario di gradimento

1) Quanto pensi siano stati utili alla tua comprensione della cinematica le diverse rappresentazioni che ti sono state proposte in questo percorso? (1- per niente, 4- moltissimo)

Rappresentazioni	1	2	3	4	Punteggio	Totale
Definizione classica di velocità	3	7	9	4	60	23
Le formule	2	6	7	8	67	23
Le rappresentazioni grafiche	3	6	8	6	63	23
I dati	1	5	10	8	73	24
I racconti testuali	2	4	11	6	64	23
Le mappe	3	5	9	6	67	23
I disegni	2	5	7	10	73	24
Altro	5	1	0	1	11	7

Tabella 5.4. Resoconto delle valutazioni degli studenti riguardo l'utilità che ciascuna tipologia di rappresentazione ha avuto nella comprensione dei concetti di cinematica. Il punteggio è stato ricavato attraverso una somma delle valutazioni date a ciascuna rappresentazione moltiplicata per il numero di persone che hanno espresso per giudizio.

Dalla tabella emerge che la distribuzione del grado di utilità percepita da parte degli studenti riguardo a ciascuna rappresentazione risulta sostanzialmente omogenea, un elemento che avvalorava l'efficacia della complementarietà dei linguaggi. Le rappresentazioni grafiche sono una di quelle che ha ottenuto un giudizio peggiore, seguita solamente dalla definizione classica di velocità. Questo conferma quanto evidenziato dalle attività precedenti, ovvero che gli studenti non sono ancora riusciti a cogliere pienamente l'utilità di questa tipologia di rappresentazione. È chiaro, tuttavia, che confrontando questi risultati con quelli ottenuti durante la discussione collettiva avvenuta al termine dei lavori di gruppo, dove gli studenti avevano percepito la rappresentazione grafica come quella più complicata da analizzare, in questo caso 14 studenti su 23 hanno riconosciuto in essa uno strumento utile per comprendere i concetti cinematici. È interessante inoltre che la valutazione relativa ai disegni sia più alta di quella relativa ai racconti testuali, nonostante durante le attività gli studenti abbiano trovato in questi ultimi una modalità di rappresentazione sulla quale fosse più semplice effettuare un'analisi cinematica.

2) Motiva le risposte che hai dato alla tabella sopra.

Le risposte fornite dagli studenti saranno suddivise in diverse categorie, relative a ciascuna tipologia di rappresentazione. Talvolta parti di una stessa risposta saranno suddivise in diversi settori.

- Definizione di velocità

- *la definizione di velocità è servita per tutti gli esercizi*
- *la definizione [e le formule] sono servite molto perchè hanno dato modo di risolvere effettivamente dei problemi*
- *non mi è piaciuto*
- *la definizione di velocità è servita a molto perchè così capisco come riconoscerla*
- *la definizione è ok e molto utile*

- *Definizione: la so ma non me la ricordero'*
- *la definizione classica di velocità non penso che sia così tanto importante da ricordare per tutta la vita (ameno che non debba fare un lavoro che abbia a che fare con questo).*
- *Non è servita molto nella verifica*

Nonostante sia la modalità di rappresentazione che ha ricevuto il giudizio peggiore, i commenti a riguardo sono in maggioranza positivi, facendo riferimento alla sua utilità, soprattutto per risolvere gli esercizi. Altri invece non ritengono fondamentale ricordarsela o, semplicemente, la ritengono noiosa

- Formule

- *[la definizione e] le formule sono servite molto perchè hanno dato modo di risolvere effettivamente dei problemi*
- *[...] le formule che sono servite per le rappresentazioni grafiche*
- *non le ho capite*
- *le formule non tanto perchè così viste a primo impatto sono difficili da capire*
- *Formule: capito il concetto*
- *L'ho utilizzata molte volte nella verifica*

Chi ha espresso un giudizio positivo riguardo a questa tipologia di rappresentazione ha sottolineato la sua utilità pratica, nel risolvere problemi e nell'effettuare i calcoli. Chi invece ha espresso un giudizio negativo ha espresso la mancanza di comprensione relativa a questo tipo di rappresentazione.

- Le rappresentazioni grafiche

- *le formule che sono servite per le rappresentazioni grafiche*
- *le rappresentazioni grafiche sono servite per capire come impostare il problema*
- *non mi sono piaciuti abbastanza*
- *le rappresentazioni grafiche moltissimo perchè così entrano meglio in testa*
- *Grafici: li capisco ma non li so fare*
- *i grafici ti fanno vedere anche l'esatto punto da quando sono partiti*
- *le rappresentazioni le ho messo poco importante perchè con i grafici io capisco di meno*
- *Anche queste ce n'erano molti nella verifica*

I commenti negativi hanno sottolineato il fatto di non aver compreso questo tipo di rappresentazione, oppure di non averla semplicemente gradita. È interessante il secondo commento riportato, che riconosce nei grafici come necessari per poter impostare correttamente il problema. Chi afferma che questa rappresentazione è in grado di mostrare l'esatto punto di partenza in realtà sbaglia, e probabilmente deriva dalla misconcezione mostrata durante i lavori di gruppo e nei compiti antecedenti, propria di chi ha indicato nell'origine la posizione del punto di partenza.

- I dati

- *[le formule] e i dati sono stati molto utili nel percorso di cinematica generale*
- *i dati [sono serviti] perchè sono le cose fondamentali per iniziare un problema*
- *utili*
- *i dati molto perchè ti aiutano a capire il problema*
- *Dati: li trovo*
- *quelle in cui penso che siano state più utili sono i dati e i grafici, perchè i dati ti danno le informazioni principali in cui iniziare*
- *i dati non mi rappresentano in mente il percorso*

- *Raccontano molte cose*

Quasi tutti i commenti sono positivi, e riconoscono nei dati un elemento necessario per poter eseguire un'analisi cinematica: senza di essi non è possibile impostare il problema. L'unico commento negativo è molto interessante, in quanto riconosce implicitamente nelle rappresentazioni utilizzate principalmente durante il percorso, ovvero quelle grafiche, iconiche e narrative, un elemento necessario per poter visualizzare il percorso.

- I racconti testuali

- *i racconti testuali non tanto perchè sapendo gli altri dati a volte non servivano i racconti però facevano capire cosa significasse muoversi nella realtà*
- *utili*
- *racconti testuali poco perchè di solito sono molto confusionari e quindi difficili da capire*
- *Racconti testuali: ci ho capito*
- *i racconti testuali ho messo poco importante perchè non mi si rappresenta in mente il percorso*
- *Anche questi dicono molte cose*

Richiamando quanto scritto sopra, è curioso come, contrariamente a quanto avvenuto durante le attività precedenti, nel questionario gli studenti abbiano attribuito un giudizio negativo alle rappresentazioni testuali, o al più pari alle altre tipologie di rappresentazione. Da alcuni commenti emerge come questi siano superflui per effettuare un'analisi cinematica, o di come i dati relativi allo spostamento e ai relativi intervalli di tempo siano inseriti in modo confuso.

- Le mappe

- *A me non sono servite tanto le mappe, semplicemente perchè non le capivo invece le altre mi sono state più o meno utili*
- *le mappe non mi sono piaciute più di tanto*
- *le mappe sono utili e semplici*
- *utili*
- *le mappe moltissimo perchè ti sanno dire esattamente il tragitto che percorso e in quanto tempo*
- *Mappe: non ho capito*
- *le mappe sono importanti perché riesco a capire meglio il tragitto che viene compiuto*
- *Dicevano solo i km*

I commenti in questo caso si dividono tra chi vede in questa tipologia di rappresentazione uno strumento molto utile per visualizzare in modo chiaro il percorso e chi invece non le ritiene utili, in quanto forniscono poche informazioni, o fatica a comprenderle.

- I disegni

- *perchè [dai dati e] dai disegni ci capisco di più*
- *i disegni non li ho capiti molto bene perchè nei lavori di gruppo erano i più difficili da capire*
- *i disegni ti danno tutti i dati necessari e quindi ti fanno capire tutte le soste e ti fanno usare anche l'intuito*
- *utilissimi*
- *i disegni non molto perchè la maggior parte delle volte sono fatti male però qualche volta ti aiutano a capire meglio il testo*
- *Disegni: non si esprimono abbastanza*

- *i disegni, ho scritto che sono molto importanti perchè riesco a capire meglio il tragitto che viene compiuto*
- *Si capiva poco*

I commenti non rispecchiano il giudizio evidenziato dalla **Tabella 5.4.**, in quanto si dividono esattamente a metà tra chi ritiene utile questa tipologia di rappresentazione e chi invece non l'ha gradita. Alcuni commenti sottolineano quanto riportato durante le analisi, ovvero che le rappresentazioni iconiche prodotte dai compagni mancavano spesso di informazioni necessarie per effettuare un'analisi cinematica. Chi ha provato ad analizzare questa rappresentazione da una prospettiva più ampia, ha riconosciuto in essa la possibilità di visualizzare meglio il tragitto. È interessante che uno studente abbia gradito come i disegni permettono di utilizzare l'intuito.

3) Quanto ti sono interessate le attività proposte in questo percorso? (1- per niente, 4- moltissimo)

Attività	1	2	3	4	Punteggio	Totale
Prove preliminari	10	7	5	1	43	23
Lezione sul viaggio a Trento	1	6	11	4	62	22
Pensare e rappresentare un viaggio nelle tre modalità	3	9	7	4	58	23
Lavori di gruppo	2	4	7	10	71	23
Correzione e lezione conclusiva	2	5	6	10	70	23
Altro	4	0	0	0	4	4

Tabella 5.5. Resoconto delle valutazioni degli studenti riguardo alle attività svolte. Il punteggio è stato ricavato attraverso una somma delle valutazioni date a ciascuna rappresentazione moltiplicata per il numero di persone che hanno espresso per giudizio

Come ci si poteva aspettare, le prove preliminari sono state le attività che hanno suscitato meno interesse. L'attività che ha suscitato più interesse è stata quella sui lavori di gruppo, seguita subito dopo dalla lezione successiva. Quest'ultimo dato mi sorprende, in quanto gli studenti sono stati più partecipi durante la lezione sul viaggio a Trento. In ogni caso, ogni attività ha avuto almeno uno studente a cui non è piaciuta per niente, ed almeno uno a cui è piaciuta molto. Chi ha scritto *altro* in realtà non ha aggiunto nulla, è stato un semplice errore.

4) In base ai punteggi che hai dato prima, prova a raccontare cosa ti è piaciuto e interessato delle attività proposte (e perché), e cosa invece non ti è piaciuto o non ha suscitato interesse (e perché).

Le risposte non sono state per niente esaustive, molti studenti hanno lasciato un commento di poche parole. Queste possono comunque essere suddivise in diverse categorie. Talvolta parti di una stessa risposta saranno suddivise in diversi settori.

- Risposte relative alla prova preliminare

- *non mi sono piaciute le prove*
- *le prove preliminari non mi sono piaciute*

- *Non mi è piaciuto l'inizio perché non capivo NIENTE*
- *non mi sono piaciute le prove preliminari*
- *le prove preliminari e le correzioni non le ho apprezzate molto anche se non fossero inutili perché erano un po' noiose*
- *non mi sono piaciute le prove preliminari*
- *soltanto le correzioni sono state quelle più pesanti da capire*
- *la cosa che mi è piaciuta di più sono state le prove preliminari soprattutto la prima perché era una cosa nuova e comunque mi usciva facile come difficoltà. La cosa che mi è piaciuta di meno sono le correzioni perché più di tanto non mi interessavano perché erano noiose*
- *A me non hanno suscitato troppo interesse le prove preliminari perché erano un po' noiose*
- *non mi sono piaciute le attività preliminari perché non capivo*
- *Non ci ho capito molto in quanto non conoscevo l'argomento*

Dalle risposte arriva chiaro il messaggio che la prova preliminare è l'attività che ha suscitato meno interesse. I pochi che hanno provato ad argomentare hanno fatto leva sull'interesse suscitato, con risposte relative alla noia, e la difficoltà nell'affrontarle. Gli studenti hanno mostrato grande disagio di fronte all'incapacità nel rispondere ad alcune richieste, nonostante fossero stati rassicurati sul fatto che la prova non aveva finalità valutative. Evidentemente gli errori sono ancora considerati come un ostacolo piuttosto che come opportunità di apprendimento da parte degli studenti.

- Risposte relative all'attività sul viaggio a Trento e compito a casa:

- *mi è piaciuto la lezione sul viaggio a trento e anche fare il compito a casa sui disegni e sui grafici*
- *A me ha suscitato interesse il viaggio a Trento perché è stato divertente*
- *mi è piaciuto quando è stato raccontato il viaggio in generale, mi è sempre piaciuto saperne di più sui viaggi, sia la destinazione, il percorso*
- *le cose che mi sono piaciute meno sono la lezione sul viaggio a trento e compiti a casa dato che ero assente.*
- *E' stata poco interessante (viaggio a Trento)*
E' stato molto divertente (compito a casa)

I commenti sono quasi tutti positivi, con l'eccezione di una persona che afferma di non aver gradito la mancata possibilità di recuperare la lezione a causa dell'assenza. È chiaro che questa attività ha suscitato grande interesse.

- Risposte relative ai lavori di gruppo:

- *a me è piaciuto il lavoro di gruppo perché abbiamo visto cosa sapevamo*
- *mi è piaciuto molto i lavori di gruppo perché bisognava capire e scoprire nuovi testi e soprattutto votarli*
- *Mi sono piaciuti i lavori di gruppo perché ci siamo divertiti a vedere i compiti degli altri*
- *mi sono piaciuti i lavori di gruppo e le rappresentazioni di viaggi perché sono state poco noiose e molto utili*
- *mi è piaciuto tanto il lavoro a gruppi perché è stato più semplice per me*
- *Penso che le cose che mi sono interessate di più siano i lavori di gruppo perché mi piace collaborare con le altre persone*

- *mi sono piaciuti i lavori di gruppo ,perchè mi hanno aiutato le persone del gruppo,non mi so no*
- *mi sono piaciuti i lavori di gruppo*
- *Non si capiva molto per la confusione (lavori di gruppo)*
E' stata molto divertente (correzione e lezione conclusiva)

Le risposte hanno confermato ciò che la **Tabella 5.5.** ha già mostrato, ovvero che l'attività sui lavori di gruppo è stata quella che ha riscosso maggiore successo. Alcuni studenti hanno colto l'importanza della dimensione collaborativa propria di un'esperienza di questo tipo, e hanno dimostrato di aver colto l'occasione di potersi spendere in prima persona insieme ai propri compagni. Qualcuno ha anche gradito la dimensione di valutazione tra pari che si è instaurata: procedendo con l'analisi, infatti, a ciascun gruppo era richiesta una valutazione sulla rappresentazione che si trovava di fronte. L'unico commento negativo lamenta la confusione creatasi in aula, elemento inevitabilmente presente durante un'attività di questo tipo. Colgo comunque il suggerimento di provare a mitigarla, nella prossima occasione in cui avrò modo di impostare una lezione come questa.

È curioso il fatto che, nonostante si tratti della seconda attività che ha ricevuto una valutazione di gradimento maggiore, l'unico commento che fa riferimento alla lezione conclusiva si limita ad affermare che è stata divertente. Sarebbe stato interessante capire se la parte che ha attirato maggiore interesse sia stata la prima, riguardante l'indagine collettiva sulle modalità con cui si raccolgono dati e si effettua un'analisi cinematica per ciascuna rappresentazione, o la seconda, incentrata su una riflessione concreta sull'impatto delle scelte quotidiane, in particolare legate alla mobilità, sull'ambiente.

- Risposte generali riguardanti l'intero progetto:

- *a me non è piaciuto questo argomento, perchè sinceramente ne preferisco degli altri*
- *a me sinceramente non mi è piaciuto il fatto che non era molto preciso però è stato bravo a spiegare e a raccontare bene tutti i passaggi*
- *mi sono piaciute le lezioni esclusivi*
- *alcune attività non mi sono proprio piaciute eh non so proprio che dirti*
- *mi sono piaciute tutte,ma soltanto le correzioni sono state quelle più pesanti da capire*
- *l'intera lezione non mi è piaciuta molto non perché non sapessero insegnare ma per l'argomento che non mi interessa*
- *Mi sono piaciute le lezioni perchè morivo dal ridere e ci teneva partecipi, le attività' bocciatissime*
- *mi è piaciuto quando è stato raccontato il viaggio in generale,mi è sempre piaciuto saperne di più sui viaggi,sia la destinazione,il percorso,mentre mi è piaciuto di meno quando ci sono stati i calcoli*
- *mi è piaciuto perchè così ho capito di più il mondo che ci circonda*

Questi commenti riguardano il progetto in generale, e forniscono comunque un importante spettro sulle emozioni che il percorso ha suscitato negli studenti. Alcuni sono rimasti affascinati dalla dimensione del racconto emersa durante il percorso, specialmente nelle attività in cui si chiedeva di analizzare un viaggio descritto, attraverso diverse forme di rappresentazione, dal sottoscritto o da un compagno di classe. Altri studenti hanno mostrato poco interesse per i temi trattati, alcuni riconoscendo comunque la validità della proposta, altri mostrando invece insofferenza verso ogni attività.

5) Prima di fare questo percorso eri a conoscenza dell'impatto ambientale che hanno i tuoi spostamenti (in auto, treno, bicicletta...)

Risposta	Numero studenti
Sì, totalmente	9
Parzialmente	8
No, per nulla	7

Tabella 5.6. Risposte relative a quanto gli studenti fossero consapevoli dell'impatto ambientale prima di affrontare il percorso

A chi ha risposto parzialmente è stato chiesto di dire che cosa è cambiato. Tra le risposte troviamo

- *che adesso ho più consapevolezza e più strumenti per calcolarla*
- *che adesso so meglio quanto consumo*
- *sapevo che i mezzi emettono della CO2 ma non così tanta*
- *nulla*
- *quanto potrebbe essere lungo il viaggio*
- *prima sapevo che la macchina inquinava ma non pensavo così tanto e quindi ho iniziato ad usare di più la bicicletta*
- *che ho capito che non è positivo che ci spostiamo solo in auto*

Da alcuni commenti emerge un senso di sorpresa e di maggiore consapevolezza riguardo a quanto impattanti, dal punto di vista ambientale, possano essere le proprie scelte. Tra questi c'è chi afferma di voler cambiare le proprie abitudini per provare a mitigare questo impatto. Un dato sicuramente negativo è che tra le 15 persone che hanno risposto *parzialmente* oppure *no, per nulla*, solamente 8 hanno lasciato un commento, sintomo che probabilmente l'interesse per i temi di sostenibilità ambientale non è condiviso da tutti.

6) A partire dalle attività svolte insieme durante questo percorso, pensi di voler intraprendere concretamente delle azioni a favore dell'ambiente? Se sì, spiega quali e perché. Se no, spiega perché.

In pochi hanno trovato realmente azioni concrete da poter fare. Molte risposte dicono i motivi per cui si vogliono adoperare azioni a favore dell'ambiente.

In 17 studenti hanno detto di voler adoperare azioni per l'ambiente. Di seguito si riportano solo le idee realmente concrete.

- *ci proverò a fare un orto e prendere più spesso la bici*
- *se ci sono due scelte ed una è più sostenibile allora scelgo quella*
- *per andare in chiesa vado a piedi con delle mie amiche.*
- *cercare di utilizzare meno l'auto*
- *magari girare con cose più economiche (probabilmente intendeva ecologiche)*

In 7 studenti hanno risposto di no, i motivi sono

- *non mi è mai piaciuto tanto*
- *non è la mia priorità, ma ci potrei fare un pensiero*
- *non mi interessa parzialmente dell'ambiente*
- *sarebbe una cosa troppo lunga, faticosa e non mi interesserebbe molto*
- *non è uno dei miei obiettivi della vita, però mi interesserebbe*

In conclusione, pare che le attività abbiano suscitato interesse per i temi di sostenibilità ambientale, senza però fornire effettivi suggerimenti su azioni concrete da poter intraprendere.

Considerazioni finali

Le decisioni da prendere nel librogame di sostenibilità erano tutt'altro che scontate: effettuare una scelta sostenibile comportava non pochi sacrifici, relativi a dimensioni della vita di fondamentale importanza, quali le relazioni interpersonali. Per tale ragione, la prima parte del questionario ha richiesto agli studenti un elevato livello di competenza in materia di sostenibilità, che alcuni sono stati in grado di dimostrare. I quattro settori hanno interagito simultaneamente: a ciascuno veniva chiesto di contestualizzare la situazione come un sistema complesso analizzabile su molteplici livelli e di definire al suo interno un problema specifico legato alla sostenibilità. Si chiedeva pertanto di prevedere gli scenari derivanti da ciascuna scelta possibile e di identificare quello preferibile sulla base dei valori di sostenibilità acquisiti durante il percorso, optando per azioni in grado di prevenire qualsiasi forma d'impatto ambientale. È evidente che l'adozione di scelte sostenibili è realizzabile solo se tutte queste competenze vengono attivate simultaneamente. Un individuo, ad esempio, potrebbe essere capace di interpretare la situazione come un evento complesso e comprendere le conseguenze delle proprie scelte, ma, privilegiando i valori economici o relazionali rispetto a quelli legati alla sostenibilità, la decisione finale non sarà orientata a favore dell'ambiente.

I risultati ottenuti mostrano che 10 individui hanno dimostrato una consapevolezza delle conseguenze associate alle proprie scelte in termini di emissioni di CO₂; tra questi, 5 persone hanno selezionato dei mezzi sostenibili in tutte e tre le situazioni analizzate. Si può concludere che tali individui abbiano sviluppato competenze legate alla sostenibilità in misura superiore rispetto al resto del gruppo classe. Tuttavia, le risposte fornite alle domande successive indicano che il tema ha suscitato un notevole interesse tra molti studenti. Analizzando le risposte relative alla seconda parte del questionario, emerge che, in generale, le attività proposte sono state accolte favorevolmente dagli studenti e, in particolare, la metodologia della complementarità dei linguaggi utilizzata per introdurre il tema della sostenibilità ha effettivamente influito sulla comprensione dei concetti cinematici trattati nella classe.

Conclusioni

Questo studio nasce dalla necessità di integrare tematiche attuali e rilevanti nei programmi scolastici, una questione evidenziata da numerosi report di istituzioni a vari livelli (ad es. ONU, 2015; CE, 2022; Bianchi *et al.*, 2022) e da progetti quadro europei sviluppati negli ultimi anni (ad es. ECF4CLIM, CLIMADEMY). Nella tesi, ci si è posti l'obiettivo di esplorare come integrare la sostenibilità - intesa non solo come tema ma anche come modo di ragionare - nell'insegnamento delle discipline, in particolare nella fisica, al fine di sviluppare competenze ad essa collegate e contribuire, contemporaneamente, a rigenerare il sapere fisico. L'approccio adottato da questo lavoro di tesi mira a supportare gli studenti nel superamento delle difficoltà di apprendimento all'interno di un contesto orientato alla sostenibilità.

Per rispondere a questa domanda, sulla base dell'analisi di alcuni progetti europei e di una review della letteratura in didattica della fisica, è stato progettato, realizzato ed analizzato un percorso didattico proposto ad una classe seconda di una scuola secondaria di primo grado. L'obiettivo del percorso era di integrare efficacemente la sostenibilità ambientale alla cinematica, identificando al suo interno dei pilastri da cui poter rigenerare la conoscenza che questa disciplina propone, al fine di sviluppare competenze di sostenibilità e, contemporaneamente, raggiungere gli obiettivi di apprendimento propri della cinematica.

Il materiale prodotto dagli studenti, insieme agli spunti colti durante le discussioni collettive avvenute in aula e i questionari raccolti hanno costituito la base per valutare l'impatto dell'integrazione dei temi di sostenibilità sulla comprensione dei concetti cinematici. In particolare, sono state analizzate le principali difficoltà degli studenti nella costruzione e interpretazione dei grafici cinematici, le modalità con cui possono essere superate e come le rappresentazioni grafiche possono facilitare o ostacolare la comprensione degli studenti in questo particolare contesto. Infine, sono state analizzate quali competenze di sostenibilità e in che misura è possibile sviluppare attraverso un percorso didattico progettato in questo modo.

Riguardo al primo punto, la verifica finale ha evidenziato che la comprensione della cinematica è avvenuta maggiormente dal punto di vista pratico piuttosto che da quello formale, in quanto la maggior parte degli studenti ha dimostrato di non essere in grado di riconoscere la definizione di un particolare concetto ma, allo stesso tempo, di saperlo applicare per eseguire un lavoro di analisi. I risultati hanno comunque evidenziato evidenti lacune in alcuni studenti.

Per quanto riguarda invece le abilità degli studenti nella costruzione e interpretazione dei grafici, le principali difficoltà emerse durante il progetto riguardano la costruzione della rappresentazione, intesa come la presenza di tutti gli elementi che la costituiscono (assi orientati ed etichettati, rispetto della scala utilizzata, ...), la distinzione tra grafico di un moto uniforme, in cui è presente una semiretta che congiunge i punti, e moto non uniforme, in cui questa è assente, il rispetto della scala utilizzata, il fatto che ciascun punto debba essere inserito considerando le coordinate del precedente, l'inserimento di luoghi e orari indicati sugli assi, al posto dei valori di distanza spaziale e temporale dall'origine. Con il prosieguo delle attività, gli studenti hanno dimostrato di essere stati capaci di risolvere la prima tipologia di errore. Le altre difficoltà, tuttavia, sono state eliminate solo in parte: dalla verifica finale è emerso che 10 studenti hanno unito i punti del grafico con una linea, nonostante questo non rappresentasse un moto uniforme; 8 studenti hanno inserito i punti senza considerare i valori delle coordinate precedenti; 4 studenti hanno scritto gli orari sulle ascisse invece della distanza temporale dall'origine; 3 studenti non hanno rispettato la scala utilizzata; 2 studenti hanno scritto i dati temporali in forma di [ore; minuti] senza specificarlo. Occorre specificare, tuttavia, che sono poche le persone che hanno perpetrato un errore nel corso di tutto il progetto: la maggior parte delle difficoltà emerse

in verifica deriva da persone che, durante le attività precedenti, non hanno consegnato il materiale, oppure hanno commesso errori più gravi. Il percorso didattico ha dunque portato tutti gli studenti a migliorare almeno un aspetto nella qualità dei processi di produzione e analisi grafica, e questo probabilmente è dovuto alla scelta di utilizzare la complementarità dei linguaggi come metodologia. Quest'ultima affermazione è supportata dal fatto che le valutazioni che gli studenti hanno dato a ciascuna tipologia di rappresentazione nel questionario finale, relativa all'apporto recato nella comprensione dei concetti cinematici, è stata più o meno omogenea, e con giudizi in maggioranza positivi. Questo significa che la classe ha ritenuto utile ogni modalità di rappresentazione dei dati cinematici utilizzata nel corso del progetto per superare le proprie difficoltà legate alla comprensione dei concetti cinematici e ai processi di produzione e analisi dei grafici. Riguardo a questi ultimi, è chiaro che questo tipo di rappresentazione, utilizzata in parallelo alle altre all'interno di un contesto di insegnamento che include temi di sostenibilità, ha facilitato la capacità di applicare i concetti appresi, in quanto processi come calcolare la velocità media, individuare lo spostamento e l'intervallo di tempo riferito a un moto, in cui gli studenti hanno mostrato difficoltà durante la prova preliminare, sono stati appresi in tempi brevi. D'altro canto, l'utilizzo costante dei grafici ha fatto emergere, durante la verifica finale, molte lacune nelle definizioni formali dei concetti cinematici;

Infine, le competenze di sostenibilità, nella prima parte del progetto, sono state sviluppate attraverso i processi di analisi cinematica, sia sui grafici che, facendo riferimento alla competenza di pensiero esplorativo, sulle altre tipologie di rappresentazione. In generale, i risultati hanno confermato ancora una volta come la divisione delle stesse in settori non implichi la necessità di svilupparle separatamente, ma che ognuna di queste sia strettamente interconnessa con le altre. Ad esempio, l'evento di un viaggio non può essere visto come un sistema complesso composto da più livelli, all'interno del quale poter definire un problema di sostenibilità, senza attribuire a quest'ultima lo stesso valore conferito all'analisi cinematica, senza sviluppare un pensiero relazionale capace di trovare le connessioni tra velocità media, mezzo di trasporto utilizzato e impatto ambientale, e senza sviluppare una volontà di compiere azioni a favore del clima in funzione dei dati ricavati, e ciascuno di questi aspetti è strettamente dipendente dal primo. Tuttavia, il percorso ha chiaramente favorito un maggiore sviluppo di alcune competenze del GreenComp rispetto ad altre. In particolare, al termine delle attività, molti studenti hanno dimostrato di aver sviluppato la capacità di considerare una situazione complessa come un evento analizzabile su più livelli (pensiero sistemico), su cui è possibile esaminare in profondità ogni aspetto (pensiero critico) per individuare, al suo interno, un problema di sostenibilità (definizione del problema). Questo processo è quanto è stato chiesto agli studenti ogni volta che si chiedeva loro di individuare il mezzo di trasporto utilizzato a partire dal dato ricavato sulla velocità media e, specialmente, in ogni quesito del librogame di sostenibilità all'interno del questionario. In quest'ultima attività è stata data a molti studenti la possibilità di dimostrare il grande valore conferito ai temi ambientali (attribuire valore alla sostenibilità), all'interno di una situazione che però richiedeva grandi sacrifici sotto altri aspetti. In aggiunta, attraverso la connessione tra analisi cinematica e impatto ambientale, mediata attraverso il tema della mobilità sostenibile, insieme alle abilità di analisi di testi e grafici e di passaggio da un tipo di rappresentazione ad un'altra, gli studenti hanno mostrato grandi capacità di pensiero esplorativo. Infine le competenze legate all'agency, rimaste celate nel corso del progetto sotto la capacità di prevedere l'impatto ambientale dovuto all'utilizzo di un certo mezzo di trasporto, sono emerse specialmente durante il questionario finale, dove agli studenti è stato chiesto se avessero intenzione di operare azioni concrete a favore dell'ambiente. Su questo aspetto, le risposte fornite sono state legate ad azioni generiche, segno che questa particolare competenza non è stata sviluppata e che non si è attivato un discorso profondo sui diversi livelli di azione.

In sintesi, integrare i temi legati alla sostenibilità ambientale alla cinematica, attraverso un progetto basato sulla metodologia della complementarità dei linguaggi e sull'uso dei grafici, ha permesso agli studenti di progredire nelle abilità legate a quest'ultima, pur mostrando, al termine delle attività, alcune lacune, e di sviluppare parallelamente competenze di sostenibilità.

Questo progetto si presenta come un ottimo punto di partenza attraverso cui poter ancorare i temi legati alla sostenibilità ad una disciplina come la fisica, ed avviare un processo di sviluppo delle competenze di sostenibilità ambientale come qualcosa che possa avere le sue radici nel sapere scolastico ma che deve tenere insieme tutte le dimensioni che caratterizzano l'individuo nella sua complessità e in relazione al tessuto sociale in cui è immerso (Bianchi *et al.*, 2022) in una prospettiva temporale di apprendimento non solo a corto e medio range, cioè lungo il suo percorso scolastico ma anche a lungo range, cioè in una formazione permanente dell'individuo (*lifelong learning*⁵¹).

⁵¹ <https://www.miur.gov.it/tematiche-e-servizi/istruzione-degli-adulti/apprendimento-permanente>

BIBLIOGRAFIA

Bétrancourt, Mireille & Tversky, Barbara. (2000). *Effect of computer animation on users' performance: A review*. *Le Travail Humain: A Bilingual and Multi-Disciplinary Journal in Human Factors*. 63. pp. 311-329.

Besson, Ugo (2015). *Didattica della fisica*. Carocci. pp. 81-88

Bianchi, G., Pisiotis, U. and Cabrera Giraldez, M. (2022), *GreenComp The European sustainability competence framework*. Punie, Y. and Bacigalupo, M. editor(s), EUR 30955 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg

Bruner, J. (1991). "La costruzione narrativa della realtà", in Ammanniti, M., Stern, D.N

Castoldi, Mario (2015). *Didattica Generale*, Mondadori Università

Clement, John. (1982). *Students Preconceptions in Introductory Mechanics*. *American Journal of Physics* Vol. 70 n.1 pp. 66-70

Commissione Europea (2012). *Conferenza di Doha sui cambiamenti climatici: un piccolo passo verso un accordo globale sul clima nel 2015*. IP/12/1342

Commissione Europea (2020). *Comunicazione della Commissione al Parlamento Europeo, al Consiglio, al Comitato Economico e Sociale Europeo e al comitato delle regioni sulla realizzazione dello spazio europeo dell'istruzione entro il 2025*. SWD(2020) 212 final.

Commissione Europea (2022). *Proposta di RACCOMANDAZIONE DEL CONSIGLIO relativa all'apprendimento per la sostenibilità ambientale*. SWD(2022) 3 final

Consiglio Europeo (2019). *Riunione del Consiglio europeo (20 giugno 2019) – Conclusioni*. EUCO 9/19.

Decreto ministeriale n° 254 del 16/11/2012. *Indicazioni nazionali per il curricolo della scuola dell'infanzia e del primo ciclo d'istruzione*, MIUR. Gazzetta Ufficiale n. 30 del 5 febbraio 2013. www.gazzettaufficiale.it

Elkana, Y. (1987). *A Programmatic Attempt at an Antropology Of Knowledge*. Harvard University Press, Cambridge, Mass

European Parliament (2019). *European Parliament resolution of 14 March 2019 on climate change – a European strategic long-term vision for a prosperous, modern, competitive and climate neutral economy in accordance with the Paris Agreement (2019/2582(RSP))*. P8_TA(2019)0217

Gabriel, Mariya (2021). *Impegnati per il clima: l'Education for Climate cìCoalition*. Energia, ambiente e innovazione | 2/2021. pp. 14-20.

Gaea Leinhardt, Orit Zaslavsky and Mary Kay Stein (1990). *Functions, Graphs, and Graphing: Tasks, Learning, and Teaching*. American Educational Research Association. p.28

Giulia Tasquier (2022). *Cambiamenti Climatici e sostenibilità : il progetto SEAS*. Università di Bologna

Halloun, Ibrahim & Hestenes, David. (1985). *Common Sense Concepts About Motion*. *American Journal of Physics* 53. pp. 1056 - 1065

Hannu Heikkinen, Terhi Nokkala, Anna Lehtonen, Niina Mykrä (2022) *D3.3 The development of an initial ECF*, H2020-LC-GD-2020-3, Project 101036505, ECF4CLIM, European Competence Framework for a Low Carbon Economy and Sustainability through Education. <https://mappa.fi/wp-content/uploads/2024/01/ECF4CLIM-Report-Roadmap-for-sustainability-competences.pdf>

Hanson, N.R. (1958). *Patterns of Discovery: an Inquiry into the Conceptual Foundations of Science*, Cambridge University Press, Cambridge

Ivanjek, Susac, Planinic, Andrasevic - *Student reasoning about graphs in different contexts*. Physical Review Physics Education Research 12, pp. 010106-01 - 010106-13

Josep Espluga Markku Lehtonen, Ana Prades, Silvia German, (2023). *D4.4 Compilation of measures co-designed by the educational communities and presented at school and university events*. H2020-LC-GD-2020-3, Project 101036505, ECF4CLIM, European Competence Framework for a Low Carbon Economy and Sustainability through Education https://www.ecf4clim.net/_files/ugd/1088b3_a104d064747b43a681f058cc43ec9b8b.pdf

Josep Espluga, Markku Lehtonen, Maria Marcet, Ana Prades (2023). *Transdisciplinary Dialogue Strategy (D8.5)*. H2020-LC-GD-2020-3, Project 101036505, ECF4CLIM, European Competence Framework for a Low Carbon Economy and Sustainability through Education https://www.ecf4clim.net/_files/ugd/1088b3_b73ca094793545a6acf22a970c948e7e.pdf

Lee, Victor R.; Wilkerson, Michelle H.; and Lanouette, Kathryn, (2021). *A Call for a Humanistic Stance Toward K–12 Data Science Education*. Educational Researcher, 50(9), pp. 664-672.

Lupi, Giorgia & Posavec, Stefanie & Popova, Maria (2016). *Dear data : a friendship in 52 weeks of postcards*. Princeton Architectural Press, New York.

Maloney, David & Siegler, Robert. (1993). *Conceptual competition in physics learning*. International Journal of Science Education

Mbwile, Beni & Ntivuguruzwa, Celestin (2023), *Impact of practical work in promoting learning of kinematics graphs in Tanzanian teachers' training colleges*, International Journal of Education and Practice

McCloskey, Michael & Washburn, Allyson & Felch, Linda. (1983). *Intuitive physics: The straight-down belief and its origin*. *Journal of experimental psychology*. Learning, memory, and cognition

McDermott, L. C., Rosenquist, M. L., and van Zee, E. H. (1987), "Student difficulties in connecting graphs and physics: Examples from kinematics". *American Journal of Physics*. vol. 55, no. 6. AIP. pp. 503–513

McDermott, L. C., Shaffer, P. S. (1998). *Tutorials in Introductory Physics*. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.

Ministero dell'Istruzione e della Ricerca (2023). *Linee guida per le discipline STEM*

Morelli Angela, Johansen Tom, Pidcock Rosalind, Harold Jordan, Pirani Anna, Gomis Melissa, Lorenzoni Irene, Haughey Eamon, Coventry Kenny. (2021). *Co-designing engaging and accessible data visualisations: a case study of the IPCC reports*. Climatic Change.

Nikos Kalivitis, Maria Kanakidou (2022). *Deliverable D1.1 Project Management Plan*. CLIMADEMY -WP1-D1.1-Project Management Plan – PU –v1.0-FINAL 2022. <https://climademy.eu/wp-content/uploads/2024/02/Deliverable-D1.1-Project-Management-Plan.pdf>

Organizzazione delle Nazioni Unite (2015). *Risoluzione adottata dall'Assemblea Generale il 25 settembre 2015*. A/RES/70/1. <https://unric.org/it/wp-content/uploads/sites/3/2019/11/Agenda-2030-Onu-italia.pdf>

Planinic, Maja & Milin Sipus, Zeljka & Katic, Helena & Susac, Ana & Ivanjek, Lana. (2012). Comparing student understanding of line graph slope in physics and mathematics. *International Journal of Science and Mathematics Education*. 2012. pp. 1393 - 1414.

Ploetzner, Rolf & Lippitsch, Stefan & Galmbacher, Matthias & Heuer, Dieter. (2006). *Students' Difficulties in Learning Physics from Dynamic and Interactive Visualizations*. ICLS 2006 pp. 550-556

Redish, Edward. (2023). *Using math in physics: 6. Reading the physics in a graph*.

Rosenquist, Mark & C. McDermott, Lillian. (1987). *A conceptual approach to teaching kinematics*. *American Journal of Physics*. AMER J PHYS. 55. pp. 407 - 415

Suárez, César Augusto & Núñez, Raúl & Gamboa, A. (2021). *Gains in active learning of physics: a measurement applying the test of understanding graphs of kinematics*. *Journal of Physics*

Taurinen, J., Vesterinen, V. M., Veijonaho, S., Siponen, J., Riuttanen, L., & Ruuskanen, T. (2024). *Climate change competencies from perspective of Finnish youth*. *Journal of Youth Studies*, 1–20

Tejeda, Santa & Alarcon, Hugo. (2015). *A tutorial-type activity to overcome learning difficulties in understanding graphics in kinematics*

Trowbridge, D.E., & McDermott, L.C. (1980). *Investigation of student understanding of the concept of velocity in one dimension*. *American Journal of Physics*, 48, 1020-1028.

Trowbridge, David & C. McDermott, Lillian. (1981). *Investigation of Student Understanding of the Concept of Acceleration in one Dimension*. *American Journal of Physics*. 49. pp. 242 - 253

UN General Assembly (1994), *United Nations Framework Convention on Climate Change : resolution / adopted by the General Assembly, A/RES/48/189*,

UNESCO (2021). *Getting every school climate-ready: how countries are integrating climate change issues in education*.

United Nations (1992). *United Nations Framework Convention on Climate Change*. FCC/INFORMAL/84/Rev.1 GE.14-20481 (E).

University of Bremen, (2023). *Deliverable D2.1 "List of available educational material and tools on climate change"*. 101056066 – CLIMADEMY – ERASMUS-EDU-2021-PEX-TEACH-ACA. https://climademy.eu/wp-content/uploads/2024/09/CLIMADEMY_D2.1.

University of Crete (2023). *Deliverable D4.2 "CLAUDI site available"*. CLIMADEMY—ERASMUS-EDU-2021-PEX-TEACH-ACA. https://climademy.eu/wp-content/uploads/2024/09/CLIMADEMY_D4.2.

University of Helsinki (2023). Deliverable D4.1 “National hubs”,. 101056066 — CLIMADEMY—ERASMUS-EDU-2021-PEX-TEACH-ACA.

https://climademy.eu/wp-content/uploads/2024/09/CLIMADEMY_D4.1.pdf

Van Kampen, Paul & Wemyss, Thomas (2013). *Categorization of first-year university students' interpretations of numerical linear distance-time graphs*. Physical Review Special Topics - Physics Education Research. 9. pp. 010107-1 - 010107-17

Von Glasersfeld, E. (1984). *An Introduction to Radical Constructivism*. P.Watzlawick (Ed.), Die erfundene Wirklichkeit. Munich: Piper, 1981, pp. 16–38

White, R. T. (1988). *Learning science*. Basil Blackwell.

Zanarini (1992). *immagini del sapere e formazione scientifica*. La Fisica nella Scuola, XXV, 4. pp. 299 - 310

White, Jules & Fu, Quchen & Hays, Sam & Sandborn, Michael & Olea, Carlos & Gilbert, Henry & Elnashar, Ashraf & Spencer-Smith, Jesse & Schmidt, Douglas. (2023). *A Prompt Pattern Catalog to Enhance Prompt Engineering with ChatGPT*.

SITOGRAFIA

Aerocene

<https://aerocene.org/2023/02/>

Big Bang Data: Dear Data

<https://www.youtube.com/watch?v=iqaVe1MCTIA>

Calcolatore CO₂

https://co2.myclimate.org/it/car_calculators/new

Chang Physics Class (2021). *Student misconceptions on kinematics*

<https://changphysicsclass.com/2021/07/05/student-misconceptions-on-kinematics/>

CLIMADEMY, modello pedagogico

<https://www.youtube.com/watch?v=qCXj6H2pSkM&t>

CLIMADEMY, presentazione hub italiano

https://www.youtube.com/watch?v=npK_Ek2Nt0M&t

Fondazione Golinelli (2023). *Cresce l'hub italiano di CLIMADEMY: dalla prima rete di docenti alla piattaforma di e-learning e community building*

<https://www.fondazionegolinelli.it/it/news/cresce-lhub-italiano-di-climademy-dalla-prima-rete-di-docenti-alla-piattaforma-di-e-learning-e-community-building>

Green Deal Europeo

<https://www.consilium.europa.eu/it/policies/green-deal/#:~:text=Il%20Green%20Deal%20europeo%20%C3%A8%20un%20pacchetto%20di%20iniziative%20strategiche,un'economia%20moderna%20e%20competitiva.>

Ispra, *Convenzione quadro sui cambiamenti climatici e protocollo di Kyoto*

<https://www.isprambiente.gov.it/it/attivita/cambiamenti-climatici/convenzione-quadro-sui-cambiamenti-climatici-e-protocollo-di-kyoto>

MiM, Apprendimento permanente

<https://www.miur.gov.it/tematiche-e-servizi/istruzione-degli-adulti/apprendimento-permanente>

Pezzimenti, Ljuba. *Ostacoli epistemologici, ontogenetici e didattici*

<https://nuovadidattica.wordpress.com/agire-didattico/9-la-trasposizione-didattica/ostacoli-ontogenetici-epistemologici-didattici/>

Portale educazione civica di DeaScuola

<https://educazionecivica.deascuola.it/>

Portale web Commissione Europea

<https://commission.europa.eu/>

Portale web ECF4CLIM

<https://www.ecf4clim.net/>

Portale web Greening Education Partnership

<https://www.unesco.org/en/sustainable-development/education/greening-future>

Portale web SEAS

<https://www.seas.uio.no/blog/2022/be-the-change-you-wish-to-see-in-the-world.html>

Portale web UNFCCC
<https://unfccc.int/>

ONU, *A new blueprint for international action on the environment*
<https://www.un.org/en/conferences/environment/rio1992>

Sharper Night
<https://www.sharper-night.it/>

Spazio Europeo dell'Istruzione
<https://education.ec.europa.eu/it/about-eea/the-eea-explained>

UNESCO (2024). *L'Educazione ai cambiamenti climatici alla COP28 di Dubai*
<https://www.unesco.it/it/news/leducazione-ai-cambiamenti-climatici-alla-cop28/>

Allegati

Allegato 1A: Template for Activities prova preliminare

Template of Activities

General Information	
Title of activity:	Prova preliminare
Estimated duration:	1 ora in classe e come compito a casa
Target group:	Classe seconda di una scuola secondaria di primo grado
Related disciplines:	<ul style="list-style-type: none"> • Physics

Topic of Activity	
Fundamental scientific ideas of Climate Change	L'attività si propone di introdurre gli argomenti che verranno trattati durante il corso, con lo scopo di formalizzare alcuni concetti fondamentali di cinematica, come la velocità media, l'intervallo di tempo, la distinzione tra traiettoria e spostamento, e di scoprire le caratteristiche dei grafici cinematici, cercando di ricavare dati da questi e mettendoli in relazione con altri tipi di rappresentazione. Senza questi concetti gli studenti non potranno effettuare l'analisi dell'impatto ambientale degli spostamenti prevista nelle lezioni successive.
Tags	<ul style="list-style-type: none"> • Drivers • Indications • Impacts • Mitigation/ Adaptation measures
Interconnection with national Hub (if applicable)	

Learning outcomes	
Please describe how the activity addresses Climate Change Values & Attitudes	I problemi proposti nella prova preliminare, specialmente nella seconda parte, allenano gli studenti a identificare ed estrarre da un sistema complesso solo le informazioni che riguardano un determinato ambito, in questo caso la cinematica. Lo stesso avviene nelle situazioni quotidiane: i valori di sostenibilità si mescolano, all'interno di un sistema altamente complesso, con valori di altro tipo. Questo serve come allenamento, all'interno di una situazione che può essere analizzata sotto molteplici punti di vista, a focalizzarsi su un singolo aspetto, che, nell'evoluzione del percorso, diventerà la sostenibilità
Please describe how the activity addresses Scientific Inquiry towards Climate Change	Questo settore può essere suddiviso in tre competenze: Pensiero sistemico: i problemi proposti possono essere analizzati su diversi livelli. La complessità della situazione proposta aumenta gradualmente: avanzando nella prova, i dati cinematici risultano più difficili da individuare, poiché mescolati con informazioni di altro tipo. Pensiero critico: in alcuni esercizi si chiede agli studenti di valutare criticamente i risultati ottenuti, con l'obiettivo di mostrare che diverse prospettive su una singola situazione portano a risultati diversi, che, dal proprio punto di vista, sono comunque corretti. Definizione del problema: la competenza si sviluppa nella definizione, all'interno di un sistema complesso, di un problema di cinematica. Gli studenti si esercitano ad inquadrare una situazione dalle molteplici sfaccettature da una singola prospettiva, in questo caso di tipo fisico, che in futuro potrà aiutare a saper formulare le sfide attuali come problemi di sostenibilità.
Please describe how the activity addresses Creativity towards Climate Change	Questo settore si sviluppa nella competenza di pensiero esplorativo: l'attività di analisi di rappresentazioni di natura diversa, in particolare quelle narrative ed iconiche, richiede agli studenti di attingere a competenze di diverse discipline, quelle letterarie ed artistiche, oltre a quelle proprie delle materie scientifiche.
Please describe how the activity addresses Action towards Climate Change	Questo settore si sviluppa nella capacità di prevedere gli sviluppi di una certa situazione, in particolare nel primo esercizio, in cui è presentato un caso di moto uniforme. Questo è propedeutico per il proseguire del progetto: nelle

	attività successive gli studenti impareranno a prevedere l'impatto ambientale che alcune decisioni comportano.
--	--

Assessment of learning outcomes	
Please describe how the -Climate Change Values & Attitudes learning outcomes are assessed	Si valuta la capacità degli studenti di individuare, all'interno di situazioni che presentano molteplici informazioni, esclusivamente i dati di carattere cinematico.
Please describe how a Scientific Inquiry learning outcomes are assessed	Per ogni domanda, si chiede agli studenti di esplicitare il ragionamento che ha portato alla risposta. In questo modo è più facile valutare se le competenze di pensiero sistemico e di inquadramento del problema sono state raggiunte. Per quanto riguarda il pensiero critico, nel secondo quesito della prova, dove la velocità media di una persona assume valori diversi a seconda delle informazioni che si hanno a disposizione, si chiede agli studenti di spiegare il motivo di questa differenza.
Please describe how Creativity learning outcomes are assessed	Questo aspetto è valutato nella seconda parte della prova preliminare, dove agli studenti è chiesto di effettuare una conversione di un grafico in testo, e di due rappresentazioni narrative e iconiche in grafici. Per realizzare questa operazione, gli studenti non potranno basarsi solo sulle proprie competenze scientifiche, ma dovranno attingere anche a competenze artistiche e letterarie.
Please describe how Action taking outcomes are assessed	Si valuta la capacità di prevedere l'andamento di un caso di moto rettilineo uniforme, attraverso la richiesta di individuare la posizione in determinati istanti di tempo e viceversa, e la capacità di graficare il moto.

Detailed description of the activity

La prova preliminare è divisa in due parti, una svolta in classe durante l'ora di lezione, l'altra svolta come compito a casa. Per avere chiari i processi cognitivi che hanno portato alle risposte date dagli studenti, è stato chiesto loro di trascrivere i propri ragionamenti, oltre ai risultati ottenuti. Purtroppo questa indicazione non è stata seguita da tutti. La correzione della prova preliminare sarà il punto di partenza dell'intero percorso.

Prerequisiti: gli studenti dovranno avere chiaro quali sono gli elementi che definiscono un grafico in termini matematici, in particolare riguardo all'orientamento degli assi, la definizione del valore di un'unità

Tipo di attività: **prova preliminare**

L'attività si sviluppa in due prove, una svolta in classe con la durata di 1 ora, una a casa svolta come compito, che gli studenti dovranno affrontare individualmente e che non avrà alcuno scopo valutativo, ma che servirà per avere un quadro sulle conoscenze pregresse, le concezioni e le intuizioni legate ai temi di cinematica e all'uso dei grafici. A partire dai risultati verranno progettate le attività successive, cercando quali argomenti necessitino di un approfondimento e quali possano essere considerati come già interiorizzati.

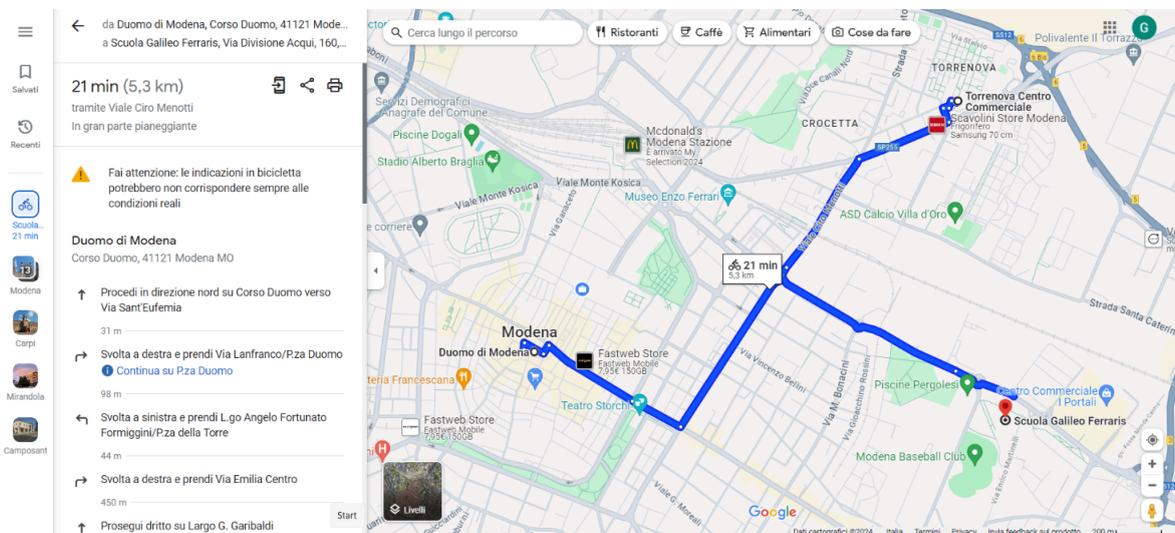
Durante la lezione successiva si effettua la correzione della prova, attraverso cui i concetti cinematici introdotti vengono ufficialmente formalizzati.

Worksheets

PARTE 1

- 1) Un treno che si muove a velocità costante percorre 60 cm ogni 1,5 s. rispondi alle seguenti domande
 - A) A partire dalle informazioni che abbiamo a disposizione, come possiamo conoscere la velocità del treno?
 - B) Assumendo che il treno si muove a velocità costante, che distanza ha percorso dopo 2,5 secondi? quale dopo 5,5 secondi? E dopo 10 secondi?
Prova a trascrivere i punti su un grafico
 - C) Assumendo che il treno si muova a velocità costante, quanto tempo ha impiegato a coprire una distanza di 80 cm? Quanto tempo per muoversi di 120 cm? e di 160 cm?
Trascrivi i punti sul grafico precedente

2) La mamma di Filippo gli ha chiesto di andare a consegnare un cesto pieno di frutta ai nonni. Filippo prende la bici e parte. Decide però di approfittare della bella giornata per passare a salutare la sua amica Elisa, fermandosi a casa sua per cinque minuti. Per orientarsi Filippo ha utilizzato Google Maps. Ecco il resoconto del suo viaggio:



- A) Sapendo che, per percorrere quei 5,3 Km Filippo ha effettivamente impiegato 21 minuti (escludendo la pausa di 5 minuti), qual è stata, secondo Filippo, la sua velocità media?
- B) La mamma di Filippo ha chiesto al figlio di mandarle un messaggio una volta arrivata dai nonni, per essere sicura che durante il viaggio sia andato tutto bene. Dopo 26 minuti, le arriva il messaggio. Lei non sa quale strada ha percorso Filippo, sa solo che, dopo quell'intervallo di tempo, lui si trova a 3 Km da casa. Di seguito sono rappresentati su un grafico i dati a disposizione della mamma di Filippo.
Qual è stata la velocità media di Filippo secondo sua madre?
- C) Prova a spiegare perché le velocità medie calcolate da Filippo e da sua madre sono diverse. Che nome daresti alla quantità 5,3 Km? Che nome daresti alla quantità 3 Km?

PARTE 2

- 1) Gino e Andrea decidono di fare un viaggio in bicicletta insieme. Entrambi, sul loro telefono, hanno un'applicazione che ogni 20 minuti registra la posizione in cui si trovano.

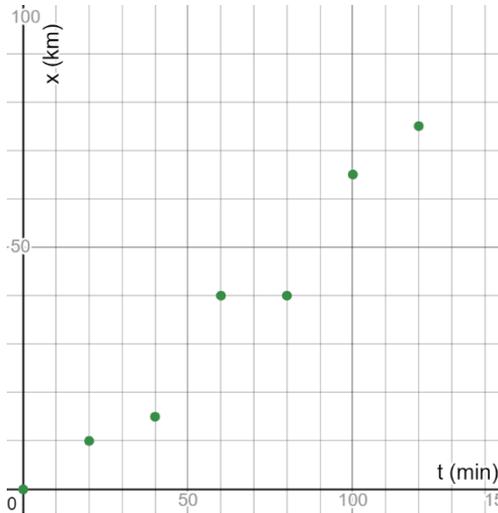


Figura 1. Display dell'applicazione di Gino

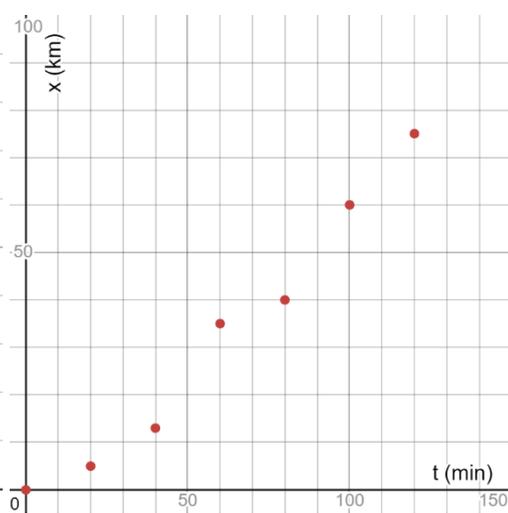


Figura 2. Display dell'applicazione di Andrea

Rispondere alle seguenti domande:

- A) Nel primo tratto (i primi 20 minuti), la velocità media di Andrea è:
- Maggiore di quella di Gino
 - Uguale a quella di Gino
 - Minore di quella di Gino
- B) Nel secondo tratto (dai 20 minuti ai 40 minuti) la velocità media di Andrea è:
- Maggiore di quella di Gino
 - Uguale a quella di Gino
 - Minore di quella di Gino
- C) Sulla base delle informazioni che hai a disposizione, prova a descrivere il viaggio in bicicletta di Gino e Andrea

2) Fabio e Francesca decidono di andare a correre insieme. È da molto tempo che Fabio non indossa delle scarpe da ginnastica, infatti fa molta fatica inizialmente. Francesca raggiunge una fontana che si trova a 2 km dalla partenza 2 minuti prima di Fabio. Visto che stava correndo già da 12 minuti e che Fabio era rimasto indietro, decide di fermarsi e di bere un po' d'acqua. All'arrivo di Fabio, i due decidono di aspettare altri 2 minuti, per permettere a quest'ultimo di riprendersi. Una volta ripartiti, Fabio ha messo su un bel ritmo, e riesce a stare al passo di Francesca per il successivo km. Dopo aver corso insieme per 6 minuti, però, arrivati ad un ponte che passa sopra un fiume, Fabio rallenta, e per completare il chilometro successivo impiega il doppio del tempo di Francesca, che invece impiega sempre lo stesso tempo.

Dopo aver corso per 4 km, i due amici decidono di fermarsi.

1. Sulla base delle informazioni che riesci a leggere ricavare dal testo, prova a rappresentare nel grafico sottostante la corsa effettuata da Fabio e Francesca, utilizzando dei pallini pieni (•) per indicare Fabio e dei tondi vuoti (◦) per Francesca: nei punti coincidenti per entrambi puoi disegnare un cerchio con dentro un pallino. (attenzione: un quadretto vale 2 minuti in orizzontale e 200 m in verticale)

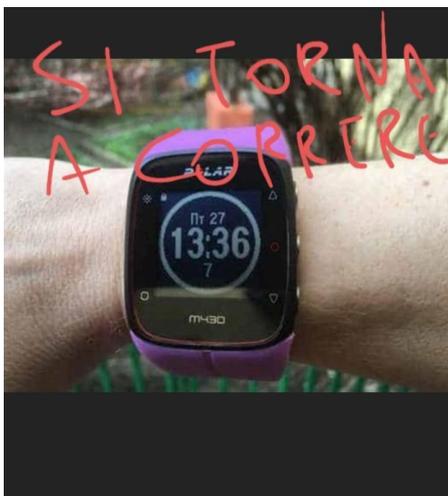
3) Lucia, un'amica di Francesca, ha fatto lo stesso percorso di Francesca il giorno successivo, le ha inviato delle foto, di fianco è scritto l'orario in cui sono arrivate



ore 13:20

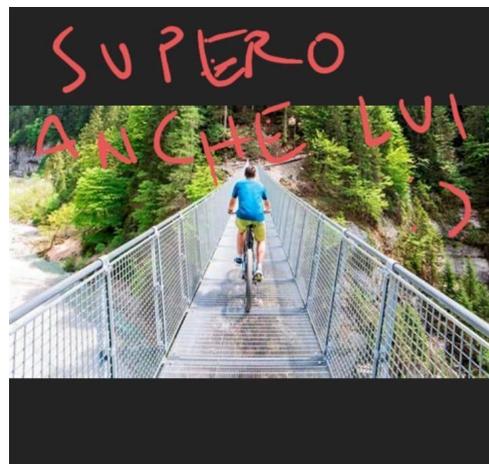


ore 13:30



13:42

ore 13:36

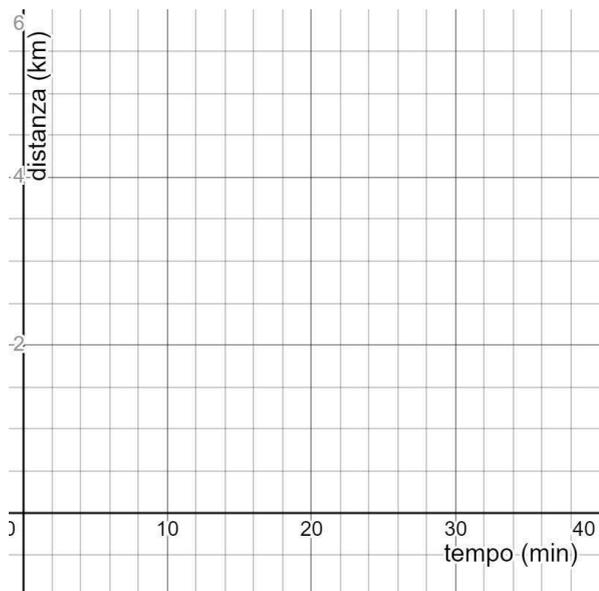


ore



ore 13:50

Prova a rappresentare nel grafico sottostante i punti che descrivono la corsa di Lucia, sulla base delle informazioni in tuo possesso.



- a. Chi ci ha messo più tempo per effettuare lo spostamento dal primo all'ultimo punto tra Fabio, Lucia e Francesca?
- a. In quali tratti la velocità media di Lucia è stata maggiore di quella di Francesca?

Allegato 1B: Template for Activities lezione “Viaggio a Trento”

Template of Activities

General Information	
Title of activity:	Lezione “Viaggio a Trento”
Estimated duration:	2 ore in aula
Target group:	Classe seconda di una scuola secondaria di primo grado
Related disciplines:	<ul style="list-style-type: none"> ● Physics

Topic of Activity	
Fundamental scientific ideas of Climate Change	L'attività propone di analizzare un viaggio immaginario descritto dal docente tramite narrazione, immagini e grafici spazio/tempo, sia da un punto di vista cinematico che da un punto di vista di impatto ambientale. Attraverso la valutazione della velocità media relativa a ciascun tragitto che compone il viaggio, infatti, è possibile risalire al mezzo di trasporto utilizzato per compierlo, e quindi ad una stima della quantità di CO ₂ emessa o evitata. In questo modo si evidenzia il rapporto tra la mobilità e la sostenibilità ambientale.
Tags	<ul style="list-style-type: none"> ● Drivers ● Indications ● Impacts ● Mitigation/ Adaptation measures
Interconnection with national Hub (if applicable)	L'attività si lega al percorso <i>dear data</i> promosso da Giorgia Lupi

Learning outcomes	
Please describe how the activity addresses Climate Change Values & Attitudes	L'analisi cinematografica del viaggio descritto dal docente si sviluppa nell'analisi del tragitto da un punto di vista di impatto ambientale. La scelta di utilizzare le informazioni ricavate durante l'attività per indagare l'evento dal punto di vista della sostenibilità sottolinea l'importanza che il tema ha nella vita di tutti i giorni.
Please describe how the activity addresses Scientific Inquiry towards Climate Change	Legato al settore precedente, si sviluppa nella competenza di pensiero sistemico: una situazione di vita quotidiana è inizialmente letta da un punto di vista cinematografico, per poi essere sviluppata, utilizzando i dati ricavati durante l'analisi, nella valutazione dell'impatto ambientale di ciascuno spostamento, a seconda del mezzo di trasporto utilizzato. Ecco che il tema della sostenibilità è studiato in relazione ad un ambito fisico, dove l'indagine sulle emissioni totali che un viaggio ha portato non può essere separata dai risultati dell'analisi cinematografica effettuata.
Please describe how the activity addresses Creativity towards Climate Change	Al termine dell'attività sarà chiaro a ciascuno studente come il viaggio descritto dal docente sia in realtà un evento molto più complesso di quello che poteva apparire inizialmente, e di come le molteplici scelte effettuate, ad esempio sul tragitto e sui mezzi di trasporto utilizzati, abbiano conseguenze reali in termini non solo cinematografici, ma anche di impatto ambientale. Ci si interroga allora su quali tipologie di valori siano stati messi al primo posto nel compiere queste decisioni, e come scelte diverse avrebbero potuto portare a un futuro diverso, nel quale l'impatto ambientale del viaggio sarebbe stato sicuramente inferiore. Inoltre, uno degli obiettivi dell'attività è la padronanza del pensiero esplorativo, che si sviluppa nell'abilità di collegare competenze proprie di diverse discipline. La descrizione del viaggio effettuato dal docente avviene attraverso rappresentazioni di diverso tipo: grafiche, iconiche e narrative. Per poter estrapolare i dati da queste non bastano le competenze scientifiche, ma occorre fare appello a conoscenze ed abilità sviluppate in ambiti artistici e letterari, e soprattutto saperle collegare con gli strumenti fisici acquisiti in modo da poter individuare, elaborare ed analizzare i dati presenti in ciascuna rappresentazione.
Please describe how the activity addresses Action towards Climate Change	Durante l'attività gli studenti sperimenteranno un metodo di analisi che permette di ricavare informazioni sull'impatto ambientale di un viaggio effettuato con diversi mezzi di trasporto: nell'ambito delle azioni concrete intraprese per l'ambiente, questo si traduce nella capacità di prevedere il totale di emissioni effettuate durante un particolare tragitto. Acquisita questa consapevolezza, gli studenti avranno bene in mente le conseguenze che comportano la scelta di un particolare mezzo di trasporto.

Assessment of learning outcomes	
Please describe how the -Climate Change Values & Attitudes learning outcomes are assessed	
Please describe how a Scientific Inquiry learning outcomes are assessed	
Please describe how Creativity learning outcomes are assessed	
Please describe how Action taking outcomes are assessed	

Detailed description of the activity

Partendo dalla descrizione di un viaggio immaginario effettuato dal docente, raccontato in forma narrativa ed attraverso immagini in modo grossolano, si effettua un'analisi cinematica dello stesso, rivelando le caratteristiche e le incongruenze presenti, e, partendo da queste ultime, si cerca di aggiungere informazioni alla descrizione fornita inizialmente. Una volta arrivati ad un buon livello di analisi, è possibile ricavare i mezzi di trasporto utilizzati durante il tragitto. A partire da questa informazione è possibile calcolare l'impatto ambientale degli spostamenti in auto, e le emissioni evitate negli spostamenti effettuati con mezzi sostenibili. Al termine dell'attività, si chiede agli studenti di descrivere un proprio viaggio (reale o immaginario) attraverso i tre registri di rappresentazione sopra elencati (grafica, narrativa ed iconica) ed analizzare in gruppo i lavori svolti da altri, sui tre livelli descritti inizialmente.

Prerequisiti: attraverso la prova preliminare sono formalizzati i concetti di traiettoria, spostamento, intervallo di tempo e velocità media. Gli studenti avranno già lavorato su rappresentazioni grafiche, sia in compiti che richiedono di ricavare informazioni da un grafico, sia in esercizi in cui si chiede di crearne uno a partire dalle informazioni ricavate da un testo.

Tipo di attività: **discussione collettiva**

Il docente presenta una descrizione molto grossolana di un viaggio immaginario: "Sono andato da Modena a Trento, partendo alle 9 del mattino ed arrivando alle 15". Agli studenti è chiesto di calcolare la velocità, utilizzando Google Maps per ricavare i dati sulla distanza. Si calcola una velocità media incredibilmente bassa, per cui già dai primi calcoli emerge una criticità. Attraverso l'analisi cinematica si è capito che le informazioni che si hanno a disposizione non sono sufficienti. A questo punto il docente mostra dei disegni effettuati dalla sorella durante tutto il viaggio, dai quali si capisce che il viaggio ha avuto alcune soste.

A questo punto la parte narrativa aggiunge dei dettagli: è partito da Modena alle 9 del mattino, alle 10 si è fermato a Mantova per fare colazione, è rimasto lì fino alle 11.30, per poi ripartire. Alle 12.35 si è fermato a Rovereto, dove ha pranzato e visitato un po' il paese. Alle 14.48 è partito verso Trento, dove è arrivato alle 15.

Il viaggio è stato dunque diviso in tre tratti (Modena - Mantova, Mantova - Rovereto, Rovereto - Trento). Agli studenti è chiesto di calcolare nuovamente la velocità media totale: questa volta il valore è più ragionevole.

A questo punto il docente chiede agli studenti di calcolare le velocità medie dei singoli tratti. Si nota che, mentre per i primi due si hanno valori intorno ai 70 e ai 90 *km/h*, il terzo tragitto ha una velocità media di oltre 130 *km/h*. Si chiede agli studenti il motivo di queste differenze: da loro dovrebbe emergere che il terzo tratto è stato effettuato in treno, non in automobile. Ancora una volta, attraverso l'analisi cinematica, è stato possibile arricchire la descrizione dell'evento.

Il docente conferma che il terzo tratto è stato effettuato in treno.

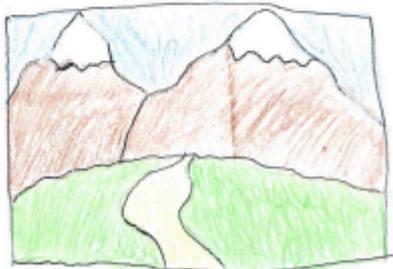
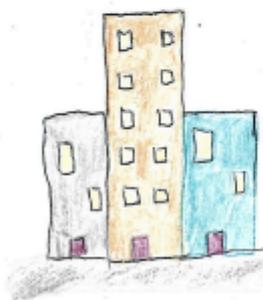
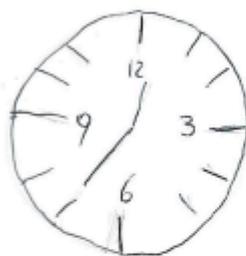
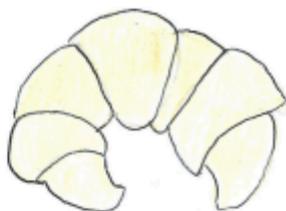
A questo punto, partendo da queste informazioni (ricavate attraverso una selezione dei dati ricevuti narrativamente ed attraverso l'analisi cinematica degli stessi) si cambia piano di analisi: si chiede di calcolare l'impatto ambientale derivato dagli spostamenti.

Attraverso un calcolatore online (https://co2.myclimate.org/it/car_calculators/new) si possono stimare le emissioni di CO₂ in funzione della distanza percorsa. Questa parte sarà guidata dal docente in quanto gli studenti, se non in modo intuitivo, non hanno informazioni su come calcolare le emissioni di un'automobile.

Al termine della lezione, gli studenti dovranno svolgere il seguente compito a casa: descrivere un proprio viaggio, possibilmente reale, ma anche immaginario, attraverso i tre registri di rappresentazione visti durante la lezione: narrativo, grafico, iconico. Nell'attività successiva, gli studenti si divideranno a gruppi: ciascun gruppo analizzerà i lavori effettuati da membri degli altri gruppi, ricevendo rappresentazioni di diverse tipologie, valutandone la correttezza.

Worksheets

Disegni fatti dalla sorella immaginaria



Grafici proiettati alla LIM, costruiti insieme

Grafico iniziale del viaggio a Trento (con dati relativi solo a punto iniziale e finale)

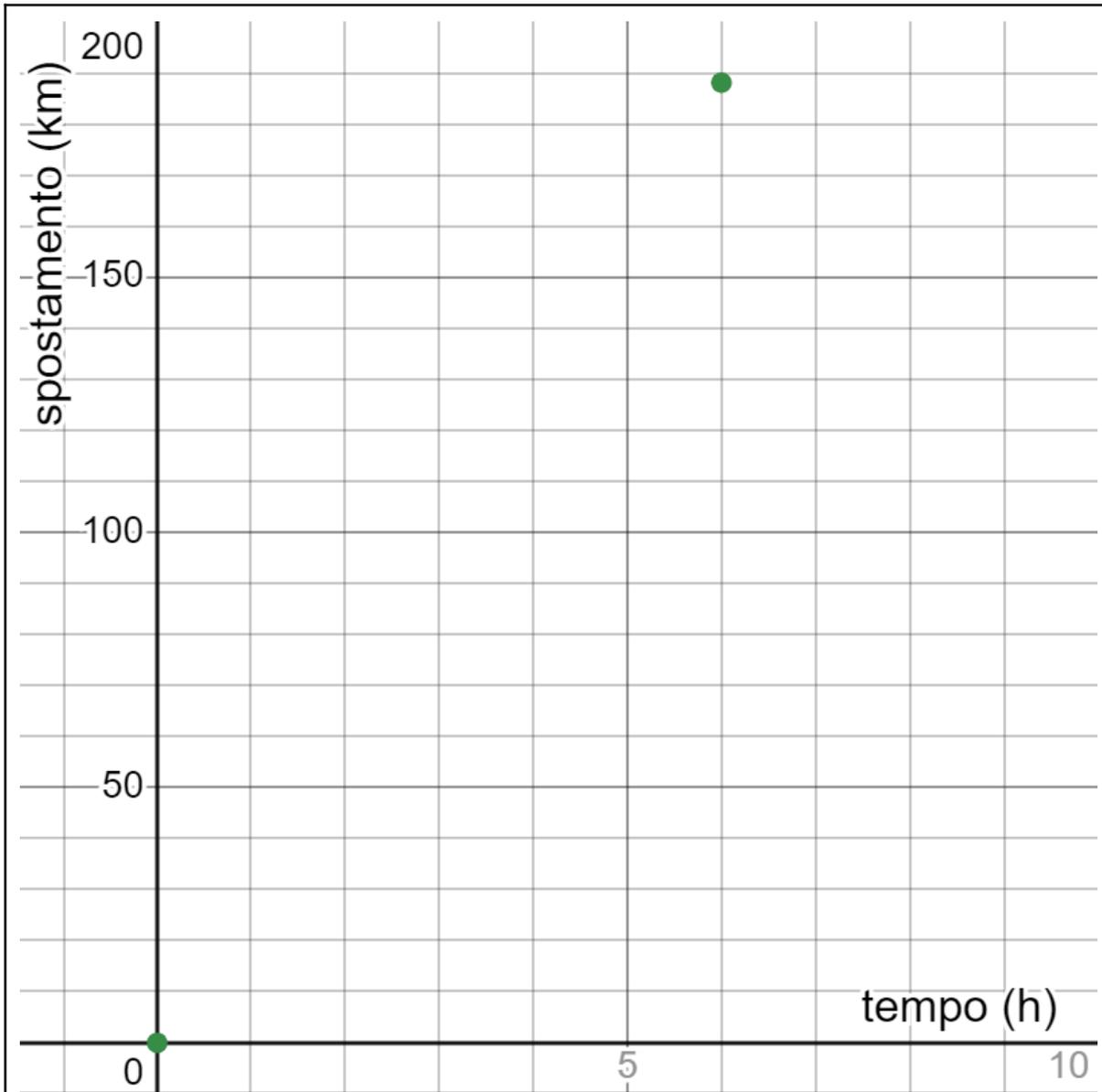
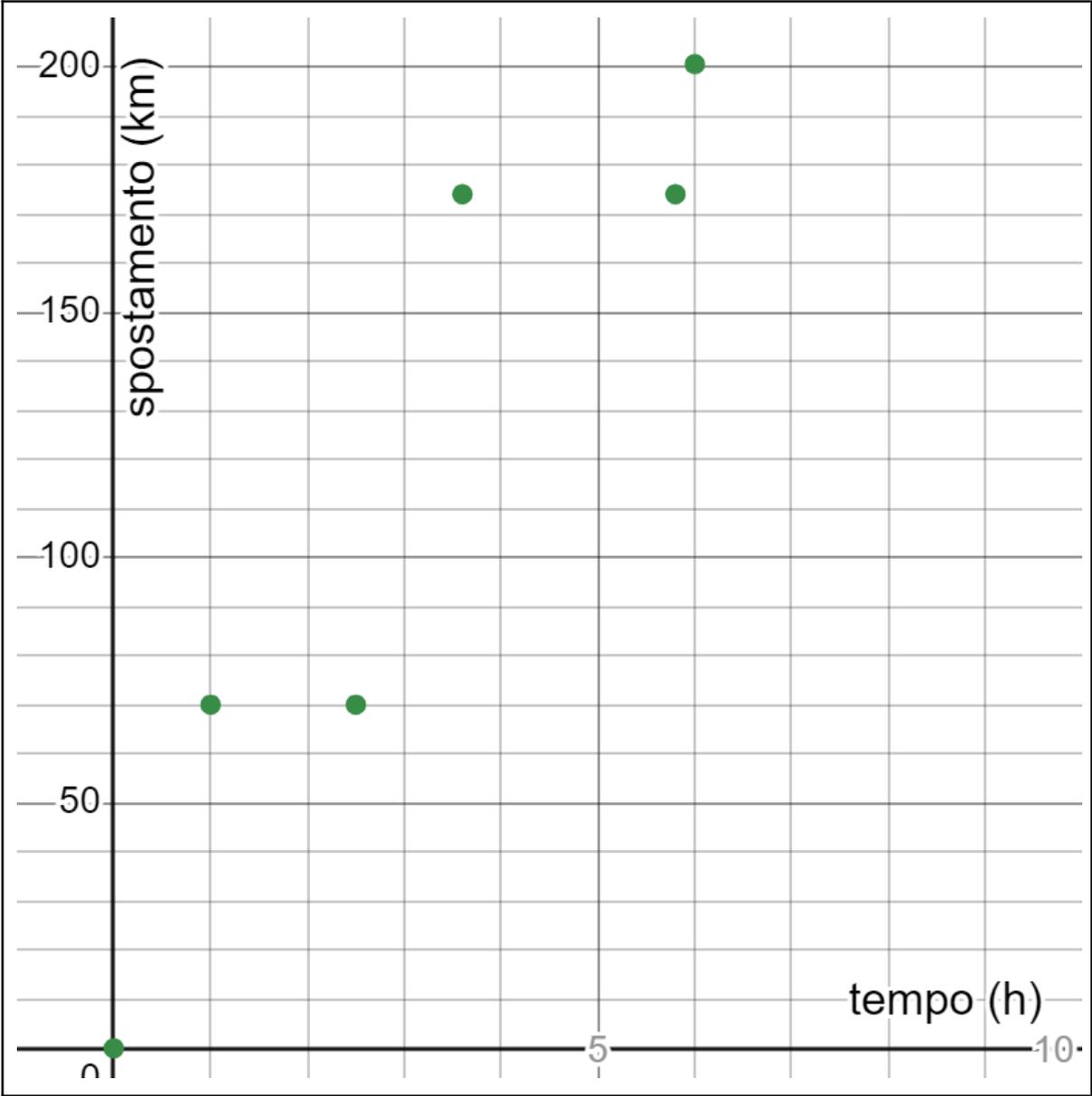


Grafico finale del viaggio a Trento (successiva all'analisi)



Allegato 1C: Template for Activities lavori di gruppo

Template of Activities

General Information	
Title of activity:	Lavori di gruppo
Estimated duration:	3 ore
Target group:	Classe seconda di una scuola secondaria di primo grado
Related disciplines:	<ul style="list-style-type: none"> ● Physics

Topic of Activity	
Fundamental scientific ideas of Climate Change	<p>Si vuole mostrare lo stretto legame che esiste tra mobilità ed impatto ambientale, verificato su viaggi compiuti e descritti dagli studenti stessi. Durante l'ultima ora dell'attività, si mostra agli studenti un istogramma che evidenzia la quantità di CO₂ emessa o evitata ricavata dai racconti dei loro viaggi, confrontandola con quello relativo al docente, che presenta invece la colonna della CO₂ evitata più alta di quella relativa alle emissioni. In questo modo, si mostra che la scelta del mezzo di trasporto utilizzato ha conseguenze importanti, nel lungo periodo, in termini di impatto ambientale.</p>
Tags	<ul style="list-style-type: none"> ● Drivers ● Indications ● Impacts ● Mitigation/ Adaptation measures

<p>Interconnection with national Hub <i>(if applicable)</i></p>	<p>L'attività si lega al percorso <i>dear data</i> promosso da Giorgia Lupi</p>
---	---

<p style="text-align: center;">Learning outcomes</p>	
<p>Please describe how the activity addresses Climate Change Values & Attitudes</p>	<p>Questo settore entra in gioco nell'ultima parte dell'attività, dove si proiettano alla Lim grafici rappresentanti il totale di CO₂ emessa ed evitata dalla classe, considerando i viaggi che hanno descritto per compito, e gli stessi dati registrati dal docente negli ultimi tre mesi. In questo modo l'insegnante si presenta come testimone dei valori di educazione civica che intende trasmettere, dando l'esempio con i propri atteggiamenti e comportamenti. Attraverso il confronto si arriva al messaggio che sono le scelte quotidiane a fare la differenza in materia di sostenibilità, e che quello che conta davvero sono i valori che si mettono al primo posto quando si effettuano le scelte di tutti i giorni, in particolare riguardo i mezzi di trasporto utilizzati per effettuare ciascuno spostamento.</p>
<p>Please describe how the activity addresses Scientific Inquiry towards Climate Change</p>	<p>Si pone l'accento sul fatto che ogni viaggio rappresenta un sistema complesso, contenente molte informazioni di tipo diverso, e che ogni rappresentazione è una modellizzazione dell'evento che mette in luce solo determinati aspetti, che le altre rappresentazioni non possono mostrare. Per avere una visione completa di un evento complesso è necessario considerarlo sotto diverse prospettive: una singola rappresentazione rischia di semplificare troppo la situazione che si descrive, e questo, soprattutto in termini di sostenibilità, non aiuta a comprendere e risolvere i problemi legati all'ambiente.</p>
<p>Please describe how the activity addresses Creativity towards Climate Change</p>	<p>Questo settore è legato allo sviluppo del pensiero esplorativo: come già specificato per le attività precedenti, l'utilizzo di rappresentazioni di diverso tipo</p>

	<p>richiede di collegare le competenze proprie di diverse discipline: scientifiche, letterarie e artistiche. La novità, in questo caso, è che mentre nelle attività precedenti questa capacità era sviluppata in maniera passiva, dato che le diverse rappresentazioni erano fornite dal docente, ora sono gli studenti a dover creare in prima persona grafici, testi e disegni che raccontano un loro viaggio e, a loro volta, analizzare i lavori prodotti da altri. Oltre allo sviluppo del pensiero esplorativo, anche il tema del senso del futuro e dell'adattabilità entrano in gioco nell'ultima parte dell'attività, dove si vuole mostrare agli studenti che sono le scelte quotidiane a fare la differenza in materia di sostenibilità. In questo senso il futuro viene percepito come un'opportunità aperta, qualcosa che è possibile modellare attraverso le scelte di tutti i giorni, partendo già da oggi</p>
<p>Please describe how the activity addresses Action towards Climate Change</p>	<p>Si richiede implicitamente agli studenti di effettuare azioni individuali e collettive, estendendo i valori acquisiti durante il percorso ad amici e familiari, sul tema di sostenibilità, in particolare nella scelta dei mezzi di trasporto utilizzati per effettuare determinati spostamenti. Si vuole convincere gli studenti che le azioni quotidiane possono fare davvero la differenza</p>

Assessment of learning outcomes	
<p>Please describe how the -Climate Change Values & Attitudes learning outcomes are assessed</p>	<p>Si valuta il valore che gli studenti associano al tema della sostenibilità in base all'importanza che danno alla richiesta di individuare il mezzo di trasporto utilizzato durante gli spostamenti effettuati ricavabili dalle rappresentazioni che stanno analizzando. Prima di tutto, questo è verificabile dalla presenza o meno della risposta alla suddetta richiesta, e, in secondo luogo, dall'impegno e dalla cura messi in gioco durante questa ricerca.</p>
<p>Please describe how a Scientific Inquiry learning outcomes are assessed</p>	<p>Si valuta la capacità di ciascun gruppo di estrapolare dalle rappresentazioni tutti e soli i dati di carattere fisico utili all'analisi cinematica, senza introdurre nel resoconto altri elementi che non hanno alcuna utilità.</p>

<p>Please describe how Creativity learning outcomes are assessed</p>	<p>Si valuta la padronanza del pensiero esplorativo, verificando come ciascun gruppo sia riuscito ad unire competenze legate a discipline diverse, in particolare quelle riferite all'analisi di testi ed immagini, per ricavare informazioni di tipo cinematiche, confrontando i risultati ottenuti con quelli ricavati dalla prova preliminare</p>
<p>Please describe how Action taking outcomes are assessed</p>	

Detailed description of the activity

L'attività è suddivisa in due lezioni. Nella prima, gli studenti sono divisi in gruppi di livello omogeneo, con il compito di analizzare le rappresentazioni prodotte dai compagni appartenenti ad altri gruppi. Nella seconda, si ragiona collettivamente sui processi di analisi effettuati nella lezione precedente relativi a ciascuna tipologia di rappresentazione, inserendo il tema della sostenibilità ambientale in relazione a quello della mobilità sostenibile.

Prima parte

Tipo di attività: **lavori di gruppo**

All'inizio dell'attività gli studenti sono divisi in sei gruppi di livello omogeneo. Ciascun gruppo riceverà circa lo stesso numero di rappresentazioni grafiche, iconiche e narrative, effettuate da studenti di altri gruppi. Quindi, ad esempio, una persona appartenente al gruppo 1, darà la propria rappresentazione grafica al gruppo 2, quella narrativa al gruppo 3, quella iconica al gruppo 4. Ciascun gruppo avrà circa un'ora per analizzare il numero maggiore possibile di rappresentazioni, in particolare sarà chiesto loro di:

- individuare lo spostamento totale effettuato durante il viaggio, e, nel caso in cui sia diviso in vari tratti, quanto vale lo spostamento in ciascuno di questi;
- individuare il tempo totale di movimento e, se diviso in tratti, distinguere gli intervalli di tempo dei singoli tratti (anche di quelli in cui lo spostamento è nullo);
- calcolare la velocità media e, nel caso in cui il percorso sia diviso in tratti, calcolare:
 - la velocità media totale, considerando l'intero intervallo di tempo;
 - la velocità media dei singoli tratti.

In più, a ciascun gruppo è chiesto di tradurre in forma grafica le rappresentazioni narrative ed iconiche, e di tradurre in forma narrativa le rappresentazioni grafiche.

Al termine delle due ore, gli elaborati saranno consegnati al docente.

L'ultima mezz'ora della lezione è dedicata ad una discussione collettiva sull'attività appena svolta. Si chiede alla classe quale tipologia di rappresentazione sia stata la più complicata da analizzare, per poi domandare loro se si aspettavano di poter parlare di fisica in questo modo, descrivendo dei viaggi e utilizzando testi e disegni, oltre ai grafici, ragionando con loro sul fatto che l'utilizzo di conoscenze e abilità proprie di altre discipline ha permesso di realizzare delle analisi accurate, permettendo di vedere la fisica non solo negli esercizi proposti dai libri di testo o dai professori, ma soprattutto negli eventi della vita quotidiana.

Seconda lezione

Tipo di attività: **discussione collettiva**

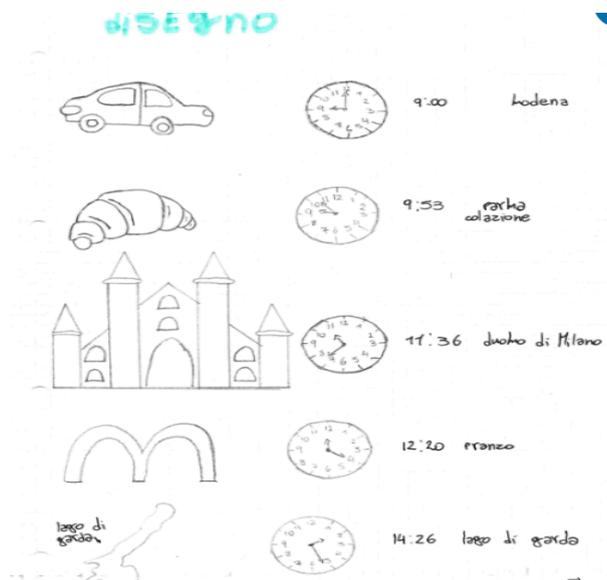
Si proiettano alla LIM una rappresentazione per tipologia tra quelle prodotte dagli studenti come compito a casa per i lavori di gruppi, con lo scopo di far emergere i pattern di ragionamento da loro utilizzati per analizzare ciascuna di queste, chiedendo ad esempio quale elemento ha subito attirato la loro attenzione, o quale informazione hanno ricavato

per prima. Lo scopo è di esplicitare le strategie di ragionamento che gli studenti hanno utilizzato nelle analisi effettuate durante la lezione precedente per ogni tipologia, evidenziando analogie e differenze. Si vuole porre l'attenzione su come ciascuna modalità di rappresentazione apporti informazioni diverse, e nessuna da sola possa descrivere interamente una situazione, evidenziando dunque come un grafico cinematico sia costruito in modo da rendere chiari ed intuitivi i dati fisici che vuole mostrare: è più facile avere un'idea della velocità media relativa allo spostamento di un viaggio attraverso un grafico piuttosto che un testo, perché, mentre quest'ultimo è fatto per raccontare molteplici aspetti, il primo è costruito esclusivamente per agevolare l'analisi cinematica di un evento. In un secondo momento, entrando nel tema della sostenibilità ambientale, si mostra un istogramma che rappresenta una stima del totale di emissioni di CO₂ effettuate ed evitate durante tutti i loro spostamenti, calcolata da me utilizzando lo stesso sito web delle lezioni precedenti. Successivamente si presenta l'istogramma rappresentante le emissioni relative ai viaggi del docente da marzo a maggio, confrontandolo con uno che rappresenta i km totali effettuati in modo sostenibile e in automobile, ed un altro che mostra il tempo trascorso utilizzando gli stessi mezzi di trasporto. I dati sono stati ricavati dall'applicazione *AWorld*. Dai grafici risulta evidente che esiste una diretta proporzionalità tra i km effettuati con determinati mezzi e il totale di emissioni, mentre il tempo trascorso su entrambe le categorie di trasporto è decisamente sbilanciato a favore dei movimenti sostenibili. L'obiettivo è quello di rendere gli studenti consapevoli del legame che intercorre tra mobilità ed impatto ambientale, e, attraverso il confronto con il grafico relativo alle emissioni del docente, del fatto che le scelte quotidiane portano, nel lungo termine, a conseguenze importanti nel campo della sostenibilità ambientale.

Worksheets

Materiale proiettato durante la seconda attività:

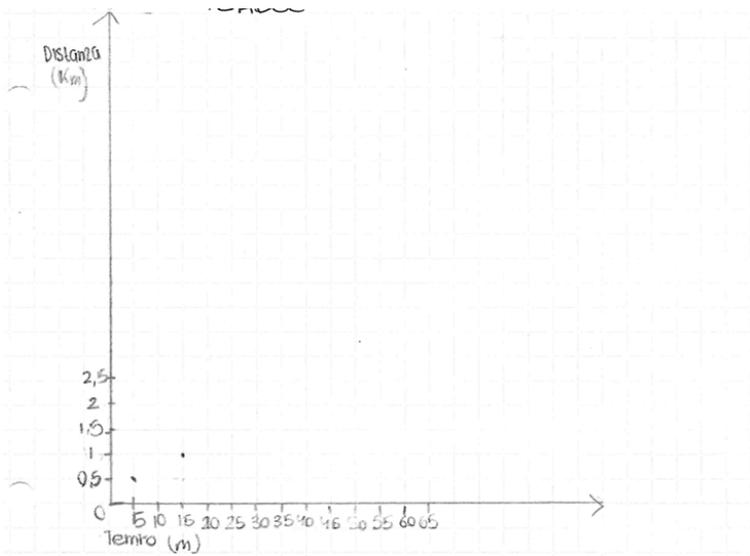
Disegni:



Testo:

Io sono partita per Napoli da Modena alle 9:00. Quando sono arrivata a Bologna erano le 9:50. Alle 10:30 sono ripartita, ma poi quando sono arrivata a Roma erano le 14:30, e mi sono fermata a mangiare per 1h, 30 min, poi sono ripartita alle 16:00 per arrivare a Napoli ho impiegato 2h:30 e sono arrivata alle 18:30.

Grafico:



Grafici sulle emissioni:

Grafico rappresentante le emissioni della classe:

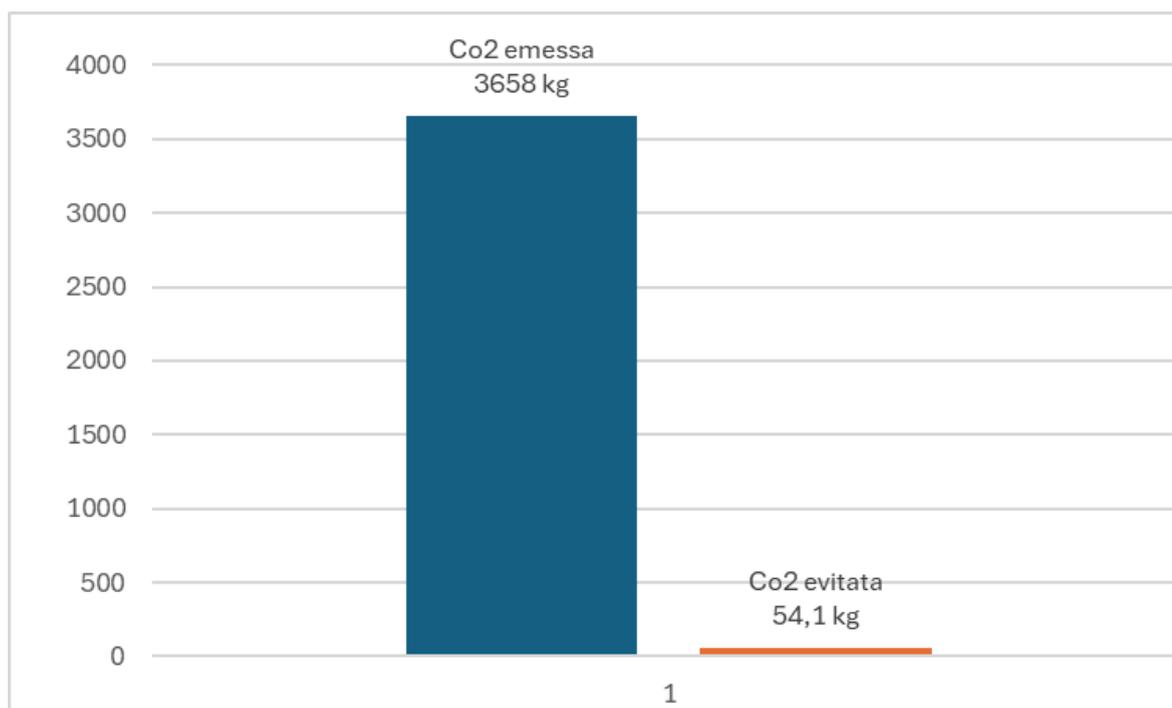


Grafico rappresentante le emissioni del docente:

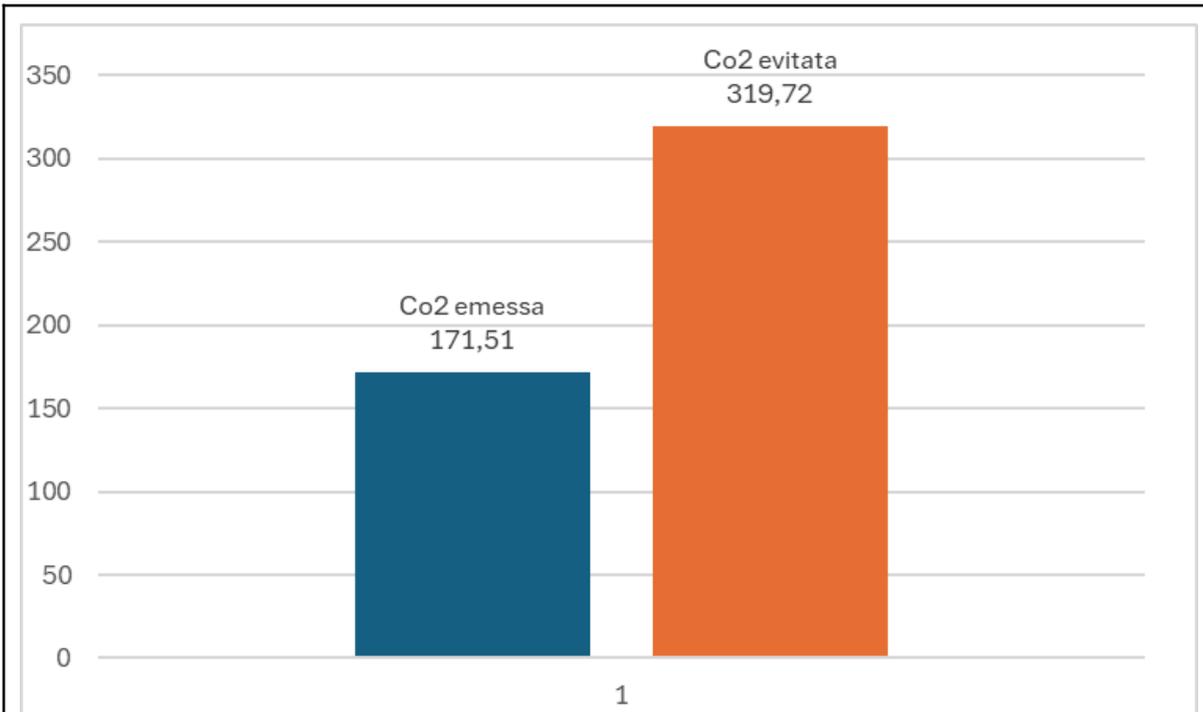


Grafico rappresentante il tempo trascorso su mezzi sostenibili e non dal docente:

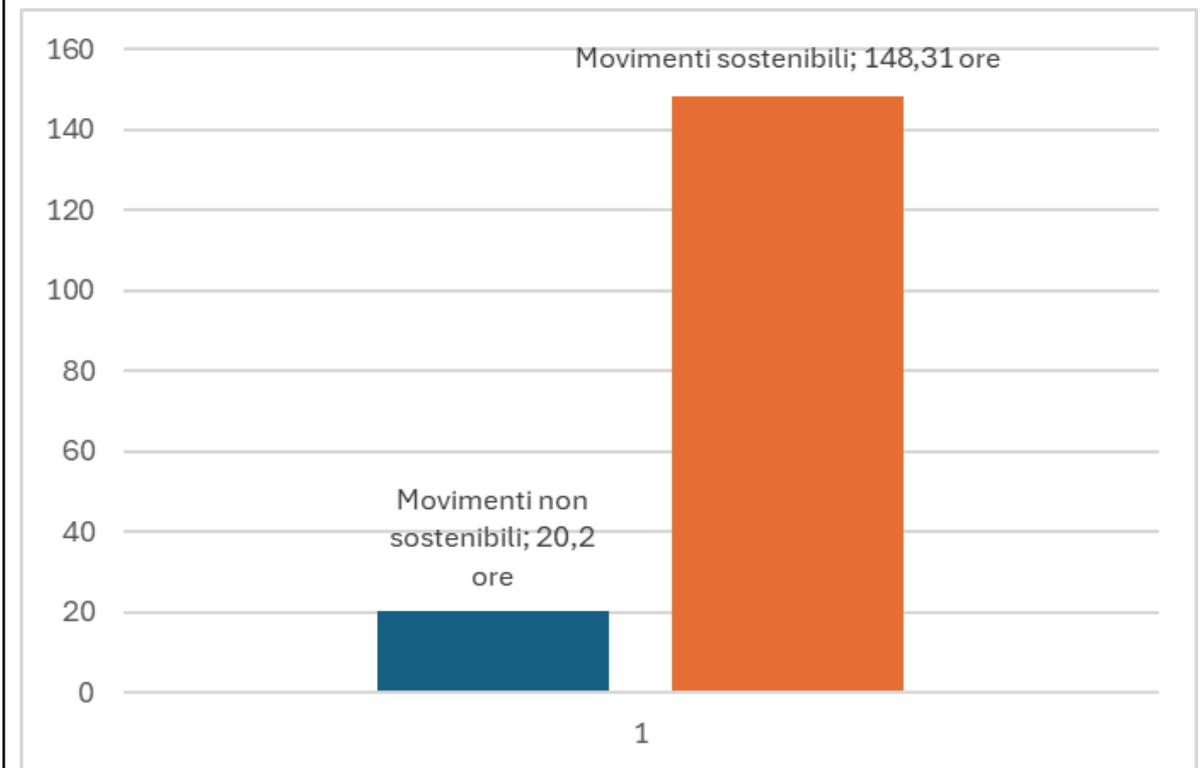
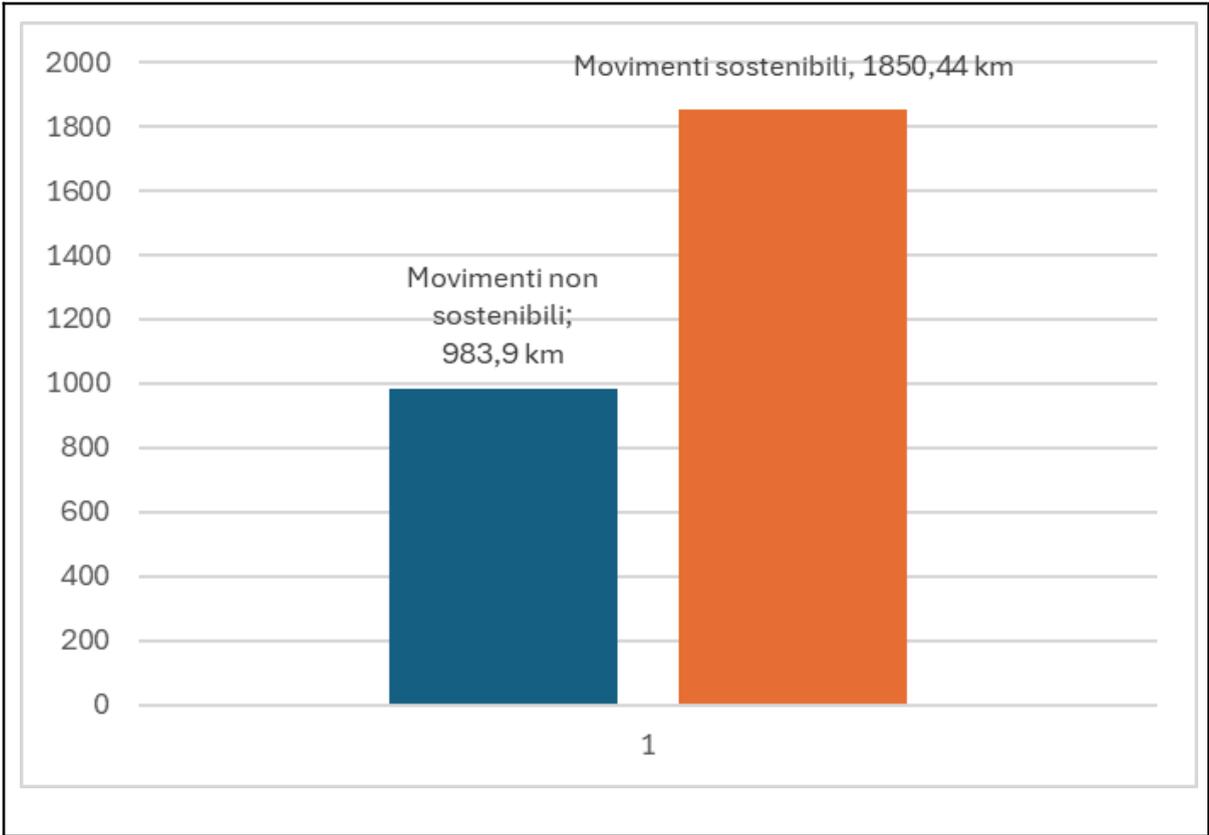


Grafico rappresentante i km percorsi su mezzi sostenibili e non dal docente:



Allegato 1D: Template for Activities questionario finale

Template of Activities

General Information	
Title of activity:	Questionario finale
Estimated duration:	20 minuti
Target group:	Classe seconda di una scuola secondaria di primo grado
Related disciplines:	<ul style="list-style-type: none"> ● Physics

Topic of Activity	
Fundamental scientific ideas of Climate Change	La prima parte del questionario è strutturata come un librogame di sostenibilità, all'interno del quale gli studenti sono chiamati ad effettuare determinate scelte, calati in una situazione verosimile. Le decisioni da prendere riguardano esclusivamente i mezzi di trasporto da utilizzare per effettuare ciascun spostamento, ma le conseguenze sono relative non solo all'impatto ambientale derivato dalla scelta, ma anche ad altri aspetti di grande importanza, come le relazioni, le finanze e lo stato fisico. Al termine del librogame, si chiede agli studenti di stimare la quantità di emissione a cui i loro viaggi hanno portato.
Tags	<ul style="list-style-type: none"> ● Drivers ● Indications ● Impacts ● Mitigation/ Adaptation measures
Interconnection with national Hub <i>(if applicable)</i>	

Learning outcomes	
Please describe how the activity addresses Climate Change Values & Attitudes	All'interno di situazioni complesse, che includono un gran numero di variabili di tipo diverso (stato fisico, costi, relazioni, impatto ambientale), si chiede agli studenti di prendere decisioni basate sugli aspetti a cui danno più valore.
Please describe how the activity addresses Scientific Inquiry towards Climate Change	Si richiede di inquadrare ogni situazione come un problema che tocca molteplici aspetti, che devono essere analizzati nella loro complessità, e non separatamente. Ogni decisione ha conseguenze che possono essere positive o negative da ciascun punto di vista, sta allo studente scegliere in maniera critica a cosa dare più importanza di volta in volta.
Please describe how the activity addresses Creativity towards Climate Change	Quest'area viene valutata attraverso la capacità di prevedere la quantità di emissioni che le decisioni prese possono arrecare. Agli studenti si chiede di stimare in modo corretto la quantità di emissioni di CO ₂ che comporta un viaggio effettuato con un particolare mezzo di trasporto. In questo modo sarà chiaro a ciascuno di loro quali decisioni possono portare ad una riduzione dell'impatto ambientale legato ai propri spostamenti.
Please describe how the activity addresses Action towards Climate Change	Si chiede agli studenti se hanno in mente delle azioni concrete da poter attuare nella propria vita per ridurre le emissioni dei loro spostamenti, sulla base delle attività svolte durante l'intero progetto.

Assessment of learning outcomes	
Please describe how the -Climate Change Values & Attitudes learning outcomes are assessed	In base alle scelte effettuate dagli studenti all'interno del librogame di sostenibilità sarà chiaro quale sia l'effettivo valore che gli studenti associano a questi temi.
Please describe how a Scientific Inquiry learning outcomes are assessed	La scelta dei mezzi di trasporto utilizzati può essere più o meno consapevole a seconda della consapevolezza che lo studente ha maturato riguardo alla complessità degli eventi quotidiani, che devono dunque essere letti su più livelli di analisi contemporaneamente. Un feedback riguardo questo aspetto è dato dalla richiesta di valutare il totale delle emissioni che le proprie scelte hanno comportato, ma anche dalle domande aperte successive, che chiedono se la consapevolezza riguardo all'impatto ambientale che le scelte quotidiane possono arrecare è stata ampliata o meno.
Please describe how Creativity learning outcomes are assessed	Anche in questo caso la principale fonte di valutazione relativa a questo settore è data dalla richiesta di valutare il totale delle emissioni che le proprie scelte hanno comportato. Per poter immaginare futuri sostenibili, infatti, occorre essere in grado di valutare correttamente le conseguenze delle scelte di oggi. Anche le risposte alle domande successive possono mettere in luce aspetti di progettazione verso futuri sostenibili.
Please describe how Action taking outcomes are assessed	Si valuta se l'intero percorso ha fatto maturare in ciascuno studente un senso di agency riguardo ai temi di sostenibilità ambientale, riferendosi principalmente alla richiesta di specificare in che modo si intenda agire concretamente nella propria vita in favore dell'ambiente.

Detailed description of the activity

Il questionario è diviso in due parti: la prima ha lo scopo principale di valutare lo sviluppo delle competenze di sostenibilità al termine del percorso, mentre la seconda vuole indagare sull'efficacia che ha la complementarietà dei linguaggi sull'apprendimento dei concetti di cinematica.

Tipo di attività: **Questionario**

Prima parte:

attraverso la descrizione di un semplice evento, come un pomeriggio passato in compagnia di una nostra amica, il tema della sostenibilità ambientale è inserito all'interno di una situazione di vita quotidiana come parte di un sistema complesso composto da numerose variabili. La situazione di partenza è molto semplice: ci si è accordati con un'amica per fissare un appuntamento alle 17, ma, assorti in mille pensieri, non ci si è accorti che sono già le 16:45. Il primo quesito chiede di scegliere con quale mezzo andare dall'amica, se in automobile, accompagnati da un genitore, oppure in bicicletta o in autobus. La prima scelta è l'unica che permette di arrivare puntuali, ma ha un costo in termini di impatto ambientale. La storia prosegue: una volta arrivati all'appuntamento, si va con la propria amica a prendere un gelato, tornando a casa entro le 19. Le scelte da compiere riguardano esclusivamente i mezzi di trasporto utilizzati per effettuare ciascun tragitto, e hanno conseguenze non solo in termini di impatto ambientale, ma anche economici, relazionali e relativi allo stato fisico. Al termine del questionario si chiede di stimare il totale delle emissioni che le proprie scelte hanno comportato, fornendo infine un resoconto che presenta le conseguenze che le proprie scelte hanno comportato relative ai quattro aspetti sopracitati.

Seconda parte:

La prima domanda chiede di valutare, tramite giudizio numerico, quanto ciascuna tipologia di rappresentazione abbia aiutato nella comprensione della cinematica, lasciando uno spazio per argomentare le proprie risposte. Successivamente si chiede di dare un giudizio numerico relativo all'interesse che ciascuna attività ha suscitato, lasciando poi uno spazio per scrivere commenti liberi su ciascuna di queste. Le domande successive indagano il gradimento che ciascuna attività ha suscitato negli studenti. Successivamente, legato al settore delle ClimComp *action*, si chiede allo studente se abbia o meno intenzione di intraprendere concretamente delle azioni a favore dell'ambiente, e, sia in caso affermativo che in caso negativo, di spiegare il motivo della scelta.

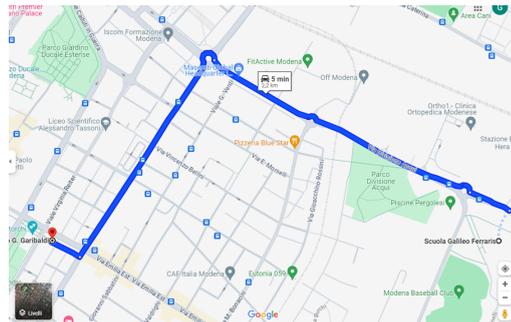
Come ultima domanda, si permette agli studenti di scrivere un commento finale, nel caso avessero qualcosa riguardo al percorso da aggiungere, non esplicitamente richiesto dalle domande poste.

Worksheets

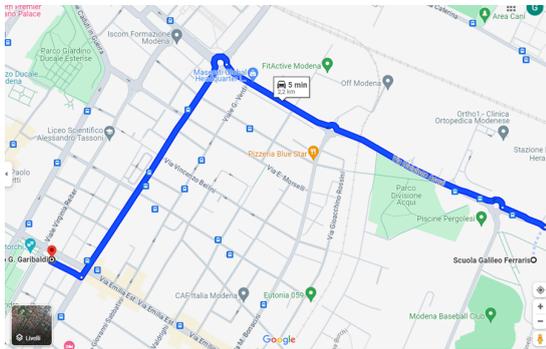
Prima parte: librogame di sostenibilità

Hai un appuntamento con la tua amica alle 16:00. I tuoi genitori per uscire con lei ti hanno dato 8€. Tuttavia, distratto/a tra mille pensieri, non ti sei accorto/a che sono già le 15:54. Devi decidere con quale mezzo raggiungerla, puoi chiedere ai tuoi genitori di accompagnarti in macchina, prendere l'autobus (costo del biglietto 1,50€) oppure andare in bici. Controlli su Google Maps quanto tempo ci vuole

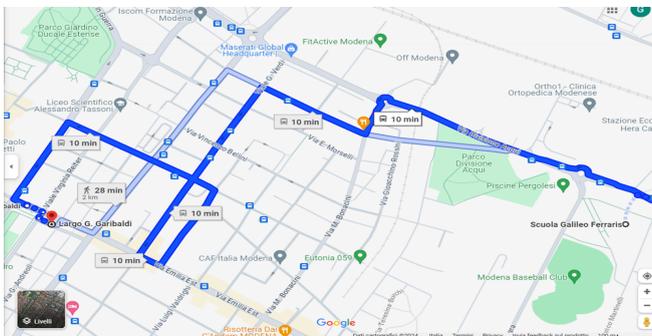
1. Tragitto in auto



2. Tragitto in bicicletta (se poco allenato/a, probabilmente ci metterai più di 9 minuti!)



3. Tragitto in autobus (10 minuti)



1: hai scelto l'automobile

Sei riuscito/a ad arrivare puntuale, la tua amica è molto felice di vederti. Ti propone di andare a prendere un gelato alla vostra gelateria preferita. Fortunatamente lei abita vicino ad una fermata da cui partono diversi autobus, anche davanti alla gelateria in cui volete andare. Tuttavia, il

prossimo bus arriverà tra 10 minuti, e per arrivare là ci mette 25 minuti! La tua amica ti dice che alle 18:00 dovrà tornare a casa, e ti propone di chiedere al genitore che ti ha accompagnato/a di portarvi entrambi in gelateria in macchina. Controllate su maps la strada:

- 1.1 Chiedi al tuo genitore di accompagnarvi fino a là
- 1.2 Le proponi di prendere comunque l'autobus (costo 1,50€)

1.1: hai scelto di farvi portare in automobile

Arrivate in gelateria in poco tempo, comprate entrambi/e il vostro gelato preferito, e passate un bel pomeriggio insieme. La tua amica è molto contenta. Per tornare a casa avete due scelte:

Prendere l'autobus, e quindi dover partire alle 17.30

Chiedere ad un genitore di venirvi a prendere, e poter partire alle 17.50

1.2: hai scelto di andare insieme in autobus

Arrivate in gelateria alle 16.40. È già tardi, dovete prendere il gelato alla svelta. Dovete poi decidere come tornare a casa. Le opzioni sono:

Prendere l'autobus, e quindi doverpartire alle 17.30, spendendo 1,50€: **1 risposta**

Chiedere ad un genitore di venirvi a prendere, e poter partire alle 17.50: **2 risposte**

2: sei andato/a in autobus

Sei arrivato/a in ritardo, la tua amica è un po' indispettita con te. Per farti perdonare le proponi di andare a prendere un gelato alla vostra gelateria preferita. Fortunatamente lei abita vicino ad una fermata da cui partono diversi autobus, anche davanti alla gelateria in cui volete andare. Tuttavia, il prossimo bus arriverà tra 10 minuti, e per arrivare là ci mette 25 minuti! La tua amica ti dice che alle 18:00 dovrà tornare a casa, e ti propone di chiedere ai suoi genitori di accompagnarvi entrambi in gelateria in macchina. Controllate su maps la strada:

- 2.1 Chiedi al tuo genitore di accompagnarvi fino a là
- 2.2 Le proponi di prendere comunque l'autobus (costo 1,50€)

2.1: chiedi al tuo genitore di accompagnarvi fino a là

Arrivate in gelateria in poco tempo, comprate entrambi/e il vostro gelato preferito, e passate un bel pomeriggio insieme. La tua amica è contenta, ha perdonato il tuo ritardo precedente. Per tornare a casa avete due scelte:

- 2.1.1 Prendere l'autobus, e quindi dover partire alle 17.30
- 2.1.2 Chiedere ad un genitore di venirvi a prendere, e poter partire alle 17.50

2.2: le proponi di prendere comunque l'autobus

Arrivate in gelateria alle 16.40. È già tardi, dovete prendere il gelato alla svelta. In più, avendo già

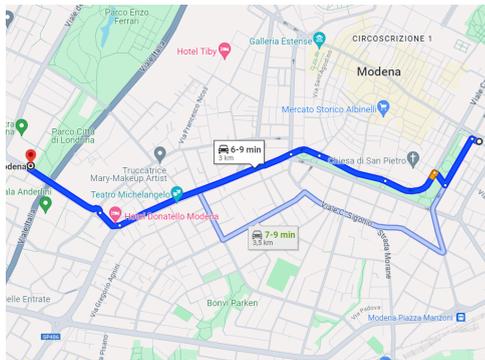
speso tanti soldi per l'autobus, le chiedi come ha intenzione di tornare a casa. Le opzioni sono

2.2.1. Prendere l'autobus, e quindi dover partire alle 17.30, spendendo altri 1,50€ e quindi non potendo prendere il tuo gelato preferito

2.2.2. Chiedere ad un genitore di venirti a prendere, e poter partire alle 17.50

3. hai scelto la bicicletta

Sei arrivato/a in ritardo, la tua amica è un po' indispettita con te. Per farti perdonare le proponi di andare a prendere un gelato alla vostra gelateria preferita. Fortunatamente lei abita vicino ad una fermata da cui partono diversi autobus, anche davanti alla gelateria in cui volete andare. Tuttavia, il prossimo bus arriverà tra 10 minuti, e per arrivare là ci mette 25 minuti! La tua amica ti dice che alle 18:00 dovrà tornare a casa, e ti propone di chiedere ai suoi genitori di accompagnarvi entrambi in gelateria in macchina, facendoti lasciare la bicicletta a casa sua. Controllate su maps la strada:



Che cosa proponi alla tua amica?

3.1. Accetti di andare in automobile con i suoi genitori.

3.2. Le proponi di andare in bicicletta (questo vi farà arrivare un po' stanchi/e)

3.1: siete andati/e in automobile

Arrivate in gelateria in poco tempo, comprate entrambi/e il vostro gelato preferito, e passate un bel pomeriggio insieme. La tua amica è contenta, ha perdonato il tuo ritardo precedente. Per tornare a casa avete due scelte:

3.1.1. Prendere l'autobus, e quindi dover partire alle 17.30

3.1.2. Chiedere ad un genitore di venirti a prendere, e poter partire alle 17.50

3.2: siete andati/e in bicicletta

Arrivate in gelateria alle 16.30, entrambi/e provati/e dal viaggio in bicicletta. Tuttavia, avendo ancora tutti i soldi a disposizione, comprate entrambi/e il vostro gelato preferito, e passate un bel pomeriggio insieme. La tua amica è contenta, ha perdonato il tuo ritardo precedente. Tuttavia alle 17,30 dovete già ripartire, perché dovrete tornare in bicicletta

Domanda finale per tutti:

Quanta CO2 pensi di aver emesso in tutti questi tragitti?

- > 4 kg
- tra 3 kg e 4 kg
- tra 1 kg e 3 kg
- < 1 kg
- 0 kg

Risultati:

1.1.1.

Stanchezza: poca

Costi: 4€ di gelato + 1,50€ per il biglietto dell'autobus

Relazioni: la tua amica è molto contenta della giornata passata assieme

Emissioni: 4,2 kg di CO2

1.1.2.

Stanchezza: poca

Costi: 4€ di gelato

Relazioni: la tua amica è molto contenta della giornata passata assieme

Emissioni: 7 kg di CO2

1.2.1.

Stanchezza: poca

Costi: 7€, hai potuto prendere il tuo gelato preferito

Relazioni: la tua amica è un po' rammaricata: siete dovuti/e rimanere per poco tempo in gelateria, ma i viaggi in autobus sono stati divertenti

Emissioni: 2 kg di CO2

1.2.2.

Stanchezza: poca

Costi: 8€, hai potuto prendere il tuo gelato preferito

Relazioni: la tua amica è contenta, avrebbe preferito poter passare più tempo con te in gelateria, ma non le è dispiaciuto il viaggio in autobus

Emissioni: 4,2 kg di CO2

2.1.1.

Stanchezza: poca

Costi: 8€, hai potuto prendere il tuo gelato preferito

Relazioni: la tua amica è contenta, avrebbe preferito poter passare più tempo con te in gelateria, ma non le è dispiaciuto il viaggio in autobus

Emissioni: 1,2 kg di CO2

2.1.2

Stanchezza: poca

Costi: 6,50€, hai potuto prendere il tuo gelato preferito

Relazioni: la tua amica è contenta, avete passato un bel pomeriggio insieme

Emissioni: 2 kg di CO2

2.2.1.

Stanchezza: poca

Costi: 8€, non hai potuto prendere il tuo gelato preferito

Relazioni: la tua amica avrebbe preferito poter passare più tempo con te in gelateria, ma non le sono dispiaciuti i viaggi in autobus

Emissioni: 0 kg di CO2

2.2.2.

Stanchezza: poca

Costi: 8€, hai potuto prendere il tuo gelato preferito

Relazioni: la tua amica è contenta, ha perdonato il tuo ritardo, e non le è dispiaciuto il viaggio in autobus

Emissioni: 2 kg di CO2

3.1.1.

Stanchezza: un po' per il primo viaggio, poi ti sei ripreso/a

Costi: 5,50€, hai potuto prendere il tuo gelato preferito

Relazioni: la tua amica è abbastanza contenta, ha perdonato il tuo ritardo iniziale, ma le è dispiaciuto andare via presto dalla gelateria

Emissioni: 2 kg di CO2

3.1.2.

Stanchezza: un po' per il primo viaggio, poi ti sei ripreso/a

Costi: 4,00€, hai potuto prendere il tuo gelato preferito

Relazioni: la tua amica è abbastanza contenta, ha perdonato il tuo ritardo iniziale

Emissioni: 4 kg di CO2

3.2.

Stanchezza: tanta

Costi: 4,00€, hai potuto prendere il tuo gelato preferito

Relazioni: la tua amica è abbastanza contenta, anche se stanca e un po' rammaricata per essere rimasta poco con te

Emissioni: 0 kg di CO2

Seconda parte

1) Quanto pensi siano stati utili alla tua comprensione della cinematica le diverse rappresentazioni che ti sono state proposte in questo percorso? (1- per niente, 4- moltissimo)

	1	2	3	4
Definizione classica di velocità				
Le formule				
Le rappresentazioni grafiche (es. grafici spazio-tempo, velocità-tempo)				
I dati				
I racconti testuali				
Le mappe				
I disegni				
Altro (specifica)				

2) Se hai messo altro, specifica cosa

3) Motiva le risposte che hai dato alla tabella sopra.

4) Quanto ti sono interessate le attività proposte in questo percorso? (1- per niente, 4- moltissimo)

	1	2	3	4
Prove preliminari				
Lezione sul viaggio a Trento				
Compito a casa (pensare e rappresentare un viaggio nelle tre modalità)				
Lavori di gruppo				
Correzione e lezione conclusiva				
Altro (specifica sotto)				

5) Se hai messo altro, specifica cosa

6) In base ai punteggi che hai dato prima, prova a raccontare cosa ti è piaciuto e interessato delle attività proposte (e perché), e cosa invece non ti è piaciuto o non ha suscitato interesse (e perché).

7) Prima di fare questo percorso eri a conoscenza dell'impatto ambientale che hanno i tuoi spostamenti (in auto, treno, bicicletta...)

8) Se hai risposto parzialmente, spiega cosa è cambiato.

9) A partire dalle attività svolte insieme durante questo percorso, pensi di voler intraprendere concretamente delle azioni a favore dell'ambiente? Se sì, spiega quali e perché. Se no, spiega perché.

10) Spazio per un tuo commento finale.

Allegato 2: prova preliminare con soluzioni

PARTE 1

1) Un treno che si muove a velocità costante percorre 60 cm ogni 1,5 s. rispondi alle seguenti domande

A) A partire dalle informazioni che abbiamo a disposizione, come possiamo conoscere la velocità del treno?

$$60 \text{ cm} : 1,5 \text{ s} = 40 \text{ cm/s}$$

B) Assumendo che il treno si muove a velocità costante, che distanza ha percorso dopo 2,5 secondi? quale dopo 5,5 secondi? E dopo 10 secondi?

Prova a trascrivere i punti su un grafico

Dopo 2,5 secondi: 100 cm

Dopo 5,5 secondi: 220 cm

Dopo 10 secondi: 400 cm

C) Assumendo che il treno si muova a velocità costante, quanto tempo ha impiegato a coprire una distanza di 80 cm? Quanto tempo per muoversi di 120 cm? e di 160 cm?

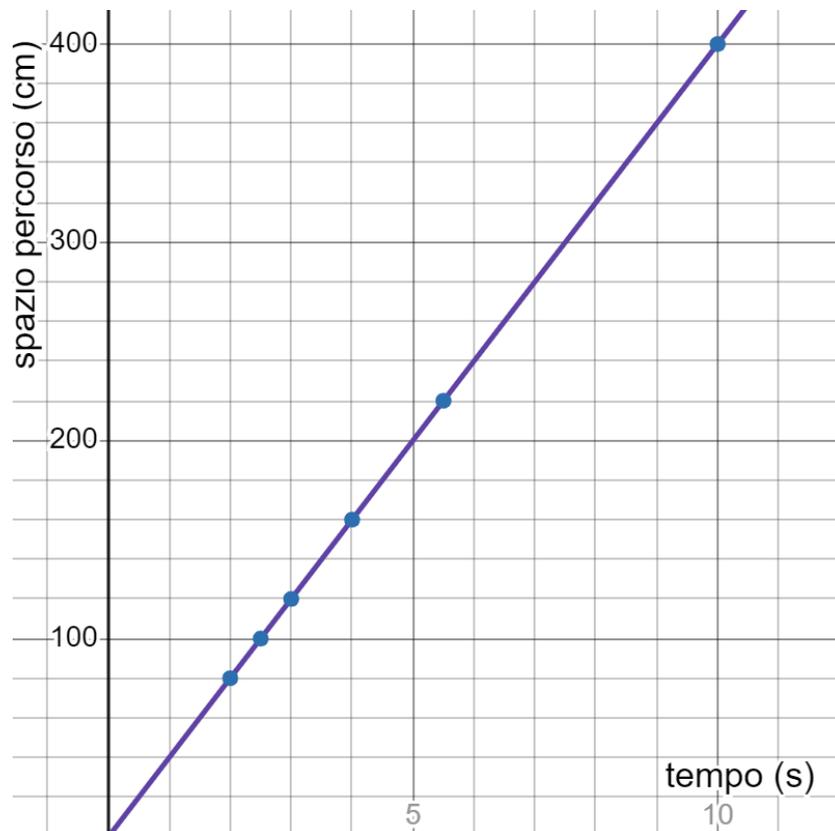
Trascrivi i punti sul grafico precedente

80 cm in 2 s

120 cm in 3 s

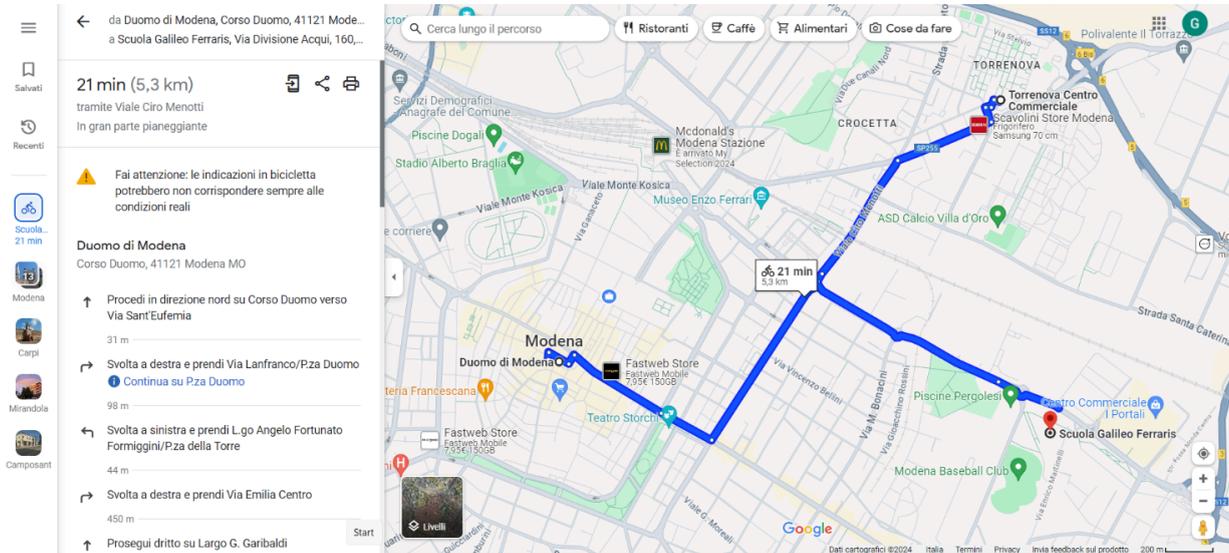
160 cm in 4 s

Grafico



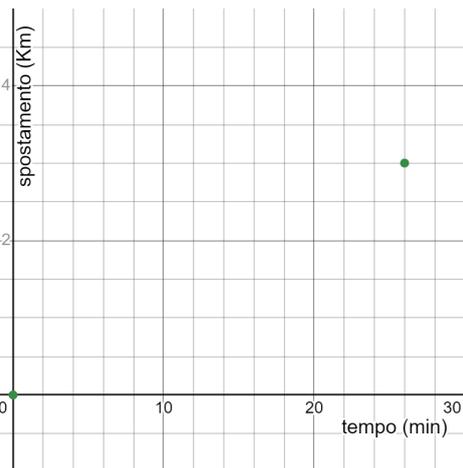
2) La mamma di Filippo gli ha chiesto di andare a consegnare un cesto pieno di frutta ai nonni. Filippo prende la bici e parte. Decide però di approfittare della bella giornata per passare a salutare la sua

amica Elisa, fermandosi a casa sua per cinque minuti. Per orientarsi Filippo ha utilizzato Google Maps. Ecco il resoconto del suo viaggio:



A) Sapendo che, per percorrere quei 5,3 Km Filippo ha effettivamente impiegato 21 minuti (escludendo la pausa di 5 minuti), qual è stata, secondo Filippo, la sua velocità media?
 $5,3 \text{ km} : 21 \text{ min} = 0,25 \text{ km/min}$

B) La mamma di Filippo ha chiesto al figlio di mandarle un messaggio una volta arrivata dai nonni, per essere sicura che durante il viaggio sia andato tutto bene. Dopo 26 minuti, le arriva il messaggio. Lei non sa quale strada ha percorso Filippo, sa solo che, dopo quell'intervallo di tempo, lui si trova a 3 Km da casa. Di seguito sono rappresentati su un grafico i dati a disposizione della mamma di Filippo.

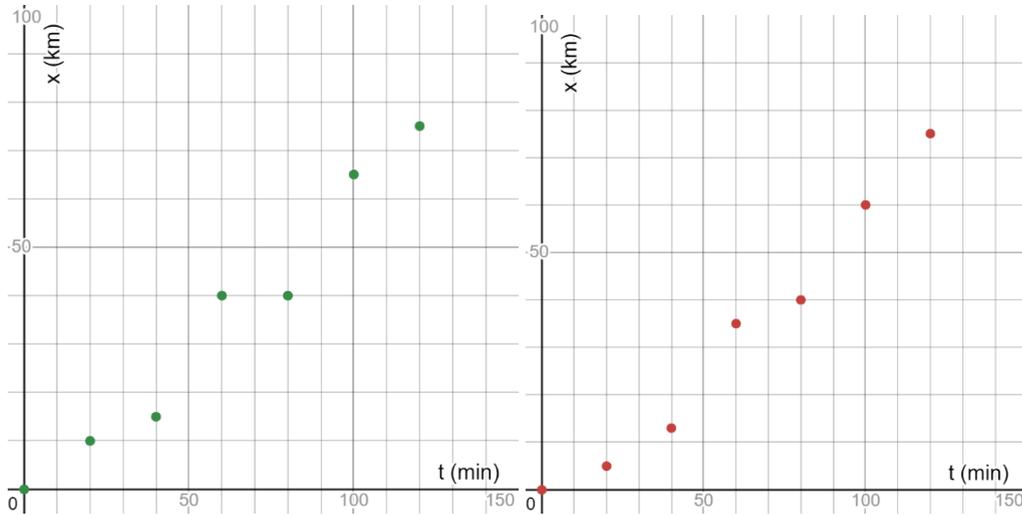


Qual è stata la velocità media di Filippo secondo sua madre?
 $0,11 \text{ km/min}$

C) Prova a spiegare perché le velocità medie calcolate da Filippo e da sua madre sono diverse. Che nome daresti alla quantità 5,3 Km? Che nome daresti alla quantità 3 km?

PARTE 2

1) Gino e Andrea decidono di fare un viaggio in bicicletta insieme. Entrambi, sul loro telefono, hanno un'applicazione che ogni 20 minuti registra la posizione in cui si trovano.



Rispondere alle seguenti domande:

- A) Nel primo tratto (i primi 20 minuti), la velocità media di Andrea è:
 - a. Maggiore di quella di Gino
 - b. Uguale a quella di Gino
 - c. Minore di quella di Gino ✓

- B) Nel secondo tratto (dai 20 minuti ai 40 minuti) la velocità media di Andrea è:
 - a. Maggiore di quella di Gino ✓
 - b. Uguale a quella di Gino
 - c. Minore di quella di Gino

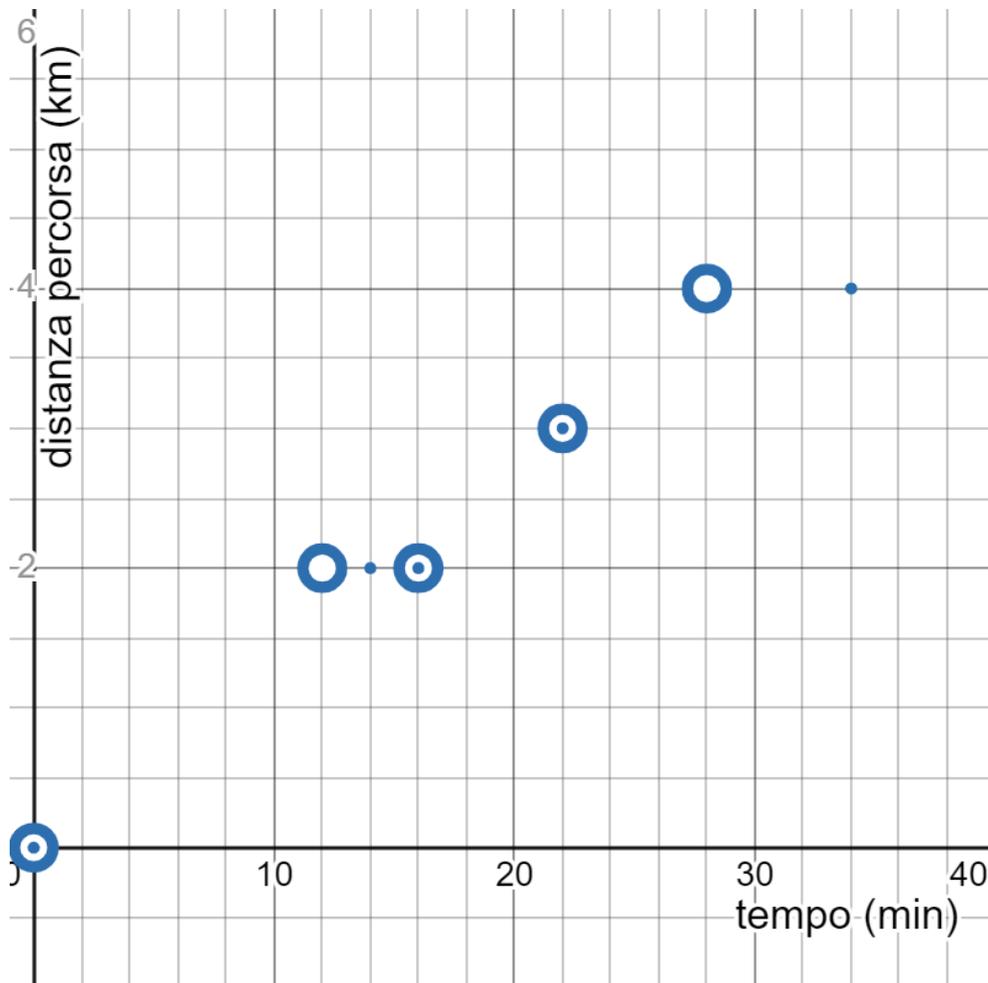
- C) Sulla base delle informazioni che hai a disposizione, prova a descrivere il viaggio in bicicletta di Gino e Andrea

2) Fabio e Francesca decidono di andare a correre insieme. È da molto tempo che Fabio non indossa delle scarpe da ginnastica, infatti fa molta fatica inizialmente. Francesca raggiunge una fontana che si trova a 2 km dalla partenza 2 minuti prima di Fabio. Visto che stava correndo già da 12 minuti e che Fabio era rimasto indietro, decide di fermarsi e di bere un po' d'acqua. All'arrivo di Fabio, i due decidono di aspettare altri 2 minuti, per permettere a quest'ultimo di riprendersi. Una volta ripartiti, Fabio ha messo su un bel ritmo, e riesce a stare al passo di Francesca per il successivo km. Dopo aver corso insieme per 6 minuti, però, arrivati ad un ponte che passa sopra un fiume, Fabio rallenta, e per completare il chilometro successivo impiega il doppio del tempo di Francesca, che invece impiega sempre lo stesso tempo.

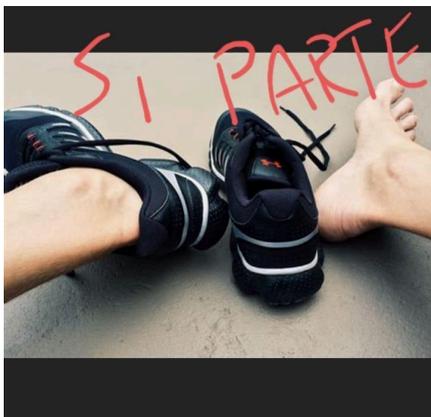
Dopo aver corso per 4 km, i due amici decidono di fermarsi.

- 1. Sulla base delle informazioni che riesci a leggere ricavare dal testo, prova a rappresentare nel grafico sottostante la corsa effettuata da Fabio e Francesca, utilizzando dei pallini pieni (•) per

indicare Fabio e dei tondi vuoti (°) per Francesca: nei punti coincidenti per entrambi puoi disegnare un cerchio con dentro un pallino. (attenzione: un quadretto vale 2 minuti in orizzontale e 200 m in verticale)



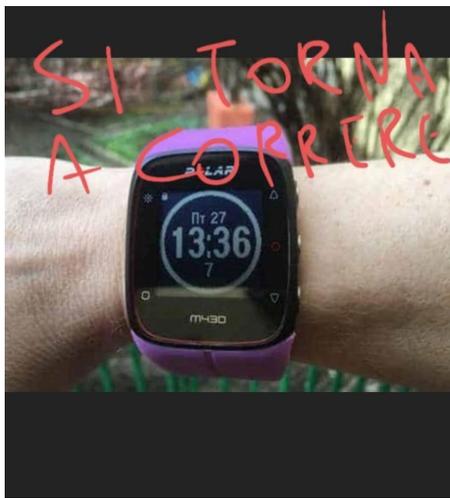
3) Lucia, un'amica di Francesca, ha fatto lo stesso percorso di Francesca il giorno successivo, le ha inviato delle foto, di fianco è scritto l'orario in cui sono arrivate



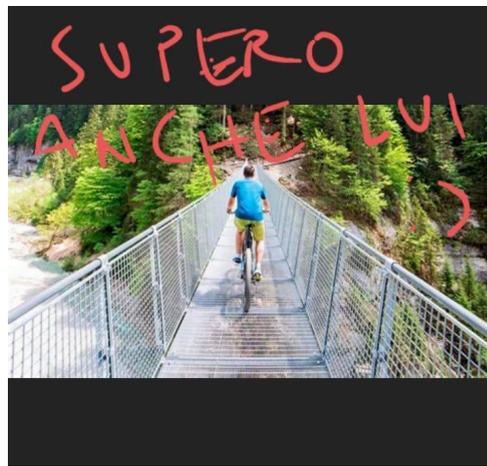
ore 13:20



ore 13:30



ore 13:36

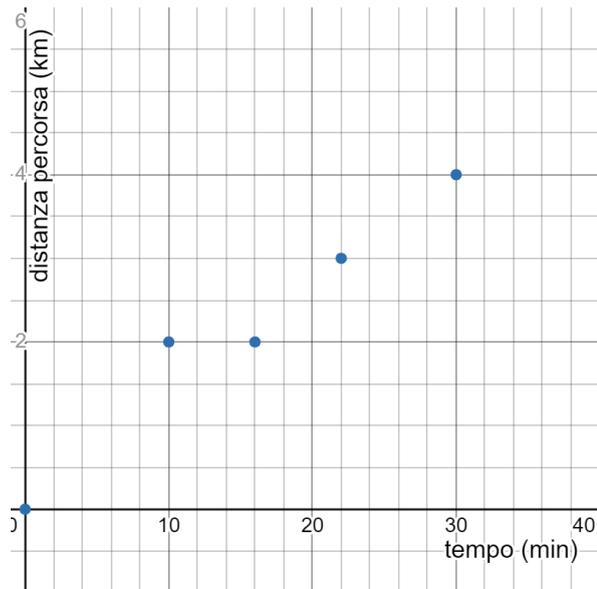


ore 13:42



ore 13:50

Prova a rappresentare nel grafico sottostante i punti che descrivono la corsa di Lucia, sulla base delle informazioni in tuo possesso.



- a. Chi ci ha messo più tempo per effettuare lo spostamento dal primo all'ultimo punto tra Fabio, Lucia e Francesca?

Fabio

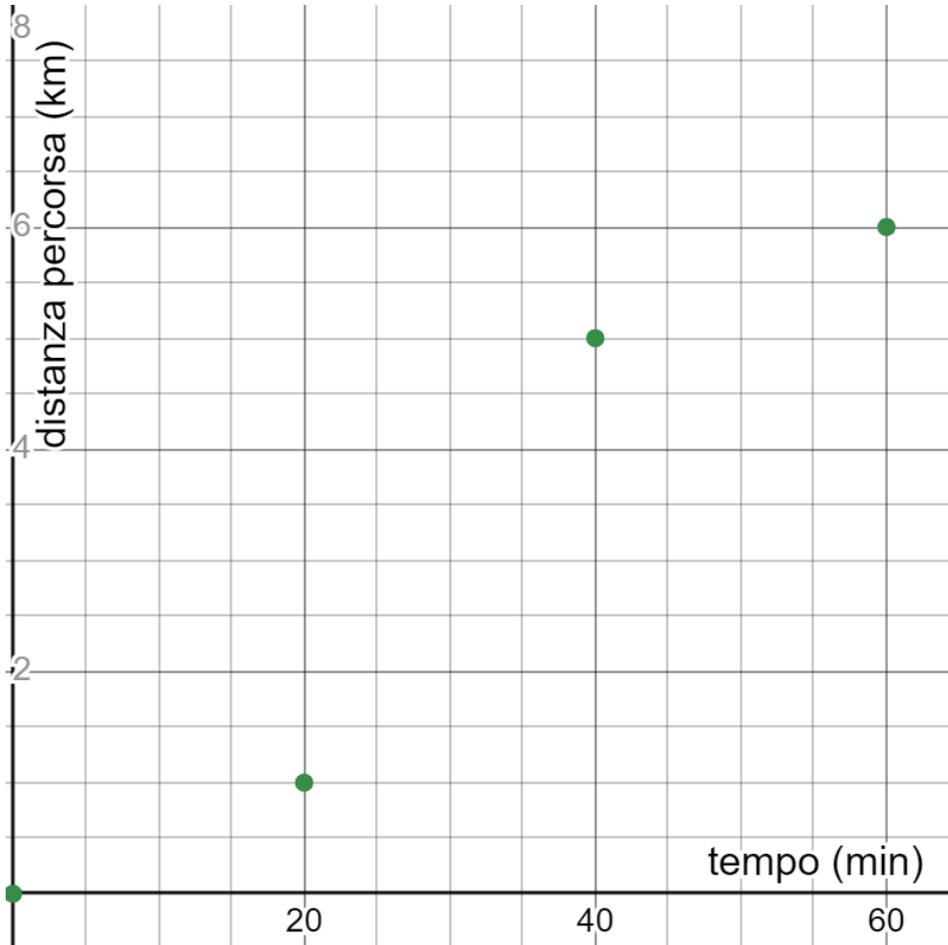
- a. In quali tratti la velocità media di Lucia è stata maggiore di quella di Francesca?

Nel primo tratto (0 - 2 km) e nell'ultimo tratto (3 - 4 km)

ALLEGATO 3: VERIFICA FINALE CON SOLUZIONI

Si riportano di seguito gli ultimi due problemi con relative soluzioni

1) Carla ha fatto un viaggio in bicicletta. Un'applicazione del suo telefono registra la sua posizione ogni 20 minuti. Di seguito è riportato il display dell'applicazione



1.1) Qual è stato lo spostamento totale di Carla?

6 km

1.2) Dopo quanto tempo Carla si trova nella posizione finale?

60 minuti

1.3) Calcola la velocità media totale di Carla

6 km : 60 min = 0,1 km/min, 0,1 km/min

1.4) Ora dividiamo il tragitto di Carla in tre tratti, ovvero considerando lo spostamento che Anna ha effettuato in intervalli di 20 minuti. Il primo tratto è dal minuto 0 al minuto 20, il secondo dal minuto 20 al minuto 40, il terzo dal minuto 40 al minuto 60. In quale dei tre tratti la velocità media di Carla è maggiore?

- A) Nel primo (0 - 20 minuti)
- B) Nel secondo (20 - 40 minuti) ✓
- C) Nel terzo (40 - 60 minuti)

1.5) Calcola la velocità media di Carla nel tratto in cui è maggiore

4 km : 20 min = 0,2 km/min

2) È una bella giornata, e Francesco decide di fare una passeggiata in montagna. Si sente molto in forma, tanto che, dopo un'ora, aveva già percorso 6 km. L'energia, però, inizia a calare, e nell'ora successiva percorre solamente 4 km. Decide allora di fermarsi per mangiare qualcosa, riposarsi un po' ed ammirare il panorama. La sosta dura un'ora e mezza, dopodiché decide di tornare a camminare. Dopo due ore sale sulla corriera per tornare a casa. La fermata della corriera si trova a 8 km di distanza da dove Francesco si è fermato a mangiare

2.1) Qual è stato lo spostamento totale di Francesco?

18 km

2.2) Se Francesco è partito alle 11:00, a che ora ha preso la corriera?

16:30

2.3) Rappresenta su un grafico l'escursione di Francesco

