

**UNIVERSITÀ DELLA VALLE D'AOSTA
UNIVERSITÉ DE LA VALLÉE D'AOSTE**

DIPARTIMENTO DI SCIENZE UMANE

**CORSO DI LAUREA IN SCIENZE DELLA
FORMAZIONE PRIMARIA**

ANNO ACCADEMICO 2022/2023

TESI DI LAUREA

Biodiversità e salute. Bambini alla scoperta dei servizi
ecosistemici.

DOCENTE relatore: Prof. Martin Dodman

STUDENTE: Anny Binel 18 A05 169

Indice

Introduzione	2
Capitolo 1: Ecosistemi e biodiversità	6
1.1 Organismi, popolazioni, comunità	8
1.2 Ecosistemi	13
1.3 Cicli Biogeochimici	18
1.4 Biodiversità	27
Capitolo 2: Servizi ecosistemici e salute	38
2.1 Servizi ecosistemici	39
2.2 Servizi ecosistemici e salute dell'uomo	43
2.3 Acqua, aria, suolo	49
2.4 Biodiversità e malattia	58
Capitolo 3: Educare alla salute delle persone e del pianeta	64
3.1 Costruire un ambiente di apprendimento che promuova la salute	65
3.2 Verso l'educazione alla biodiversità e alla salute planetaria	75
3.3 Educare all'acqua	81
Capitolo 4: Un progetto didattico di educazione all'acqua	86
4.1 Il contesto del progetto	86
4.2 Gli obiettivi di apprendimento relativi alle competenze	89
4.3 Le fasi del progetto	90
4.4 Riflessioni conclusive	120
Bibliografia	126

Introduzione

Lo spunto iniziale di questo lavoro è stato il mio l'interesse di indagare l'importanza della biodiversità per la vita della Terra e per la vita dell'uomo su di essa. A seguito di un laboratorio svolto al quarto anno d'università, la mia curiosità è stata catturata dalla domanda: cosa l'uomo può fare per salvaguardare la biodiversità? Cercando di elaborare un piano di studio che potesse diventare un lavoro di tesi per la laurea, con il Professore che mi ha seguita, abbiamo focalizzato la nostra attenzione sull'importanza che ha la biodiversità per la vita sulla Terra in generale. Indagando l'argomento, ci siamo resi conto che la biodiversità sì ha un ruolo importante per la vita sulla Terra, ma è fondamentale che gli ecosistemi che la ospitano siano in salute perché essa possa essere di vero supporto per la Vita. A seguito degli avvenimenti che abbiamo tutti vissuto negli ultimi due – tre anni, sempre più si fa attenzione al collegamento tra salute planetaria, e quindi salute degli ecosistemi, e salute dell'uomo. Infatti, per fare in modo che l'uomo sia in salute la Natura che lo circonda e gli da sostentamento deve essere in salute. Purtroppo, l'uomo non si rende conto che con le sue azioni spesso mette in grave pericolo la biodiversità che gli è così fondamentale, inquinando le acque potabili e gli oceani, sfruttando in maniera sconsiderata i terreni fino a renderli improduttivi, disboscando le antiche foreste che sono una fonte importantissima di ossigeno e di stoccaggio dell'anidride carbonica nonché l'habitat di numerosissime specie di animali e piante che si estinguono se il loro ambiente di vita viene raso al suolo. Ho quindi pensato di trattare questa importante tematica della salute del pianeta connessa alla salute dell'uomo collegandola a come essa viene trattata a scuola e provando a proporre un progetto didattico che porti a scuola l'importanza dello studio degli ecosistemi e della biodiversità in collegamento con la salute planetaria e umana.

Nel primo capitolo viene trattato in modo più teorico il concetto di ecosistema e biodiversità, approfondendo le tematiche di organismi, popolazioni e comunità con le caratteristiche che contraddistinguono questi concetti come lo studio della demografia, lo studio della popolazione e del suo mutamento, gli studi di predizione che ci danno informazioni sull'andamento futuro delle popolazioni, le comunità ecologiche con le interazioni interspecifiche che caratterizzano i rapporti che si formano tra le diverse popolazioni che ne fanno parte, il concetto di nicchia ecologica per arrivare agli ecosistemi. Di ecosistemi ne esistono di varia misura e con tante differenti caratteristiche, al loro interno si trova il concetto di catena alimentare che porta a parlare del concetto di energia e come essa venga trasportata e trasformata lungo le diverse catene alimentari e le azioni umane che sono nocive per questi ambienti e tutte le specie che li abitano. Tratto poi il concetto dei cicli biogeochimici con il ciclo dell'acqua, il ciclo del carbonio, il ciclo dell'azoto, il ciclo del fosforo e il ciclo dello zolfo per poi arrivare a parlare della biodiversità concetto che si lega inevitabilmente con la variazione biologica e tutti i cicli biogeochimici.

Nel secondo capitolo ho principalmente trattato la tematica dei servizi ecosistemici in collegamento con la salute, salute sia planetarie e delle risorse che salute dell'uomo. In particolare, ho anche trattato il concetto di salute umana collegata strettamente con la Natura, la biodiversità e quindi il fatto che queste entità siano sane. La salute umana è collegata in modo particolare a: sistemi d'acqua dolce, qualità dell'aria, coste, mari ed oceani, suolo, agricoltura, nutrizione e sicurezza del cibo, malattie infettive, microbi presenti nell'ambiente e nel corpo umano, medicina e sanità e accesso alla Natura. Tratto poi i due tipi di malattie che possono essere considerate dal punto di vista del collegamento tra biodiversità e malattia, le malattie infettive e quelle zoonotiche.

Nel terzo capitolo ho cercato di fare un collegamento tra quello che è l'educazione alla salute delle persone e del pianeta e ciò che effettivamente viene insegnato e trasmesso nelle scuole attualmente. Nelle scuole importante è poter promuovere l'educazione alla salute collegandola all'educazione alimentare e a quella ambientale così da poter promuovere l'educazione sanitaria planetaria in maniera transdisciplinare. I principali documenti che trattano le indicazioni per i curricula scolastici sono *Le Indicazioni nazionali per il Curricolo della Scuola dell'Infanzia e del Primo Ciclo d'istruzione* (2012) e poi la Valle d'Aosta ha anche introdotto gli *Adattamenti alle necessità locali della Valle d'Aosta delle Indicazioni nazionali per il curriculum della scuola dell'infanzia e del primo ciclo di istruzione* (2016) e al loro interno si trovano numerosi indizi di come trattare l'educazione alla salute nelle diverse fasi di crescita dei bambini. Anche l'importanza di come arrivare a promuovere una consapevolezza del valore dell'ambiente naturale e i benefici che porta la biodiversità alla salute umana attraverso l'educazione. Un gruppo di esperti è stato creato proprio con lo scopo di creare un quadro per l'educazione alla salute planetaria così da avere un quadro che prenda in considerazione le tecniche educative da mettere in atto, i percorsi di apprendimento specifici e le metodologie di insegnamento partecipato per poter promuovere al meglio, e in modo specifico per ogni contesto ed area geografica, la salute planetaria. Ulteriore importante tematica presa in considerazione è stata quella dell'educazione all'acqua, che sempre di più risulta essere importate per la salute planetaria ed umana in tutti i contesti educativi. Questo argomento in particolare è stato come un ponte con l'argomento trattato nel capitolo quattro.

Il quarto capitolo è stato interamente dedicato all'esposizione dell'esperienza che ho avuto la possibilità di proporre in una classe quarta di una scuola di montagna. Il progetto aveva lo scopo di legare insieme la teoria esposta precedentemente e la

pratica effettiva che si sarebbe potuta portare a scuola. Esso è stato incentrato principalmente sull'acqua, come l'uomo la utilizza, in quali settori è più importante, quali sono le azioni importanti da fare e da non fare; come l'acqua si comporta e cosa riesce a fare e creare grazie alla sua forza e al suo continuo scorrere. Collegando poi l'acqua all'importanza della biodiversità per la buona salute del pianeta e dell'uomo e guardando più da vicino l'ecosistema del fiume come esempio di ecosistema acquatico.

Capitolo 1: Ecosistemi e biodiversità

La parola “ecologia” deriva dal greco: *oikos* = vita – un luogo dove vivere + *logos* = parola – discorso – studio – scienza. A partire dagli anni 1860, la definizione ha subito diversi cambiamenti dopo quella originale di Ernst Haeckel come l’insieme delle relazioni di un organismo con il suo ambiente organico ed inorganico: “The total relations of an organism to its organic and inorganic environment” (Haeckel, 1866, in Stauffer, 1957, pp. 140-141).). Ha poi visto negli anni 1890 l’introduzione della figura dell’uomo con Ellen Swallow Richards e la nozione di vivere in armonia con l’ambiente, prima tra tutti la specie umana: “Living in harmony with the environment, first including the human species” (Richards, in Dyball & Carlsson, 2017). Fino ad arrivare alla definizione recente di Pope Francis: la relazione tra gli organismi viventi e l’ambiente nel quale si sviluppano “The relationship between living organisms and the environment in which they develop” (Pope Francis, 2015).

Quindi l’ecologia è lo studio delle interazioni degli organismi tra di loro e dell’interazione tra gli organismi e i loro ambienti. Le interazioni sono bivalenti: l’ambiente influenza gli organismi viventi e questi ultimi alterano l’ambiente stesso. Gli elementi presenti sulla Terra si possono dividere in biotici, organismi viventi, ed abiotici, componenti non viventi, ma entrambi sono correlati gli uni agli altri. Gli organismi viventi sono caratterizzati da due fondamentali istinti, sopravvivere e riprodursi, e in ogni ambiente sono presenti risorse e impedimenti che fanno sì che l’organismo debba mettere in atto determinate strategie per riuscire a fare entrambi attraverso le sue interazioni con altri organismi e l’ambiente fisico.

Dunque, la storia evolutiva della Terra ha modellato biologicamente e fisicamente l’ambiente contemporaneo (Mojzsis et al., 1996). L’evoluzione dei continenti, la tettonica a

placche e l'evoluzione dei bacini oceanici sono stati elementi importanti per la distribuzione e l'evoluzione del biota terrestre. Conseguentemente, il biota ha ampiamente modificato l'ambiente fisico. Infatti, molti paesaggi si basano sui resti di forme di vita precedenti, come alcune grandi formazioni rocciose sono i resti di antiche barriere coralline formatesi grazie a comunità di alghe e invertebrati, tra i 360 e 440 milioni di anni fa (Veron, 2000).

Comunità molto antiche di batteri sotterranei potrebbero essere le responsabili della formazione di molti processi geologici avvenuti durante la storia della Terra, come l'erosione delle rocce o la conversione dei minerali da una forma all'altra. L'atmosfera terrestre deve la sua evoluzione ai batteri fotosintetici che tra i 3,5 e i 2,75 milioni di anni fa si sono evoluti. Essi, infatti, hanno rilasciato ossigeno nell'atmosfera, modificandone la composizione che precedentemente era composta principalmente da anidride carbonica, con altri gas come azoto, monossido di carbonio, metano, idrogeno e altri gas presenti in minore quantità. Si pensa che la concentrazione di ossigeno attuale abbia impiegato circa due miliardi di anni per svilupparsi (Smithsonian Environmental Research Center, 2023). Il processo di ossigenazione in sé ha portato ad importanti cambiamenti evolutivi negli organismi in modo tale che essi potessero utilizzare l'ossigeno per il metabolismo. Di conseguenza, l'aumento della vita vegetale ed animale sulla Terra è stato collegato allo sviluppo di un'atmosfera ricca di ossigeno.

Questo capitolo descrive il modo in cui nell'ecologia lo studio è suddiviso in vari livelli di interazione fra elementi biotici e abiotici che includono gli organismi ed ogni singolo organismo nella sua morfologia, la sua fisiologia e il suo comportamento, le specie, le popolazioni, le comunità, gli ecosistemi e la biosfera (l'atmosfera, la litosfera e l'idrosfera). Questo ci permetterà di esaminare in particolare le complesse relazioni che sono sottese

alla biodiversità e il ruolo fondamentale che essa svolge per l'intero pianeta.

1.1 Organismi, popolazioni, comunità

Un organismo possiede una propria forma specifica e una struttura cellulare (Smith & Smith, 2007). È costituito da un insieme di organi interdipendenti il cui funzionamento gli permette di vivere autonomamente e di riprodursi. La specie è un gruppo di organismi con caratteristiche comuni ove due individui possono dare vita ad una prole fertile, in generale attraverso la riproduzione sessuata.

La popolazione consiste nell'insieme degli organismi di una data specie che vivono in una particolare area (Smith & Smith, 2007). Lo studio della popolazione e del suo mutamento è chiamato demografia. Per essa sono importanti la dimensione della popolazione, cioè il numero di individui presenti nell'area, la densità di popolazione, cioè il numero di individui per unità di superficie, e la distribuzione della popolazione, cioè come gli individui sono disposti nell'area data. Gli organismi possono essere distribuiti secondo diversi criteri: uniformemente, secondo il modello casuale o quello raggruppato.

Per fare uno studio di predizione e capire se una popolazione accrescerà o si ridurrà, gli ecologisti devono sapere i tassi di mortalità di organismi di diverse età, come anche l'età attuale e la composizione sessuale della popolazione. In natura vi sono differenti fattori che fanno sì che una popolazione cresca o diminuisca, ed essi possono essere densità dipendenti o densità indipendenti.

Per quel che riguarda i fattori densità dipendenti, influiscono una percentuale maggiore di individui, possiamo prendere in esempio la competizione, predazione, malattie e parassiti, accumulo di rifiuti o esaurimento delle riserve di cibo, tutti fattori che indicano che una determinata area è arrivata alla fine della sua capacità di ospitare tale popolazione di organismi. I

fattori densità indipendenti sono, per esempio, il clima, le condizioni metereologiche, catastrofi naturali, inquinamento causato dall'uomo che a sua volta causa fenomeni naturali catastrofici.

Le tabelle di vita ci mostrano i tassi di nascite e morti per gli organismi durante differenti periodi della loro vita. Vi sono poi le curve di sopravvivenza che ci mostrano quale parte di popolazione sopravvive da un'età all'altra. Le differenti tipi di curve, da tipo I a tipo III, rappresentano diversi tipi di sopravvivenza: coloro che sopravvivono fino all'età adulta, coloro che sopravvivono indipendentemente dall'età, coloro che muoiono nelle prime fasi della loro vita. La storia di vita di una specie è tipicamente quello che si denomina con il ciclo di vita di un individuo, ed è lo schema di sopravvivenza e riproduzione tipico per un membro della specie presa in esame. Questo schema evolve secondo una selezione naturale e viene rappresentata dalla via di mezzo dei compromessi tra crescita, sopravvivenza e riproduzione.

La fecondità, cioè la capacità di un organismo di riprodursi, tende ad essere inversamente proporzionale alla quantità di energia impiegata per la cura della prole. Più un organismo sarà fecondo meno investirà energie nella cura della sua prole. Anche la tempistica della prima riproduzione è un fattore molto importante da tenere presente. Una riproduzione precoce annulla quasi la possibilità di morire senza lasciare nessun erede, ma una riproduzione più tardiva può avere altri effetti positivi come la possibilità di avere una prole più numerosa e più in salute o la possibilità da parte dei genitori di fornire migliori cure.

Le specie si comportano in modo differente anche per quel che riguarda la riproduzione. Alcune specie si riproduce una sola volta nella vita, mentre altre specie molte volte durante l'arco della vita.

Una comunità ecologica consiste in tutte le popolazioni di tutte le differenti specie che vivono nello stesso momento nella

medesima area (Morin, 2011). La composizione di una comunità è determinata dalla ricchezza di specie. Una elevata ricchezza si trova più frequentemente vicino all'equatore ove le condizioni climatiche paiono essere più favorevoli.

La struttura della comunità è definita dalle popolazioni di specie che la compongono, dalle interazioni tra di esse e dalla loro distribuzione nello spazio. Le interazioni tra diverse specie in una comunità vengono definite interazioni interspecifiche e queste possono avere differenti effetti sui partecipanti, che possono essere positivi, negativi o neutri.

In particolare, esse sono:

- competizione, che contribuisce a modellare la struttura della comunità, arrivando talvolta ad eliminare una delle specie coinvolte (negativo/negativo);
- predazione, la relazione nella quale gli organismi di una specie si nutrono di un'altra (positivo/negativo),
- mutualismo, la relazione nella quale due popolazioni di organismi traggono reciproco beneficio dalla convivenza (positivo/positivo);
- commensalismo, la relazione nella quale un organismo trae vantaggio dal suo ospite senza creargli danni (positivo/neutro) e
- parassitismo, la relazione nella quale un organismo di nutre a spese dell'altro, i parassiti sono normalmente più piccoli dei loro ospiti (positivo/negativo).

Le dinamiche tra le popolazioni di predatori e prede si influenzano reciprocamente. Tali popolazioni spesso aumentano e diminuiscono in cicli collegati. In più vi sono dei fattori che influenzano la dimensione della popolazione. Essi possono essere la disponibilità o meno di piante per gli erbivori, lo stress causato dalla predazione e dalla competizione che può alterare o ridurre la fertilità.

Alcuni tipi di specie svolgono un ruolo determinante all'interno delle comunità ecologiche. Le specie chiamate fondanti (*foundation species*) creano le condizioni che danno origine a

una particolare comunità. In particolare, le specie chiave (*keystone species*) interagiscono ed esercitano una forte influenza su tutti gli altri organismi presenti e mantengono la struttura della comunità contribuendo a determinare i tipi e il numero delle altre specie nella comunità ecologica. Le specie invasive sono quelle specie che sono state trasferite lontane dal loro luogo nativo e possono causare danni nel nuovo luogo di insediamento visto che possono competere con le specie autoctone per le risorse, l'habitat e possono alterare le condizioni generali così da causare anche una potenziale estinzione.

Succede spesso che predatori e prede abbiano degli adattamenti derivanti proprio dalla loro interazione. Per le prede le difese possono essere meccaniche, con spine o conchiglie, chimiche, come sostanze tossiche o maleodoranti, fisiche e comportamentali, come la colorazione, il mimetismo. Nello stesso modo i predatori possono avere adattamenti peculiari come artigli, denti, forma, velocità e colorazione.

La nicchia è fondamentalmente il ruolo ecologico svolto da una determinata specie nel luogo in cui è insediata (Hutchinson, 1957). Questo ruolo deve essere considerato come l'insieme delle condizioni, delle risorse e delle interazioni di cui la specie ha bisogno o di cui può servirsi. La nicchia ecologica viene anche intesa come il luogo occupato dalla specie e come la specie utilizza le risorse che ha a disposizione, il ruolo e le funzioni che gli organismi della specie svolgono all'interno dell'ecosistema in cui si trova il loro habitat. Tutti questi fattori costituiscono un iperspazio n-dimensionale dove si può vedere il modo di una specie di nascere, crescere, vivere, svolgere il suo ruolo e tutte le condizioni che ne permettono la sua esistenza in quel determinato luogo e con quel particolare ambiente. Il concetto di nicchia è quindi indissolubilmente legato alla specie che lo occupa.

In generale, le specie occupano delle nicchie tanto differenti quanto sono differenti le loro abitudini alimentari, energetiche e

nutrizionali così da evitare la competizione tra specie. Inoltre, alcune specie risultano essere generaliste ed altre specialiste. Queste ultime hanno limitate nicchie, possono abitare un unico habitat, si possono nutrire di un solo particolare cibo, sono molto sensibili ai cambiamenti dei fattori sia climatici che ambientali. Alcuni esempi possono essere il capriolo, la donnola che, essendo stenofagi, possono alimentarsi solo con una limitata varietà di alimenti. Per queste ragioni le troviamo in quegli ambienti che mantengono costanti nel tempo le loro caratteristiche, come per esempio nelle foreste pluviali. Gli organismi che invece fanno parte della categoria generalista vivono in nicchie ampie e hanno una grande capacità di adattamento, tra cui gli esseri umani, martore, faine, volpi che essendo eurifagi si possono nutrire di tanti tipi differenti di alimenti, e sono più frequenti negli ambienti soggetti a repentini cambiamenti.

Un'ulteriore distinzione riguardante la nicchia ecologica è tra nicchia *fondamentale*, quella massima teorica occupata da una popolazione in condizioni ideali senza competizione e con risorse illimitate, e la nicchia *realizzata*, quella occupata realmente da una popolazione e quindi risulta essere minore in quanto entra in gioco la competizione interspecifica.

Una specie può occupare differenti nicchie durante la durata della sua vita e in regioni differenti la stessa specie può occupare nicchie differenti. Due specie le cui nicchie si sovrappongono per selezione naturale possono modificarsi per avere bisogno di nicchie più differenti, con conseguente divisione delle risorse (*resource partitioning*). Il principio di esclusione competitiva dice che due specie non possono occupare esattamente la stessa nicchia in quanto non potrebbero sopravvivere entrambe facendo richiesta delle medesime risorse.

La successione ecologica è una serie progressiva di cambiamenti che avviene nel tempo nella composizione di una comunità ecologica (Thompson, 2023). La successione primaria ha luogo

in aree non abitate, roccia appena esposta, isole vulcaniche, colate laviche, dove si insediano degli organismi pionieri come funghi, licheni, muschi, piante grasse, graminacee, che sono in grado di vivere e riprodursi in ambienti molto ostili. Insediandosi essi modificano l'ambiente favorendo la produzione di humus e preparando così il terreno per l'insediamento della comunità successiva che sarà formata da organismi più complessi e quindi aventi maggiori esigenze per sopravvivere, sostituendo così le specie pioniere originarie. Questo ciclo si ripete fino a favorire la costruzione della comunità climax.

La successione secondaria si forma in luoghi primariamente abitati ma poi disturbati e quindi secondariamente colonizzati, luoghi come aree incendiate, sepolte da frane, coltivazioni abbandonate. Le comunità che iniziano ad insediarsi dopo il fenomeno disturbante sono già più complesse ma non sempre la comunità che si insedierà sarà quella caratteristica della zona. Le comunità climax sono quelle successioni che tendono ad una comunità finale. Nel climax, le specie sono in equilibrio con i loro competitori e la biomassa totale raggiunge il massimo valore. Esse sono influenzate soprattutto dal clima e dalla conformazione geologica della zona.

1.2 Ecosistemi

Un ecosistema è costituito da una comunità di organismi insieme al loro ambiente fisico (Odum, 1988). Gli ecosistemi possono essere di varie dimensioni: piccoli, come pozze di mare situate vicino alle coste rocciose di molti oceani, o grandi, come quelli che si trovano nella foresta pluviale tropicale dell'Amazzonia, in Brasile.

Esistono tre grandi categorie in cui si possono distinguere gli ecosistemi in base alle caratteristiche del loro ambiente:

- ecosistemi d'acqua dolce
- ecosistemi marini
- ecosistemi terrestri

Gli ecosistemi di acqua dolce sono i meno comuni e si trovano solo sull'1,8% della superficie terrestre. Essi comprendono laghi, fiumi, torrenti e sorgenti. Sono altamente diversificati e ospitano una grande varietà di animali, piante, funghi, protisti e procarioti.

Gli ecosistemi marini sono più comuni, infatti comprendono il 75% della superficie terrestre e sono costituiti da tre tipi fondamentali: oceano poco profondo, acqua profonde dell'oceano e fondale profondo dell'oceano. Gli ecosistemi oceanici poco profondi includono ecosistemi di barriera corallina enormemente ricca di biodiversità. Qui si trovano i piccoli organismi fotosintetici sospesi nelle acque, noti come fitoplancton, che eseguono il 40% di tutta la fotosintesi sulla Terra. Gli ecosistemi dei fondali oceanici profondi ospitano un'ampia varietà di organismi marini. Questi ecosistemi sono così in profondità che la luce del sole non riesce a raggiungerli.

Gli ecosistemi terrestri, ricchi in biodiversità, sono raggruppati in grandi categorie chiamate biomi. Un bioma è una comunità di organismi, definita principalmente dai tipi di piante dominanti che esistono nelle regioni geografiche del pianeta accomunate da condizioni climatiche simili. Alcuni esempi possono essere: foreste pluviali tropicali, praterie, deserti, savane, tundra e foreste temperate.

Gli ecosistemi sono sistemi dipendenti dal movimento di materia ed energia. La materia comprende tutto ciò che ha massa e occupa uno spazio, mentre l'energia è la capacità di compiere un lavoro. Il lavoro è qualsiasi cambiamento nel moto o nello stato di un oggetto, inteso come qualsiasi cosa fatta di materia. Sia l'energia che la materia si conservano. L'energia fluisce attraverso il sistema, in generale da luce a calore, mentre la materia viene riciclata e gli stessi atomi vengono riutilizzati molte volte.

La catena alimentare è una sequenza lineare di organismi attraverso la quale passano energia e nutrienti mentre un

organismo si ciba di un altro (Smith & Smith, 2007). La catena alimentare ha diversi livelli:

- Produttori
- Consumatori primari
- Consumatori di livello superiore
- Decompositori

Tali livelli vengono usati nella descrizione della struttura e della dinamica di un ecosistema. Ogni organismo all'interno di una catena alimentare occupa un livello trofico specifico, cioè un livello energetico specifico. In numerosi ecosistemi piante o fitoplancton sono alla base della catena alimentare in quanto organismi fotosintetici, e vengono chiamati produttori. I consumatori primari sono organismi che consumano i produttori e in generale sono erbivori. I consumatori secondari sono invece d'abitudine dei carnivori che si nutrono di consumatori primari. I carnivori che mangiano altri carnivori sono detti consumatori terziari. Quindi i consumatori di livello superiore si nutrono dei livelli trofici inferiori successivi e così via dicendo, fino ad arrivare agli organismi in cima alla catena alimentare.

L'energia disponibile è uno dei principali fattori che limitano il numero di passaggi in una catena alimentare. L'energia viene dispersa ad ogni livello trofico e tra di essi sotto forma di calore. Perciò, dopo un limitato numero di trasferimenti di energia trofica, l'energia che rimane nella catena alimentare potrebbe non essere più sufficiente a sostenere delle popolazioni a livelli trofici più elevati.

Quando si utilizzano le catene alimentari per descrivere gli ecosistemi sorge un problema. Anche quando la suddivisione di ogni organismo è fatta in modo corretto nei differenti livelli trofici, alcuni degli organismi possono nutrirsi a più di un livello trofico. In aggiunta, gli organismi si nutrono e vengono mangiati da più di una specie. Si può quindi dire che il modello lineare degli ecosistemi, quindi la catena alimentare, risulta essere una rappresentazione ipotetica e oltremodo semplicistica della

struttura di un ecosistema. Un modello olistico, che include tutte le possibili interazioni tra diverse specie e le loro complesse relazioni tra le specie e con l'ambiente, è più accurato e capace di descrivere le caratteristiche degli ecosistemi.

In un singolo ecosistema, di norma vengono mostrati due tipi generali di reti alimentari che interagiscono tra di loro. Una rete alimentare al pascolo ha alla base piante o altri organismi fotosintetici, seguiti a ruota da erbivori e carnivori. Una rete alimentare detritica è costituita da una base di organismi che si nutrono di materia organica in fase di decomposizione, quindi organismi morti, compresi decompositori, che hanno proprio la funzione di distruggere gli organismi morti, e detritivori, che consumano detriti organici. Solitamente fanno parte di questi organismi batteri, animali invertebrati e funghi che riciclano materiale organico nella parte biotica dell'ecosistema mentre vengono consumati da altri organismi.

Ogni essere vivente, in un modo o nell'altro richiede energia. A livello cellulare, l'energia viene maggiormente dalle vie metaboliche, in generale sotto forma di ATP, in particolare quelle responsabili della costruzione di grandi molecole a partire da composti più piccoli. Senza un apporto energetico costante gli organismi viventi non sarebbero in grado di assemblare molecole organiche complesse, come lipidi, proteine, carboidrati ed acidi nucleici. L'energia viene acquisita dagli esseri viventi principalmente in due modi: gli autotrofi sfruttano l'energia luminosa o chimica e gli eterotrofi acquisiscono energia attraverso il consumo e la digestione di altri organismi viventi.

Gli organismi chemiosintetici e fotosintetici sono autotrofi in quanto organismi in grado di sintetizzare il proprio cibo, più in particolare sono in grado di utilizzare carbonio inorganico come fonte di carbonio. Gli autotrofi fotosintetici utilizzano la luce solare come fonte di energia e agli autotrofi chemiosintetici utilizzano molecole inorganiche come fonte di energia. Gli organismi autotrofi svolgono un fondamentale ruolo per gli

ecosistemi perché occupano il livello trofico contenente i produttori. Infatti, senza questi organismi l'energia non sarebbe disponibile per gli altri organismi viventi e la biodiversità caratteristica della vita risulterebbe impossibile.

Gli organismi fotoautotrofi, come batteri fotosintetici, piante e alghe sono la fonte di energia per la maggior parte degli ecosistemi del mondo. Essi sfruttano l'energia del Sole convertendola in energia chimica. Ovviamente, non tutta l'energia incorporata dai produttori è disponibile per gli altri organismi perché anche i produttori devono crescere e riprodursi, consumando quindi energia.

I chemioautotrofi sono principalmente batteri e archea che si situano nei luoghi in cui la luce solare non è disponibile, come in sorgenti idrotermali sul fondo dell'oceano o in caverne oscure. Molti chemioautotrofi che preferiscono sorgenti idrotermali usano come fonte di energia chimica l'idrogeno solforato, H_2S , che viene rilasciata dalle sorgenti. Ciò permette loro di sintetizzare molecole organiche complesse, come il glucosio, per la propria energia e conseguentemente per fornire energia al resto dell'ecosistema.

La biomagnificazione è una delle conseguenze più importanti delle dinamiche degli ecosistemi terrestri in termini di impatto umano (Miller et al., 2020). Questo fenomeno è la crescente concentrazione di sostanze persistenti e tossiche negli organismi ad ogni successivo livello trofico. Si tratta di sostanze liposolubili che vengono immagazzinate nelle riserve di grasso di ogni organismo. È stato dimostrato che molte sostanze si biomagnificano con il pesticida diclorodifeniltricloroetano, altrimenti conosciuto come DDT. Tale prodotto era un pesticida comunemente usato prima che diventassero noti i suoi pericoli. Il DDT e altre tossine vengono assorbite dai produttori e trasmesse ai livelli successivi dei consumatori a ritmi sempre più elevati. Per portare un esempio della tossicità di questo prodotto, le aquile calve si nutrono di pesci contaminati e di conseguenza

si è scoperto che il guscio delle loro uova è diventato più fine e fragile ponendo questa specie di volatile tra gli animali a rischio di estinzione secondo la legge statunitense. Agli inizi degli anni '70 in America il DDT venne reso proibito e solo verso la fine dello stesso decennio anche l'Europa prese lo stesso provvedimento.

Un'altra sostanza che biomagnifica è il policlorobifenile, PCB, utilizzato come liquido refrigerante, in particolare negli Stati Uniti, fino al momento nel quale fu vietato alla fine degli anni '70. Tale sostanza è stata studiata in particolare per quanto riguarda i sistemi acquatici ove si è visto che i pesci che mangiano il fitoplancton inquinato contengono in loro stessi quattro volte la quantità di PCB presente nei produttori e di conseguenza gli uccelli che mangiano i pesci inquinati arrivano ad avere dieci volte la quantità presente nei pesci.

Ulteriori preoccupazioni sono state sollevate dalla biomagnificazione dei metalli pesanti, in particolare il mercurio e il cadmio, che si è scoperto essere presenti nei frutti di mare. Per questa ragione l'agenzia per la protezione dell'ambiente degli Stati Uniti raccomanda che i bambini piccoli e le donne incinte non consumino alcuni tipi di pesce come pesce squalo, sgombro reale, pesce spada a causa del loro alto contenuto di mercurio. Al contrario a queste persone viene consigliato di mangiare pesce a basso contenuto di mercurio come salmone, gamberetti, merluzzo bianco.

La biomagnificazione è un buon esempio di come spesso le attività umane possano interferire con le dinamiche degli ecosistemi e di conseguenza la vita di tutti i giorni, arrivando ad influenzare il cibo che mangiamo, l'acqua che beviamo e l'aria che respiriamo.

1.3 Cicli Biogeochimici

Il ciclo biogeochimico degli elementi è indissolubilmente legato ai cambiamenti climatici e ai disturbi ecologici, sia naturali che

causati dall'uomo (Dontsova et al., 2020). I sei elementi più comuni associati alle molecole organiche sono carbonio, azoto, idrogeno, ossigeno, fosforo e zolfo. Essi possono assumere una varietà di forme chimiche ed esistere per lunghi periodi nell'atmosfera, sulla Terra, sotto la superficie terrestre o nell'acqua. Gli agenti atmosferici, il drenaggio dell'acqua, l'erosione, la subduzione delle placche continentali, svolgono tutti un ruolo nel ciclo degli elementi sulla Terra.

Il riciclaggio della materia inorganica tra gli organismi viventi e il loro ambiente non vivente, viene chiamato Cicli Biogeochimici. Gli elementi coinvolti in questi cicli vengono utilizzati dagli organismi in vari modi.

- Il carbonio si trova in tutte le molecole organiche.
- L'azoto è un componente importante degli acidi nucleici e delle proteine.
- L'idrogeno e l'ossigeno si trovano nell'acqua e nelle molecole organiche e sono entrambi essenziali per la vita.
- Il fosforo viene usato per produrre acidi nucleici e fosfolipidi che andranno a comporre le membrane biologiche.
- Lo zolfo è fondamentale per la forma tridimensionale delle proteine.

Il ciclo di tali elementi è strettamente interconnesso.

Il ciclo dell'acqua

I minerali attraversano la biosfera tra le componenti biotiche e abiotiche e da un organismo all'altro, il ciclo dell'acqua si fa fondamentale per la lisciviazione di zolfo e fosforo negli oceani, fiumi e laghi. L'idrosfera è l'area della Terra dove è situato il movimento e lo stoccaggio dell'acqua: sia come acqua liquida in superficie e sotto la superficie, oceani, laghi, fiumi, acque sotterranee; ghiaccio, ghiacciai e cappe polari; e come vapore acque nell'atmosfera. La presenza dell'acqua è vitale per tutti gli esseri viventi. Per esempio, il corpo umano deve la sua

composizione per circa il 60% all'acque e le cellule umane sono composte per circa il 70% da acqua.

La presenza dell'acqua sulla Terra si divide in 97,5% di acqua salata e dell'acqua rimanente il 99% è acqua sotterranea. Quindi, solo 1% dell'acqua dolce è presente in fiumi e laghi. La maggior parte degli organismi dipende proprio da questa piccola percentuale di acqua che si ha a disposizione, e la sua mancanza può portare degli effetti negativi a tutti gli ecosistemi.

Gli esseri umani si sono impegnati per ampliare la disponibilità di acqua, con azioni come scavare pozzi per accedere alle acque sotterranee, immagazzinare l'acqua piovana da usare in momenti di bisogno, fino a mettere in atto la desalinizzazione per ottenere acqua potabile dagli oceani.

Nel ciclo dell'acqua avvengono i seguenti processi:

- Evaporazione e sublimazione
- Condensazione e precipitazione
- Flusso d'acqua sotterraneo
- Deflusso superficiale e scioglimento della neve
- Flusso

Il ciclo dell'acqua è guidato dall'energia del Sole che riscalda gli oceani e le altre acque in superficie. Ciò porta all'evaporazione, da liquido a vapore acqueo, dell'acqua superficiale liquida e alla sublimazione, da ghiaccio a vapore acqueo, dell'acqua ghiacciata, vengono così spostate sotto forma di vapore acqueo grandi quantità di acque nell'atmosfera. Tale vapore acqueo si condensa in nuvole sotto forma di goccioline liquide o congelate e alla fine porta a precipitazioni come grandine, neve e pioggia, che forniscono l'acqua alla superficie della Terra. La pioggia può nuovamente evaporare, filtrare nel terreno o scorrere in superficie; il flusso di acqua dolce sulla Terra deriva principalmente dalla pioggia e dallo scioglimento dei ghiacci.

Normalmente, nella maggior parte dei casi, la pioggia incontra prima la vegetazione del suolo. Così una percentuale

considerevole evapora direttamente dalla superficie delle piante. Ciò che resta raggiungerà il suolo e potrà defluire solo se la terra sarà satura di acqua in caso quindi di forti piogge. In parte l'acqua assorbita dal terreno raggiungerà le radici delle piante che l'utilizzeranno per il loro metabolismo e in parte arriverà agli erbivori nel momento in cui mangeranno le piante.

Una considerevole parte di acqua verrà dispersa attraverso il processo di traspirazione. L'acqua entra nel sistema vascolare delle piante attraverso le radici ed evapora attraverso gli stomi delle foglie. L'acqua del suolo che non viene assorbita dalle piante e che non evapora ha la possibilità di filtrare nel sottosuolo e nel substrato roccioso dove forma le falde acquifere. Le acque sotterranee diventano quindi un importante serbatoio di acqua dolce. Esse possono lentamente fluire attraverso i pori di rocce, ghiaia e sabbia e quindi trovare la strada verso un lago o un ruscello diventando così di nuovo acque superficiali. Alcune acque sotterranee possono trovarsi molto in profondità nel substrato roccioso e trascorrere lì anche millenni. Prevalentemente l'acqua potabile viene attinta proprio da falde acquifere sotterranee con l'uso di pozzi. La pioggia e il deflusso dell'acqua superficiale sono i principali modi attraverso i quali i minerali, tra cui zolfo e fosforo, vengono riciclati dalla terra all'acqua.

Il ciclo del carbonio

In termini di massa, il carbonio è il secondo elemento più abbondante negli organismi. Esso è presente in tutte le molecole organiche, e in alcune inorganiche come la CO₂, e riveste un ruolo di primaria importanza nella struttura delle biomolecole.

I composti del carbonio contengono energia e molti di essi, provenienti da piante e alghe morte, si sono fossilizzati nel corso dei millenni e attualmente vengono denominati come combustibili fossili. Da dopo la Rivoluzione industriale, l'utilizzo di combustibili fossili è drasticamente aumentato, facendo conseguentemente aumentare la presenza di anidride

carbonica nell'atmosfera. Tale aumento è oggi associato al cambiamento climatico, che risulta essere una delle principali preoccupazioni ambientali in tutto il mondo.

Due sotto-cicli interconnessi formano il ciclo del carbonio. Il primo si occupa del rapido scambio di carbonio tra gli organismi viventi e il secondo si occupa del ciclo del carbonio a lungo termine attraverso i processi geologici.

Alla base del ciclo biologico del carbonio è il fatto che negli ecosistemi differenti gli organismi sono collegati tra di loro in molti modi differenti. Per esempio, lo scambio di carbonio che avviene tra eterotrofi e autotrofi attraverso l'anidride carbonica atmosferica. L'anidride carbonica è infatti l'elemento che gli autotrofi utilizzano per costruire composti ad alta energia come il glucosio. L'energia che arriva dal Sole viene sfruttata da questi organismi per formare i legami covalenti che collegano insieme gli atomi di carbonio. Tali legami chimici immagazzinano l'energia per farne un uso successivo nel processo di respirazione. Prevalentemente, l'anidride carbonica viene ottenuta dagli autotrofi terrestri direttamente dall'atmosfera, mentre gli autotrofi marini la acquisiscono in forma disciolta, bicarbonato, HCO_3^- . Attraverso il consumo, il carbonio viene trasferito dai produttori ai livelli trofici più elevati. (Mucca, consumatore primario, mangia l'erba, produttrice, ottiene molecole organiche prodotte in origine dalla fotosintesi della pianta.)

Gli organismi ad ogni livello eseguono la respirazione, un processo in cui le molecole organiche vengono scomposte per rilasciare energia. Quando avviene tale scomposizione, il carbonio viene rimosso dalle molecole alimentari per formare CO_2 , che entra nell'atmosfera. Quindi la CO_2 è un sottoprodotto della respirazione e viene utilizzata dai produttori durante la fotosintesi per produrre molecole organiche. Quando le molecole vengono scomposte durante la respirazione, il carbonio

nuovamente entra nell'atmosfera come CO₂. Uno scambio di carbonio di questo tipo collega tutti gli organismi sulla Terra.

Nel ciclo biogeochimico del carbonio, spesso il movimento del carbonio avviene in maniera molto più lenta rispetto al movimento degli organismi, essendo esso molto complesso. Il carbonio viene immagazzinato per lunghi periodi nei così detti serbatoi di carbonio, atmosfera, corpi di acqua liquida come gli oceani, il suolo, i sedimenti oceanici, le rocce e i combustibili fossili, e l'interno della Terra.

L'atmosfera è uno degli importanti stoccaggi del carbonio sotto forma di anidride carbonica, che viene sfruttata nei processi di fotosintesi. Il livello di anidride carbonica nell'atmosfera viene altamente influenzato dalle riserve di carbonio presenti negli oceani. Quindi lo scambio di carbonio tra atmosfera e serbatoi d'acqua influenza l'ammontare di carbonio presente in ciascuno di essi. La CO₂ proveniente dall'atmosfera si dissolve nell'acqua e reagisce con le sue molecole per formare composti ionici. Alcuni di tali ioni si combinano con gli ioni calcio presenti nell'acqua marina e formano carbonato di calcio, CaCO₃, che diventa un importante componente dei gusci degli organismi marini. Quando questi organismi muoiono i loro gusci formano dei sedimenti sul fondo degli oceani. Nel corso dei millenni il carbonato di calcio forma il calcare, costituente il più grande serbatoio di carbonio sulla Terra.

Sulla Terra, il carbonio viene immagazzinato nel suolo come carbonio organico come conseguenza dell'erosione delle rocce o della decomposizione di organismi. Nel sottosuolo, più in profondità, si trovano i combustibili fossili, i resti di piante ed alghe anaerobicamente decomposti. I combustibili fossili sono considerati una risorsa non rinnovabile (essa si rigenera molto lentamente o affatto) perché il loro utilizzo supera grandemente il loro tasso di formazione.

Un altro modo attraverso il quale il carbonio entra nell'atmosfera è dalla terra attraverso dei sistemi geotermici e l'eruzione di

vulcani. Il carbonio viene rilasciato come anidride carbonica durante l'eruzione di un vulcano o dalle bocche idrotermali vulcaniche. I sedimenti di carbonio che provengono dai fondali oceanici vengono trasportati nelle profondità della Terra attraverso il processo di subduzione: il movimento di una placca tettonica sotto un'altra.

Il ciclo dell'azoto

Risulta difficile portare l'azoto negli organismi viventi. In particolare, il fitoplancton e le piante non sono attrezzati per incorporare l'azoto dell'atmosfera anche se essa è costituita da circa il 78% proprio di azoto. L'azoto entra quindi nel mondo dei viventi attraverso batteri a vita libera e simbiotici, che incorporano l'azoto nelle loro molecole organiche attraverso processi biochimici specializzati.

Alcune specie di batteri sono capaci di effettuare la fissione dell'azoto, il processo di conversione del gas azoto in ammoniacca, NH_3 , che diventa spontaneamente ammonio, NH_4^+ . Quest'ultimo viene convertito dai batteri in nitriti NO_2^- e poi nitrati NO_3^- . Arrivati a questo punto le piante e altri produttori usufruiscono delle molecole contenenti azoto per produrre molecole organiche come DNA e proteine. Così l'azoto ora è disponibile per i consumatori.

L'azoto organico è oltremodo importante per lo studio delle dinamiche ecosistemiche perché molti processi degli ecosistemi, come la produzione primaria, sono limitati dalla disponibilità di azoto. L'azoto che entra nei sistemi viventi alla fine viene riconvertito da azoto organico in azoto gassoso dai batteri. Il processo di denitrificazione avviene quando i batteri convertono i nitrati in azoto gassoso, permettendogli in questo modo di fare rientro nell'atmosfera.

L'uomo con le sue attività può avere un impatto nel ciclo dell'azoto alterandone il ciclo in principalmente due modi: la combustione di combustibili fossili, che rilascia diversi ossidi di azoto, e attraverso l'uso di fertilizzanti artificiali in agricoltura,

che normalmente sono ricchi in azoto e fosforo, che vengono poi lavati in corsi d'acqua o laghi per deflusso superficiale. L'azoto atmosferico è associato a diversi effetti come, per esempio, la produzione di piogge acide, acido nitrico, HNO_3 , e di gas serra, protossido di azoto, N_2O , che possono potenzialmente portare a dei cambiamenti climatici. Uno dei principali effetti del deflusso dei fertilizzanti è la così detta eutrofizzazione dell'acqua salata e dolce, processo nel quale il deflusso dei nutrienti provoca la morte della fauna acquatica, l'eccessiva crescita di alghe e l'esaurimento dell'ossigeno.

Negli ecosistemi marini, i composti di azoto creati attraverso la decomposizione o dai batteri, si raccolgono nei sedimenti del fondale oceanico. La conseguenza è che può essere spostato sulla terra in tempi geologici mediante il sollevamento della crosta terrestre e quindi andranno a finire nella roccia terrestre. Malgrado tale movimento dell'azoto dalle rocce ai sistemi viventi sia sempre stato considerato meno importante rispetto a quello precedentemente spiegato, in realtà risulta avere la sua importanza ed è quindi importante includerlo nello studio del ciclo globale dell'azoto.

Il ciclo del fosforo

Il fosforo è un nutriente essenziale per i processi viventi. Esso è un componente importante degli acidi nucleici e dei fosfolipidi, esso costituisce anche un supporto per le nostre ossa sotto forma di fosfato di calcio. Il fosforo è frequentemente il nutriente limitante, cioè necessario per la crescita, negli ecosistemi acquatici, nel particolare di acqua dolce. Il fosfato si presenta in natura come ione fosfato, PO_4^{3-} . Oltre al deflusso di fosfati provenienti dalle attività umane, il deflusso superficiale naturale si verifica nel caso in cui viene lisciviato da rocce contenenti fosfati a causa degli agenti atmosferici, inviando così fosfati nei corsi d'acqua e di conseguenza negli oceani. Le ceneri vulcaniche, la polvere minerale e gli aerosol possono essere fonti significative di fosfato.

Il fosfato viene anche scambiato reciprocamente tra gli organismi marini e i fosfati disciolti nell'oceano. Il movimento del fosfato dall'oceano alla terra e attraverso il suolo avviene estremamente lentamente, compreso nella scala delle migliaia di anni. La crescita eccessiva di alghe è quindi causata dall'eccesso di fosforo e azoto che entrano negli ecosistemi acquatici dal deflusso dei fertilizzanti e dalle acque reflue. La conseguente morte e decomposizione di tali organismi esaurisce l'ossigeno disciolto, portando alla morte organismi acquatici come pesci e molluschi. Da questo processo ne conseguono le zone morte di laghi e oceani che sono zone vicino alle foci dei fiumi dove vaste aree vengono periodicamente private della loro normale fauna e flora.

Il ciclo dello zolfo

Lo zolfo è un elemento fondamentale per le molecole degli esseri viventi.

Come parte dell'aminoacido cisteina, è coinvolto nella formazione delle proteine.

Lo zolfo atmosferico si trova come anidride solforosa, SO_2 , che entra nell'atmosfera principalmente in tre modi:

- Dalla decomposizione di molecole organiche
- Dall'uso di combustibili fossili da parte dell'uomo
- Dai camini geotermici e dall'attività vulcanica.

Lo zolfo sulla terra si deposita principalmente in quattro modi:

- Ricadute dirette dall'atmosfera
- Precipitazioni
- Sorgenti geotermiche
- Erosione delle rocce

Lo zolfo atmosferico si trova sottoforma di anidride solforosa, SO_2 , e quando piove nell'atmosfera, lo zolfo si dissolve sotto forma di acido solforico debole, H_2SO_4 . Lo zolfo può cadere direttamente dall'atmosfera in un processo denominato *fallout*.

Quando le rocce contenenti zolfo si deteriorano, l'elemento viene rilasciato nel terreno. Tali rocce hanno la loro origine dai

sedimenti oceanici che vengono spostati sulla terra ferma dal sollevamento geologico dei sedimenti oceanici. Essendo assorbite dagli alberi, gli ecosistemi terrestri possono così utilizzare i solfati del suolo, SO_4^{2-} , che entra così nella rete alimentare. Nel momento in cui tali piante muoiono e si decompongono, lo zolfo viene nuovamente rilasciato nell'atmosfera come gas di idrogeno solforato, H_2S . Lo zolfo entra nell'oceano mediante il deflusso dalla terra, dalle sorgenti geotermiche sottomarine e dalle ricadute atmosferiche.

Le attività umane hanno purtroppo svolto un importante ruolo nell'alterazione dell'equilibrio del ciclo globale dello zolfo. La combustione di grandi quantità di combustibili fossili, carbone in particolare, rilascia nell'atmosfera maggiori quantità di gas di idrogeno solforato. Nel momento in cui la pioggia cade attraverso tale gas, crea il fenomeno della pioggia acida. Essa è una pioggia corrosiva causata dall'acqua piovana che cade al suolo attraversando il gas di biossido di zolfo, trasformandola in acido solforico debole, che danneggia l'ambiente naturale abbassando il pH dei laghi, conseguentemente uccidendo piante e animali. Le piogge acide influiscono anche sul degrado chimico degli edifici.

1.4 Biodiversità

La biodiversità, anche detta "diversità biologica", è un fenomeno molto complesso che si interseca in modo molto profondo con la variazione biologica e tutti i cicli biogeochimici. La biodiversità si considera non solo come l'insieme degli organismi viventi e le loro interazioni, ma anche come l'insieme delle loro interazioni con gli aspetti abiotici, cioè non viventi, di qualsiasi ambiente preso in esame. Gli ecosistemi più ricchi in termini di biodiversità hanno la tendenza ad essere più stabili e rimanere in equilibrio (Massa, 2005). Dimostrano maggiore resistenza e di ritorno all'equilibrio, nonché resilienza, in caso di disturbi causati da processi naturali, come le alluvioni, gli incendi, o le

frane, o dalle attività antropiche, ad esempio la deforestazione o l'inquinamento che causa piogge acide. Gli ecosistemi sani con alti livelli di biodiversità forniscono molti servizi ecosistemici a beneficio sia delle componenti biotiche che di quelle abiotiche: per l'approvvigionamento, o fornitura, che comprende la produzione di cibo ed acqua; la regolazione, con il controllo del clima e delle malattie; il supporto, il riciclo dei nutrienti e la produzione di ossigeno; culturali, come attività ricreative e benefici spirituali.

Il termine biodiversità è stato coniato nel 1988 dall'entomologo americano Edward O. Wilson. "La biodiversità può essere definita come la ricchezza di vita sulla terra: i milioni di piante, animali e microorganismi, e geni che essi contengono, i complessi ecosistemi che essi costituiscono nella biosfera" (ISPRA, 2023).

In tale definizione non si prende in considerazione solo la varietà di forme e strutture degli esseri viventi, ma essa comprende anche la diversità come abbondanza, interazione e distribuzione tra le componenti diverse del sistema, gli esseri viventi e le componenti fisiche ed inorganiche, che si influenzano reciprocamente.

La biodiversità esprime così il numero, la variabilità e la varietà degli organismi viventi e come essi variano da un ambiente ad un altro nel corso del tempo. La convenzione ONU (United Nations, 2022) evidenzia anche il fatto che la biodiversità include la diversità a vari livelli.

Il livello genetico definisce la differenza dei geni all'interno di una determinata specie, cioè, la totalità del patrimonio genetico a cui contribuiscono tutti gli organismi che vivono sulla Terra. In particolare, la diversità genetica è responsabile della variazione tra individui, popolazioni e specie. Le interazioni tra i singoli organismi, come il comportamento riproduttivo, il parassitismo o la predazione, di una determinata popolazione e le loro specializzazioni per l'ambiente dato, compreso anche

come essi potrebbero modificare l'ambiente stesso, sono aspetti funzionali importanti della biodiversità. Il livello specifico comprende la ricchezza di specie, considerabile in termini di numero delle stesse specie presenti in una certa area, o di frequenza della specie, altrimenti detto la loro rarità o abbondanza in un certo habitat.

Il livello di ecosistema riguarda il numero e l'abbondanza delle comunità viventi, degli habitat e degli ecosistemi all'interno dei quali i diversi organismi si evolvono e vivono. La struttura degli ecosistemi e della comunità, come il numero di individui e specie presenti, nelle diverse parti del mondo può variare. Anche la funzione di tali comunità ed ecosistemi, le interazioni tra gli organismi presenti, può variare da un luogo all'altro. Diverse combinazioni di ecosistemi possono caratterizzare paesaggi molto diversi, che ricoprono vaste aree. Tali modelli spaziali di biodiversità possono essere influenzati dalla geologia, dal clima e dalla fisiologia.

Nell'analisi della biodiversità si deve prendere anche in considerazione la variante del tempo. Gli aspetti spaziali, strutturali e funzionali variano durante lo scorrere del tempo. Prendendo in esame una specie, vi possono essere dei cambiamenti giornalieri, stagionali o annuali degli organismi che la compongono in un determinato ecosistema, sia in termini di individui che come interazione tra loro. Gli ecosistemi anche cambiano di dimensione e forma nel tempo; un ecosistema bosco può variare a causa degli effetti di un incendio naturale, le dimensioni delle zone umide possono variare e così variano le dimensioni del bosco.

Anche guardando con una prospettiva più ampia del tempo, la biodiversità subisce delle variazioni. I processi geologici, come erosioni, tettonica a placche ed orogenesi, le modifiche del livello del mare e i cambiamenti climatici, sono tutti processi che portano a dei cambiamenti significativi a lungo termine nelle caratteristiche strutturali e spaziali della biodiversità del mondo.

La selezione naturale e i processi di evoluzione delle specie, che spesso sono la diretta conseguenza dei fenomeni elencati sopra, portano anche a determinanti cambiamenti nella flora e nella fauna globale e locale.

Pensando alla relazione uomo – natura, persone e scienziati si dividono in due filoni: coloro che considerano gli esseri umani parte della natura e quindi implicitamente della biodiversità e coloro che al contrario circoscrivono la biodiversità alla varietà e variabilità naturale, non tenendo conto di tutti quegli ecosistemi che risultano essere frutto dell'attività umana, anche se spesso risulta essere complicato stabilire l'autenticità di un ecosistema in quanto l'influenza dell'uomo è molto varia e preponderante.

Se si vuole considerare anche gli esseri umani come parte della natura, la diversità culturale delle popolazioni, il modo in cui le popolazioni interagiscono tra di loro e con gli habitat e le altre specie che li circondano devono rientrare a far parte dei componenti della biodiversità. Alcuni studiosi cercano di raggiungere un compromesso fra includere ed escludere l'uomo e le sue attività dalla biodiversità. Essi non prendono in considerazione tutti gli aspetti dell'attività e della cultura umana come parte della biodiversità, ma fanno in modo di comprendere in essa la diversità ecologica, l'evoluzione delle specie domestiche, la ricchezza ecologica e delle specie degli ecosistemi agricoli.

Per quanto riguarda la ricchezza di specie, in generale gli ecosistemi tropicali risultano essere più ricchi rispetto a quelli presenti in altre latitudini. Per cerca di spiegare questo fenomeno, si presume che gli ambienti tropicali, umidi e caldi, con un elevato livello di insolazione, forniscono, in generale, più risorse per la crescita e la riproduzione rispetto agli ambienti che essendo situati in diverse zone della terra risultano essere più difficili per la vita (Hunter, 2002). Quando le condizioni ambientali favoriscono la riproduzione e la crescita dei

produttori primari, come alghe, coralli e flora terrestre, essi possono supportare molti produttori secondari, piccoli erbivori, che a loro volta supportano una fauna di predatori diversificata e numerosa. Diversamente, lo sviluppo di produttori primari negli ecosistemi temperati più freddi è limitato dai cambiamenti della luce e della temperatura, che avvengono nel corso dell'anno con il susseguirsi delle stagioni.

Con le condizioni ambientali favorevoli, come negli ecosistemi tropicali caldi, abbiamo quindi una catena di produttori e consumatori sempre più ricca e altamente diversificata, mentre per quanto riguarda gli ecosistemi presenti nelle zone temperate più fredde saranno meno ricchi in specie. Alcuni scienziati si sono impegnati per provare a sviluppare dei modelli spaziali di biodiversità, che prendano in considerazione come la temperatura ambientale influisce il metabolismo e quindi permetta una ricchezza in numero delle specie, rendendosi però conto che tali modelli non sono ancora ben compresi (Allen et al. 2002).

Da prendere in considerazione non deve essere solo la latitudine del luogo in cui si trova il dato ecosistema, ma anche l'altitudine. Gli orobiomi, cioè gli ambienti montani, sono sottoposti ad una suddivisione verticale in fasce di altitudine, fasce montane, alpine e nivale, che ospitano ecosistemi diversi tra loro (Geston, 1996). Le condizioni climatiche come basse temperature e notevole aridità, che normalmente sono presenti ad elevate altitudini, creano degli ambienti ai quali le specie fanno fatica ad adattarsi e quindi hanno difficoltà a sopravvivervi. Così come in cima ad un monte, anche nelle profondità di oceani e specchi di acque dolci vi saranno meno specie rispetto che in superficie, proprio per l'altitudine, o piuttosto la profondità, non così favorevole alla sopravvivenza. Ciononostante, nei pressi dei fondali marini potrebbe verificarsi una particolare ricchezza delle specie dovuto ad un aumento dell'eterogeneità degli ecosistemi.

Guardando alla biodiversità sulla Terra, vi sono anche dei luoghi importanti per la loro capacità di conservazione. Le aree che presentano un'elevata percentuale di specie endemiche, cioè quelle specie la cui distribuzione è limitata naturalmente a un'area circoscritta, sono di particolare interesse ai biologi conservazionisti. L'importanza di preservare tali luoghi è tale in quanto flora e fauna che vengono ospitate, e quindi i particolari ecosistemi che si vanno a formare, non si trovano da nessun'altra parte. Spesso in tali zone si trova anche un'elevata ricchezza di specie.

L'attenzione posta su aree che presentano alti livelli di diversità ha rivelato che tali aree stanno sperimentando un alto tasso di perdita di ecosistemi, malgrado essi siano dei punti caldi della biodiversità. Vista la ricchezza di biodiversità di tali zone, esse sono il punto focale della priorità per l'azione di conservazione. Un hotspot di biodiversità terrestre è un'area che comprende almeno lo 0,5%, 1.500 dei ca. 300.000 specie di piante verdi, e che ha almeno perso il 70% della vegetazione primaria. (Myers et al. 2000; Conservation International, 2002) Per quanto riguarda gli hotspot della biodiversità marina l'arcipelago filippino e le isole di Bioko, Sao Tomé, Principe e Annobon nell'Atlantico orientale del Golfo di Guinea sono considerati come i luoghi marini ove la biodiversità è più minacciata.

In aggiunta, anche i punti freddi della biodiversità possono essere molto interessanti per i biologi. Questi luoghi sono aree che presentano una diversità biologica relativamente bassa, con al loro interno anche ecosistemi minacciati (Kareiva & Marvier, 2003). Malgrado la povertà di specie nei punti freddi della biodiversità, l'importanza della conservazione di tali luoghi è importante in quanto possono essere dimora di una o più specie rare. Gli ambienti fisici estremi, definiti tali per temperature o pressioni basse o elevate, composizione chimica isolata, spesso abitati da solo una o due specie specificatamente adattate, sono punti freddi che garantiscono la conservazione in quanto sono

ambienti unici che sono fisicamente e biologicamente interessanti.

Per conservare in modo efficace la biodiversità, si deve essere in grado di definire ciò che si vuole conservare, determinarne la posizione attuale, trovare delle strategie per contribuire a monitorarla e conservarla nel tempo se le strategie messe in atto funzionano o meno.

La prima difficoltà si trova nel definire ciò che si vuole conservare in quanto la notevole diversità degli organismi stessi non aiuta. Si arriva ad avere tale differenziazione grazie alla diversità genetica degli organismi, cioè grazie alla variazione del DNA, l'acido desossiribonucleico, che costituisce i geni degli organismi.

I vari livelli di diversità genetica sono all'interno di un singolo individuo, tra diversi individui di una stessa popolazione, tra diverse popolazioni di una stessa specie oppure tra specie diverse.

In alcuni casi può risultare difficile stabilire i confini tra i livelli di diversità. Un esempio è che può essere complicato interpretare se la variazione tra gruppi di individui rappresenti la diversità tra specie diverse o se invece rappresenti la diversità solo tra popolazioni diverse della stessa specie. Ad ogni modo, generalmente, i livelli di diversità genetica vanno a formare una gerarchia adeguata a descrivere la diversità della complessità degli organismi sulla Terra. Anche gli aspetti spaziali e funzionale della biodiversità risultano essere discussi a differenti livelli, comprese differenze all'interno o tra comunità, ecosistemi, paesaggi, regioni biogeografiche ed ecoregioni.

La diversità delle specie è il numero di specie diverse presenti in una determinata area, considerato in base a una misura di abbondanza come il numero di individui. Inoltre, l'uniformità delle specie rappresenta l'abbondanza relativa con cui ciascuna specie è presente in una data area. Un ecosistema in cui tutte le specie sono presenti con lo stesso numero di individui ha

un'elevata uniformità delle specie. Al contrario, un ecosistema in cui gli individui di alcune specie sono molto più numerosi rispetto a quelli di altre specie allora si è in presenza di una bassa uniformità delle specie.

La diversità delle specie può anche essere descritta come la diversità di parentele evolutiva, o filogenetica, delle specie presenti in un'area. In alcune aree potrebbe esserci la presenza di una ricchezza di raggruppamenti di organismi, taxa, strettamente correlati, essendosi evoluti da un antenato comune, mentre in altre aree potrebbero esservi specie meno strettamente correlate discendenti da antenati diversi.

Per poter contare il numero di specie, si deve innanzi tutto definire cosa costituisce una specie. Per definire ciò vi sono differenti teorie, o "concetti di specie" (Mayden, 1997). I concetti maggiormente presi in esame sono: il concetto di specie morfologica, il concetto di specie biologica e il concetto di specie filogenetica. Il concetto di specie morfologica, ampiamente utilizzato malgrado considerato obsoleto, afferma che le specie sono i gruppi più piccoli che sono persistentemente e costantemente distinti e distinguibili con mezzi ordinari. Il concetto morfologico di specie afferma che "una specie è una comunità, o un numero di comunità imparentate, i cui caratteri morfologici distintivi sono, secondo l'opinione di un sistemista competente, sufficientemente definiti da autorizzare essa, o esse, ad un nome specifico" (Regan, 1926: 75).

Il concetto di specie biologica si descrive come "una specie è un gruppo di popolazioni naturali incrociate che è riproduttivamente isolato da altri gruppi simili" (Mayr & Ashlock, 1991, p. 475). Il concetto filogenetico di specie afferma che "è il più piccolo cluster diagnosticabile di un singolo organismo, all'interno del quale esiste un modello genitoriale di ascendenza e discendenza" (Cracraft, 1983, p. 159).

In generale, si raggruppano insieme i campioni in base a caratteristiche condivise, fisiologiche, morfologiche e genetiche.

Nel momento in cui due o più gruppi mostrano diversi insiemi di caratteri condivisi, e i caratteri condivisi per ciascun gruppo consentono di distinguere in modo relativamente semplice e coerente tutti i membri di quel dato gruppo dai membri di un differente gruppo, allora i gruppi sono considerati specie diverse. Tale approccio è basato sull'oggettività del concetto di specie filogenetica (caratteri intrinseci, condivisi, per definire o diagnosticare una specie) e lo si applica alla praticità del concetto di specie morfologica, in termini di classificazione degli esemplari in gruppo. Tutti i concetti di specie sono basati sulla comprensione che esistono parametri che rendono una specie un'entità evolutiva identificabile e distinta.

Nel caso in cui le popolazioni di una specie si isolano, a causa di differenze nella loro distribuzione, portando a isolamento geografico, attraverso differenze nella loro biologia riproduttiva, isolamento riproduttivo, possono differenziarsi, determinando infine la speciazione. Durante tale processo, ci si aspetta di vedere popolazioni distinte che rappresentano specie nascenti e in via di formazione. Anche se alcuni ricercatori definiscono tali specie già delle sottospecie, è molto difficile decidere quando una popolazione è sufficientemente diversa dalle altre da meritare la sua classificazione come sottospecie.

Un'unità evolutiva significativa è definita come un gruppo di organismi che ha subito una significativa divergenza genetica da altri gruppi della stessa specie. Nel 1986 l'identificazione delle unità evolutive significative richiede l'uso di informazioni sulla storia naturale, dati sulla gamma e sulla distribuzione e risulta da analisi di morfometria, citogenetica, allozimi e DNA nucleare e mitocondriale.

La biodiversità globale è spesso considerata come il numero totale di specie che vivono attualmente sulla Terra. Fino ad ora sono state scoperte e descritte scientificamente tra le 1,5 e le 1,75 milioni di specie (Cracraft, 2002). Il numero di specie valido varia molto in parte a causa delle opinioni contrastanti sulla

definizione di specie. In effetti, il concetto di specie filogenetica riconosce più specie rispetto al concetto di specie biologica. In aggiunta, alcune descrizioni di specie appaiono in pubblicazioni vecchie e scarsamente diffuse, così che può capitare che gli scienziati non ne prendano conto, ritrovandosi così a dover descrivere e nominare una specie che in realtà era già conosciuta. Inoltre, alcune specie sono molto difficili da identificare. Diverse specie differenti, ma dall'aspetto simile, identificate come un'unica specie da un certo scienziato, può capitare che vengano identificate come specie completamente differente da un altro scienziato.

Bisogna tener conto che in ogni caso gli scienziati si aspettano che le specie descritte scientificamente rappresentino solo una piccola frazione del numero totale di specie presenti attualmente sulla Terra. Infatti, molte altre specie devono ancora essere scoperte mentre altre sono conosciute ma non sono ancora state formalmente descritte. La stima del numero totale di specie che potrebbero essere presenti sulla Terra potrebbe variare tra le 3,6 milioni e le 117,7 milioni (Cracraft, 2002).

Questo *range* così ampio dipende principalmente da due importanti fattori. In primo luogo, dipende dal fatto che di alcuni gruppi di organismi, come ad esempio i batteri e alcuni tipi di funghi, non disponiamo di dati di base adeguati da cui poter estrapolare il numero totale stimato di specie presenti sulla Terra. Poi, in secondo luogo, il fatto che persone diverse abbiano utilizzato tecniche e insieme di dati differenti per estrapolare il numero totale di specie può dare una spiegazione all'ampio intervallo di cifre.

Whittaker (1972) ha descritto tre termini per misurare la biodiversità su scala spaziale: diversità alfa, beta e gamma. La diversità alfa si riferisce alla diversità all'interno di una particolare area o ecosistema ed è solitamente espressa dal numero di specie in quell'ecosistema. La diversità beta consiste nell'esaminare il cambiamento nella diversità delle specie

presenti in diversi ecosistemi come un bosco indisturbato, un bosco di siepi e un ampio campo seminativo. Praticamente contando il numero totale di specie uniche per ognuno degli ecosistemi confinati. Tale diversità consente quindi di confrontare la diversità tra gli ecosistemi. La diversità gamma è una misura della diversità complessiva dei diversi ecosistemi presenti all'interno di una regione, la "diversità delle specie su scala geografica" (Hunter, 2002: 448).

È complesso determinare il valore della biodiversità. Gli economisti generalmente dividono i valori d'uso della biodiversità in valore d'uso diretto per i beni che vengono direttamente consumati (cibo, legname) e valore d'uso indiretto per quei servizi che supportano i beni che vengono consumati, comprendendo le funzioni dell'ecosistema come il ciclo dei nutrienti. Esistono molteplici valori meno tangibili che vengono definiti valori di non utilizzo o valori passivi, per tutto ciò che non si usa ma che si considererebbe una perdita nel caso dovessero scomparire. In essi si trova il valore dell'esistenza, il valore di sapere che qualcosa esiste anche se non lo si userà o non lo si vedrà mai, il valore del lascito, il fatto di sapere che qualcosa sarà lì per le generazioni future. Il valore potenziale o di opzione si riferisce invece all'uso che qualcosa potrebbe avere in futuro. I valori utilitaristici variano molto. Per alcuni si includono in essi i valori spirituali, culturali ed estetici, come valori d'uso indiretti, mentre per altri si considerano valori di non uso perché i valori d'uso indiretti sono considerati concetti come il ciclo dei nutrienti.

Capitolo 2: Servizi ecosistemici e salute

L'ambiente naturale e gli ecosistemi sani forniscono agli esseri umani molti e differenziati benefici che vengono raggruppati sotto il nome di servizi ecosistemici (Millennium Ecosystem Assessment, 2005). Quando gli ecosistemi si trovano in una situazione di equilibrio e di benessere offrono delle cose come l'aria pulita, la mitigazione delle condizioni meteorologiche estreme, l'impollinazione naturale delle colture, e benessere umano fisico e mentale. Tali benefici stanno divenendo noti proprio come servizi ecosistemici e sono frequentemente parte integrante della fornitura di cibo e di acqua potabile e pulita, della decomposizione dei rifiuti, della resilienza e produttività degli ecosistemi alimentari.

Si può quindi dedurre che il nostro benessere e la prosperità socioeconomica degli uomini dipendono dal buono stato del capitale naturale, compresi quindi gli ecosistemi che diventano i fornitori dei beni e servizi essenziali. Nel caso di perdita di biodiversità un ecosistema può indebolirsi, mettendo a repentaglio l'importante fornitura dei servizi ecosistemici. Il concetto di capitale naturale è stato preso in prestito dal settore economico, per poter indicare in termini monetari, fisici e di benessere il valore offerto agli umani dalla biodiversità.

A livello politico, si possono promuovere e realizzare delle iniziative e degli strumenti per la valorizzazione del capitale ambientale, impostando una contabilità ambientale e favorendo anche l'integrazione della biodiversità negli strumenti di programmazione e nella pianificazione del territorio.

In particolare, attualmente il governo italiano si impegna a valorizzare certe attività come, per esempio:

- Il rapporto sullo stato del Capitale Naturale in Italia
- La promozione del turismo sostenibile

- La mappatura e valorizzazione dello stato di conservazione degli ecosistemi
- Lo studio preliminare “Parchi Nazionali: dal capitale naturale alla contabilità ambientale” (MASE, 2023).

Il mantenimento e anche l'aumento della biodiversità vanno ad avvantaggiare la varietà di servizi ecosistemici a disposizione della società. Si può quindi dedurre l'essenzialità della gestione delle risorse naturali e dei loro servizi, attraverso la comprensione della relazione tra biodiversità e stabilità di un ecosistema.

2.1 Servizi ecosistemici

Attraverso l'analisi dell'impatto delle azioni umane sugli ecosistemi e sul benessere umano, il Millennium Ecosystem Assessment (2005) ha individuato quattro categorie di servizi ecosistemici principali:

- Fornitura
- Regolazione
- Servizi culturali
- Servizi di supporto

Servizi di fornitura.

Generalmente quando si deve pensare ad un servizio fornito dalla natura, il pensiero va subito al cibo. Alberi, verdura, frutta, bestiame e pesci sono a disposizione dell'uomo come prodotti diretti degli ecosistemi. Infatti, un servizio di approvvigionamento è qualsiasi tipo di beneficio per le persone, che può essere estratto dalla natura. Oltre al cibo, altri servizi di approvvigionamento sono l'acqua potabile, legna da ardere, legname, oli, gas naturale, piante che possono essere trasformate in molte cose differenti come vestiti ed altri materiali, e medicinali.

Servizi di regolazione.

Grazie agli ecosistemi si possono avere molti dei servizi di base che rendono possibile la vita alle persone. Le piante puliscono

l'aria e filtrano l'acqua, le radici degli alberi mantengono il terreno in posizione per prevenire l'erosione, i rifiuti vengono decomposti dai batteri e le api impollinano i fiori. Ciascuno di questi processi lavora insieme per rendere gli ecosistemi sostenibili, puliti, resilienti al cambiamento e funzionari. Un servizio di regolazione è il beneficio fornito dai processi ecosistemici che moderano i fenomeni naturali. Essi comprendono l'impollinazione, la purificazione dell'acqua, la regolazione dei parassiti delle colture, la decomposizione, lo stoccaggio del carbonio, il controllo dell'erosione e delle inondazioni e la regolazione del clima.

Servizi culturali.

Mentre l'uomo interagisce ed altera la natura, il mondo naturale ha fatto la stessa cosa nel confronto degli uomini, alterandoci. Esso ha guidato il nostro sviluppo culturale, sociale ed intellettuale essendo una forza costantemente presente nelle nostre vite. L'importanza degli ecosistemi per la mente umana può essere ricondotta agli albori dell'umanità. Un servizio culturale è un beneficio non materiale che contribuisce al processo e allo sviluppo culturale delle persone, compreso il ruolo degli ecosistemi nelle culture globali, nazionali e locali; lo sviluppo della creatività nata dalle interazioni con la natura, come per esempio l'architettura, la musica e l'arte; la costruzione della conoscenza e la diffusione delle idee e la ricreazione.

Servizi di supporto.

Il mondo della natura fornisce all'uomo numerosissimi servizi e a volte capita di trascurare proprio i più fondamentali. Gli ecosistemi stessi senza la coerenza dei processi naturali sottostanti, ciclo dei nutrienti, creazioni dei suoli, ciclo dell'acqua e fotosintesi, non potrebbero essere sostenuti. Tali processi così importanti permettono alla Terra di sostenere forme di vita fondamentali, se non addirittura interi ecosistemi e persone. Senza i servizi di supporto non potrebbero esistere

servizi provvisori (di approvvigionamento), regolatori e culturali.

Servizi Ecosistemici	Processo ecosistemico e/o componente fornitore del SE
Fornitura	
1. Cibo	Presenza di piante, animali commestibili
2. Acqua	Riserve d'acqua potabile
3. Fibre, combustibili, altre materie prime	Specie o materiali minerali con uso potenziale come materia prima
4. Materiali genetici: geni della resistenza ai patogeni	Specie con materiale genetico potenzialmente utile
5. Specie ornamentali	Specie o materiali minerali con uso ornamentale
Regolazione	
6. Regolazione qualità dell'aria	Capacità degli ecosistemi di assorbire composti chimici dall'atmosfera
7. Regolazione del clima	Influenza degli ecosistemi sul clima locale e globale
8. Mitigazione dei rischi naturali	Protezione contro i danni da eventi distruttivi (es. inondazioni)
9. Regolazione delle acque	Ruolo delle foreste nell'infiltrazione delle piogge e graduale rilascio delle acque
10. Assimilazione dei rifiuti	Processi di rimozione e dissoluzione di composti organici e composti chimici
11. Protezione dall'erosione	
12. Formazione e rigenerazione del suolo	Formazione e rigenerazione del suolo (pedogenesi)
13. Impollinazione	Abbondanza ed efficacia degli impollinatori
14. Controllo biologico	Controllo delle popolazioni di infestanti attraverso relazioni trofiche (predatori o competitori "utili")
Supporto	
15. Habitat	Funzionalità di aree di riproduzione, alimentazione e rifugio per specie stanziali e in migrazione
16. Conservazione della biodiversità genetica	Mantenimento di processi evolutivi e della fitness biologica (su base fenotipica e/o genetica)
Culturali	
17. Estetico: valore scenico	Qualità estetica del paesaggio (es. diversità strutturale, tranquillità ecc.)
18. Ricreativo: opportunità per turismo e attività ricreative	Attrattività del paesaggio "naturale" e delle attività all'aperto
19. Eredità culturale e identità	Importanza dei elementi storici e d'identificazione per la comunità locale
20. Educazione e scienza: opportunità per formazione ed educazione formale e informale	Caratteristiche del paesaggio, specie e vegetazioni con importanza culturale, con valore/interesse scientifico ed educativo

TAB. 1
CLASSIFICAZIONE DEI
SERVIZI ECOSISTEMICI

Modello adattato da MEA,
2005 e de Groot, 2009.

Figura 1 Servizi ecosistemici (Fonte ISPRA, 2010)

Foreste e boschi, in quanto sistemi naturali offrono una vasta serie di servizi ecosistemici che fanno parte di tutti e quattro le categorie, fornitura, regolazione, culturali e di supporto (Rete Clima, 2020). Tali servizi possono variare dall'approvvigionamento di prodotti legnosi, e altri prodotti tipici dei boschi, come frutti, tartufi, funghi; altri servizi rientrano nell'assetto idrogeologico, la tutela del suolo, mantenimento della biodiversità, funzioni di assorbimento di carbonio con anche la funzione di contrasto al riscaldamento

climatico, assorbimento di inquinanti particolati ed altri inquinanti aerodispersi e anche funzioni paesaggistico-ricreative e turistiche.

Oltre al carbonio, gli altri servizi ecosistemici di regolazione, come la purificazione dell'acqua e dell'aria o la protezione del suolo, influiscono positivamente sulla capacità che le foreste hanno di limitare i danni provocati dal cambiamento climatico. Per questo motivo, a livello internazionale, si è iniziato a stanziare fondi pubblici e privati atti a sostenere progetti di gestione sostenibile delle foreste, allo scopo di erogare diversi servizi ecosistemici (Brotto et al, 2018).

In generale, un ecosistema possiede equilibrio, o stabilità ecologica, nel caso in cui sia in grado di ritornare in equilibrio dopo una perturbazione, capacità nota come resilienza, o nel caso in cui non subisca nel tempo grandi ed inaspettati cambiamenti nelle sue caratteristiche.

Anche se i termini stabilità ecologica e stabilità della comunità spesso sono intercambiabili, la stabilità della comunità si riferisce solo alle caratteristiche delle comunità. È inoltre possibile che una comunità o un ecosistema siano stabili in alcune loro proprietà e in altre instabili.

La relazione che c'è tra stabilità e diversità è stata diffusamente studiata. La diversità può operare, a varie scale ecologiche, per migliorare la stabilità delle funzioni dell'ecosistema. Ossia, la diversità genetica ha la capacità di aumentare la resistenza alle perturbazioni ambientali. La stabilità può essere influenzata, a livello comunitario, dalla struttura delle reti alimentari. Per quanto riguarda il paesaggio, è stato dimostrato che per avere un aumento delle funzioni dell'ecosistema è importante avere un ambiente molto eterogeneo.

La resistenza è la capacità di un ecosistema di mantenersi inalterato quando viene sottoposto a molteplici o un singolo disturbo. Certi ecosistemi hanno un'elevata resistenza in quanto

sono più bravi di altri a resistere al cambiamento. La resilienza è la velocità e la capacità di un dato ecosistema di riprendersi da un disturbo e ritornare al suo stato originale. Alcuni ecosistemi possono variare notevolmente rispetto al loro stato precedente e in ogni caso ritornare alle condizioni precedenti al disturbo. L'ampiezza è la misura di quanto un ecosistema può spostarsi dal suo stato originale e tornare comunque alla normalità.

La stabilità di un ecosistema viene determinata sia dalla resilienza che dalla resistenza. Entrambi si possono anche verificare a livello di individuo, popolazione e comunità. Un ecosistema può possedere un'elevata resistenza ai disturbi ma una bassa resilienza e viceversa. Una bassa resistenza talvolta può risultare essere vantaggiosa, come negli ecosistemi che fanno affidamento sui disturbi naturali per modificare temporaneamente le loro condizioni al fine di rimanere stabili a lungo termine.

2.2 Servizi ecosistemici e salute dell'uomo

La vita degli esseri umani dipende essenzialmente dalla natura. In effetti, la maggior parte dei beni e dei sistemi che supportano il benessere e la salute possono essere ricondotti al mondo naturale. Purtroppo, i cambiamenti ambientali minacciano la salute umana in diversi modi: la perdita di potenziale, come i nuovi prodotti farmaceutici ispirati alla natura, l'interruzione di essenziali meccanismi naturali, in particolare dell'impollinazione, le minacce dirette alla salute derivanti da eventi estremi e la diffusione di malattie o la scarsità d'acqua.

L'importanza di prendere in considerazione i collegamenti nella pratica e nella politica sottolinea il fatto che si sta iniziando a comprendere come l'ambiente naturale minaccia, sostiene e protegge la salute. Il costante degrado degli ecosistemi e della biodiversità, in futuro metterà a rischio i progressi verso gli obiettivi degli Sustainable Development Goals (SDGs) (United Nations, 2023), in particolare quelli collegati a salute, fame,

povertà, clima, acqua, oceani e terra. La perdita di biodiversità non può più essere considerata una preoccupazione puramente ambientale ma anche una sfida di sviluppo, di sicurezza, economica, morale e sociale che deve essere presa in esame.

Negli ultimi anni, in particolare durante e dopo la pandemia da COVID-19, si è divenuti sempre più consapevoli della necessità di considerare nuovamente le interazioni umane con gli habitat naturali e gli ecosistemi, compresa la particolare attenzione e protezione di quegli ambienti naturali particolarmente vulnerabili. La necessità di agire si rivela essere sempre più urgente, in particolare, dinnanzi ai cambiamenti climatici, all'esaurimento delle risorse, alla variazione della biodiversità e all'insorgere di malattie nuove. Gli esseri umani stanno diventando sempre più coscienti che una migliore protezione dell'ambiente e conseguentemente della sua biodiversità può allo stesso tempo portare grandi vantaggi alle popolazioni della Terra.

Negli ultimi decenni, si è potuto osservare un cambiamento costante del clima. L'aumentare della concentrazione dei gas serra nell'atmosfera ha causato l'innalzamento delle temperature di tutto il globo terrestre. Tale aumento sta diventando la causa di elevate ondate di calore, siccità, incendi boschivi, inondazioni e quindi un obbligato cambiamento degli habitat della Terra e della distribuzione delle specie. Nel mare, l'innalzamento delle acque e l'acidificazione degli oceani portano a modificazioni nelle specie marine.

A livello globale, le azioni umane hanno alterato circa il 75% dell'ambiente terrestre e il 66% di quello marino. Conseguentemente, importanti habitat sono stati persi; nel giro di 300 anni, dal 1700 al 2000, l'85% delle zone umide della Terra son state perse. Ovviamente tali cambiamenti dell'ambiente sono una minaccia per la biodiversità. Nell'arco dei prossimi decenni, si è arrivati alla conclusione che circa un milione di

specie vegetali ed animali sono a rischio di estinzione (ISPRA, 2023).

L'inquinamento del suolo, delle acque e dell'aria è anche un continuum. La natura e gli ecosistemi, ogni anno si trovano a dover affrontare circa 300-400 tonnellate di fanghi tossici, solventi, metalli pesanti e altri rifiuti che vengono scaricati nelle acque mondiali mettendo in grave pericolo ogni forma vivente. Ulteriori danni alla natura e preoccupazioni ambientali sono anche causati dal costante aumento della popolazione e dalla conseguente e crescente impronta ambientale attuata dalle società moderne.

Effettivamente, le risorse naturali nazionali e locali sono messe sotto pressione dalla crescente domanda di produzione di acqua e cibo, energia, mobilità, rifiuti, e da modelli di produzione e consumo che risultano essere insostenibili. Anche l'interdipendenza commerciale tra gli Stati fa in modo che il sovraccarico dell'ambiente sia distribuito in tutti i paesi. Anche l'uomo paga le conseguenze di questi comportamenti così spregiudicati verso la Natura. Ne consegue che la popolazione, che ha una principale tendenza all'invecchiamento, in particolare gli anziani diventano sempre più vulnerabili specificatamente ai cambiamenti climatici estremi come picchi di calore o la diffusione di nuove malattie infettive. D'altra parte, vi è una tendenza da parte delle nuove generazioni di adottare stili di vita più sostenibili, che portano beneficio alla Natura, all'ambiente e alla salute.

Anche per quanto riguarda il suolo, l'uomo ha operato una grande modifica ed alterazione dell'uso e della copertura del suolo. Infatti, si stima che più della metà della superficie terrestre abitabile globale sia già occupata dall'uso umano, con lo sfruttamento dei terreni per l'agricoltura e per le altre attività umane. La perdita di biodiversità è accentuata proprio dall'eccessivo uso di pesticidi, erbicidi, fertilizzanti chimici e dall'omogeneizzazione dei paesaggi. La trasformazione degli

ecosistemi naturali e della biodiversità in sistemi di produzione agricola ha reso possibile un aumento della produzione di cibo ma ha anche causato problemi all'impollinazione, alla regolamentazione delle inondazioni, alla regolamentazione dei parassiti e delle malattie infettive umane non che di altri importanti servizi ecosistemici.

Vi è la previsione che entro il 2050 all'incirca l'85% della popolazione europea vivrà in aree urbane. Tale fenomeno, l'urbanizzazione sia di nuove aree sia l'espansione delle aree già urbanizzate, consuma le aree naturali e causa l'impermeabilizzazione del suolo, con la costruzione di strade in asfalto, che causa un grave rischio per la biodiversità, aumenta il rischio di inondazioni urbane, contribuisce al riscaldamento globale e limita la ricarica delle falde acquifere, portando conseguenze nefaste per il benessere e la salute della Natura e dell'uomo. L'urbanizzazione e la costruzione di strade causano anche la frammentazione degli habitat naturali che conseguentemente può portare ad ulteriore pressione sugli ecosistemi già messi sotto stress a causa della ridotta diversità genetica.

Per gli individui, spesso l'accesso alla Natura e l'esposizione a diversi rischi ambientali dipendono dallo status sociale e dall'ubicazione residenziale. Purtroppo, esistono ancora numerosissime interconnessioni tra disuguaglianze sociali, ambientali e sanitarie. Tra le comunità a basso reddito, minoritarie ed emarginate, l'esposizione ai rischi per la salute ambientale è generalmente molto elevata. E allo stesso modo le opportunità di beneficio per la salute ambientale, come per esempio l'accesso alle aree naturali, sono ingiustamente distribuite.

A livello delle città, gli alberi e gli spazi verdi possono mitigare i rischi di accessi di calore, ma spesso tali spazi nei quartieri più poveri sono meno diffusi. Quindi l'accesso a delle aree verdi, anche solo per fare della semplice attività fisica o ricreativa, può

essere limitato dalla distanza, dalla disponibilità di risorse e dal tempo per recarvisi. In aggiunta, le preoccupazioni per vincoli individuali, sociali e strutturali, e per la sicurezza sono vissuti in modo differente all'interno e tra le popolazioni, influenzando così l'accesso alla Natura e limitando i benefici dell'interazione con essa per alcuni gruppi di popolazione.

A livello globale, le disuguaglianze legate alla Natura sono collocate in modo ingiusto (Bechetti & Forte, 2020). Né gli impatti sugli ecosistemi derivanti dall'emergenza climatica o dalla deforestazione, né le emissioni di carbonio sono equamente distribuite nel mondo: gli impatti negativi maggiori emergono normalmente tra le popolazioni e all'interno delle regioni meno responsabili. L'industria del turismo e l'agricoltura industrializzata per i mercati internazionali comportano disuguaglianze in termini di benefici economici rispetto agli impatti negativi sulla salute e sull'ambiente.

I benefici della Natura per la salute, da fare in modo che vengano mantenuti e soprattutto garantiti, includono numerosi ed importanti servizi ecosistemici. La Natura risulta essere un sistema di supporto vitale per il benessere e la salute umani ed essa svolge tale ruolo attraverso la rete dei servizi ecosistemici, trattati in particolare nella prima parte del capitolo.

Fig. 1. Nature: health's vital support system

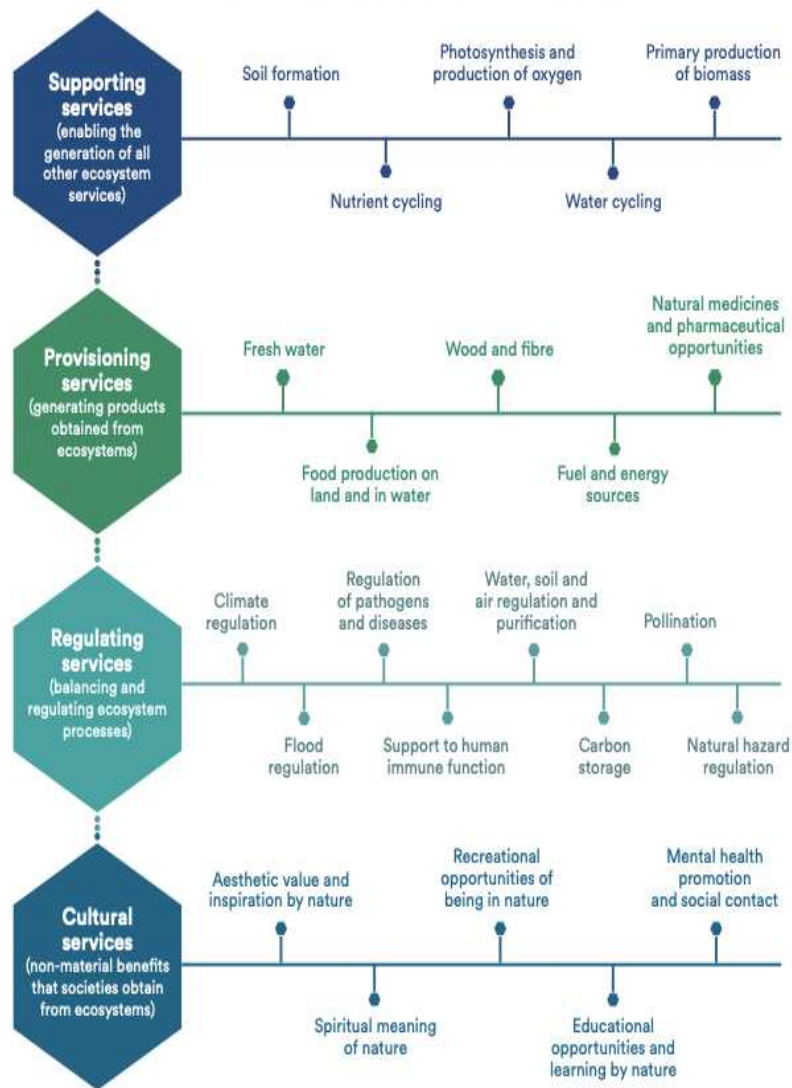


Figura 1 (Fonte: WHO, 2021)

Rischi diretti ed indiretti sono inevitabili nel momento in cui si va a danneggiare la Natura. Tali danneggiamenti possono portare a:

- Minacce all'equilibrio degli habitat e degli ecosistemi e alla biodiversità
- Scarsità d'acqua
- Collasso ecologico, spesso accompagnato da estinzioni di massa
- Eventi estremi che aumentano la loro frequenza
- Diffusione delle malattie e delle specie invasive

- Fallimento dei sistemi alimentari
- Conflitti e migrazione di persone
- Perdita di opportunità di promozione della salute.

La salute umana risulta essere collegata strettamente con la Natura, la biodiversità e quindi all'essere sani di queste entità. In particolare, si può vedere che la salute umana è collegata a:

- Sistemi d'acqua dolce
- Qualità dell'aria
- Coste, mari ed oceani
- Suolo, agricoltura, nutrizione e sicurezza del cibo
- Malattie infettive
- Microbi presenti nell'ambiente e nel corpo umano
- Medicina e sanità
- Accesso alla Natura

2.3 Acqua, aria, suolo

Acqua dolce

La maggior parte dei servizi ecosistemici vengono sostenuti dai sistemi di acqua dolce e da essi dipendono il benessere e la salute degli uomini (EEA, 2021). Oltre al benessere umano anche l'industria, l'agricoltura e molte altre infrastrutture di base dipendono dalla fornitura idrica. La biodiversità è uno dei fattori fondamentali per il buon funzionamento dei sistemi di acqua dolce, attraverso l'azione che svolge come purificatore dell'acqua e il suo ruolo nel ciclo atmosferico, nel controllo dell'erosione e della sedimentazione. La biodiversità è a sua volta sostenuta dalla disponibilità di acqua di buona qualità, fondamentale per la salute umana. Questa disponibilità è messa a rischio oggi da vari fattori. La contaminazione chimica e microbiologica dell'acqua è un problema presente in tutta la regione europea dell'OMS, situazione che mette a rischio la salute e gli ecosistemi. L'accesso all'acqua pulita è fortemente diseguale tra le popolazioni: più di 3 milioni di persone utilizzano l'acqua di superficie per cucinare, lavarsi e bere, e

ancora 16 milioni di persone non hanno accesso ai servizi di base di acqua potabile. Servizi igienico-sanitario e approvvigionamento inadeguati sono ancora la causa di oltre il 20% delle epidemie di malattie infettive analizzate sempre nella regione europea dell'OMS (WHO, 2023)).

La biodiversità è un'importante sostenitrice dei sistemi di acqua dolce. La biodiversità presente nei paesaggi montani, negli ecosistemi forestali, detiene un ruolo determinante nei sistemi che regolano e mantengono il flusso delle acque superficiali. Essa contribuisce alla stabilità del suolo, a ridurre l'erosione e la sedimentazione dei corsi d'acqua. Di conseguenza gli ecosistemi che hanno una buona funzionalità contribuiscono alla sicurezza idrica. Un esempio sono le zone umide sane che forniscono fonti d'acqua per numerosissime persone.

Inoltre, gli ecosistemi funzionanti aiutano a ridurre l'esposizione ai rischi legati all'acqua per la salute. Gli ecosistemi biologicamente differenti, come le zone umide, contribuiscono alla qualità dell'acqua, aiutano nella protezione delle persone contro i rischi biologici e chimici presenti nell'acqua grazie a processi di sedimentazione e filtrazione per rimuovere i nutrienti in eccesso e gli inquinanti.

Grazie al funzionamento degli ecosistemi acquatici si ha anche la protezione della salute umana con la riduzione e la mitigazione di eventuali eventi meteorologici estremi, come per esempio le inondazioni. Purtroppo, alcune problematiche affliggono il sistema di acqua dolce.

La biodiversità e i sistemi idrici che la sostengono e da cui sono sostenuti sono altamente minacciati, vi è stimata una perdita di circa due terzi delle zone umide dell'Unione Europea nell'ultimo secolo. I corpi idrici superficiali e le acque sotterranee sono colpiti dall'inquinamento da fonti puntuali, come gli scarichi urbani e industriali o gli impianti agricoli e il trattamento delle acque reflue; e dall'inquinamento diffuso, vedi il deflusso dall'agricoltura. Anche nei tempi moderni la sicurezza idrica è

ancora una delle sfide più ardue per le risorse naturali. Per questa ragione, anche in Europa una buona parte della popolazione vive in una costante scarsità idrica. Uno dei settori che assorbono maggiormente le risorse idriche, è l'agricoltura assorbendo circa il 59% dell'acqua totale utilizzata in Europa.

La biodiversità è minacciata dalla perdita dei sistemi idrici. In effetti, un terzo della perdita, a livello globale, è stato attribuito al degrado degli ecosistemi acquatici di acqua dolce. Di conseguenza, l'interruzione del ciclo dell'acqua influisce negativamente sulla fornitura e sul funzionamento di tutti gli altri servizi ecosistemici. La perdita di importanti fonti d'acqua è causata dalla decadenza di alcuni ecosistemi funzionanti come, ad esempio le zone umide ricche di biodiversità e le foreste montane.

I processi di purificazione dell'acqua compromessi attraverso la perdita di biodiversità che si situano all'interno degli ecosistemi, possono far crescere i rischi di esposizione ad inquinanti ed altri agenti patogeni per tutti coloro che dipendono direttamente dalle acque superficiali e possono anche far aumentare i costi per le comunità con servizi di trattamento della acqua. La pesca ed altre fonti di sussistenza possono essere influenzati dalla perdita dei processi di rimozione dei nutrienti. Se non gestiti nel modo più opportuno, tutti questi fattori possono influenzare il benessere e la salute umana.

Coste, mari ed oceani

Gli oceani costituiscono più del 95% di tutto lo spazio a disposizione per la vita e ricoprono circa il 71% della superficie del pianeta. I mari, gli oceani e gli ambienti costieri supportano numerosi servizi ecosistemici che apportano molti benefici all'uomo. Infatti, la biodiversità sta alla base della produttività, della resilienza e della stabilità di tali servizi (EEA, 2022).

I benefici di tali spazi per la salute umana contano la produzione di cibo, l'interazione con spazi blu di alta qualità, come le spiagge incontaminate, opportunità farmaceutiche e

biotecnologia marina. Visto da un punto di vista di scala globale, tali ecosistemi acquatici detengono un'influenza significativa sui meccanismi climatici e immagazzinano 16 volte più carbonio della biosfera terrestre. Tali ambienti sono importanti per l'uomo sotto differenti punti di vista. Grazie alla fotosintesi, gli ecosistemi costieri ed oceanici rilasciano ossigeno, regolano i nutrienti e sequestrano il carbonio.

Ciononostante, l'inquinamento, l'acidificazione e il riscaldamento degli oceani potrebbero influenzare le funzioni di regolatore che svolge l'oceano e, insieme alla perdita di biodiversità marina, potrebbe essere la causa dell'accelerazione degli effetti del cambiamento climatico con la manifestazione, ad esempio, di eventi più estremi, innalzamento del mare conseguente allo scioglimento delle calotte polari.

L'opportunità di accedere agli spazi blu è risultato che abbia degli importanti benefici per la salute fisica e mentale, in particolare per le persone più svantaggiate in ambito socioeconomico. Infatti, sempre più prove effettuate in differenti paesi stanno dimostrando che le interazioni dirette con gli oceani e i mari possono portare a dei benefici per la salute pubblica, tra cui risultano una maggiore tendenza all'attività fisica e un miglioramento del benessere mentale.

Alcune condizioni di salute croniche, ad esempio il diabete, possono essere prevenute grazie al consumo di frutti di mare che forniscono degli importanti nutrienti essenziali, come proteine e acidi grassi omega - 3. La pesca e l'acquacoltura, a livello globale sono delle importanti fonti di occupazione, benefici culturali e svago. La biodiversità costiera fornisce quindi importante reddito e nutrimento dai prodotti ittici. Gli ambienti costieri sono importanti zone di riproduzione e alimentazione per le specie ittiche selvatiche, e sempre più per la produzione dell'acquacoltura. Tuttavia, è importante prestare grande attenzione per garantire che i prelievi dei prodotti ittici non superino la loro capacità di rigenerarsi.

Gli ecosistemi oceanici e costieri funzionanti sono inoltre una fonte di medicine del futuro e di biotecnologia. Difatti, molti prodotti farmaceutici, che comprendono farmaci antitumorali e composti antivirali, sono composti da sostanze farmaceutiche di derivazione marina e sono già in uso. In aggiunta, con molte specie marine ancora ignote, i mari rappresentano una fonte unica di prodotti naturali in gran parte inesplorati, tra cui si immagina possano esservi integratori alimentari, medicinali, biomateriali ed enzimi.

Le maggiori pressioni che tale ambiente subisce sono la pesca eccessiva, lo sviluppo urbano, la perdita di habitat costiero, il cambiamento climatico, il deflusso dell'inquinamento, le specie invasive. In particolare, l'inquinamento chimico, e non solo, è oltremodo impattante nei mari e negli oceani di tutto il pianeta. Esso avviene attraverso la contaminazione atmosferica, terrestre e attraverso lo scarico diretto negli oceani.

Uno dei problemi più rilevanti riguardo a questo tema è la presenza delle microplastiche negli ecosistemi marini. Le conseguenze della presenza delle microplastiche sono la minaccia diretta delle specie marine ma anche l'inquinamento della catena alimentare marina che inevitabilmente entra in contatto con quella umana portando a malattie acute e croniche. La maggiore perdita di biodiversità in tali ambienti oceanici e marini deriva dal fatto che essi hanno per lungo tempo immagazzinato la maggior parte del calore in eccesso generato in particolare dai cambiamenti climatici. Da ciò consegue che l'aumento della temperatura e l'acidificazione degli oceani vanno ad incidere su numerosissimi ecosistemi oceanici e sui loro servizi associati. Il declino della pesca dovuto all'eccessivo sfruttamento può addirittura arrivare a mettere in pericolo la vita umana. Il degrado degli ambienti costieri può portare ad un aumento del rischio di inondazioni costiere, in particolare se associato all'innalzamento del livello del mare e alla sempre maggiore frequenza delle tempeste.

Qualità dell'aria

La cattiva qualità dell'aria è una tra le prime cause di morte prematura dovuta a fattori ambientali in Europa e inoltre ha anche notevoli conseguenze economiche. Infatti, essa riduce la produttività economica e aumenta i costi sanitari a causa della cattiva salute dei lavoratori. Una buona qualità dell'aria è necessaria anche per la biodiversità. Una cattiva o scarsa qualità dell'aria nuoce ai raccolti, ai laghi e ai fiumi, al suolo e alle foreste, mentre gli inquinanti atmosferici fanno danno anche alle infrastrutture costruite (EEA, 2023).

Gli ecosistemi e la biodiversità contenuta in essi svolgono un ruolo oltremodo importante per la regolazione della qualità dell'aria sia globale che locale. Alberi e foreste producono ossigeno e immagazzinano anidride carbonica e detengono anche la capacità di pulire l'ambiente atmosferico. Purificando e raffreddando l'aria, gli alberi e le piante aiutano a rendere l'aria più sicura per la respirazione e forniscono benefici agli habitat naturali.

L'importanza dell'aria per la salute umana è sottolineata dal fatto che è stato dimostrato che la scarsa qualità dell'aria è un fattore che contribuisce alla mortalità influenzando i sistemi respiratorio, metabolico e cardiovascolare. Per quel che riguarda l'esposizione al particolato, in particolare nella regione europea dell'OMS, essa riduce l'aspettativa di vita di ogni persona e la causa è principalmente l'aumento del rischio di malattie che coinvolgono l'apparato respiratorio e quello cardiovascolare, oltre al cancro ai polmoni. Il particolato risulta quindi essere l'inquinante atmosferico che causa la mortalità e i problemi sanitari più rilevanti.

La biodiversità è direttamente coinvolta nel servizio ecosistemico importante della regolazione della qualità dell'aria, invero gli alberi hanno la possibilità rimuovere l'inquinamento atmosferico attraverso le loro foglie. Le chiome degli alberi hanno l'importante compito di raffreddare l'aria e di impedire

all'inquinamento presente nell'alta atmosfera di raggiungere il suolo. Inoltre, nelle città gli alberi ricoprono anche il ruolo di favorire lo stoccaggio degli inquinanti atmosferici.

Gli ecosistemi funzionanti e sani possono quindi ridurre l'esposizione ai rischi per la salute legati alla qualità dell'aria. Ecosistemi diversi, attraverso l'evaporazione e la filtrazione possono prendere parte al mantenimento di una buona qualità dell'aria.

Anche le infrastrutture naturali sono sostenute dalla biodiversità. Essa, in particolare la biodiversità vegetale, entra in interazione con la qualità dell'aria per aiutare a prevenire, per esempio, l'impoverimento del suolo causato dall'eccesso di azoto, facendo sì di mantenere un suolo sano per la fornitura di acqua e cibo.

Le principali problematiche per il sistema della qualità dell'aria sono il continuo uso della combustione di combustibili fossili per il riscaldamento e l'agricoltura. Per quanto riguarda i trasposti, essi rappresentano più di un quarto delle emissioni totali di gas serra e di altri inquinanti. Da questo ne consegue che il cambiamento climatico influisce sulla qualità dell'aria ed essa può influenzare il cambiamento climatico: si può vedere che l'ozono nell'atmosfera riscalda il clima, e differenti componenti del particolato possono influenzare il riscaldamento o il raffreddamento del clima. La perdita del funzionamento degli ecosistemi o il loro degrado può comportare un peggioramento della qualità dell'aria e anche una riduzione dello stoccaggio del carbonio e un conseguente aumento delle emissioni di gas serra. Le specie vegetali che compongono gli ecosistemi vegetali hanno un diretto impatto sulla gestione della qualità dell'aria. Gli alberi piantati nelle aree urbane, spesso hanno la sola ed apparente funzione di fattore estetico, mentre la diversità arborea può influenzare la salute umana in termini di capacità di aggiungere o rimuovere gli inquinanti atmosferici: alcune specie sono in grado di migliorare la qualità dell'aria in quanto hanno

la capacità più affermata di tollerare l'inquinamento, mentre altre specie possono produrre pollini e quindi aumentare l'inquinamento atmosferico.

Si può così dedurre che garantire una buona qualità dell'aria equivale a garantire una biodiversità vegetale ricca. Generalmente la scarsità dell'aria colpisce le piante, con sostanze come l'ozono, il biossido di zolfo e di azoto che ne danneggiano le foglie. Le membrane delle piante e i principali impollinatori subiscono dei danni da parte dell'aumento dell'ozono a livello del suolo, in questo modo i processi necessari per la crescita e lo sviluppo delle piante sono messi a rischio.

Suolo, agricoltura, nutrizione e sicurezza alimentare

Il suolo fertile è condizione non eliminabile per la crescita della vegetazione e quindi un requisito fondamentale per gli ambienti naturali e per la produzione alimentare globale (EEA, 2020). Perdite irreversibili sono state causate dalla concentrazione in aree ristrette della popolazione e delle attività e dai cambiamenti del clima. Il degrado del suolo influisce sulla sua propria qualità e porta ad un aumento del deflusso delle acque superficiali, influenzando di conseguenza anche gli ecosistemi acquatici.

Per fare in modo che una dieta sana sia possibile per tutti, gli alimenti devono essere accessibili e per fortuna l'interesse nella comprensione del ruolo del sistema alimentare nella salute è in aumento. Al contrario, la cattiva alimentazione attualmente è identificata come uno dei principali fattori di rischio per le malattie non trasmissibili, come ictus, diabete, infarto e tumori. Tali malattie sono principalmente causate da diete inadeguate, che vedono un'eccessiva assunzione di grassi e carboidrati raffinati a discapito di frutta e verdura provocando oltre tutto anche situazioni di obesità. In aggiunta, il 45% delle morti dei bambini in età inferiore ai 5 anni, a livello globale, è attualmente collegato a problemi di malnutrizione.

Nell'Unione Europea, nel 2015 circa, il 41% della superficie era utilizzata per l'agricoltura. Bisogna però sottolineare che, in particolare a livello globale, l'agricoltura è la responsabile di oltre un quarto delle emissioni di gas serra e dell'inquinamento delle acque dolci e salate a causa del deflusso dei nutrienti, tutto questo porta ad un'importante perdita della biodiversità.

Il suolo è il materiale sulla Terra biologicamente più diversificato e contribuisce al ciclo di molti nutrienti, come quello dell'azoto e del carbonio. La diversità biologica degli organismi del suolo risulta essere fondamentale per tutti gli ecosistemi, dato che contribuisce alla degradazione della biomassa e alla formazione del suolo e ad altre importanti funzioni. La sicurezza alimentare e la fornitura di alimenti necessari per delle diete sane ed equilibrate sono date dalla biodiversità presente all'interno dei sistemi agricoli. Risulta che l'agricoltura basata sulla biodiversità è molto più resistente agli stress estremi e agli shock, compresi quelli che si verificano a causa dei cambiamenti climatici.

La biodiversità agricola influisce direttamente sulla nutrizione, visto che la perdita di diversità tra le specie di produzione causa ovviamente minori opzioni di consumo. Risulta quindi essere essenziale una produzione agricola in grado di preservare sufficienti caratteristiche dell'habitat selvatico per poter mantenere viva la biodiversità, utilizzano ad esempio specie autoctone, difesa della diversità all'interno delle colture e delle razze animali e rotazioni delle colture.

Le difficoltà relative al suolo sono principalmente legate alla necessità di sempre più persone che richiedono di essere nutrite e il relativo aumento del consumo di carne aumentano la richiesta di terreni da coltivare e conseguentemente di acqua. Ne consegue direttamente che la quantità di suolo coltivabile sta continuando a diminuire a causa della perdita di biodiversità delle piante, degli impollinatori e del suolo. Anche l'uso eccessivo dei prodotti ha delle conseguenze nefaste come le

monocolture, la desertificazione e lo sfruttamento eccessivo e sempre esagerato di tutte le risorse.

Vi è anche la problematica che la conversione del suolo dall'uso del suolo da produzione alimentare a produzione di energia ha un effetto ulteriormente di appesantimento sulle risorse dei terreni coltivabili. La perdita di biodiversità causa oltretutto anche l'impoverimento del suolo nella capacità di formazione e la decomposizione della materia organica. Tali fenomeni possono portare all'aumento dell'erosione del suolo, la riduzione della capacità di stoccaggio di acqua e nutrienti e la limitazione della crescita delle piante, con quindi i suoli sempre meno produttivi e meno fertili e una sempre maggiore vulnerabilità degli ecosistemi.

In contemporanea, la biodiversità agricola ed alimentare è in continuo declino. I moderni sistemi agricoli sono tipicamente basati su un esiguo numero di varietà e di specie di animali e piante, spesso coltivate nelle così dette monocolture, in grandi campi vengono coltivati un solo tipo di colture, e sotto l'effetto del controllo della fertilità del suolo, delle erbe infestanti e dei parassiti. Di tal declino, ne pagano le conseguenze anche altri organismi, come per esempio gli insetti impollinatori, i microorganismi e gli invertebrati la cui dimora è proprio il suolo.

2.4 Biodiversità e malattia

Due tipi di malattie possono essere considerate dal punto di vista della relazione fra biodiversità e malattia (ISPRA, 2023). Le malattie infettive possono essere causate dall'esposizione diretta a determinati organismi che si identificano in virus, batteri, parassiti e funghi. Le malattie zoonotiche sono infezioni o malattie trasmesse dagli animali vertebrati all'uomo. Le zoonosi infettive comprendono numerose nuove malattie e altre che sono già esistenti negli uomini e sono classificabili in tre differenti categorie:

- Malattie a trasmissione diretta

- Malattia trasmessa da vettori, ove un vettore, come una zecca, trasporta un agente patogeno proveniente da un animale all'uomo.

- Malattie causate da parassiti che infestano l'uomo

I collegamenti tra biodiversità e malattie infettive risultano essere alquanto complessi. Infatti, elevati livelli di biodiversità possono collegarsi a un aumento del rischio di diffusione di malattie e allo stesso modo una perdita di biodiversità può provocare un aumento del rischio di malattie infettive, poiché un livello inferiore di biodiversità può aumentare il rischio di diffusione di agenti patogeni zoonotici riducendo quindi la prevalenza degli agenti patogeni tra una varietà di specie ospiti. Tale rischio potrebbe ulteriormente essere aggravato dalla distruzione degli ecosistemi locali e dalla conseguente riduzione della biodiversità locale, facendo aumentare le interazioni uomo – patogeno e influenzando le interazioni interne delle specie e l'equilibrio dell'ecosistema.

Malgrado le interazioni tra essere umani, vettori e agenti patogeni e fauna selvatica siano alquanto complicati, si pensa che dovrebbero essere applicate delle strategie sensibili per poter gestire l'ambiente in favore alla promozione della conservazione della biodiversità e allo stesso tempo che cerchino di ridurre i rischi di malattie infettive. Si deve però anche prendere in considerazione che gli agenti patogeni sono principalmente componenti naturali degli ecosistemi, ai quali gli esseri umani sono da sempre esposti. Quindi, la distruzione degli ecosistemi e i conseguenti cambiamenti della biodiversità modificano i rischi di malattie umane modificando la distribuzione temporale e geografica dell'esposizione ad agenti patogeni già noti. Tutto ciò comporta la possibile comparsa di nuove malattie infettive per l'uomo. Gli ecosistemi non più in buona salute possono fare in modo che alcune specie diventino ulteriormente dominanti ed altre specie invasive si possano stabilire.

Microbi nell'ambiente e nel corpo umano

Tra i microorganismi vengono inclusi virus, batteri, archea, funghi e protisti. Negli ambienti naturali e negli esseri umani, i microorganismi danno vita a delle comunità complesse che vengono composte da migliaia di individui provenienti generalmente da più specie. Si può quindi dire che i microorganismi si trovano in ogni tipo di ambiente terrestre: sorgenti idrotermali, calotte polari, nelle profondità degli oceani e nell'aria. Essi risultano essere invisibili ad occhio nudo ma non per questo sono meno importanti, svolgono infatti un ruolo fondamentale nel funzionamento di tutti gli ecosistemi, compreso all'interno del corpo umano (ISS, 2020).

Negli ambienti naturali, i microbi svolgono importanti servizi ecosistemi, come per esempio la fissazione del carbonio e dell'azoto, la produzione di ossigeno, il ciclo dei nutrienti e la decomposizione, e sono molto importanti in ambiti come la farmaceutica. I microbi che si trovano negli esseri umani supportano ed eseguono dei processi importanti come la scomposizione del cibo, consentono l'assorbimento di nutrienti essenziali e regolano il sistema immunitario. Un microbiota sano e ricco di biodiversità è alla base della salute e del benessere umano. Le comunità simbiotiche del microbioma umano si trovano nei tratti gastrointestinale, respiratorio ed urogenitale, sulla pelle, e sono assolutamente importanti sia per la salute mentale che fisica dell'uomo. Una ricca biodiversità nel microbioma intestinale aiuta a mantenere e raggiungere varie funzioni.

I microbi umani ed ambientali interagiscono e si pensa che la biodiversità su grande scala supporti la diversità microbica, che a sua volta supporta un microbioma umano diversificato e sano. Una serie di interazioni con l'ambiente, come l'acqua, i cibi e i farmaci, possono far sì di introdurre fattori che supportano o promuovono la crescita di certi microbi. La perdita di microbioma umano è stata legata a varie malattie come il

diabete, l'obesità, le malattie autoimmuni e l'asma, tutte non trasmissibili.

Nel ciclo continuo di interazione tra uomo e Natura, si può vedere che la gran parte degli antibiotici ad uso umano ed animale sono contenuti negli escrementi che si diffondono nell'ambiente. Tale dispersione va a colpire i microbi non bersaglio primario e vanno di conseguenza a creare una resistenza antimicrobica nei microbi e negli agenti patogeni, mettendo così a rischio l'efficacia della prevenzione e del trattamento delle malattie infettive. Inoltre, la continua urbanizzazione può portare ad un allontanamento dell'uomo dall'interazione con la Natura causando una potenziale modifica nel microbioma umano.

Nell'ambiente le comunità microbiche sono ben adattate alle nicchie che occupano e risultano essere responsabili di numerosi processi necessari per la salute e la vita umana. Se dovessero avvenire dei grandi ed improvvisi cambiamenti all'interno degli ambienti di tali microbi, essi possono alterare la composizione e la struttura delle comunità e le comunità stesse possono essere lente a riprendersi dai cambiamenti subiti. Il microbioma umano è oltremodo sensibile e profondamente connesso al microbioma ambientale. L'interruzione delle comunità microbiche nell'ambiente e i cambiamenti nel modo in cui gli esseri umani sono esposti a tali comunità possono portare a cambiamenti nel microbioma umano, con potenziali conseguenze sulla salute.

Medicina e sanità

Come in tutti gli ambiti della vita, la biodiversità risulta essere essenziale nella fornitura di prodotti sanitari e farmaceutici. Interi ecosistemi, piante e animali costituiscono componenti della medicina tradizionale. Infatti, circa un terzo dei farmaci moderni deriva direttamente da composti presenti in Natura e molti ulteriori farmaci sono progettati per imitare i prodotti naturali.

Nella medicina tradizionale, i prodotti animali e vegetali sono utilizzati come trattamenti medici attraverso l'applicazione o il consumo. La medicina tradizionale può inoltre sostenere la salute facendo in modo di sviluppare conoscenze, competenze e capacità all'interno delle comunità e attraverso il suo contributo dell'economia locale. Composti presenti nei medicinali che includono antibiotici, antiparassitari, antivirali, anestetici, farmaci che offrono sollievo dal dolore, che riducono la pressione sanguigna e curano vari tipi di cancro, derivano dalle piante, dagli animali, dai funghi e dai microbi e sono il risultato di processi evolutivi volti a produrre difese contro l'invasione o i parassiti.

Nella medicina tradizionale la perdita di biodiversità influisce piante, animali e luoghi che sono largamente utilizzati. Come spesso succede, le persone che dipendono dalla biodiversità locale per l'assistenza sanitaria e il reddito appartengono ai gruppi sociali più poveri. L'utilizzo della conoscenza tradizionale aumenta notevolmente la possibilità che i chimici trovino composti con proprietà medicali e la perdita di tale conoscenza va anche a discapito di tali scoperte. Le estinzioni compromettono la capacità degli umani di sviluppare e cercare nuovi farmaci e prodotti farmaceutici. È quindi fondamentale poter conservare non solo le specie note ma anche tutte le specie non ancora scoperte e gli habitat che potrebbero ospitarle.

Accesso alla Natura

Alla salute fisica e mentale giova del contatto con la Natura e della possibilità di frequentazione di spazi blu e verdi di alta qualità (White, et al., 2019). Attraverso degli studi si è potuto associare ad una maggiore esposizione agli spazi verdi indicatori di buona salute, come pressione sanguigna basse, e una salute migliore auto - dichiarata. Il fatto di trascorrere molto tempo in Natura è stato anche associato a un minor rischio di condizioni di salute specifiche, ad esempio condizioni di parto pretermine, diabete di tipo due, basso peso alla nascita e ad un ridotto rischio

di morte per tutte le cause. Tutti questi benefici per la salute si pensa che derivino dalla possibilità di accedere a spazi sicuri per attività fisica, ristoro e relax e possibilità di trascorrere del tempo in compagnia di amici e parenti.

Alcune stime derivanti da studi riportano che entro il 2030 la depressione sarà la principale causa di malattie a livello globale, dato che già oggi la salute mentale è quella che preoccupa di più. Trascorrere del tempo nei luoghi verdi porta a benefici effetti per la salute mentale dato che danno la possibilità di svolgere attività fisica e quindi di alleviare lo stress che diviene ingente soprattutto se si vive nelle grandi metropoli. Accedere alle aree verdi, soprattutto nelle città, ha dimostrato che abbassa la richiesta di medicinali antidepressivi, soprattutto tra le persone più povere.

Anche la soddisfazione di vita e la felicità sono strettamente collegate ad una assidua frequentazione degli ambienti naturali. Le caratteristiche che gli spazi verdi e blu è importante che abbiano per avere un impatto positivo e più profondo sul benessere mentale e fisico delle persone, sono principalmente essere esteticamente attraenti, ed essere luoghi in cui le persone possano sentirsi al sicuro, anche una maggiore biodiversità aiuterebbe in questo senso. La perdita e la riduzione delle zone verdi accessibili alla popolazione, può portare alla perdita di opportunità per la promozione della buona salute sia fisica che mentale. Questo fenomeno si sviluppa in particolare nelle aree altamente urbanizzate dove la crescita e l'espansione della popolazione causa la riduzione e il sovraffollamento delle zone verdi disponibili. Purtroppo, le campagne non sfuggono a tale pericolo in quanto spesso le coltivazioni intensive causano la perdita di spazi verdi sani accessibili a favore dei campi sfruttati.

Capitolo 3: Educare alla salute delle persone e del pianeta

Oggi vi è una crescente consapevolezza di come le attuali crisi ambientali, sociali e sanitarie siano strettamente interconnesse. In modo particolare, la pandemia del COVID-19 ha reso evidente che per promuovere la salute umana occorre promuovere la salute del pianeta che abitiamo. L'OMS definisce la salute umana come “stato di completo benessere fisico, sociale e mentale, e non soltanto l'assenza di malattia o di infermità” (OMS, 2011). Inoltre, la salute planetaria viene definita come “il più elevato livello di salute, benessere ed equità raggiungibile in tutto il mondo [...] determinante per il futuro dell'umanità e dei sistemi naturali terrestri che definiscono i confini ambientali entro i quali l'umanità può svilupparsi” (Planetary Health Education Framework, 2021, p.2).

A scuola la promozione della salute umana deve avvenire attraverso sia l'educazione alla salute vera e propria da parte degli insegnanti durante le ore curricolari, che il tempo impiegato per creare un contesto, delle situazioni e un curriculum scolastiche che diano adito alla all'educazione della salute stessa. Infatti, è fondamentale prendersi cura del contesto scolastico come eco-socio-sistema così da favorire un buon livello di salute. Contesto e salute sono strettamente collegati e per promuovere la salute la scuola si deve occupare anche delle relazioni sociali e delle condizioni di vita degli alunni.

Allo stesso tempo, collegare l'educazione alla salute all'educazione alimentare e all'educazione ambientale significa promuovere l'educazione sanitaria planetaria in maniera trasversale nei curricoli scolastici. Questo permetterà alla scuola di realizzare percorsi transdisciplinari e raggiungere livelli crescenti di consapevolezza e capacità di agire per proteggere e ripristinare la salute planetaria e umana.

3.1 Costruire un ambiente di apprendimento che promuova la salute

In Italia, la legge 162/1990 affidava al Ministero della PI il compito di “coordinare e promuovere nelle scuole di ogni ordine e grado attività di educazione alla salute e di informazione sui danni derivanti dall'alcolismo, dal tabagismo, dall'uso delle sostanze stupefacenti o psicotrope, nonché dalle patologie correlate”. Successivamente ci sono state leggi, circolari e ordinanze che hanno delineato il senso generale dell'educazione alla salute nella scuola. Oggi il documento di riferimento per le scuole italiane fino all'età di quattordici anni è *Le Indicazioni nazionali per il Curricolo della Scuola dell'Infanzia e del Primo Ciclo d'istruzione* (2012). In seguito, la Regione Autonoma Valle d'Aosta ha introdotto il documento *Adattamenti alle necessità locali della Valle d'Aosta delle Indicazioni nazionali per il curriculum della scuola dell'infanzia e del primo ciclo di istruzione* (2016).

Per quel che riguarda le Indicazioni nazionali e l'educazione alla salute e alla corretta alimentazione, fin da quando i bambini si trovano a frequentare la scuola dell'infanzia, ed in seguito per tutto il percorso scolastico, l'accento è posta sull'insegnamento e il buon esempio da parte degli insegnanti, degli educatori nonché dei genitori di tutti quei valori che aiutano i bambini a sviluppare buone pratiche di igiene personale e di giusta alimentazione.

Si può infatti leggere nel “Profilo delle competenze al termine del primo ciclo di istruzione”: “Lo studente al termine del primo ciclo [...] Ha cura e rispetto di sé, come presupposto di un sano e corretto stile di vita” (MIUR (2012, p. 16).

Guardando con uno sguardo più dettagliato i diversi periodi dell'apprendimento, per quanto riguarda la scuola dell'infanzia gli autori trattano il tema della cura di sé dell'igiene e della giusta alimentazione della sezione intitolata “Il corpo e il movimento”,

specificando in questo modo riguardo a tale importante tematica: “... Le attività informali, di routine e di vita quotidiana, la vita e i giochi all’aperto sono altrettanto importanti dell’uso di piccoli attrezzi e strumenti, del movimento libero o guidato in spazi dedicati, dei giochi psicomotori e possono essere occasione per l’educazione alla salute attraverso una sensibilizzazione alla corretta alimentazione e all’igiene personale” (p. 26)

Per i traguardi di sviluppo della competenza viene specificato che “Il bambino [...] adotta pratiche corrette di cura di sé, di igiene e di sana alimentazione” (p. 26).

Importante è anche l’aspetto espresso all’inizio del primo ciclo d’istruzione, su come l’importanza di prendersi cura del proprio corpo, di cercare di capire il mondo e rendersi sempre più consapevoli che le scelte fatte portano a delle conseguenze sono delle capacità che la scuola intende sviluppare ed aiutare a migliorare per poter affrontare in modo consapevole la vita e le scelte migliori da prendere. A questo proposito, si afferma che: “La scuola propone situazioni e contesti in cui gli alunni riflettono per capire il mondo e se stessi, diventano consapevoli che il proprio corpo è un bene di cui prendersi cura, [...] riflettendo sul senso e le conseguenze delle proprie scelte” (p. 31).

Grazie all’educazione alla cittadinanza viene posto come aspetto importante il fatto di imparare a prendersi cura degli altri, di sé stessi e dell’ambiente in modo tale che poi in futuro, quando gli alunni cresceranno, avranno già le basi per poter capire l’importanza della cooperazione e della solidarietà per così cercare di formare dei cittadini che siano cooperativi e collaborativi in una convivenza civile positiva (p. 33).

Al termine della scuola primaria, per quanto riguarda i traguardi per sviluppo delle competenze relative alla materia Scienze, nel percorso previsto per la scuola primaria, si prevede lo sviluppo della curiosità nei confronti del mondo, cercando delle spiegazioni per i fenomeni che lo circondano seguendo il metodo

scientifico ponendosi quindi domande, basandosi su delle ipotesi sviluppate personalmente o lavorando in gruppo con i compagni e cercando di fare in modo di realizzare dei semplici esperimenti. Si cerca di fare in modo che gli alunni entrino in contatto con gli aspetti quantitativi e qualitativi dei fenomeni, come riconoscere le caratteristiche principali degli organismi vegetali ed animali e che studino il corpo umano con i principali organi e gli apparati e inoltre, “ha cura della sua salute” (p. 67). Solo con il termine del primo ciclo d’istruzione, arrivati alla fine del quinto anno della scuola primaria, vi è la specifica indicazione che ogni alunno deve “Avere cura della propria salute anche dal punto di vista alimentare e motorio” (p. 68).

Grazie a delle uscite didattiche organizzate in modo funzionale, gli alunni possono avere la possibilità di fare esperienza delle piante, degli animali, dei diversi ambienti che si trovano intorno alla scuola o in luoghi non troppo lontani da poter raggiungere comodamente. Importante anche per avere uno sguardo critico e consapevole è prendere conoscenza delle diverse tipologie di ambienti, quelli naturali che comprendono i cambiamenti operati dal vento, pioggia, sole, scorrere dell’acqua, e invece gli ambienti antropizzati con costruzioni, coltivazioni e grandi industrie.

Attraverso l’insegnamento delle scienze motorie, inoltre, gli alunni hanno la possibilità di interfacciarsi a dei giusti stili di vita, che prevedano delle abitudini corrette e sane come seguire una dieta equilibrata e salutare, praticare sport e promuovere il movimento come base per una vita salubre e per così prevenire tutti quei disturbi molto dannosi per la salute come sovrappeso, uso di sostanze che trascinano nella dipendenza (p.76). Inoltre, grazie all’attività motoria i bambini possono essere portati a conoscenza, attraverso la pratica dell’attività motoria in natura, dell’importanza dei valori non solo della salute umana e anche la salute dell’ambiente.

La scuola ha l'importante compito di formare gli alunni anche sull'uso delle tecnologie, non solo le tecnologie intese come pc, cellulari e simili, ma anche le tecnologie che permettono all'uomo di agire sull'ambiente per renderlo più adatto a soddisfare lo spirito di sopravvivenza e la necessità di appagare e soddisfazione i suoi bisogni.

Inoltre, si enfatizza come le risorse devono essere utilizzate nel modo più consapevole per fare in modo che non vengano sprecate, usate male e che ne rimangano a sufficienza per le generazioni future. La scuola ha il compito così di insegnare a tutti i bambini il valore di tali risorse e l'importanza che esse hanno per la popolazione umana e il benessere della Terra (p.79). Anche negli *Adattamenti delle Indicazioni nazionali*, si afferma quanto sia importante che gli alunni al termine del primo ciclo di istruzione siano in grado di prendersi cura di sé stessi e di conseguenza mettere in pratica un corretto e sano stile di vita (p.10).

Per quanto riguarda lo stato di salute complessiva, si ritiene che, grazie allo sviluppo del pluralismo linguistico e culturale, conosciuto come *Eveil aux langues*, i bambini abbiano una possibilità ulteriore di prendere coscienza della propria personalità e della propria identità plurilingue. Inoltre, attraverso l'ambiente multilingue e la pratica di un approccio interculturale, la curiosità viene stimolata e il rispetto e l'accoglienza sono promossi (p.12).

Nella scuola primaria, per lo sviluppo del curricolo di scienze si prevede che in classe vengano utilizzate tutte e tre le lingue curriculari presenti nelle scuole valdostane (italiano, francese, inglese), e che tutti gli argomenti siano trattati in tale disciplina in modo esperienziale, così da favorire un apprendimento per scoperta di tutto quello che riguarda la scienza a scuola, compresa la relazione fra salute e ambiente (p.26).

Per quanto riguarda l'insegnamento dell'educazione fisica, visto che essa prevede prevalentemente gesti e movimenti, per fare in

modo di far apprendere agli alunni l'importanza del movimento per promuovere un corpo sano, ci si sofferma su come essi possono diventare fondamentali anche per l'apprendimento linguistico, collegando la lingua alla propria corporeità. Con l'utilizzo della metodologia della Total Physical Response (TPR) ogni gesto fatto dall'insegnante viene fatto corrispondere ad un messaggio così che agli alunni viene chiesto di rispondere mettendo in atto la giusta azione. In tal modo vengono interiorizzati i processi linguistici e si praticano attività fisiche che aiutano costantemente l'apprendimento (p.28).

Negli ultimi decenni, la scuola ha subito molti cambiamenti, dovuti ai cambiamenti della società e all'avanzare delle nuove tecnologie, con l'introduzione di esse nell'ambiente scolastico e la loro presenza sempre più cospicua. In aggiunta, con la presenza sempre più accentuata del multiculturalismo caratteristico di questi ultimi anni, che vede diverse culture incontrarsi e diventare parte una dell'altra, si richiede quindi alla scuola di essere costantemente aggiornata e accogliente verso le novità e disposta a modificarsi per poter accettare ognuno.

L'incontro di lingue differenti, religioni di tutto il mondo e culture distanti tra loro avviene primariamente a scuola, tra i bambini ma ancor più marcatamente è percepibile tra gli adulti che circondano la scuola, siano essi genitori, insegnanti o educatori. La scuola non può più permettersi di fornire un sapere standardizzato, uguale per tutti, dato che in questo caso non avrebbe la possibilità di tener conto delle differenze che caratterizzano ogni alunna e alunno che la frequentano; si deve quindi impegnare a prevedere dei percorsi sempre più personalizzati per dare la possibilità ad ognuno, con le proprie caratteristiche e preferenze educative e caratteriali, di apprendere nel modo più confacente ed interessante.

In tutto questo nuovo ambiente, che sta formando sempre più l'ambito educativo, la scuola si vede chiamata a dover far fronte a nuovi insegnamenti che precedentemente non le erano richiesti

in quanto erano maggiormente affidati ai genitori, o alle persone adulte che si prendevano cura dei bambini. Questa transizione è anche dovuta al cambiamento che sta subendo il mondo adulto in conseguenza all'avanzare della modernità, alla richiesta sempre più incalzante di dedica quasi esclusiva al lavoro e al cambiamento dello stare insieme in società. L'operato della scuola deve comunque basarsi sempre sulla collaborazione costante con le famiglie, facendo in modo di rispettare costantemente i reciproci ruoli nell'educazione e nella formazione di ogni bambino.

La scuola ha comunque da soddisfare tutto ciò che concerne l'acquisizione dei saperi di base, e la loro consolidazione, deve fare sì che gli studenti diventino in grado di saper prendere decisioni e avere un'autonomia di pensiero necessari a orientarsi nella vita. Un'attenzione maggiore va anche indirizzata verso tutte quelle minoranze svantaggiate che si ritrovano, a buona ragione, sempre più coinvolte nella scuola che possono comprendere ogni forma di diversità, svantaggio o disabilità.

Lo studente dovrebbe essere costantemente posto al centro dell'azione educativa sotto tutti i punti di vista: relazionale, affettivo, cognitivo, corporeo, estetico, spirituale, etico e religioso. Partendo da tale presupposto, gli insegnanti dovrebbero creare dei progetti educativi che si adattino alle caratteristiche di ogni alunno presente in classe. Si deve inoltre creare un ambiente che possa risultare per ogni suo frequentante come accogliente e coinvolgente.

Le scuole risultano essere efficaci quando fanno in modo di promuovere l'insegnamento e l'apprendimento basati sulle evidenze, promuovono la partecipazione attiva degli studenti al loro apprendimento, fanno in modo che la cooperazione tra studenti sia resa più facile, ascoltano e rispettano i bisogni degli alunni, si interessano e tengono presente delle differenze individuali presenti nei metodi di apprendimento, fanno in modo che studenti, insegnanti e genitori si trovino in continuo dialogo,

pongono un accento sull'importanza dei giusti tempi di apprendimento di ogni studente e coinvolgono tutto il personale scolastico in momenti di formazione.

Tutti coloro che fanno parte dell'ambiente scolastico devono svolgere un ruolo attivo per la creazione di un ambiente sano che possa promuovere salute. A questo proposito, l'approccio più efficace risulta essere quello globale facendo in modo di promuovere anche la partecipazione e l'azione collettiva. Dare vita ad una scuola che al suo interno promuove salute significa anche prendersi cura del raggiungere obiettivi scolastici e soprattutto educativi affini.

Per poter diventare una scuola che effettivamente promuove salute si deve avere principalmente una forte motivazione. Tali motivazioni possono essere delle più svariate. Ad esempio, forse si è saputo che un'altra scuola promuove salute e si vuole creare un proprio progetto o anche entrare a lavorare in rete. Ci possono essere argomentazioni più specifiche e complesse come il rilievo di problematiche tra gli alunni come problemi di salute mentale, sovrappeso e uso di sostanze. I genitori possono proporre di divenire scuola che promuove salute per poter avere un aiuto nell'affrontare con i propri figli tutte le tematiche legate alla salute.

È sicuramente importante coinvolgere tutti gli attori che fanno parte dell'ambiente scolastico, compresi alunni, genitori, docenti e personale scolastico non docente. Spesso si è poi anche portati verso l'esterno e quindi nasce anche il bisogno di rivolgersi ad enti esterni che possono venire in aiuto nella risoluzione di alcune problematiche o la promozione della salute collettiva. Dopo aver preso in considerazione e coinvolto in maniera appropriata tutti coloro che risultano essere interessati, il gruppo di lavoro dedicato deve valutare le risorse e valutare la situazione dalla quale la scuola in particolare parte così da potersi degli obiettivi il più possibili veritieri e il relativo tempo che si pensa di impiegare per poterli raggiungere.

L'aspetto della comunicazione, nel momento iniziale, in itinere e nel momento finale della pianificazione del progetto per divenire una scuola che promuove salute è molto importante. Capitale si rivela essere sia la scelta del linguaggio con cui comunicare in base al pubblico che si vuole raggiungere, i canali da utilizzare e le metodologie da adottare. Una volta stilato tutto il programma con tutti gli obiettivi, le tempistiche, gli attori in gioco, è importante condividere il più chiaramente possibile l'obiettivo finale del progetto e fare in modo che il progetto venga preso in considerazione in tutte le pratiche che riguardano la quotidianità della scuola.

Vi è sicuramente un forte collegamento tra attività motoria e salute, nonché fra l'attività svolta nell'età infantile e nell'età adulta. Gli adulti che hanno avuto possibilità a scuola di praticare sport sono più propensi a svolgere attività fisica. L'attività fisica svolta a scuola promuove sia la salute mentale che lo sviluppo cognitivo. Il movimento fisico aiuta nella memorizzazione e nella concentrazione per le lezioni meno interattive. Una caratteristica importante dell'attività motoria è che i bambini possono prendere parte alle decisioni delle attività da svolgere e che esse si scostano dalle normali attività proposte a scuola e dunque si rivelano essere le più accattivanti.

Anche l'educazione alla salute e l'educazione alimentare sono interconnesse. Per un'alimentazione sana i progetti che hanno avuto un risultato positivo nelle scuole sono stati quelli che complessivamente duravano più di tre anni, è risultato importante il coinvolgimento dei genitori degli alunni e la possibilità di preparare i pasti a casa, l'offerta del cibo distribuito a scuola doveva essere coerente con ciò che veniva trattato nei progetti di nutrizione sana e giusta alimentazione. Come spesso accade anche il coinvolgimento di tutto il personale scolastico ha aggiunto una nota positiva ai progetti messi in atto e alla loro buona riuscita.

Purtroppo, la condizione di emergenza nazionale vissuta da poco tempo ha evidenziato alcune carenze delle scuole italiane che dovrebbero essere risolte in modo tale da poter dare a tutte le bambine e i bambini le medesime possibilità ed opportunità educative e il diritto a un ambiente di apprendimento che promuove la salute. Per esempio, il divario tra Nord e Sud Italia è molto presente anche per quanto riguarda l'offerta scolastica. In particolare nella situazione eccezionale provocata dalla pandemia da COVID-19, molti studenti non hanno avuto la possibilità di proseguire nella loro formazione scolastica per diverse mancanze che variavano da mancanze materiali, come presenza insufficiente di dispositivi elettronici nelle famiglie soprattutto quelle numerose, dovuta soprattutto a problemi economici; mancanza di spazio in quanto spesso si vive in case definite "sovraffollate" ove quindi ognuno non può disporre di uno spazio privato e tranquillo dove poter seguire le lezioni in teleconferenza; mancanza di un collegamento ad internet sia dovuto a problemi economici ma anche a un'insufficiente disposizione di rete in certe zone della nazione. Tutte queste mancanze sono comunque fattori che incidono negativamente sulla salute fisica e mentale dei bambini.

Le problematiche insorte in tale periodo hanno anche riguardato la povertà di stimoli nel movimento, a causa del confinamento nelle proprie abitazioni, la povertà di scambio sociale e quindi tutta quella sfera importante per le alunne e gli alunni in fase di crescita, per non parlare della povertà materiale che ha colpito le famiglie che si sono ritrovate senza la possibilità di lavorare. Si può quindi capire che le povertà possono colpire in tutte le direzioni, e spesso chi viene colpito sono generalmente le fasce della popolazione più svantaggiate, magari famiglie che possono contare solo su lavori irregolari che però diventano essenziali per il più basilare sostentamento di tutta la famiglia. Certamente tali situazioni sono dannose su molti fronti ma in particolare la salute dei giovani e dei piccoli non viene tutelata e si hanno meno

possibilità di intervenire se il primo settore in difficoltà è proprio il settore della scuola.

La scuola per poter avere un impatto positivo in tali situazioni dovrebbe fare in modo di poter disporre dei giusti spazi per tutti gli alunni, offrire un servizio di mensa scolastica che possa così aiutare le famiglie più in difficoltà economica nell'offrire ai bambini dei pasti sani per promuovere l'importanza di una dieta equilibrata e trovare il modo di essere di supporto in particolare alle famiglie con maggiori difficoltà per poter garantire ai più giovani uno stile di vita sano che comprenda il benessere fisico e mentale indispensabile al periodo infantile.

A questo proposito, sta prendendo piede anche in Italia un approccio, nato e molto diffuso nei paesi nordeuropei, basato sull'educazione all'aperto e non solo all'interno degli spazi degli edifici scolastici. L'Outdoor Education (Antonietti et al., 2022) prevede molteplici attività pedagogiche e didattiche svolte in ambienti esterni alla scuola in modo da sfruttare le caratteristiche del territorio in cui la scuola è collocata. Le attività possono essere di tipo percettivo-sensoriale, motorie ed esplorative collocate soprattutto nella natura.

Molte ricerche scientifiche hanno dimostrato come esperienze del genere possono essere di grande beneficio per la salute sia fisica che mentale. È stato riscontrato come l'esposizione continuativa ad ambienti con un maggior numero di elementi naturali in ecosistemi terrestri e acquatici porti a benefici a livello di disturbi psichiatrici come la depressione, l'ansia, la sindrome da deficit di attenzione e il disturbo borderline di personalità. Si ritiene che i benefici sulla salute mentale della popolazione siano legati alla ricchezza della biodiversità in ambienti che risultano ristoratori con minori livelli di stress, un maggiore livello di attività fisica e una conseguente aumento del livello di benessere percepito (INDIRE, 2018).

3.2 Verso l'educazione alla biodiversità e alla salute planetaria

La Natura offre una vasta gamma di benefici e servizi che troppo spesso vengono dati per scontato dagli esseri umani. Negli ultimi anni, sono stati lungamente dibattuti come promuovere attraverso l'educazione una consapevolezza del valore dell'ambiente naturale e, in particolare, i benefici che porta la biodiversità per la salute umana. Anche se troppo spesso si porta tutto ad un livello esclusivamente monetario, è senza dubbio un'evidenza che la biodiversità porta vantaggi importanti in termini di servizi e beni sia commercializzati che non commercializzati; nel fornire mezzi di sussistenza e nel fornire ampi benefici e sostegni alla vita di tutti gli uomini.

In ogni caso, l'aspetto economico non può e non deve essere semplicemente messo da parte. La biodiversità, infatti, ha un valore molto cospicuo per le economie. A partire dalle colture, alla carne ed il pesce consumati dalle popolazioni, dal legname utilizzato nell'edilizia, ai prodotti farmaceutici o le fibre estratte dalle piante, tutti hanno valori monetari significativi che pesano nei conti nazionali. Sono stati inoltre portati avanti dei tentativi di attribuire valori monetari ad alcuni dei benefici che la biodiversità apporta come la purificazione dell'acqua, lo stoccaggio del carbonio o la possibilità delle attività ricreative.

Grazie alla biodiversità, in particolare nei paesi in via di sviluppo, le persone riescono ad avere dei mezzi di sostentamento attraverso il lavoro nell'agricoltura, la pesca e l'allevamento e il turismo basato sulla Natura. Tutto ciò richiede uno sfruttamento molto consapevole delle risorse per fare in modo che le capacità della Natura rimangano e non si esauriscano a causa dello sfruttamento. Purtroppo, troppo spesso sono evidenti gli impatti di una protezione degli ecosistemi che manca e in aggiunta anche l'influenza degli esseri umani sulla biodiversità naturale, che portano al degrado degli ambienti marini, l'impermeabilizzazione del suolo e l'erosione. È da

sottolineare che la biodiversità ha anche un valore che non è riconosciuto come monetario ma che per la maggior parte dei casi si rivela essere molto importante. Per molte persone poter usufruire di spazi naturali ricchi di biodiversità, laghi, montagne, fiumi e spazi aperti può risultare essere profondamente spirituale e rigenerante oltre che assumere molti valori culturali.

Si deve porre molta attenzione quindi a non valutare la biodiversità e la Natura esclusivamente attraverso il semplice valore monetario dei beni che forniscono al benessere e alla salute dell'uomo. Come viene riportato nella Relazione Dasgupta, una relazione che inquadra la situazione in cui ci troviamo attualmente a causa della perdita di biodiversità e dei rischi economici collegati, e le possibili vie da seguire per una corretta rigenerazione degli equilibri della Natura (Dasgupta, 2021).

La biodiversità non ha solamente un valore strumentale, ha anche un valore esistenziale, addirittura un valore intrinseco. Questi sensi sono arricchiti quando riconosciamo che siamo immersi nella Natura. Distaccare la Natura dall'economia significa implicare che ci consideriamo esterni ad Essa. La colpa non è dell'economia; si trova nel modo che abbiamo scelto di praticarla.

Biodiversity does not only have instrumental value, it also has existence value – even an intrinsic worth. These senses are enriched when we recognize that we are embedded in Nature. To detach Nature from economics is to imply that we consider ourselves to be external to Her. The fault is not in economics; it lies in the way we have chosen to practice it.

Dunque, la Natura è un continuo supporto per la vita e la salute dell'uomo: essa fornisce cibo, energia, acqua e aria. Contribuire alla qualità della vita: fornisce molto di quello che può aiutare l'uomo oppresso dallo stress della vita moderna, luoghi in cui

svagarsi, socializzare e fornisce ispirazione per una vita migliore. Essa, inoltre, protegge l'uomo fornendo strutture dinamiche che mitigano i cambiamenti climatici e difendono l'uomo da eventi possibilmente catastrofici. L'essere umano si deve quindi rendere conto che se non aiuta la Natura a risanare i danni arrecati, fermare le distruzioni in atto e proteggere la Natura da numerose azioni portate avanti dall'essere umano stesso, mette a rischio e in pericolo, oltre tutto, anche il suo stesso benessere e la sua stessa salute. I passi per proteggere la Natura e con essa la biodiversità sono necessari e sempre più urgenti, in particolare per fare in modo che i danni non progrediscono e arrechino minacce ulteriore alla salute, umana e naturale.

Un fattore importante nel considerare i danni arrecati alla Natura, è quello di prendere in considerazione il danneggiamento e gli impatti arrecati alla biodiversità e alla salute in lontananza in termini di spazio e di tempo e non solo prendere in esame ciò che succede alla generazione attuale ma anche a cosa potrà succedere alle generazioni future se l'umanità continuasse a causa deterioramento ulteriore alla Natura.

L'utilizzo delle risorse naturali limitate dipende maggiormente dalle decisioni prese da cittadini privati, imprese e governi nazionali. Gli attori che quindi possono svolgere un ruolo attivo e fondamentale nella salvaguardia della buona salute e del giusto utilizzo delle risorse sono numerosi e si trovano a vari livelli della scala sociale.

Differenti punti essenziali dovrebbero essere presi in considerazione per favorire un'educazione alla biodiversità che possa permettere che le giuste decisioni a favore della salvaguardia della Natura vengano prese.

- Gli ecosistemi naturali compresi della loro importante biodiversità devono essere protetti. Avendo a disposizione degli ecosistemi funzionanti è possibile trarne il massimo beneficio.

- Nel contesto ambientale e sociale, è importante tener presente dei possibili cambiamenti e programmare di conseguenza delle strategie a lungo termine per preservare ed utilizzare al meglio le risorse.
- A livello politico, è importante che gli impegni messi in agenda vengano attuati e soprattutto rispettati.
- La perdita di opportunità a causa della perdita di biodiversità e di danni ambientali deve essere discussa e riconosciuta così da poterla prendere in esame e cercare di porre fine all'inazione e provvedere alla risoluzione delle inadeguatezze operative.
- Si dovrebbe cercare di porre l'attenzione sugli investimenti volti a meccanismi di consumo e produzione sostenibili, che proteggano l'ambiente e che portino del beneficio alle attività che forniscono un impatto positivo sulla Natura come sulla salute.
- L'agricoltura sostenibile e le infrastrutture verdi dovrebbero divenire la norma.
- È importante trovare delle soluzioni sostenibili per ripristinare gli ecosistemi danneggiati e per sostenere quelli ancora in buona salute, facendo in modo che tali soluzioni portino anche benefici per il benessere e la salute.
- L'educazione delle persone di tutte le età deve essere portata avanti sottolineando l'importanza dei legami tra salute e Natura, proponendo e promuovendo così comportamenti sostenibili che risulterebbero benefici sia per la salute umana che per la salute della Natura.

Allo scopo di creare delle linee guida per la costruzione di curricoli capaci di promuovere l'educazione alla salute planetaria, la *Planetary Health Alliance* ha creato un gruppo di esperti nel campo della salute e dell'educazione planetaria che ha lavorato tra dicembre 2019 e febbraio 2021 per creare un quadro per l'educazione alla salute planetaria (Planetary Health Education Framework, 2021).

Si sono definiti dodici principi trasversali per l'educazione alla salute planetaria per creare un quadro comune tra settori scientifici, discipline e anche aree geografiche. Il quadro va oltre un elenco di competenze da promuovere per porre varie domande, come perché (l'aspetto affettivo), cosa (la rappresentazione) e come (le strategie), che possono dare una struttura all'educazione alla salute planetaria. Si propongono prassi educative, metodologie di insegnamento partecipativo e percorsi di apprendimento specifici che rispondono al contesto ambientale e sociale, alle priorità locali, alla tecnologia e alle risorse disponibili in ciascun contesto di apprendimento.

Il quadro identifica cinque ambiti fondamentali che costituiscono l'essenza della conoscenza, dei valori e della pratica della salute planetaria

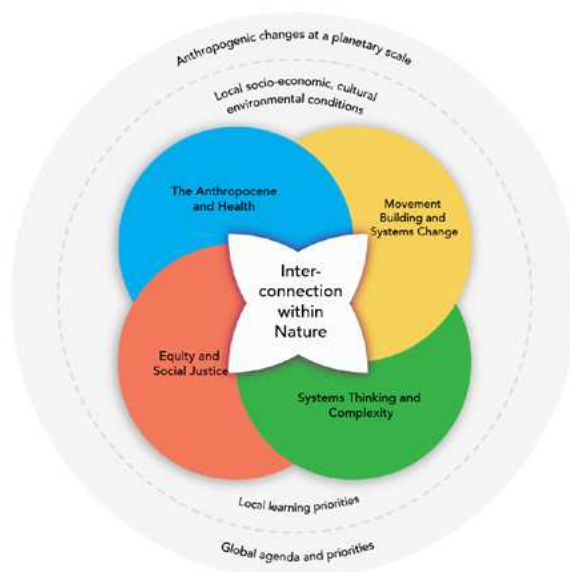


Figura 3 (Fonte: Planetary Health Education Framework, 2021).

Il primo ambito riguarda l'interconnessione all'interno della natura. Il quadro enfatizza la necessità di promuovere la compassione per il pianeta Terra attraverso il riconoscimento degli aspetti personali, cognitivi, sociali ed emotivi del processo educativo. L'interconnessione all'interno della natura è un

approccio in cui gli aspetti cognitivi (il senso di connessione), affettivi (la componente di cura) e comportamentali (l'impegno ad agire) sono integrati nella progettazione di strategie educative trasformative. Si propone anche l'importanza di integrare diversi modi di conoscere, come quelli provenienti dall'educazione e dalla pratica occidentale ma anche quella indigena. In questo modo si consentirà meglio la realizzazione di benefici collaterali per gli individui, le comunità e l'intero pianeta. In particolare, viene messa in evidenza il valore delle conoscenze e delle tradizioni spirituali delle popolazioni indigene che insegnano la profonda interconnessione all'interno della natura.

Il secondo ambito mette a fuoco la relazione tra l'antropocene e la salute. L'antropocene è il periodo in cui l'uomo e le sue azioni hanno causato massicci sconvolgimenti nei processi del sistema terrestre. Questo ambito si concentra sulla comprensione di come specifici impatti antropici sui sistemi naturali della Terra siano collegati ai risultati sulla salute. Comprendere i legami tra l'antropocene e la salute richiede un approccio sociale ed ecologico alla promozione della salute e alla prevenzione e controllo delle malattie, dal livello individuale a quello di popolazione della salute umana, animale ed ecosistemica. L'ambito mette a fuoco anche fattori sottostanti e di mediazione, ad esempio, cultura, sistemi di valori, governance e tecnologia, che migliorano o diminuiscono i risultati dell'educazione alla salute planetaria.

Il terzo ambito si riferisce al pensiero sistemico e la complessità. La promozione della salute planetaria si basa su approcci al pensiero sistemico che sono al centro dell'attenzione dell'ecologia e descrive come vari elementi interagiscono e si fondono come parte di sistemi complessi. A questo proposito, è essenziale caratterizzare i collegamenti tra i cambiamenti ambientali e la salute umana su diverse scale geospaziali e temporali. Per fare ciò è necessaria una comprensione del funzionamento di sistemi adattivi complessi, ad esempio,

relazioni causali non lineari o circolari, punti di non ritorno o di leva, caratteristiche emergenti e auto-organizzazione. Si sottolinea anche l'importanza di promuovere l'autoconsapevolezza in modo da riconoscere i propri pregiudizi e le proprie basi epistemologiche.

Il quarto ambito riguarda l'equità e la giustizia. Nella salute planetaria questi concetti si fondano sui diritti dell'uomo e sui diritti della natura, dando a tutte le popolazioni umane e agli ecosistemi, presenti e futuri, l'opportunità di raggiungere l'equilibrio dinamico che permetta la realizzazione della loro piena vitalità. Promuovere equità e giustizia richiede l'eliminazione delle disparità sistemiche, in modo che nessuna popolazione porti oneri sproporzionati dell'impatto ambientale e sanitario dell'antropocene mentre altre siano in grado di prosperare. I processi educativi devono riconoscere le disuguaglianze strutturali come frutto delle ingiustizie storiche e politiche, compreso il colonialismo, la supremazia bianca, il razzismo, il patriarcato e il capitalismo o il neoliberismo, le quali hanno contribuito alla privazione dei diritti civili delle popolazioni e a un ambiente degradato.

Il quinto ambito affronta la questione della costruzione del movimento e il cambiamento dei sistemi. Si sottolinea la necessità di un'efficace costruzione di movimenti per risolvere l'urgente crisi sanitaria planetaria. Per promuovere questo, l'azione richiede relazioni inclusive, strategie ponderate, comunicazione efficace e partenariati trasformativi. Gli studenti di oggi dovranno costruire movimenti efficaci per supportare il cambiamento sistemico e una transizione verso un futuro giusto basata sul superamento dell'apatia e sulla solidarietà e l'impegno.

3.3 Educare all'acqua

Ormai molte organizzazioni internazionali richiamano l'attenzione alla necessità di implementare specifici programmi

di *water education* nell'ambito dell'educazione alla salute umana e planetaria a tutti i livelli dei percorsi formativi (UNESCO, 2021; United Nations, 2023).

Secondo il Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica, “educare all'acqua significa educare all'uso responsabile delle risorse idriche e più in generale al rispetto dell'ambiente e al concetto di esauribilità delle sue risorse” (MASE, 2022).

In tutti i vari documenti di riferimento, alcuni concetti sono considerati fondamentali per educare all'acqua. Innanzitutto, l'acqua è essenziale per la vita e una componente chiave di ecosistemi sani. Tutti gli organismi viventi hanno bisogno di acqua per crescere e sopravvivere. Circa il 60% del corpo umano è costituito da acqua e una persona può vivere solo da tre a cinque giorni senza liquidi. Per altri animali e piante, compresi quelli da cui le persone fanno affidamento per il cibo, una fornitura affidabile di acqua pulita è altrettanto fondamentale.

Dal punto di vista economico, l'uso diretto dell'acqua è concentrato nei principali settori del mondo, tra cui l'agricoltura, la silvicoltura, l'estrazione mineraria, l'estrazione di risorse energetiche, l'industria manifatturiera, la produzione di energia elettrica e l'approvvigionamento idrico pubblico. La produzione di questi settori sostiene l'attività in altri settori dell'economia, creando un effetto a catena poiché beni e servizi vengono prodotti e trasferiti attraverso le catene di approvvigionamento fino a raggiungere il consumatore finale.

In un ecosistema, l'acqua circola attraverso l'atmosfera, il suolo, i fiumi, i laghi e gli oceani. Una parte dell'acqua viene immagazzinata in profondità nella terra nelle falde acquifere sotterranee. L'acqua superficiale, d'altro canto, è la fonte che sostiene la maggior parte della vita sulla terra. In molti casi, l'acqua struttura anche l'habitat fisico di un ecosistema. Molti piccoli mammiferi, ad esempio, fanno affidamento sulla copertura nevosa per procurarsi il cibo e sopravvivere

all'inverno lontano dalla vista dei predatori. Fiumi, laghi e altri corpi idrici dividono gli ambienti in habitat diversi, creando di fatto sistemi unici in cui alcuni organismi possono vivere e altri no. Inoltre, la maggior parte della vita sulla Terra vive in realtà completamente sommersa nelle acque degli oceani. L'acqua è dunque da considerarsi un elemento fondamentale in tutti gli ecosistemi.

Allo stesso tempo, l'acqua è una risorsa scarsa, limitata e variabile.

L'acqua copre il 70% della terra e, poiché viene spesso definita una "risorsa rinnovabile", è facile pensare che sarà sempre abbondante. Tuttavia, l'acqua dolce utilizzata per bere, fare il bagno e per l'irrigazione è limitata e finita. Solo il 3% dell'acqua mondiale lo è e due terzi di essa sono nascosti nei ghiacciai o altrimenti non disponibili per il nostro utilizzo. Di conseguenza, almeno 1,1 miliardi di persone nel mondo non hanno accesso all'acqua dolce e un totale di 2,7 miliardi trovano l'acqua scarsa per almeno un mese all'anno. Anche i servizi igienico-sanitari inadeguati rappresentano un problema per 2,4 miliardi di persone: sono esposte a malattie come il colera, la febbre tifoide e altre malattie trasmesse dall'acqua. Due milioni di persone, soprattutto bambini, muoiono ogni anno solo a causa di malattie diarroiche.

Inoltre, la qualità e la quantità dell'acqua, nonché i tempi della sua disponibilità, sono tutti direttamente influenzati dalle azioni umane e dagli eventi naturali. Le azioni umane hanno un effetto misurabile sul ciclo dell'acqua a ogni scala geografica, alterando la quantità, la distribuzione, i tempi e la qualità delle acque superficiali e sotterranee. Lo stoccaggio in serbatoi aiuta a garantire che l'acqua sia disponibile tutto l'anno, anche quando il deflusso naturale è cessato. Lo stoccaggio può avvenire anche nel sottosuolo, sia attraverso la ricarica naturale della falda acquifera, sia attraverso interventi e infrastrutture programmate.

Le comunità, le industrie e gli ecosistemi sono di conseguenza colpiti da queste azioni, perché tutte le attività e le funzioni umane dipendono, direttamente o indirettamente, dall'acqua. Con cambiamenti su larga scala come il cambiamento climatico, si prevede che il ciclo dell'acqua subirà cambiamenti significativi.

Mentre gli effetti dei cambiamenti climatici sulle acque sotterranee non sono completamente compresi, l'aumento della competizione idrica e dello stress in superficie probabilmente determineranno un maggiore utilizzo – e potenzialmente un uso eccessivo – delle acque sotterranee.

Gli impatti sulla qualità dell'acqua sono un'altra conseguenza delle azioni umane. La temperatura dell'acqua, ad esempio, generalmente aumenta nei corsi d'acqua, nei laghi e nei bacini artificiali nelle aree urbane o nelle aree deforestate. Ciò tende a portare a livelli più bassi di ossigeno disciolto nell'acqua, quindi a un maggiore stress per gli animali acquatici che fanno affidamento sull'ossigeno disciolto per vivere. Come conseguenza del deflusso non trattato in molte aree, gli inquinanti come nutrienti, sedimenti e agenti patogeni possono essere trasportati corsi d'acqua, con conseguente degrado dell'habitat acquatico, diminuzione dei serbatoi di stoccaggio e costi di trattamento più elevati per le forniture di acqua potabile. L'acqua dolce e pulita è vitale per la nostra vita e per molte delle piante e degli animali da cui dipendiamo. La maggior parte delle persone pensa che l'inquinamento dell'acqua provenga direttamente da una fabbrica o da un'altra fonte nota, un tipo di inquinamento noto come “inquinamento da fonte puntuale”. A causa delle leggi approvate negli anni '70, la maggior parte di queste fonti di inquinamento si sono ripulite. Oggi la più grande fonte di inquinamento siamo noi: io e te. Questo tipo di inquinamento è noto come “inquinamento da fonti non puntuali” perché non può essere ricondotto a un'unica fonte; non possiamo dire quanto inquinamento provenga da dove.

Le azioni umane possono anche essere responsabili di molti impatti positivi sulle risorse idriche. Un trattamento efficace delle acque reflue, ad esempio, è una caratteristica essenziale di ogni comune ed è in gran parte responsabile della protezione della qualità dell'acqua in tutto lo Stato. Molte pratiche agricole, sia antiche che moderne, sono essenziali anche per ridurre al minimo gli impatti negativi sulla qualità dell'acqua dovuti all'irrigazione. Gestendosi consapevolmente verso forniture sostenibili e acqua di alta qualità, molti degli effetti potenzialmente dannosi delle azioni umane possono essere mitigati.

Infine, occorre promuovere misure di conservazione dell'acqua. La Terra ha una quantità limitata di acqua dolce e utilizzabile. Fortunatamente, l'acqua viene riciclata naturalmente (raccolta, purificata e distribuita) attraverso il ciclo idrologico. Gli esseri umani hanno sviluppato la tecnologia per accelerare questo processo. Tuttavia, a causa di diversi fattori (siccità, inondazioni, crescita della popolazione, contaminazione, ecc.), le riserve idriche potrebbero non soddisfare adeguatamente i bisogni di una comunità. La conservazione dell'acqua può garantire che le riserve di acqua dolce siano disponibili per tutti, oggi e domani. La conservazione dell'acqua implica dunque un cambiamento delle abitudini. Poiché molte di queste abitudini si sono evolute nel corso della vita, possono rivelarsi difficili da modificare. Le persone possono diventare attive nella conservazione dell'acqua, iniziando semplicemente, per poi adottare gradualmente misure più avanzate per ridurre il consumo di acqua.

Capitolo 4: Un progetto didattico di educazione all'acqua

Il progetto didattico descritto in questo capitolo nasce dal mio desiderio di sperimentare un percorso che parte dall'importanza del coinvolgimento delle giovani generazioni sull'argomento della biodiversità e della salute dell'uomo collegata sempre più strettamente alla salute planetaria. Fin dalla prima infanzia i bambini devono essere accompagnati dalla scuola alla scoperta di cosa il pianeta fa per l'uomo e come l'uomo si dovrebbe comportare per fare in modo di salvaguardare la salute della Terra in modo tale da non danneggiarla e conseguentemente dare le giuste opportunità alle generazioni future di vivere una vita giusta e sana. Prima tali concetti vengono affrontati, prima vi è la possibilità che i bambini ne vengano a conoscenza crescendo con una consapevolezza che una volta adulti si può trasformare in azioni importanti per la salvaguardia del pianeta tutto.

4.1 Il contesto del progetto

Dopo aver individuato una scuola che aveva la possibilità di accogliere un tale progetto sulla biodiversità e la salute, ho contattato le insegnanti per poter decidere insieme il miglior percorso da seguire rispetto alla specifica classe a cui si sarebbe rivolto il progetto. Il primo incontro di confronto con l'insegnante della classe accogliente si è svolto in particolare per poter trovare un punto d'incontro tra il tema principale della tesi, quindi la biodiversità e la salute del pianeta e delle persone, e il programma che la classe aveva e stava svolgendo di scienze, in particolare nell'ottica di educare all'acqua.

L'insegnante ha condiviso il materiale che avrebbe trattato nelle lezioni successive al nostro incontro che riguardava le proprietà dell'acqua, un ripasso del ciclo dell'acqua già preso in esame durante l'anno scolastico precedente e i concetti di acquedotto e

depuratore. Questi due ultimi argomenti avrebbero previsto due uscite sul territorio per potersi recare a visitare l'acquedotto del comune e il depuratore.

Per quanto riguarda le proprietà dell'acqua, l'insegnante in classe ha innanzitutto trattato le caratteristiche dell'acqua, incolore, trasparente, inodore e insapore. Il fatto che l'acqua può formare delle soluzioni essendo essa un ottimo solvente. Successivamente, sono state trattate le proprietà di tensione superficiale, il fatto che le molecole dell'acqua si attraggono molto fortemente creando una sorta di pellicola protettiva sulla quale ragni e piccoli insetti hanno la possibilità di muoversi senza affondare, e quella di capillarità, la capacità di risalire lungo capillari e attraversare i pori, dando la possibilità alle piante di attingere all'acqua attraverso le radici.

In seguito, è stato preso in esame il galleggiamento. Il fatto che l'acqua è dotata della tensione superficiale non è sufficiente a permettere a dei corpi più grandi, come delle navi o il corpo umano, di galleggiare. Ma, grazie alla spinta di Archimede, una volta che un corpo è immerso in acqua sposta una certa quantità di liquido, e l'acqua ha la proprietà di spingere verso l'alto il corpo immerso con una forza pari al peso del liquido spostato dall'oggetto stesso. Si deve però fare attenzione che una volta che il corpo è immerso in acqua, esso ha un peso che tende ad una spinta verso il basso, in gioco vi sono quindi due elementi: il peso dell'oggetto e la spinta di Archimede arrivando quindi alla conclusione che un oggetto può galleggiare dato che il suo peso risulta essere minore della spinta che riceve dall'acqua.

A seguire, è stato preso in esame il ciclo dell'acqua, con un rapido ripasso degli stati dell'acqua, evaporazione e traspirazione, condensazione, precipitazioni e solidificazione, fusione e infiltrazione nel suolo, e del suo ciclo continuo.

Riguardo all'acquedotto e al depuratore, gli alunni hanno avuto la possibilità di andare a visitare quello presente nel comune della loro scuola accompagnati dall'insegnate e da uno degli

esperti addetti alla manutenzione, facendo poi un lavoro in classe di scrittura sul quaderno di ciò che avevano visto e potuto osservare con le spiegazioni dell'esperto.

In seguito all'analisi di tali lezioni che l'insegnante avrebbe tenuto in classe, si è deciso, di comune accordo, di mettere particolare attenzione sull'argomento della funzione dell'acqua per la salute della Terra e dell'uomo, con un focus sull'ecosistema del fiume.

In particolare, l'acqua, il suo ciclo e le sue funzioni, possono anche essere considerati come elementi di congiunzione tra i diversi servizi ecosistemici che la natura offre all'uomo, perché un ecosistema sia in salute spesso dipende proprio dal fatto che l'ecosistema acquatico più vicino sia esso stesso in salute.

La classe era composta da quindici alunni, tra i nove ed i dieci anni.

Uno degli alunni era affiancato da un'educatrice per una situazione di ritardo nell'apprendimento. In generale, gli alunni formavano un gruppo classe ben affiatato, molto unito, in cui ognuno aiutava l'altro, erano particolarmente collaborativi malgrado essendo molto tendenti alla distrazione e quindi l'insegnante spesso, durante le lezioni in classe, doveva richiamare l'attenzione che veniva persa in dialoghi tra gli studenti. Fin da subito si sono mostrati molto interessati all'argomento e hanno dimostrato di avere un grande spirito di osservazione e d'intervento.

Spesso, durante gli incontri, gli argomenti venivano anticipati da qualche racconto, da parte degli alunni, di avvenimenti vissuti o raccontati agli alunni così che i temi trattati apparivano subito molto importanti e rilevanti per loro. L'argomento dell'acqua ha attirato in modo molto positivo la loro attenzione, mettendo in loro particolare curiosità riguardo a quello che avrebbero potuto ancora imparare riguardo all'acqua.

4.2 Gli obiettivi di apprendimento relativi alle competenze

Il progetto mira a promuovere competenze chiave che gli alunni devono avere la possibilità di sviluppare durante tutta la loro vita, che comprende la carriera scolastica ma anche oltre ad essa. Le competenze disciplinari coinvolte riguardano innanzitutto le competenze scientifiche che, oltre tutto, prevede il tentativo di spiegare il mondo che ci circonda utilizzando differenti metodologie, tra le quali l'osservazione e la raccolta e analisi di dati, per poter essere in grado di riconoscere le problematiche che si presentano all'uomo.

La conoscenza che primariamente viene presa in considerazione per il progetto è quella che prende in esame le caratteristiche del mondo naturale, nel caso specifico del ciclo dell'acqua, e l'aspetto di impatto dell'uomo con il suo operato sulla natura e sul mondo che lo circonda. L'atteggiamento promosso è in particolare la curiosità e l'atteggiamento critico riguardanti la situazione della sostenibilità ambientale su scala globale.

Come competenza interdisciplinare il progetto vuole favorire la competenza alfabetico funzionale in quanto viene frequentemente richiesto agli alunni di esprimere e comprendere differenti concetti con il supporto e l'uso di materiali visivi e digitali. Tale competenza implica inoltre l'abilità di intrattenere relazioni ed efficaci conversazioni con i compagni e gli insegnanti, o gli altri in generale, in modo conveniente ed inventivo.

Un ulteriore competenza che il progetto intende prendere in considerazione è la competenza personale, sociale e capacità di imparare ad imparare. Si vuole quindi dare valore al saper gestire il tempo messo a disposizione, saper gestire le informazioni date, saper essere in grado di lavorare con gli altri in modo costruttivo ed efficace, saper agevolare il benessere di ogni persona nelle interazioni e facilitare la capacità di imparare ad imparare oltre che imparare a gestire e condurre una vita sana e volta verso il futuro.

Infine, il traguardo di sviluppo delle competenze indicato nelle *Indicazioni Nazionali per il curricolo della scuola dell'infanzia e del primo ciclo di istruzione* preso in considerazione per questo specifico progetto è stato: “L'alunno sviluppa atteggiamenti di curiosità e modi di gestire il mondo che lo stimolano a cercare spiegazioni di quello che vede succedere. Esplora i fenomeni con un approccio scientifico” (MIUR (2012, p. 67).

4.3 Le fasi del progetto

In accordo con l'insegnante, ho deciso di strutturare gli incontri in modo tale che venisse stimolata in particolare la riflessione di gruppo, partendo dalla proposizione di alcune immagini che facessero da base per le riflessioni alle quali volevo arrivare sul tema dell'importanza dell'acqua, degli ambienti acquatici sani e di come l'uomo usa e potrebbe usare in modo migliore questa risorsa.

La metodologia didattica principalmente utilizzata è stata la costruzione delle nuove conoscenze a partire dalle conoscenze già in possesso degli alunni, indagate attraverso l'applicazione del *brainstorming* a partire da un documento stimolo. In generale il documento stimolo era rappresentato da un'immagine proposta agli alunni o da una domanda posta loro, e a partire dallo stimolo si raccoglievano le affermazioni che i bambini condividevano, prevalentemente osservazioni che derivavano da conoscenze precedentemente acquisite. Sfruttando poi ciò che emergeva da tali discussioni si cercava tutti insieme di creare delle nuove conoscenze che potessero legarsi alle conoscenze pregresse e quindi accomodarsi in maniera agevolata essendo collegate a ciò che gli alunni già conoscevano. Per fare ciò l'importante era gestire in maniera organizzata gli interventi degli alunni, dando importanza ad ogni intervento, fare in modo che la nuova conoscenza fosse una produzione attiva derivante dalla costruzione collaborativa dei soggetti, facendo in modo che le nuove conoscenze portate fossero legate grazie a dei

ragionamenti alle conoscenze pregresse, e che gli esempi portati per l'approfondimento dei concetti derivassero dal contesto concreto così che gli alunni potessero immaginare di farne esperienza. (Jonassen, 1994)

Incontro 1. L'importanza dell'acqua per la Terra e per la vita degli esseri umani

Come momento iniziale, prima di proporre agli alunni delle immagini su cui riflettere, ho posto loro una domanda alla quale hanno potuto rispondere, alzando la mano e attendendo il loro turno di parola, condividendo con la classe le differenti idee che la domanda suscitava: "Secondo voi perché l'acqua è importante per la Terra e per la vita dell'uomo"?

Gli alunni hanno dimostrato di avere un grande interesse e una spiccata curiosità per il tema acqua. Con la semplice domanda che ha fatto da stimolo hanno toccato la gran parte degli argomenti che si sarebbero poi trattati in seguito grazie alle immagini proposte durante la lezione.

Perché ci dà da bere, dar da bere agli animali, alla terra e alcuni animali ci vivono.

Perché l'uomo senza acqua non può vivere. E la terra perché ci sono molte piante e animali che devono bere.

L'acqua è importante perché si può bere solo l'acqua potabile e c'è solo una goccia su cento.

Secondo me l'acqua è importante perché abbiamo solo una goccia su cento poi maggior parte della terra è ricoperta di acqua salata, e anche per tutti noi e l'ambiente e agli animali.

L'acqua è importante perché la vegetazione senza acqua morirebbe e l'uomo se non beve per giorni muore per mancanza di acqua nel suo corpo.

Perché l'acqua potabile è molto poca, 97 gocce su 100 sono salate, 2 gocce sono ghiaccio e 1 goccia è acqua dolce.

Perché per coltivare c'è bisogno dell'acqua e perché noi abbiamo bisogno di bere acqua potabile.

Per berla, lavarci, bagnare le piante e l'orto.

L'acqua è importante perché noi dobbiamo bere e ci serve tanto e per la Terra le serve per vivere.

Perché l'uomo può bere, per irrigare i campi, dare da bere agli animali, per lavarsi, per cucinare.

Perché l'uomo senza l'acqua non può bere, cucinare, lavare, per la natura serve per le piante e gli animali.

Perché senza l'acqua le piante, le persone e gli animali morirebbero.

Perché solo una goccia su cento è dolce quindi l'acqua che possiamo bere, e perché senza acqua non possiamo vivere né noi né tutte le cose viventi sulla terra.

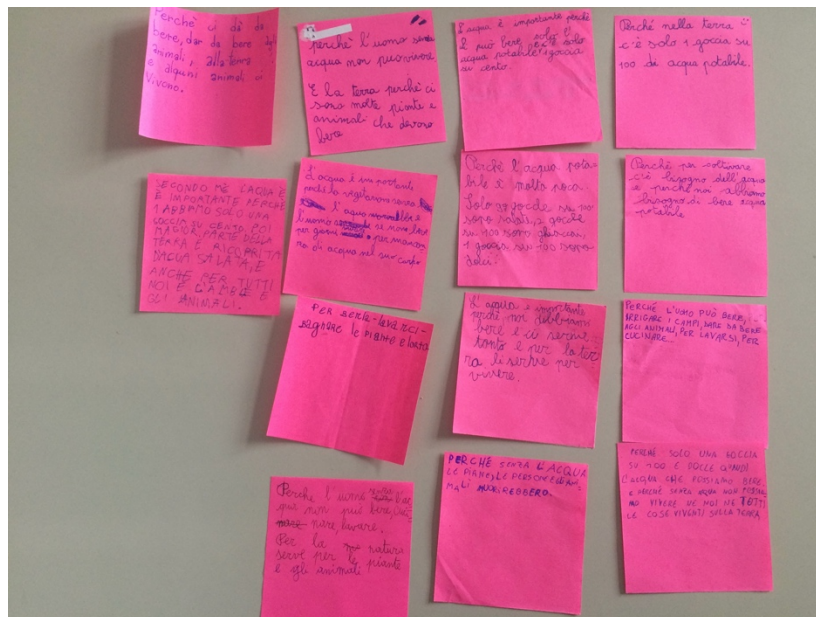


Figura 4 Risposte alla domanda: “Secondo voi perché l’acqua è importante per la Terra e per la vita dell’uomo?”

Successivamente, grazie alla prima immagine, che raffigurava il planisfero fisico con i colori che rappresentavano, il blu le acque dei mari e degli oceani, il verde e il marrone le terre che formano

i diversi continenti e il bianco che stava ad indicare i ghiacci dei poli, abbiamo iniziato a parlare di dove si può trovare l'acqua sulla Terra. È emerso che essa si può trovare:

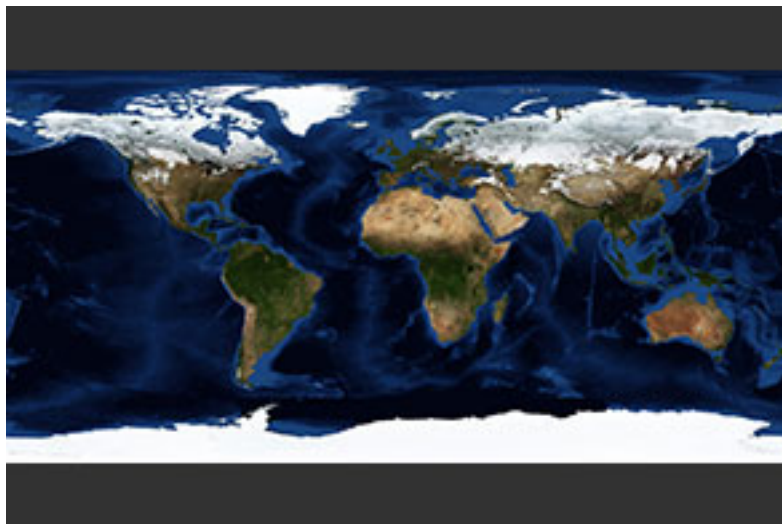


Figura 5 (Fonte: December, blue Marble Next Generation w/ Topography and Bathymetry, 2004.)

Negli oceani e nei mari, però è salata quindi per l'uomo non è possibile berla o utilizzarla così com'è.

L'acqua dolce si trova nei fiumi, nei torrenti e nei laghi però si trova anche nelle calotte polari sotto forma di ghiaccio.

Se il clima continua a surriscaldarsi e quindi le temperature a salire, i ghiacci dei ghiacciai e delle calotte polari si sciolgono e l'acqua dolce si mescola con quella salata diventando inutilizzabile per l'uomo e anche per le piante in agricoltura.

Abbiamo quindi potuto discutere del fatto che sulla Terra vi è molta più acqua che terra, però la maggior parte dell'acqua si trova nel mare e quindi l'uomo la può sfruttare solo in parte, magari per i trasporti.

Anche i diversi stati dell'acqua sono emersi, in quanto gli alunni hanno fatto notare che l'acqua sotto forma di ghiaccio presente

nei ghiacciai e nelle calotte polari è acqua sì ma sotto un'altra forma e si deve fondere per fare in modo che scorra.

Il tema del riscaldamento globale è emerso proprio per parlare della fusione dei ghiacci. Questo tema stava molto a cuore degli alunni e hanno voluto sottolineare che avevano già trattato tale tema e cercavano, nella loro vita quotidiana, di non inquinare in modo eccessivo.

La seconda immagine presentata rappresentava il mare con il fondale e i pesci che lo abitano.



Figura 6 (Fonte: Giornata Mar Mediterraneo: i pesci del mare nostrum dalla A alla Z, 2021)

I bambini subito hanno iniziato a parlare del mare, della sua acqua salata impossibile da utilizzare per gli uomini in quanto per la sopravvivenza serve l'acqua dolce. La scelta della specifica immagine con la presenza di pesci voleva anche far riflettere sul fatto che, è vero che l'acqua salata per l'uomo è nociva però ci sono delle altre creature che senza di essa morirebbero.

In seguito a questa sottolineatura, gli alunni si son resi conto che in effetti molti pesci possono vivere proprio grazie alle acque salate di mari e oceani; che sui fondali e spesso sulle spiagge si possono trovare le alghe che vivono proprio grazie all'acqua salata.

Sono così arrivati alla conclusione che l'acqua salata è molto importante per tantissime specie presenti sulla Terra, anche se per l'uomo non è direttamente utilizzabile.

La terza e la quarta immagine rappresentavano le diverse possibilità di accesso all'acqua.



Figura 7 (Fonte: Caldo, le mucche bevono 140 litri d'acqua al giorno, 2013)



Figura 8 (Fonte: Le oasi: come si formano e cosa vi si coltiva, 2020)

La terza in particolare, dove una mucca si abbeverava ad una fonte, rappresentava il facile accesso all'acqua in luoghi come le

città, le campagne, le montagne, tutti luoghi in cui è molto facile vedere l'acqua scorrere in un fiume o in un torrente. La quarta immagine invece rappresentava un'oasi nel deserto. I bambini son rimasti molto affascinati da tale immagine e da quello che essa rappresentava. Non avevano mai appreso la parola oasi ma avevano idea di cosa fosse, un luogo d'acqua nel deserto che normalmente ne è molto povero.

Abbiamo così discusso dell'importanza dell'acqua che non è l'unico aspetto del quale si deve tener conto; infatti, è molto importante anche capire in un luogo quanto l'acqua è accessibile. Se è facile reperirla sicuramente il luogo è accogliente per la vita sia delle persone, che delle piante e degli animali, mentre se fosse difficile da reperire allora quel luogo potrebbe diventare molto complicato da vivere così come l'esempio del deserto che, come i bambini hanno giustamente detto, è particolarmente inospitale soprattutto se si pensa alle grandi distese di sabbia. Quindi siamo arrivati tutti insieme alla conclusione che l'accessibilità all'acqua è un fattore particolarmente importante per la sopravvivenza di esseri viventi e piante.

Vista l'importanza dell'acqua per la vita in generale, ma in particolare anche per la vita dell'uomo, ho presentato ai bambini la quinta immagine che mostrava la percentuale di acqua di cui è fatto il corpo umano nelle diverse età della vita.

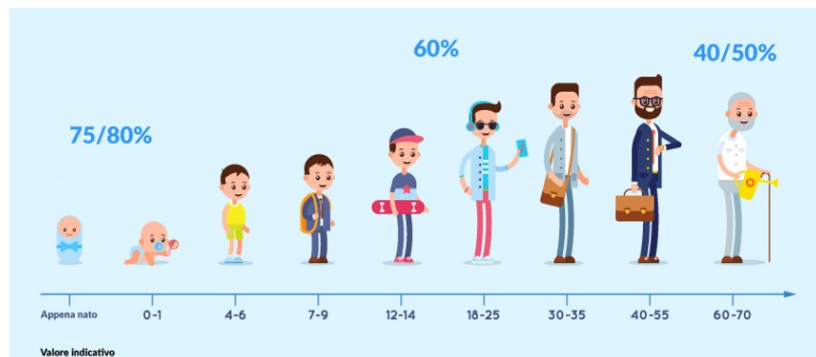


Figura 9 (Fonte: Acqua nel corpo umano, 2023)

Questo argomento, malgrado in classe non avessero ancora affrontato il tema del corpo umano, è stato molto apprezzato e hanno dimostrato grande interesse; hanno infatti posto numerose domande

Ma quindi il bisogno di bere cambia durante la vita?
Quindi quando siamo piccoli il nostro corpo è formato da più acqua?
Cosa significa che la maggior parte del corpo è composto da acqua?
Prendiamo l'acqua solo da quella che beviamo o anche da altre parti?
Come facciamo a "perdere" l'acqua che ci entra dentro al corpo?

Man mano che queste domande venivano poste ho cercato di rispondere nel modo più efficace e opportuno rispetto all'esperienza e alle conoscenze della classe. Durante il dibattito, quando una domanda veniva esaurientemente spiegata spesso erano proprio i bambini a portare degli esempi particolarmente calzanti, come per esempio il fatto che i nonni non hanno mai molta voglia di bere acqua, in famiglia si deve sempre ricordar loro di bere altrimenti il loro corpo si potrebbe ammalare in modo grave. Il grande interesse all'argomento dell'importanza dell'acqua per il corpo umano è quindi stato dimostrato anche dalla pertinenza delle molte domande.

Dopo aver fatto questa panoramica sull'acqua, ho cercato di portare un'ulteriore domanda per cercare di indirizzare un po' la riflessione degli studenti. La domanda è stata: "Come viene usata l'acqua dall'uomo?"

I bambini hanno risposto così:

L'uomo usa l'acqua per bere ed idratarsi.

La usa per lavarsi.

Per tirare l'acqua del WC dopo essere stato in bagno.

Per lavare i piatti e per far andare la lavatrice e la lavastoviglie.

L'uomo usa l'acqua per prepararsi da mangiare.

E per innaffiare sia l'orto che i fiori sul balcone.

Usa l'acqua anche per spostarsi, come i traghetti sul mare o le piccole barche anche sui fiumi.

Usa anche l'acqua per giocare, come nei parchi acquatici o anche nelle fontane d'estate.

Dopo aver ascoltato tutte le idee condivise con la classe, abbiamo cercato di portare un po' un ordine nelle risposte date così da trovare delle differenti macroaree che comprendessero le risposte molto ricche ed esaustive arrivate dagli alunni.

Le macroaree importanti che dovevano emergere erano: l'uso agricolo, emerso con le risposte di innaffiare l'orto e i fiori, e con una visione più ampia si è arrivati anche a determinare che l'acqua viene utilizzata anche nelle grandi colture sia di ortaggi che di frutta.

Un aspetto che è emerso è stato anche l'uso dell'acqua nell'allevamento. In effetti i bambini hanno riportato la loro esperienza di quando si passeggia in montagna e quando vi è un pascolo di animali (in generale o mucche o capre) spesso nel loro recinto si vede una di quelle grandi vasche bianche piene d'acqua, in effetti riflettendo, precedentemente era venuto fuori che l'acqua era assolutamente essenziale anche per la sopravvivenza degli animali.

Per fare emergere l'utilizzo dell'acqua nell'ambito industriale, l'aspetto che la classe non è riuscita a far emergere in autonomia forse per mancanza di esempi diretti da poter emergere sul territorio, ho proposto un'immagine che rappresentava il trasporto delle merci sulle navi Cargo porta - container così che

si è riflesso sul fatto che le merci che arrivano nei nostri negozi e nei nostri mercati molto spesso hanno viaggiato su delle navi molto grandi per attraversare i mari.

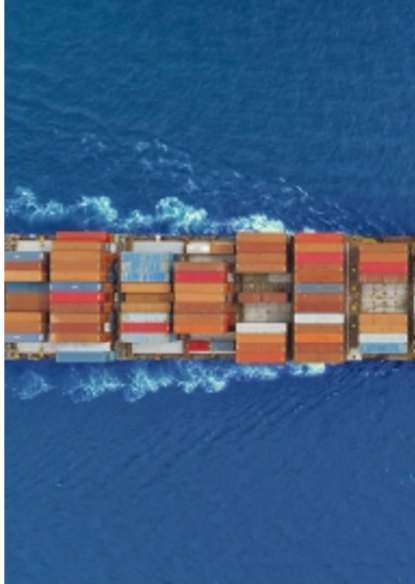


Figura 10 (Fonte: Trasporto Via Mare: la situazione italiana, 2023)

Un'altra immagine condivisa con la classe è stata quella di una centrale idroelettrica, e quindi il concetto di utilizzo dell'acqua nelle centrali idroelettriche che prevede lo sfruttamento della forza dell'acqua nei torrenti e dei grandi fiumi.



Figura 11 (Fonte: L'acqua nell'industria, 2014)

L'ultima immagine è stata quella di un trasporto di merci un po' differente rispetto a quello effettuato sulle navi Cargo. L'immagine raffigurava il trasporto della legna sui grandi fiumi in particolare dell'America in cui quando vengono abbattuti degli alberi, il legname viene trasportato facendolo galleggiare sui corsi d'acqua più vicini così da sfruttare la corrente per portare a valle il legname senza dover spendere carburante e tempo di lavoro per trasportarlo via terra.



Figura 12 (Fonte: IL LEGNO. Il materiale più antico, 2018)

Questo argomento del trasporto del legname su fiume ha particolarmente incuriosito gli alunni, che anche le volte successive lo hanno fatto diventare un loro esempio per dimostrare di aver appreso un nuovo esempio di utilizzo dell'acqua.

Per porre l'accento sull'utilizzo dell'acqua nell'ambiente domestico, abbiamo raggruppato le risposte che i bambini avevano fatto emergere e che hanno trovato la loro

rappresentazione nell'immagine proposta che rappresentava le percentuali di utilizzo nei diversi ambiti della vita quotidiana.

Grazie alla discussione di come l'acqua viene utilizzata in casa, i bambini hanno fatto emergere con molta enfasi il fatto che è importante non sprecare l'acqua, hanno sottolineato che è importante chiudere il rubinetto se non si sta usando l'acqua, per esempio durante il tempo di spazzolatura dei denti; se si lava la verdura vi è la possibilità di dare l'acqua ai fiori o alle piante dell'orto così da non sprecarla; cercare di creare dei bacini di raccolta dell'acqua piovana così da poterla utilizzare per bagnare gli orti in momenti in cui il clima è particolarmente secco; è preferibile fare una doccia breve rispetto al bagno così che si consumano meno litri d'acqua ed è importante non utilizzare grandi quantità di detersivi e che essi siano il più naturali possibili così da inquinare il meno possibile.

Sul tema dell'inquinamento, malgrado non vi fosse nessuno stimolo da parte delle immagini proposte, gli alunni hanno portato un grande contributo dimostrando di tenere molto a cuore l'argomento.

Come ultimo argomento del primo incontro ho voluto affrontare quello dell'accesso all'acqua come diritto umano. Infatti, riflettendo sul fatto che nei nostri paesi e nelle nostre città l'acqua arriva nelle case grazie impianti idrici, si ha a disposizione una risorsa incommensurabilmente importante per la vita dell'uomo.

Purtroppo, però non in tutto il mondo le situazioni sono uguali. Effettivamente, in molti paesi che fanno parte degli stati ancora in via di sviluppo, spesso gli abitanti dei villaggi devono percorrere molti chilometri di strada per poter trovare una fonte d'acqua, che non sempre è potabile ma che comunque si riducono ad utilizzare non avendo altre possibilità. Spesso questo duro lavoro è responsabilità delle donne la maggior parte delle volte accompagnate dai bambini che tutti i giorni devono percorrere dei lunghi tratti di strada andata e ritorno per poter

portare a casa l'acqua necessaria a cucinare, lavare e lavarsi e per bere.

Questo tema è stato introdotto da due immagini che rappresentavano, la prima un rubinetto delle nostre case con l'acqua corrente, per sottolineare la facilità con cui molte persone hanno accesso all'acqua; mentre la seconda immagine raffigurava due donne accompagnate da altrettanti bambini, che portavano sulla testa dei pensanti recipienti colmi d'acqua, lungo una strada all'apparenza non così facilmente percorribile. Anche per questo tema la classe ha dimostrato particolare interesse cercando degli esempi da poter condividere, di facilità e difficoltà dell'accesso all'acqua così da poter comprendere e fare loro questa importante tematica.

Verso il termine dell'incontro si è chiesto a ogni alunno di scrivere su un foglietto colorato quello che della lezione appena trascorsa si era trovato più interessante, o una cosa nuova che si era imparata o ancora delle idee che non si aveva avuto l'opportunità di esprimere durante i confronti.

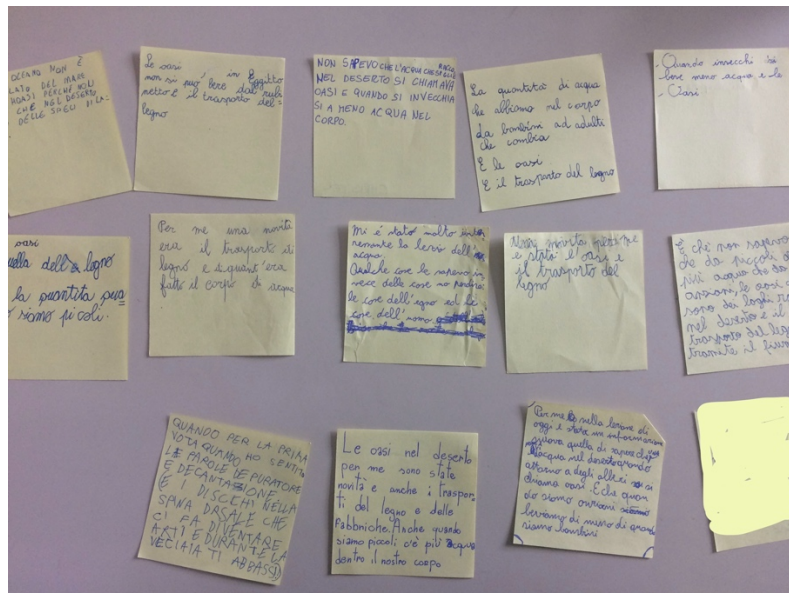


Figura 13 Concetti nuovi ed interessanti da condividere con la classe.

Ho scoperto che nel deserto ci sono delle oasi che sono delle specie di laghi.

Le oasi, in Egitto non si può bere dal rubinetto e il trasporto del legno.

Non sapevo che l'acqua che si raccoglie nel deserto viene chiamata oasi e che quando si invecchia c'è meno acqua nel nostro corpo.

La quantità di acqua che abbiamo nel nostro corpo da bambini e da adulti cambia. Le oasi e il trasporto del legno.

Quando invecchi bevi meno acqua e le oasi.

Le oasi, il trasporto del legno e il fatto che la quantità di acqua nel nostro corpo cambia invecchiando.

Per me una novità era il trasporto del legno e come il nostro corpo è fatto di acqua.

Per me è stato molto interessante partecipare alla lezione dell'acqua. Alcune cose le sapevo già mentre altre no. Come, ad esempio, le cose del legno (il trasporto del legno sui fiumi) e dell'uomo (il corpo degli uomini è composto di acqua la cui quantità cambia durante il corso della vita).

Una novità per me è stata le oasi e il trasporto del legno.

Non sapevo che da piccoli abbiamo più acqua che da anziani, le oasi che sono dei rari laghi nel deserto e il trasporto del legno tramite il fiume.

Le oasi nel deserto per me sono state una novità e anche i trasporti del legno e delle fabbriche. Anche quando siamo piccoli c'è più acqua nel nostro corpo.

Per me nella lezione di oggi è stata un'informazione nuova quella di sapere che una pozza d'acqua nel deserto quando attorno ha degli alberi si chiama oasi. E quando siamo anziani beviamo di meno di quando siamo bambini.

In generale le risposte riportate dai bambini sono state relative a quello che per loro è stata una novità e quindi la trattazione di

argomenti che non avevano mai affrontato e che hanno trovato particolarmente interessante rispetto al tema dell'acqua.

Per l'incontro successivo, in accordo con l'insegnante di classe, si è chiesto agli studenti di fare un disegno che rappresentasse una delle cose trattate durante l'incontro, per fare in modo poi di utilizzare i loro elaborati come ripasso iniziale durante il successivo incontro.



Figura 14 Disegni: Disponibilità dell'acqua e oasi. Oasi, acqua potabile e non e importanza di non sprecare l'acqua.



Figura 15 Disegni: Le oasi e la quantità di acqua presente nel corpo umano. Le oasi.



Figura 16 Disegni: Il trasporto del legno sui fiumi. Navi Cargo in mare e trasporto del legname sui fiumi.



Figura 17 Disegni: Il pianeta Terra con la sua quantità di acqua e la quantità di acqua presente nel corpo che si modifica durante il corso della vita. Le oasi.



Figura 18 Disegni: Il pianeta Terra con l'acqua sulla sua superficie. Il trasporto del legname sui fiumi.



Figura 19 Disegni: Trasporto del legname sui fiumi. Le oasi.

Incontro 2. Il viaggio dell'acqua e la biodiversità

Per il secondo incontro, ho scelto la stessa modalità del primo incontro, visto che aveva sortito successo anche per l'attenzione dei bambini durante tutta la lezione. L'unico cambiamento è stato che ho aggiunto un'ulteriore spiegazione agli argomenti introdotti dalle immagini che venivano così anche spiegati in quanto spesso erano nuovi e mai affrontati prima in classe.

Le tematiche che sarebbero state trattate durante il secondo incontro era l'acqua che viaggia e la conseguenza di tale viaggio, come per esempio la fertilità del terreno, l'erosione delle rocce, le inondazioni e la siccità, l'uso dell'acqua nell'agricoltura e il suo uso eccessivo in questo ambito, e come l'acqua sempre nell'ambito dell'agricoltura viene inquinata a causa dell'uso di determinati prodotti.

Come primo suggerimento visivo, ho proposto alla classe un'immagine che rappresentava la schematizzazione del ciclo dell'acqua. Visto che era un argomento già stato trattato in precedenza in classe, ho chiesto ai bambini di ricordare tutti i diversi passaggi di stato dell'acqua durante il suo ciclo.



Figura 20 (Fonte: Che cos'è il ciclo dell'acqua?, 2022)

Con grande precisione, loro hanno raccontato tutti i diversi passaggi del ciclo dell'acqua. Prima di tutto avviene l'evaporazione o traspirazione: l'acqua che si trova nei laghi e nei mari evapora, mentre la traspirazione avviene quando le piante si scaldano cioè la perdita di acqua dalle foglie nelle ore più calde della giornata. In seguito, avviene la condensazione: il vapore acqueo a causa di temperature più fredde torna ad essere acqua e quindi riassume lo stato liquido, così che si formano le nuvole. Poi avvengono le precipitazioni: le nuvole rilasciano sulla terra l'acqua sotto forma di pioggia, grandine o neve.

L'ultimo passaggio del ciclo prevede l'infiltrazione: parte dell'acqua che è tornata sulla terra sotto forma di precipitazioni, si infiltra nel sottosuolo per arrivare alle falde acquifere; mentre l'altra parte dell'acqua confluisce nei torrenti e nei fiumi per raggiungere nuovamente il mare o i laghi e ricominciare così da capo il ciclo idrologico.

I cambiamenti di stato dell'acqua sono quindi: evaporazione, condensazione, congelamento e fusione. La riepilogazione di tale argomento è servita per fare in modo che tutti avessero ben chiaro come l'acqua si sposta e cambia stato e le condizioni che fanno in modo che questo accada. Dopo la discussione collettiva

è emerso che l'argomento era ben chiaro agli alunni e siamo così passati all'argomento successivo.

Ho proposto ai bambini due immagini che rappresentavano il Gran Canyon, dove l'acqua del fiume Colorado ha formato queste profondissime gole erodendo le rocce per innumerevoli anni, e il Canyon Rio Sass, un canyon di dimensioni molto più ridotte che si trova in Trenino nella valle di Non.

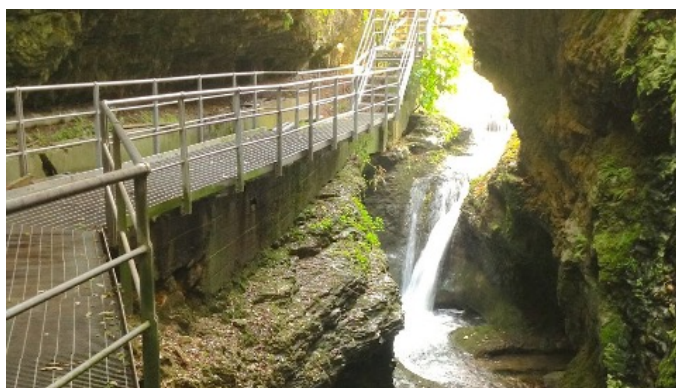


Figura 21 (Fonte: 3 buoni motivi per andare a Fondo, nella Val di Non, 2023)



Figura 22 (Fonte: Colorado River in the Marble Canyon section of the Grand Canyon – view from the river – level, 2023)

Queste due immagini servivano a portare agli alunni l'esempio dell'erosione dell'acqua sulla roccia, grazie al continuo scorrere l'acqua scava nella roccia creandosi i passaggi che con il tempo si si ingrandiscono e diventano sempre più profondi.

In seguito, l'immagine della Pianura Padana è servita ad introdurre il tema della fertilità del terreno. Prima di essere una pianura, la zona che si trova tra gli Appennini e le Alpi era ricoperta dall'acqua del mare. Nel corso dei millenni i detriti, ghiaia, sassi e terriccio, hanno riempito l'area dando alla zona l'aspetto con cui la possiamo osservare noi ora, della Pianura Padana.

I detriti sono stati portati dallo scorrere dell'acqua verso il mare, e grazie alla ricchezza del terriccio che si depositava i terreni della Pianura Padana sono ora molto fertili. Grazie anche alla conformazione pianeggiante della Pianura, l'utilizzo di macchinari per l'agricoltura è particolarmente facilitato, la presenza di corsi d'acqua permette una facile irrigazione e grazie all'abbondante presenza di acqua il terreno rimane molto umido rendendolo così particolarmente produttivo.

In seguito, abbiamo trattato il tema dell'acqua che esce dal suo corso e spesso crea molti danni alle città e agli uomini. In particolare, alluvione indica tutti i danni prodotti da un evento di piena di un corso d'acqua, quindi l'allagamento temporaneo, anche con lo spostamento di sedimenti ad alta densità di aree che normalmente non sono coperte d'acqua. In questo frangente i bambini hanno raccontato che nella maggior parte delle famiglie vi è il ricordo dell'alluvione che colpì la Valle d'Aosta, e in particolare la vallata in cui si trova la scuola, creando moltissimi danni a cose, case e persone.

L'esondazione è quando il corso d'acqua esce dal suo corso e questo è causato dal fatto che nel corso d'acqua vi sono acque sovrabbondanti che fanno sì che gli argini non riescano a contenerle tutte e quindi fuoriescono. Spesso la causa di una sovrabbondanza di acqua è dovuta all'eccessiva precipitazione di acqua, come è successo nei mesi centrali di quest'anno 2023 nella regione dell'Emilia-Romagna, oppure a causa del fatto che le dighe non trattengono più le acque.

L'inondazione è invece il fenomeno che riguarda l'allagamento in tempi molto ristretti di un'area ben definito da parte di una ingente massa d'acqua. Per questo motivo le inondazioni rappresentano il disastro naturale più comune in tutto il mondo. In particolare, le grandi inondazioni avvengono nelle zone tropicali e lungo i fiumi più grandi del mondo, a causa di uragani o a causa di fenomeni di tsunami.

Trattando tale argomento si è fatto anche un collegamento con le piene del Nilo che causavano delle inondazioni che portavano all'irrigazione dei terreni ai lati del fiume, in particolare in Egitto. Le acque del Nilo erano ricchissime di una sottilissima fanghiglia chiamata limo che si depositava sui campi e li concimava essendo essa molto fertile. Per far fronte al problema delle inondazioni, dove esse sono più presenti, le abitazioni vengono costruite su delle zone leggermente rialzate così da evitare che subiscano tutte le volte dei danni. Parlando in particolare delle inondazioni del Nilo, gli alunni si sono rivelati essere molto preparati riguardo all'argomento trattato in classe precedentemente con le loro insegnanti.

Infine, parlando delle siccità i bambini hanno fatto in particolare molti interventi in quanto l'estate precedente hanno potuto fare esperienza della siccità.

Faceva particolarmente caldo.

Tutti i giorni dell'estate, anche in montagna, il sole era sempre molto forte.

Molte fontane non avevano più acqua. E altre fontane si è deciso di chiuderle per non far scorrere l'acqua inutilmente visto che già era così poca.

Nell'orto si poteva vedere la terra che si divideva in zolle perché mancava l'acqua.

I miei nonni non potevano bagnare tutti i giorni l'orto perché avevano l'acqua solo alcuni giorni alla settimana.

Non ha piovuto per tutta l'estate e il cielo era sempre azzurro con un sole molto forte.

Molti laghi si sono molto rimpiccioliti perché non ricevevano più acqua.

Dopo tutti questi suggerimenti portati dagli alunni, abbiamo messo insieme le caratteristiche che determinano una condizione di siccità: per un lungo periodo non piove, d'inverno è caduta poca neve e le temperature non sono scese come dovrebbero durante questa stagione, il sole per molti giorni di seguito splende facendo in modo che le temperature si alzino anche a livello del suolo, l'acqua presente sul terreno o nelle zone umide tende ad evaporare a causa del continuo caldo.

Successivamente, ho voluto introdurre il tema della biodiversità che gli alunni avevano già trattato durante l'anno scolastico precedente con alcuni esperti che si erano recati da loro in classe. Quindi alla domanda "che cos'è secondo voi la biodiversità?" i bambini hanno risposto:

Tutti gli animali che ci sono.

Le piante che ci sono nei boschi.

I pesci che nuotano nel mare. E anche nei laghi e nei fiumi.

I fiori.

Ho poi integrato quello che i bambini avevano condiviso con la definizione che in generale si dà di biodiversità come tutto l'insieme di animali, piante, funghi e microorganismi che popolano il nostro pianeta. Ho anche aggiunto che tutta questa moltitudine rappresenta una ricchezza inestimabile, in quanto tutte queste specie vivendo tra di loro, creano un equilibrio fondamentale non solo per salute della Terra per come la

consociamo ma anche per l'esistenza stessa degli esseri umani sulla Terra.

Ho spiegato, inoltre, che senza biodiversità noi non avremmo acqua e cibo a sufficienza, e di conseguenza non esisterebbero più ecosistemi adatti a far prosperare la nostra vita. L'aspetto anche che la biodiversità sia in pericolo è stato affrontato, inquanto negli ultimi tempi in particolare, le attività umane la stanno mettendo in una condizione molto critica, con l'inquinamento atmosferico, le deforestazioni e ulteriori problematiche, si stanno causando ad un tempo sempre più sostenuto, delle estinzioni e la scomparsa di interi ecosistemi. Fa molta impressione che ad oggi gli ecosistemi hanno perso il 75% della biodiversità originaria del pianeta.

Un esempio che ho portato per far capire agli alunni che la biodiversità è direttamente collegata alla vita degli esseri umani è stato quello delle api. Il cambiamento climatico mette in pericolo le api, che, oltre a non riuscire più a produrre il miele, non si trovano più in buone condizioni di vita e quindi non riescono più ad impollinare, con una conseguente scomparsa di intere specie di piante e una diminuzione di gran parte della varietà alimentare sia per gli animali che per l'uomo. Si può quindi riflettere che con la scomparsa di una sola specie di insetto, nel giro di pochi anni, la vita sulla Terra potrebbe trovarsi in serio pericolo.

Riguardo alle api, i bambini hanno portato delle esperienze personali in quanto è capitato a dei loro conoscenti che le famiglie di api che abitavano gli alveari morissero proprio a causa dell'inquinamento e del cambiamento climatico visto che non riuscivano a adattarsi alle nuove condizioni così diverse da quelle precedenti alle quali erano abituati.

Per fare attenzione a non prospettare un futuro troppo nefasto, in classe ho sottolineato che comunque la Terra è assolutamente in grado di rigenerarsi e quindi vi sono ancora molte possibilità con la sicurezza però che alcuni aspetti della vita degli uomini

devono essere modificati. Proprio riguarda a questo argomento, in classe è venuto di nuovo fuori il fatto che non si deve inquinare, è importante fare la differenziata e non disperdere i rifiuti, non si devono sprecare le risorse naturali, si deve cercare di inquinare il meno possibile con le emissioni dei combustibili fossili.

Per portare un esempio concreto sulla biodiversità collegato all'importanza dell'acqua per la Terra e la vita degli esseri umani, ho introdotto l'ecosistema fiume. Prima di tutto, abbiamo ripreso il concetto di ecosistema come un insieme costituito da un ambiente e dagli esseri viventi e non viventi che lo costituiscono e lo abitano. Esistono molte specie differenti nello stesso ecosistema, e il numero degli ecosistemi sulla Terra è incommensurabile. All'interno di un ecosistema, esseri viventi diversi interagiscono tra di loro. Per esempio, i predatori cacciano le prede, mentre altri esseri viventi vivono in completa simbiosi, e non possono fare a meno gli uni degli altri per la sopravvivenza di ognuno.

In ogni ecosistema, dato che è tutto strettamente collegato, se una specie scompare, un'altra specie può scomparire a sua volta. Per quanto riguarda l'ecosistema acquatico preso in esame, abbiamo parlato dell'ecosistema fiume, realtà che per i bambini era facilmente osservabile essendo il corso di un fiume proprio vicino alla scuola.

Abbiamo riflettuto su come l'ecosistema fiume è costituito da tutte le parti viventi e non viventi: acqua, sassi, alghe, piante acquatiche, insetti, crostacei, pesci, e molti altri esempi. Spesso durante il suo corso, il fiume cambia completamente le sue caratteristiche visto che si susseguono dei tratti molto differenti tra di loro:

- Tratto montano: vicino alla sorgente il corso d'acqua è ancora di piccole dimensioni, scorre molto velocemente perché spesso si trova lungo dei versanti montuosi, le acque sono quindi turbolente e fredde e possono anche formare delle cascate.

- Tratto di fondovalle: a valle il corso d'acqua diventa più largo e profondo e aumenta anche la sua portata, quindi, è costituito da più acqua. Le acque risultano essere fresche ma la velocità diminuisce come anche le turbolenze.

- Tratto di pianura: il corso d'acqua rallenta drasticamente il suo percorso, si arricchisce man mano delle acque dei suoi affluenti, che ne aumentano quindi di molto la portata. L'acqua risulta essere più calda e molto ricca di nutrienti.

Durante questa spiegazione gli alunni son stati molto attenti ai dettagli e hanno partecipato attivamente nel condividere con numerosi ed appropriati esempi per rendere più semplice la spiegazione.

Al termine dell'incontro, si è nuovamente chiesto agli studenti di scrivere su un biglietto quello che era interessato maggiormente o che avevano trovato più interessante.

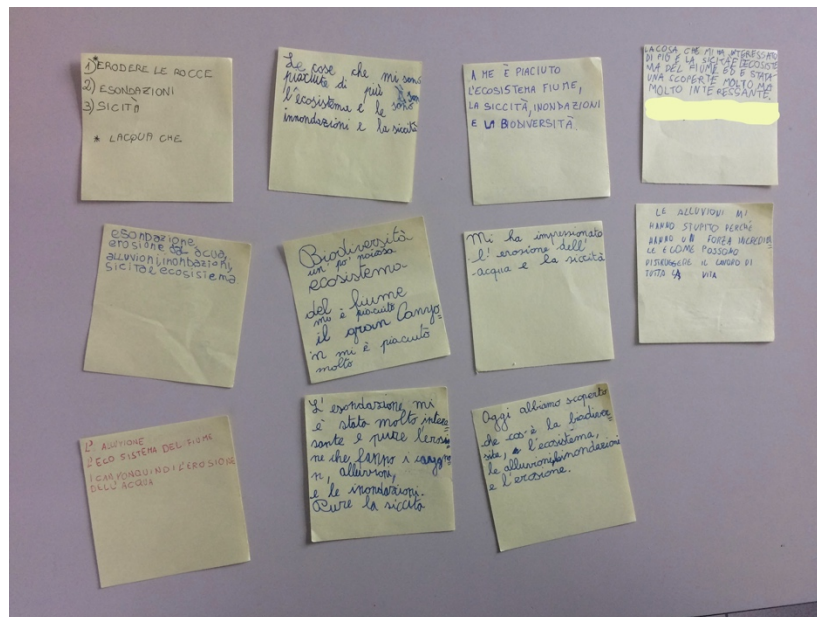


Figura 23 Ciò che gli studenti hanno trovato interessante o che hanno imparato di nuovo.

Le cose che mi son piaciute di più sono l'ecosistema, le inondazioni e la siccità.

A me è piaciuto l'ecosistema fiume, la siccità, inondazioni e la biodiversità.

La cosa che mi ha interessato di più è la siccità, l'ecosistema del fiume che è stata una scoperta molto interessante.

Biodiversità, un po' noiosa visto che l'avevamo già trattata, l'ecosistema del fiume mi è piaciuto e il Gran Canyon mi è piaciuto molto.

Mi ha impressionato l'erosione dell'acqua e la siccità.

Le alluvioni mi hanno stupito perché hanno una forza incredibile e come possono distruggere il lavoro di tutta la vita.

L'alluvione, l'ecosistema del fiume, i canyon e quindi l'erosione dell'acqua.

L'erosione è stata molto interessante come anche l'erosione che fanno i canyon, alluvioni e le inondazioni, pure la siccità.

Oggi abbiamo scoperto cos'è la biodiversità, l'ecosistema, le alluvioni, le inondazioni e l'erosione.

Incontro 3: Tutto sull'acqua e la biodiversità

Durante l'ultimo incontro programmato con la classe, ho deciso di procedere con una revisione di tutti gli argomenti trattati durante gli incontri precedenti, con l'aiuto delle immagini e quasi esclusivamente gli interventi che gli alunni si proponevano di fare ricordando molto precisamente quello che si era detto a proposito dei diversi aspetti.

Per mettere insieme tutte le vecchie e le nuove conoscenze acquisite abbiamo deciso di fare un *lapbook* molto semplice per avere tutti gli argomenti insieme.

Ho distribuito agli alunni i materiali necessari, tra cui dei fogli A3 colorati e delle immagini che rappresentavano gli argomenti presi in esame nei precedenti incontri.

Abbiamo poi deciso insieme cosa scrivere come spiegazione/didascalia delle immagini, cercando di essere sintetici ma anche efficaci e chiari.

Innanzitutto, rivedendo il concetto di biodiversità, abbiamo scritto che essa è un patrimonio inestimabile per la Terra ed è molto importante anche per la vita dell'uomo. Se la biodiversità dovesse mancare la Terra sarebbe in difficoltà e per piante, animali e uomini mancherebbero l'acqua ed il cibo. Purtroppo, come i bambini hanno giustamente rimarcato, essa è gravemente minacciata dalle azioni dell'uomo come per esempio dalla deforestazione, dall'inquinamento e dallo spreco delle risorse. Una piccola curiosità che abbiamo scoperto tutti insieme è stata che la giornata mondiale della biodiversità è il 22 maggio, qualche giorno dopo il nostro incontro in cui si era parlato proprio di questa tematica.

A proposito degli ecosistemi abbiamo scritto da cosa è costituito, cioè da tutti gli esseri viventi e non viventi; importante è sottolineare il fatto che vi sono molte specie nello stesso ecosistema e sulla Terra si trovano tantissimi ecosistemi diversi. Abbiamo poi ritenuto importante sottolineare la differenza tra ecosistema naturale, come le foreste, i laghi, ed ecosistemi artificiali, inserendo degli esempi per lo più suggeriti dagli studenti, come l'acquario, gli edifici, un campo coltivato.

Riprendendo poi l'aspetto dell'importanza dell'acqua, abbiamo trattato il fatto che l'acqua non è accessibile a tutti e il fatto che non dappertutto essa è potabile. Gli alunni avevano anche direttamente fatto tale esperienza avendo avuto l'opportunità di viaggiare nei paesi dove non si può bere l'acqua del lavandino in quanto non è potabile.

Abbiamo anche rivisto come l'uomo usa l'acqua nell'ambito più domestico, per bere, lavare i piatti, annaffiare, cucinare, in bagno per lavarsi e per il WC, per lavare gli indumenti e gli oggetti, per giocare. Mentre l'uomo sfrutta l'acqua in molti altri ambiti: in agricoltura per irrigare quando le precipitazioni di pioggia non

sono sufficienti ad irrigare i campi coltivati, nelle industrie come circuiti di raffreddamento e per creare energia nelle centrali idroelettriche, oltre che per il trasporto delle merci sulle navi Cargo e il trasporto del legname sui fiumi così da sfruttare la forza dell'acqua per spostare il legname più a valle.

Il ruolo che l'acqua svolge sul nostro pianeta è stato ugualmente oggetto della nostra revisione, abbiamo ripreso il concetto di erosione delle rocce da parte dell'acqua, fino a creare i Canyon che possiamo trovare in tutto il mondo. E sempre con l'acqua che viaggia, abbiamo rivisto la formazione della Pianura Padana con i suoi terreni fertili grazie ai detriti che nell'antichità l'hanno formata.

Un focus è stato fatto anche sui danni che l'acqua può causa, visto che nel periodo in cui si svolgeva il progetto era appena avvenuta l'alluvione nel Centro Italia i bambini erano particolarmente coinvolti nella tematica, in particolare con le inondazioni e quindi la fuoriuscita dell'acqua dai corsi dei fiumi. Al contrario il fenomeno della siccità, vissuto da quasi tutti nell'estate precedente, causata invece dalla mancanza di acqua, dalle precipitazioni assenti e dalle temperature che si alzano fuori misura.

Ogni argomento trattato era rappresentato da un'immagine stampata e quello che veniva scritto fungeva da didascalia/descrizione dell'immagine, così da avere sia lo stimolo visivo che la descrizione scritta.

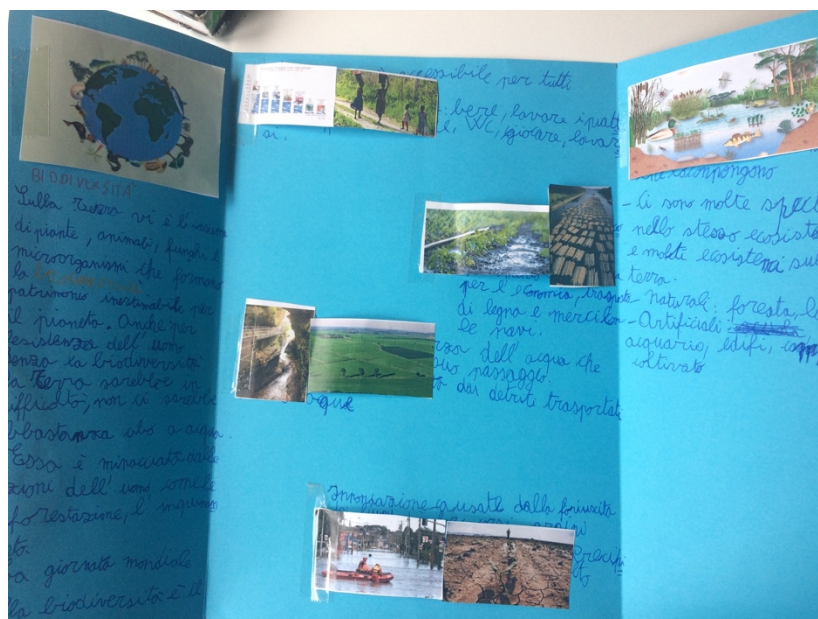


Figure da 24 a 28 Elaborato finale degli alunni: “Tutto sull’acqua e la biodiversità”

4.4 Riflessioni conclusive

Durante tutto lo svolgimento del progetto gli alunni hanno avuto un ruolo attivo e molto importante in quanto erano i detentori del ruolo principale di condivisione delle idee che venivano proposte all’intero gruppo classe a partire dalle immagini stimolo proposte loro. Per ogni immagine proposta loro avevano

la possibilità di esprimere ciò che veniva loro in mente guardando l'immagine, sia attingendo alle conoscenze acquisite nel percorso scolastico sia portando in classe la condivisione di esperienze personali attinenti agli argomenti trattati. Più di una volta son stati proprio gli alunni che hanno fatto emergere degli aspetti sulla tematica dell'importanza dell'acqua che non erano espressamente riportati nelle immagini stimolo ma che facendo dei collegamenti coerenti con le loro esperienze di vita hanno dedotto fosse giusto dividerle con la classe.

Per portare un esempio, durante il primo incontro quando si è trattata la tematica dell'utilizzo dell'acqua da parte dell'uomo il primo aspetto spontaneamente emerso dagli alunni è stata l'importanza di non sprecare questa risorsa così importante per l'uomo; è emerso quindi l'importanza di utilizzare le risorse d'acqua in modo consapevole, senza sprecare l'acqua pulita ma cercando tutti i modi possibili di riutilizzare l'acqua, cercare raccogliarla dalle precipitazioni per poi utilizzarla per innaffiare gli orti, preferire una doccia al posto di un bagno per utilizzarne una minor quantità e spegnere il rubinetto mentre ci si lavano i denti.

Quando si trattavano degli argomenti che gli alunni non avevano ancora avuto l'opportunità di affrontare in classe essi erano particolarmente curiosi e ponevano numerose domande pertinenti per cercare di approfondire e capire al meglio ciò che venivano loro spiegato. Spesso cercavano anche di formulare degli esempi per essere sicuri di aver compreso il concetto.

Durante i momenti di confronto collettivo mantenevano un atteggiamento molto positivo e di ascolto verso tutti i compagni anche se talvolta ci si perdeva nel discorso avendo una tendenza a divagare eccessivamente, così che poi dovevo cercare di riportare l'attenzione sull'argomento di partenza, senza però sminuire gli impulsi di condivisione di esperienze o conoscenze che venivano dai ragazzi.

All'inizio di ogni incontro gli alunni erano molto partecipi nel ripercorrere quello che si era affrontato la volta precedente, rispondevano in modo per lo più corretto e se vi erano dei dubbi o qualcosa di non chiaro chiedevano ulteriori spiegazioni. In questo modo le interazioni durante le attività proposte hanno permesso al gruppo di costruire un rapporto fra elementi noti ed elementi nuovi, in modo che il nuovo possa essere assimilato al noto e il noto possa accomodarsi al nuovo.

Condividendo l'intero percorso del progetto, gli alunni hanno imparato l'importanza dell'acqua non solo per la vita dell'uomo, ma anche per la vita del pianeta.

Hanno condiviso con la classe l'importanza di non sprecare l'acqua nella vita quotidiana visto che l'uomo la utilizza nella maggior parte delle sue attività nonché per la sua sopravvivenza sulla Terra. Abbiamo ripassato come l'acqua compie il suo ciclo sulla Terra e in quali punti l'uomo vi si inserisce, dallo sfruttamento della corrente dei corsi d'acqua per creare energia nelle centrali idroelettriche, e per il trasporto del legname, aspetto che ha incuriosito e interessato particolarmente gli alunni; all'utilizzo delle precipitazioni per irrigare le coltivazioni.

Abbiamo anche affrontato la tematica di come l'acqua con il suo continuo scorrere crea e modifica i paesaggi, passando dalla formazione della Pianura Padana, con un suolo fertile, alla facilità di lavorazione dei suoi terreni e l'abbondante presenza di acqua per l'irrigazione; fino ad arrivare alla creazione dei Canyon che possiamo osservare non solo nella lontana America ma anche nei nostri monti nei punti in cui l'acqua passando continuamente scava la roccia fino a creare delle profonde gole. Importante è stato anche affrontare la tematica della pericolosità di alcune situazioni che possono crearsi a causa dell'acqua, come le inondazioni e le alluvioni, tematiche molto vicine agli studenti in quanto in famiglia avevano sentito spesso parlare dei disastri che un'alluvione può causare visto che circa vent'anni fa la Valle

d'Aosta è stata scenario di un'alluvione molto cruenta. La siccità, al contrario, è stato un aspetto vissuto direttamente dai bambini in quanto le estati appena trascorse avevano come caratteristica proprio quella della siccità con temperature molto alte, assenza di precipitazioni, terreno che tendeva a creparsi per mancanza di acqua, tutti aspetti che gli alunni hanno giustamente condiviso e discusso.

La tematica della biodiversità è stata riproposta insieme agli alunni, dato che l'avevano già affrontata in precedenza, mentre l'ecosistema fiume era un argomento nuovo per loro così che hanno appreso tutto quello che si può trovare nel fiume e gli aspetti che lo caratterizzano.

Arrivati all'ultimo incontro, gli studenti hanno dimostrato di aver mantenuto una grande attenzione durante gli incontri precedenti e hanno potuto così partecipare come protagonisti nella descrizione delle immagini che componevano il *lapbook*. Questo ha anche dimostrato che avevano compreso gli argomenti avendo avuto così la possibilità di apprenderli e farli propri.

Per quanto riguarda la mia esperienza del progetto con il gruppo classe ho cercato di proporre un progetto che desse la possibilità agli alunni di partecipare attivamente e condividere con la classe ciò che già conoscevano e dall'altra parte lasciare la possibilità di fare domande e ascoltare le spiegazioni per gli argomenti che risultavano mai affrontati o ancora da consolidare.

Il confronto con l'insegnante di classe mi ha dato la possibilità di capire quali argomenti gli alunni avevano affrontato e quindi avrei potuto affrontare con un aspetto di approfondimento, e cosa invece era nuovo per loro e il modo migliore per affrontarlo.

In un'occasione l'insegnante prima che iniziasse l'incontro mi ha fatto notare che una delle immagini stimolo che avrei proposto toccava una tematica completamente estranea agli alunni, l'utilizzo dell'acqua dagli organi del corpo umano, così una volta arrivati ad affrontare tale immagine l'abbiamo

semplicemente collegata all'importanza dell'acqua per il corpo umano che la utilizza nella maggior parte delle sue funzioni che ci mantengono in vita.

Tra un incontro e l'altro ho sempre ripercorso quello che si era affrontato in classe così da vedere come rielaborare le informazioni raccolte che mi son servite per comprendere come e cosa gli alunni avevano capito di quello che avevamo visto in classe.

Ho cercato di imparare come portare in modo interessante un argomento nuovo in classe, in modo da coinvolgere gli alunni e fare in modo che fossero essi stessi gli attori del loro apprendimento, supportandoli e sostenendoli nella costruzione delle nuove conoscenze.

Ho potuto sperimentare personalmente l'importanza del confronto in classe e del dare agli alunni l'opportunità di condividere le esperienze con i compagni.

Cercando di avere un'ottica rivolta verso il futuro ritengo sia molto importante affrontare a scuola con gli alunni tutte quelle tematiche che riguardano le crisi alle quali stiamo andando incontro e che, la maggior parte delle volte, sono frutto delle azioni dell'uomo. Importante è che già i bambini capiscano che ogni azione che si compie ha una conseguenza e che se si fanno delle azioni negative rivolte verso il nostro pianeta è come se facessimo del male a noi stessi; per questo è importante prendersi cura del pianeta.

È importante affrontare queste tematiche a scuola con un'ottica transdisciplinare, facendo in modo quindi di trattarle nelle diverse discipline, parlando di ecosistemi, biodiversità, inquinamento ed esaurimento delle risorse, dando la possibilità agli alunni di fare delle esperienze dirette con delle uscite didattiche per visitare gli ecosistemi che si trovano intorno alla scuola, le realtà che si occupano della salvaguardia e la reintegrazione della biodiversità. Così possono rendersi conto dell'importanza della salute degli ecosistemi per la salute degli

esseri umani, insieme a tutti gli organismi viventi, e per la salute complessiva del pianeta. Inoltre, possono capire come essere in prima persona gli attori che si impegnano per continuare l'arduo ed importante compito della salvaguardia del pianeta.

Sempre di più ci si rende infatti conto dell'importanza che gli ecosistemi naturali ed artificiali siano in salute per fare sì che anche la salute dell'uomo corra il minor rischio, per questo se i giovani diventano consapevoli dell'importanza della salute del pianeta grazie all'azione e all'impegno della scuola le attuali sempre più numerose crisi possono avere una possibilità di risoluzione e possibile recupero per il bene e la salute di tutti.

Bibliografia

Allen, A. P., Brown, J. H. & Gillooly, J. F. (2002). Global biodiversity, biochemical kinetics, and the energetic-equivalence rule. *Science* 297:1545–1548.

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12202828/>

Antonietti, M., Bertolino, F. Guerra, M. & Schenetti, M. (2022) *Educazione e Natura*. Franco Angeli.

<https://francoangeli.it/Libro/Educazione-e-Natura?Id=27797>

Acqua nel corpo umano (2023)

<https://www.depuratoriacqualife.it/acqua-nel-corpo-umano/>

Bechetti, L. & Forte, G. A. (2020) Origine delle disuguaglianze e natura dello sviluppo. Geografia della distribuzione ed etica della redistribuzione. <http://www.anthropologica.eu/origine-delle-disuguaglianze-e-natura-dello-sviluppo/>

Brotto, L., Corradini, G., Chiriaco, M.V., Perugini, L., Pinato, F., Storti, D. Vanino, S., Maluccio, S. & Romano, R. (2018) Stato del mercato forestale del carbonio in Italia 2018. Nucleo Monitoraggio del Carbonio, CREA, Rome

https://www.nucleomonitoraggiocarbonio.it/it/filesvari/notizie/2018/Report_StatoMercatoForestaleCarbonio_2018.pdf

Caldo, le mucche bevono 140 litri d'acqua al giorno (2013)

<https://terraoggi.it/caldo-le-mucche-bevono-140-litri-dacqua-al-giorno/>

Calvani, A. (1998). Costruttivismo, progettazione didattica e tecnologie. *Progettazione formativa e valutazione*. Roma: Carocci.

https://lnx.suardo.it/wp-content/uploads/2017/06/CALVANI_COSTRUTTIVISMO.pdf

Che cos'è il ciclo dell'acqua? (2022)

<https://www.focusjunior.it/scienza/natura/che-cose-il-ciclo-dellacqua/#main-gallery=slide-1>

Colorado River in the Marble Canyon section of the Grand Canyon – view from the river – level (2023)

https://it.wikipedia.org/wiki/Grand_Canyon#/media/File:Canyon_midday.jpg

Conti F. (2006). *Ecologia*, Prima.

Cracraft, J. (1983). Species concepts and speciation analysis. In Johnston, R. F. (ed.). *Current Ornithology*. Plenum Press.

Dasgupta, P. (2021), The Economics of Biodiversity: The Dasgupta Review. London: HM Treasury

https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/962785/The_Economics_of_Biodiversity_The_Dasgupta_Review_Full_Report.pdf

December, blue Marble Next Generation w/ Topography and Bathymetry (2004)

<https://visibleearth.nasa.gov/collection/1484/blue-marble>

Dontsova K., Balogh-Brunstad, Z. & Le Roux, G. (2020). *Biogeochemical Cycles: Ecological Drivers and Environmental Impact*. Wiley.

Dyball, R. & Carlsson, L. (2017). Ellen Swallow Richards: Mother of Human Ecology? in *Human Ecology Review*, Vol. 23, No. 2, Special Issue: Human Ecology—A Gathering of Perspectives: Portraits from the Past—Prospects for the Future
<https://www.jstor.org/stable/26367977?seq=2>

EEA (2020) Land and Soil Pollution.

<https://www.eea.europa.eu/signals-archived/signals-2020/articles/land-and-soil-pollution>

EEA (2021) Pollution and barriers are key problems for Europe's waters.

<https://www.eea.europa.eu/highlights/pollution-and-barriers-are-key>

EEA (2022) Marine pollution and ecosystems.

<https://www.eea.europa.eu/publications/zero-pollution/ecosystems/marine-pollution>

EEA (2023) Air Pollution

<https://www.eea.europa.eu/en/topics/in-depth/air-pollution>

Gaston, K. (1996). Biodiversity – latitudinal gradients. *Progress in Physical Geography*, 20,4 pp. 466-476

<https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/030913339602000406>

Giornata Mar Mediterraneo: i pesci del mare nostrum dalla A alla Z (2021)

<https://www.amoreaquattrozampe.it/pets-kids/pesci-giornata-mar-mediterraneo/115641/>

Hunter, M.L., Jr. (2002). *Fundamentals of Conservation Biology*. Second Edition. Blackwell Science, Massachusetts, USA.

Hutchinson, G.E. (1957) Concluding Remarks. *Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology*, 22, 415-427.

<http://dx.doi.org/10.1101/SQB.1957.022.01.039>

IL LEGNO. Il materiale più antico (2018)

<https://tecnologiaLANZI.blogspot.com/2018/11/il-legno-il-materiale-piu-antico.html>

INDIRE (2018) Outdoor Education

<https://innovazione.indire.it/avanguardieeducative/outdoor-education>

ISPRA (2010) Servizi Ecosistemici e Sostenibilità. *Ecoscienza 3*

https://www.isprambiente.gov.it/files/biodiversita/Santolini_2010_Servizi_ecosistemici.pdf

ISPRA (2023a) Biodiversità

<https://www.isprambiente.gov.it/it/attivita/biodiversita>

ISPRA (2023b) Biodiversità e Malattie Trasmissibili.

<https://www.isprambiente.gov.it/it/attivita/ambiente-e-salute/temi/biodiversita-e-malattie-trasmissibili>

ISPRA (2023). La Biodiversità.

<https://www.isprambiente.gov.it/it/attivita/biodiversita/le-domande-piu-frequenti-sulla-biodiversita/cose-la-biodiversita>

ISS (2020) Flora intestinale, microbiota e microbioma.

<https://www.issalute.it/index.php/la-salute-dalla-a-alla-z-menu/f/flora-intestinale-microbiota-e-microbioma>

- Kareiva, P. & Marvier, M. (2003). Conserving Biodiversity Coldspots: Recent calls to direct conservation funding to the world's biodiversity hotspots may be bad investment advice. *American Scientist*, Vol. 91, No. 4, pp. 344-351
<https://www.jstor.org/stable/27858246>
- L'acqua nell'industria (2014)
<https://www.asvstubbe.it/blog/lacqua-nellindustria/>
- Le oasi: come si formano e cosa vi si coltiva (2020)
<https://www.elementari.net/2019/09/le-oasi.html>
- MASE (2022) Educare all'Acqua.
<https://www.mase.gov.it/pagina/educare-all-acqua#:~:text=Educare%20all'acqua%20significa%20educare,d%20esauribilit%C3%A0%20delle%20sue%20risorse>
- MASE (2023) Capitale Naturale e Servizi Ecosistemici.
<https://www.mase.gov.it/pagina/capitale-naturale-e-servizi-ecosistemici>
- Massa, R. (2005). *Il secolo della biodiversità*. Jaca Book
- Mayden, R.L. (1997). A hierarchy of species concepts: the denouement in the saga of the species problem. In Claridge, M.F., Dawah, H. A. & Wilson, M. R. (eds.), *Species. The Units of Diversity*. Chapman & Hall. pp. 381–423
<https://philpapers.org/rec/MAYAHO-6>
- Mayr, E., & Ashlock, P.K.(1991). *Principles of Systematic Zoology*. McGraw-Hill
- Millennium Ecosystem Assessment (2005). *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Island Press.
<https://www.google.com/search?client=firefox-b-d&q=millennium+ecosystem+assessment+2005+pdf>
- Miller, M.E., Hamann, Haman, M. & Krook, F.J. (2020). Bioaccumulation and biomagnification of microplastics in marine organisms: A review and meta-analysis of current data. *PLoS One*.
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7567360/>

MIUR (2012) *Le Indicazioni nazionali per il Curricolo della Scuola dell'Infanzia e del Primo Ciclo d'istruzione.*

https://www.miur.gov.it > DM+254_2012

Mojzsis, S.J., Arrhenius, G., McKeegan, K.D., Harrison, T.M., Nutman, A.P. & Friend, C.R.L. (1996). Evidence for life on Earth before 3,800 million years ago. *Nature* Vol. 34 pp.55-59.

<https://www.nature.com/articles/384055a0>

Morin, P.J. (2011). *Community Ecology*. Wiley-Blackwell.

Myers, N., Mittermeier, R., Mittermeier, C., Da Fonseca, G.A.B., & Kent, J. (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* **403**, 853–858.

<https://doi.org/10.1038/35002501>

Nature, biodiversity and health: an overview of interconnections. (2021). Copenhagen: WHO Regional Office for Europe; Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.

Odum E.P. (1988). *Basi di ecologia*, Piccin.

Planetary Health Education Framework (2021).

<https://www.planetaryhealthalliance.org/ph-education-materials>

<https://www.planetaryhealthalliance.org/education-framework>

Pope Francis (2015). Enciclical Letter Laudato Si.

https://www.vatican.va/content/francesco/en/encyclicals/documents/papa-francesco_20150524_enciclica-laudato-si.html

Regan, C.T. (1926). Organic evolution. Report of the British Association for the Advancement of Science 93rd Meeting, 75–86.

<https://www.google.com/search?client=firefox-b->

[d&q=Regan%2C+1926%3A+75](https://www.google.com/search?client=firefox-b-d&q=Regan%2C+1926%3A+75)

Regione Autonoma Valle d'Aosta (2016). *Adattamenti alle necessità locali della Valle d'Aosta delle Indicazioni nazionali per il curriculum della scuola dell'infanzia e del primo ciclo di istruzione.*

<https://scuole.vda.it/adattamenti>

Rete Clima (2020). Servizi ecosistemici ed ambientali (PSEA): teoria e pratica.

<https://www.reteclima.it/pagamento-dei-servizi-ecosistemici-ed-ambientali-psea/>

Servizi ecosistemici e sostenibilità (2010).

https://www.isprambiente.gov.it/files/biodiversita/Santolini_2010_Servizi_ecosistemici.pdf

Smith, T. M., & Smith, R. L. (2007). *Elementi di ecologia*. Pearson.

Smithsonian Environmental Research Center (2023). Change is in the air.

https://forces.si.edu/atmosphere/02_02_00.html

Stauffer, R.C. (1957). Haeckel, Darwin, and Ecology. *The Quarterly Review of Biology* 32, 138-144

<https://www.journals.uchicago.edu/doi/abs/10.1086/401754>

Thompson, J.N. (2023). Ecological succession.

<https://www.britannica.com/science/ecological-succession>

Trasporto Via Mare: la situazione italiana (2023).

<https://www.acbsrl.it/news/trasporto-mare-la-situazione-italiana>

UNESCO (2021). Water Education.

<https://en.unesco.org/themes/water-security/hydrology/water-education>

United Nations (2022). Biodiversity Conference (COP 15)

<https://www.unep.org/un-biodiversity-conference-cop-15>

United Nations (2023) Sustainable Development. The 17 Goals:

<https://sdgs.un.org/goals>

United Nations (2023). Water Education Project.

<https://sdgs.un.org/partnerships/water-education-project>

Veron, J.E.N. (2000). *Corals of the World*, Volume 1. Australian Institute of Marine Science.

White, M.P., Alcock, I., Grellier, J., Wheeler, B.W., Hartig, T., Warber, S.L., Bone, A., Depledge, M.H. & Fleming, L.E. (2019). Spending at least 120 minutes a week in nature is associated with good health and wellbeing. *Nature Scientific Reports* 9, 7730

<https://www.nature.com/articles/s41598-019-44097-3>

Whittaker, R.H., (1972). Evolution and Measurement of Species Diversity. *Taxon*, Vol. 21, No. 2/3, pp. 213-251
<https://doi.org/10.2307/1218190>

World Health Organization (2021). Nature, biodiversity, and health: an overview of interconnections. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe
<https://www.who.int/europe/publications/i/item/9789289055581>

World Health Organization (2023). Infection prevention and control
https://www.who.int/health-topics/infection-prevention-and-control#tab=tab_2