



scienza attiva®

EDIZIONE 2015/2016

AGRICOLTURA, ALIMENTAZIONE E SOSTENIBILITA'

Idrografia e rischio idrogeologico

Giorgio Vacchiano

Università degli Studi di Torino

Documento di livello: B



Un progetto di



agorà scienza
centro interuniversitario



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TORINO



scienza attiva®

Definizione del tema

Questa relazione, a conclusione del corso di Tirocinio Formativo Attivo nella classe A060, ha per oggetto l'elaborazione di un percorso didattico sulla geomorfologia fluviale e il rischio idrogeologico.

La scelta di questo argomento è dipesa non solo dal mio background di studi (laurea in Scienze Forestali e Ambientali) e dalla mia passione per lo studio delle scienze della Terra, ma anche dall'opportunità che esso offre di presentare ai ragazzi un percorso ricco di concetti strutturanti e di possibilità di apprendimento in un contesto multidisciplinare e di alta rilevanza per l'attualità degli alunni (es. legami tra rischio idrogeologico, sicurezza delle abitazioni e riqualificazione urbane, fornitura di acqua potabile e processi di depurazione, uso di risorse estratte dall'ambiente fluviale o perfluviale come carta o materiali edili, assorbimento degli inquinanti e altri servizi forniti dagli ecosistemi umidi).

Il percorso, che sarà strutturato lungo il primo trimestre didattico, prevede due fasi collegate ma distinte: un momento conoscitivo-descrittivo e un momento di analisi qualitativa e quantitativa dei processi e previsione del rischio. Per questo motivo si tratta di un percorso rivolto alle classi dell'ultimo anno dei licei (scienze umane, scientifico, scienze applicate, artistico, linguistico, economico-sociale), dove grazie all'approccio ricorsivo proprio della didattica delle scienze è possibile basarsi sulle conoscenze apprese nel primo biennio ("studio geomorfologico di strutture che costituiscono la superficie della Terra: fiumi, laghi, mari, ghiacciai") e superare un mero approccio descrittivo e fenomenologico (proprio ad esempio della didattica delle scienze nel biennio degli istituti tecnici e professionali) mediante l'analisi delle "interrelazioni tra i fenomeni che avvengono a livello delle diverse organizzazioni del pianeta: litosfera, atmosfera, idrosfera" e l'approfondimento di temi "tra quelli legati all'ecologia, alle risorse energetiche, alle fonti rinnovabili, alle condizioni di equilibrio dei sistemi ambientali", anche in raccordo "con i corsi di fisica, matematica, filosofia e storia".

Le linee guida ministeriali per la didattica di Scienze naturali A060 nei licei individuano l'acquisizione del metodo osservativo-sperimentale come obiettivo principale al termine del quinquennio per una comprensione approfondita della realtà, attribuendo particolare importanza alle attività sperimentali, in classe, laboratorio o in campo. In particolare, le competenze che si devono sviluppare al termine del percorso e a cui farò riferimento in questo elaborato comprendono: "saper effettuare connessioni logiche, riconoscere o stabilire relazioni, classificare, formulare ipotesi in base ai dati, trarre conclusioni basate sui risultati e sulle ipotesi, applicare le conoscenze acquisite a situazioni della vita reale, porsi in modo critico di fronte ai problemi di carattere scientifico e tecnologico della società moderna".

I bacini fluviali rappresentano l'elemento di base di ogni paesaggio: imparare ad analizzarli significa imparare a comprendere il paesaggio nelle sue relazioni e processi. Infine, data la complessità e l'attualità dell'argomento, due obiettivi "collaterali" ma non secondari che questo percorso può avere sono un valore di indirizzo verso studi universitari naturalistici, ambientali o di ingegneria del territorio, e la semina di un possibile primo interesse verso un'attività professionale di gestione della rete idrografica estremamente necessaria in Italia, date le emergenze idrogeologiche e naturalistiche del Paese.

Inquadramento teorico

“E’ la valle a comandare il fiume” (Hynes 1975). I corsi d’acqua sono regolati da fattori ambientali che ne determinano tutte le caratteristiche fisiche alle diverse scale spazio-temporali (Snelder e Biggs 2002). Il clima, la topografia, la geologia e la vegetazione sono fattori ambientali che il fiume non può modificare e che operano alla macro- e meso-scala nei bacini idrografici. A scala più piccola, i processi idrologici e biogeochimici assumono un ruolo primario.

[Fig. 1 - Processi dinamici del paesaggio fluviale. La dimensione del testo è proporzionale alla scala di ciascun processo. Freccie solide: processi fisici; frecce tratteggiate: processi biogeochimici (Poole 2002)]

Il valore formativo della geomorfologia fluviale sta nel comprendere, analizzare e descrivere questi processi, che mettono in relazione idrosfera, litosfera, atmosfera e biosfera, e non tanto o non principalmente nell’apprendere una nomenclatura tecnica di forme del territorio svincolate dalla loro origine, effetto o ragione di esistere. A mio avviso, i concetti della geomorfologia fluviale andranno quindi strutturati secondo i processi principali che li caratterizzano, approccio non seguito da quasi nessun libro di testo, ma qui suggerito come innovativa modalità di articolazione dei contenuti disciplinari.

Processi climatici

Il **ciclo idrologico** descrive il movimento continuo dell’acqua dall’atmosfera alla superficie terrestre e agli oceani, e il suo ritorno all’atmosfera. L’evaporazione dagli oceani supera quella dai continenti, mentre la precipitazione sulla superficie terrestre supera le perdite per **evapotraspirazione** (ET) e provoca il ruscellamento superficiale e lo scorrimento ipogeo dell’acqua verso il mare. La **precipitazione** (P) può variare enormemente a una scala oraria e giornaliera; il valore annuo cumulato definisce il clima di una regione e ci permette di identificare annate particolarmente secche o umide. La pioggia ruscella rapidamente o si infiltra nel suolo, mentre la neve è depositata per ore, giorni o mesi prima di fondere. In molte aree del mondo è la neve la fonte principale d’acqua e la ricarica degli acquiferi, e il manto nevoso è fondamentale nel determinare i cicli idrologici stagionali e mantenere il deflusso minimo estivo. P e ET variano con il clima e la vegetazione, producendo differenze stagionali e regionali nella quantità di deflusso, es. riduzione estiva di P e ET nei climi mediterranei che determina la scomparsa del deflusso di base e della ricarica degli acquiferi in quella stagione. Al contrario, nei climi freddi ET è bassa e la maggior parte della precipitazione si trasforma in deflusso.

Il **ruscellamento** avviene secondo percorsi la cui distanza e velocità (**tempo di corrivazione**) dipende dalla pendenza, dalla vegetazione (**scabrezza**) e dalle proprietà del suolo. Il flusso superficiale e sub-superficiale raggiunge l’alveo più velocemente di quello ipogeo, che percola nella falda. La **saturazione** del suolo determina se l’acqua in ingresso possa ulteriormente percolare, oppure scorra in superficie (es. durante una pioggia). Per questo motivo, il grafico idrologico di un corso d’acqua, che ne descrive il flusso nel tempo, esibisce una risposta più o meno graduale alle precipitazioni in funzione dei suoli, della topografia e delle azioni dell’uomo che possono influenzare i processi di deflusso.

Processi idrologici

In seguito a una precipitazione, il ruscellamento verso valle crea canali che, nel tempo, diventano permanenti e si uniscono in corsi d’acqua più grandi, formando un **bacino di drenaggio** di dimensioni crescenti e forma più o meno allungata. Il bacino può originarsi anche da sorgenti secondarie, come nel caso delle **risorgive** o in presenza di **carsismo**. L’andamento della **rete idrologica** viene descritto da diversi termini (dendritico, radiale, rettangolare, parallelo) a seconda

della disposizione spaziale dei corsi d'acqua, governata da geologia e topografia. La **densità di drenaggio** (rapporto tra lunghezza della rete e area del bacino, km/km²) è una misura di quanto sia finemente strutturata la rete, ed è controllata dall'erosibilità del substrato. A parità di questa, tende a essere minore nelle aree secche. La lunghezza della rete tende a crescere in funzione dell'area del bacino elevata a una potenza di 0.6 (Allan e Castillo 2007). I corsi d'acqua aumentano di dimensioni all'allontanarsi dalla sorgente grazie all'apporto degli **affluenti** e delle falde. L'**alveo** permanente più piccolo ha **ordine 1** e l'unione di due corsi d'acqua di ordine n forma un alveo di ordine n+1. Gli alvei di ordine 1-3 compongono in genere il 70-80% della lunghezza totale della rete di drenaggio. La larghezza dell'alveo aumenta più rapidamente della profondità, mentre la velocità di flusso aumenta più lentamente. In ogni alveo, la velocità maggiore si riscontra dove l'attrito è minore, cioè alla superficie e vicino al centro del corso d'acqua.

La **portata (Q)** è il volume d'acqua che transita in ogni punto nell'unità di tempo, espresso in m³/s e calcolato come il prodotto della larghezza dell'alveo (w), della sua profondità (d) e della velocità (v) del flusso ($Q = wdv$). La portata aumenta al procedere dell'ordine del corso d'acqua e risponde a tutte le scale temporali secondo variazioni orarie, giornaliere, stagionali, annuali e secolari. Per ogni bacino si può esprimere la seguente **equazione idrologica**: $P + G_{in} - (Q + ET + G_{out}) = DS$, dove P è la precipitazione, G_{in} l'afflusso ipogeo, Q il deflusso in alveo o portata, ET l'evapotraspirazione, G_{out} il deflusso ipogeo, e DS il **bilancio idrico netto** (Dingman 2002). Globalmente, il 62% della precipitazione sulla superficie dei continenti diventa ET, e l'ET supera il deflusso nella maggior parte dei bacini (esclusa l'Antartide).

Erosione e trasporto

Le forme del paesaggio fluviale sono determinate da cicli di erosione e deposizione da parte del corso d'acqua, a loro volta influenzati dall'equilibrio tra l'input di acqua e di sedimenti. Il **trasporto solido** di un fiume è la quantità di sedimento che transita in un suo punto nell'unità di tempo e comprende sostanze disciolte, materiali fini in sospensione e materiali grossolani (trasporto di fondo). Il trasporto sospeso supera il trasporto di fondo di un fattore 5–50 (Gordon et al. 2004); negli Stati Uniti il suo valore mediano è 63 mg/l, ma può variare fino a tre ordini di grandezza (Dodds e Whiles 2004) in funzione della velocità e della portata. Il Fiume Giallo trasporta il maggior carico di sedimenti sospesi: il 40% in peso negli eventi di massima portata (Cressey 1963). Negli anni, deflussi intermedi determinano un trasporto maggiore rispetto a quelli massimi, perché gli eventi estremi (**picco idrologico**) sono rari.

La forma della sezione di un corso d'acqua risulta dall'interazione tra deflusso, trasporto, sospeso e di fondo, erosibilità dell'alveo e delle sponde, copertura vegetale, ed eventuali strutture naturali o antropiche che influenzano l'idrologia locale. Le sezioni sono più asimmetriche nelle curve, con profondità e velocità maggiori sulla sponda esterna. Il corso d'acqua deposita sedimenti longitudinali lungo la sponda interna a causa della minore velocità e del flusso elicoidale della corrente nella curva.

Le variazioni di topografia, portata e trasporto solido che avvengono lungo il corso di un fiume determinano una successione prevedibile di forme dell'alveo (dalle **rapide**, alle **marmitte**, ai **canali intrecciati**, alle **dune di fondo**) e del corso d'acqua. Nelle strette **valli a V**, a monte del bacino la posizione dell'alveo è limitata dalla topografia locale, mentre le valli più ampie permettono il movimento laterale e la formazione di **meandri**. Allo sbocco delle valli, il cambio di pendenza provoca l'accumulo dei sedimenti grossolani in **conoidi alluvionali**, all'interno dei quali la posizione dell'alveo è variabile perché il corso d'acqua cerca il percorso di minor resistenza dove scorrere scavando nei sedimenti da lui stesso depositati in precedenza. Procedendo nel suo corso, il fiume rallenta e la dimensione dei sedimenti trasportati (**competenza**) diminuisce, determinando il passaggio da una fase di erosione a una di deposito, a cominciare dai sedimenti di dimensioni maggiori. Inoltre il trasporto solido diventa gradualmente disaccoppiato dai versanti dove il fiume scorre. Una **pianura alluvionale** è l'area ai lati dell'alveo che è inondata durante gli eventi di massimo deflusso ed è costruita, in condizioni climatiche costanti, dalla deposizione dei sedimenti del

fiume. Quando domina la fase di deposito, il corso d'acqua edifica il proprio letto e una coppia di **argini** laterali in corrispondenza dei diversi livelli di deflusso, arrivando a scorrere in alvei sospesi nella parte terminale del suo corso.

In un alveo all'**equilibrio** il materiale eroso dall'alveo e dalle sponde deve essere sostituito dal materiale trasportato da monte; cambiamenti climatici, geologici o idrologici possono determinare la variazione del livello dell'alveo verso l'alto (**aggregazione**) o verso il basso (**digradazione**). In seguito a un lungo periodo di digradazione, ad esempio risultante da sollevamento tettonico regionale o abbassamento del **livello di base** (es. abbassamento del livello medio del mare durante un'era glaciale), la vecchia pianura alluvionale viene abbandonata e resta in forma di **terrazzo**.

L'ultima fase di deposizione avviene alla **foce** dove il fiume, al minimo della sua velocità, deposita i sedimenti in mare a distanze inversamente proporzionali alla loro dimensione. E' questa l'origine dei **delta**, delle **paludi salmastre** e delle **lagune costiere**, importanti ecosistemi per la fauna e per i servizi prestati all'uomo.

[Fig. 2 - Forme del paesaggio fluviale (da Marshak 2006)]

Interazione tra idrosfera e biosfera

Il letto di magra, il letto di piena e la piana inondabile formano il sistema fluviale o **idrosistema**. In questi tre ambienti, come risultato delle variazioni di topografia, umidità, temperatura, tessitura dei suoli, vari biotopi formano e creano diversi habitat che vanno dalle zone umide a quelle asciutte, con un ampio ventaglio di specie vegetali e animali. Per queste ragioni l'ecosistema fluviale è visto come uno dei più ricchi dal punto di vista biologico.

[Fig. 3 - Successioni vegetazionali in relazione all'ambiente fluviale (Alzate, 2000)]

Data la forma lineare e la struttura reticolare, i corsi d'acqua sono i principali corridoi della **rete ecologica**, cioè la struttura reticolare costituita da spazi naturali e seminaturali (nodi), collegati tra loro attraverso connessioni lineari (corridoi), in cui si sviluppano, se non alterate, funzioni essenziali per il mantenimento della vita: circolazione di nutrienti, mantenimento degli habitat acquatici e ripariali, spostamento della fauna, azione di filtro dai contaminanti, assorbimento e graduale rilascio delle acque di piena, ricarica delle falde e regolazione dei deflussi del corso d'acqua, aumento della stabilità delle sponde, regolazione termica, elemento paesaggistico e ricreativo soprattutto nelle aree urbane (Baron et al. 2002). All'interno della rete ecologica fluviale, i nodi sono quei tratti dei corsi d'acqua e dei loro ambienti adiacenti che sono rimasti in uno stato naturale o seminaturale (es. confluenze, i boschi spondali e le foreste alluvionali).

Il periodico **ringiovanimento** di questi habitat, inclusa l'episodica distruzione a causa di inondazione, è essenziale per il mantenimento dei loro processi ecologici: la stabilità dell'ecosistema fluviale si basa anche sulla sua connaturata instabilità. Gli ambienti ripari naturali sono, infatti, dotati di alta **resilienza** (ovvero della capacità di tornare allo stato precedente dopo un disturbo) che determina, nonostante una certa instabilità a breve termine, la stabilità dell'idrosistema a lungo termine.

Tutti gli organismi nell'idrosistema sono adattati a un particolare **regime idrologico**, determinato dalla portata, dalla frequenza, durata e stagionalità degli eventi di deflusso, e dalla velocità di accumulo e riflusso delle acque di piena (Richter et al. 1996). Qualsiasi cambiamento nella ciclicità degli elementi del regime idrologico (es. variazioni climatiche, geologiche, vegetazionali o idrologiche, anche indotte dall'uomo) mette alla prova la capacità di adattamento degli organismi e quindi la loro sopravvivenza (Lytle e Poff 2004).

Impatti antropici

Gli ecosistemi fluviali sono soggetti a intense pressioni da parte dell'uomo: prelievo idrico, afflussi domestici e industriali, alterazioni idrologiche, diffusione di specie esotiche invasive, degradazione degli habitat, e sovrasfruttamento delle risorse abiotiche e biotiche. Oltre metà del deflusso mondiale è attualmente prelevato per l'uso umano, una frazione che si prevede aumenti al 70% entro il 2025 (Postel et al. 1996). La crescita della popolazione mondiale impone di assicurare un sufficiente approvvigionamento di acqua potabile e al tempo stesso minimizzare la perdita di biodiversità (la lista rossa della IUCN include 1369 specie di acqua dolce: Strayer 2006), il deterioramento degli ecosistemi e delle loro funzioni.

[Tab. 1 - I principali impatti dell'uomo sui corsi d'acqua (da Malmqvist e Rundle 2002)]

La **canalizzazione** dei corsi d'acqua minori (fino al 90% in Europa centrale) e la conversione agricola delle foreste alluvionali hanno effetti non solo sulla biodiversità ma anche sulla stabilità delle sponde, il grado di erosione e il controllo delle piene. La lunghezza relativa degli argini è una misura del grado di disturbo di un alveo; in corsi d'acqua funzionali (es. il Tagliamento) gli argini possono avere uno sviluppo di 25 km per km di lunghezza del fiume, ma i corsi d'acqua più canalizzati raggiungono valori di 2 km/km. A scale più grandi, il trasferimento d'acqua tra i bacini e gli **sbarramenti** a scopo idroelettrico (45000 nel mondo con altezza superiore ai 15 m: WCD 2000) producono alterazioni della connettività del paesaggio, variazioni termiche e di deflusso, e alterazioni del trasporto di sedimenti, nutrienti e sostanza organica, a scala nazionale e internazionale, nel 60% dei corsi d'acqua del mondo (Revenge et al. 2000), con effetti che si estendono agli ecosistemi costieri (es. ritiro delle coste, subsidenze, perdita di zone umide).

Altri impatti significativi riguardano l'**inquinamento** da fonti urbane, industriali e agricole, specialmente da metalli pesanti (es. Hg) e fertilizzanti (nitrati e fosfati); i **cambiamenti di uso del suolo** nei bacini idrografici, che possono alterare l'equilibrio tra evapotraspirazione e ruscellamento, il reticolo idrografico, il flusso di base e l'apporto di sedimenti (Dingman 2002); l'**urbanizzazione**, che tramite l'aumento delle superfici impermeabili riduce la traspirazione e l'infiltrazione e aumenta il ruscellamento e la velocità del flusso superficiale (es. raddoppio del ruscellamento in seguito all'impermeabilizzazione del 10-20% della superficie del bacino: Arnold e Gibbons 1996), con il conseguente aumento del picco idrologico e della sua velocità di raggiungimento (Paul e Meyer 2001).

[Fig. 4 - Variazioni idrologiche all'aumentare della frazione impermeabile di un bacino (da Paul e Meyer 2001)]

Infine, i cambiamenti climatici interagiscono con tutti questi fattori e con i processi climatici e idrologici. Individualmente e nelle loro interazioni, queste minacce richiedono un'azione urgente per contrastare la perdita degli ecosistemi e della loro funzionalità.

Rischio idrogeologico

I processi naturali del territorio, del suolo e del clima interagiscono con le componenti antropiche (popolazione, abitati, infrastrutture) determinando frequentemente condizioni di rischio. Il **rischio** è il prodotto del pericolo naturale e della vulnerabilità, ovvero il danno atteso per l'uomo e l'ambiente a seguito del manifestarsi di particolari fenomeni naturali. L'interazione tra i fenomeni naturali e le attività antropiche è di tipo reciproco, così che spesso modalità inappropriate di utilizzo e gestione del territorio sono all'origine di un'amplificazione dei dissesti in atto o dell'insorgere di nuovi.

Tra il 1998 and 2009, le alluvioni in Europa hanno causato 1126 vittime, lo spostamento forzato di 500.000 persone e un danno economico complessivo di 52 miliardi di € (http://ec.europa.eu/environment/water/flood_risk/index.htm). In Italia, le vittime causate da eventi

alluvionali sono passate da un centinaio per anno negli anni '60 a qualche decina nell'ultimo trentennio, anche se permangono picchi di mortalità ascrivibili a singoli eventi meteorologici estremi (es. nel 1998 a Sarno) o a eventi indotti dall'uomo (1962 Vajont, 1985 Stava). Relativamente al danno economico, le informazioni ricavate da regioni e province mostrano un danno complessivo non inferiore a 5 miliardi di euro per il solo periodo 2001-2006. Attualmente circa il 10% del nostro Paese è classificato a elevato rischio per alluvioni, frane e valanghe, interessando totalmente o in parte il territorio di oltre 6.600 comuni italiani. Su circa 30.000 km² di aree ad alta criticità, il 58% appartiene ad aree in frana, mentre il 42% ad aree esondabili. Più di 2/3 delle aree esposte a rischio interessano centri urbani, infrastrutture e aree produttive strettamente connesse con lo sviluppo economico e sociale del Paese. Infine, sono in evidente stato di erosione e a rischio allagamento 1.500 dei circa 4.600 km di coste basse italiane, piane costiere comprese, ovvero quasi il 20% del totale dei circa 8.350 km di coste italiane (Breil et al. 2007).

Una componente particolare del rischio alluvionale è determinata dal trasporto del detrito lapideo (**debris flow**) e vegetale in risposta a eventi meteopluviometrici di rilevante intensità. Il surplus di detrito che di norma si rende disponibile a seguito di una piena torrentizia diventa a sua volta materiale con alta suscettibilità a rimaneggiamenti successivi, anche per piogge di più moderata entità rispetto alle precedenti, che hanno forzato condizioni-limite di equilibrio magari raggiunte dopo molti decenni di stasi. In ambito fluviale gli alberi sradicati possono essere convogliati lungo le sponde, o, più frequentemente, a ridosso di ostacoli naturali (barre di deposito) o artificiali (**log jam**). Ciò contribuisce in modo decisivo a generare localmente condizioni di criticità al deflusso, con effetti distruttivi a carico di abitazioni, strade, infrastrutture e anche causando vittime umane.

[Fig. 5 - La necessità di manutenzione della vegetazione e di eliminare i tronchi in alveo diminuisce all'aumentare delle dimensioni del corso d'acqua e della larghezza della zona boschiva riparia, che è "danneggiabile" ed esercita un'azione protettiva per le attività antropici adiacenti (da Boyer 1998)]

L'intensità degli eventi estremi è inversamente proporzionale alla loro frequenza o probabilità di occorrenza. Un grafico portata-frequenza traccia la frequenza cumulata degli eventi giornalieri con intensità uguale o maggiore a un dato valor medio di deflusso contro la portata che ne risulta. Dal grafico si possono determinare la portata superata nel 50% degli eventi (Q_{50}) e la probabilità annuale del verificarsi di un evento estremo, come quello che avverrebbe in media ogni 10 o 50 anni (**tempo di ritorno**). Un evento con tempo di ritorno di 100 anni ha quindi l'1% di probabilità di verificarsi ogni anno. La stima della probabilità associata a ogni portata si deriva solitamente dall'analisi di serie storiche (Gordon et al. 2004) o dall'applicazione di modelli di simulazione (es. SWAT, HEC-RAS, SSIIM, PHOENICS, FLUENT), ed è di fondamentale importanza per la progettazione di strutture di controllo delle piene. La Direttiva Europea sul rischio fluviale 2007/60/CE impone agli Stati membri di quantificare e cartografare il rischio da inondazione per i propri corsi d'acqua e coste, e programmare attività di prevenzione, protezione fluviale e informazione ai cittadini.

Prevenzione e pianificazione

La **stabilità delle sponde** può essere promossa sia con una attenta gestione della vegetazione spondale (Debrando et al. 2009), sia con opere ingegneristiche come canali di drenaggio o opere di sostegno al piede in materiali "morti" (scogliere, gabbioni) o "vivi" (palificate, georeti, opere di ingegneria naturalistica).

Una seconda attività di prevenzione è il controllo degli impatti antropici negativi, il ripristino della funzionalità della vegetazione nelle aree inondabili e l'eventuale **rilocalizzazione** delle infrastrutture edificate nelle zone a rischio. Un corso d'acqua che dispone di sufficiente spazio non solo adempie alle proprie funzioni, ma causa meno danni in caso di piena. Spesso gli interventi di regimazione hanno sottratto territorio ai corsi d'acqua e ridotto le aree esondabili naturali, facendo incrementare di conseguenza il rischio idraulico per gli insediamenti che si sono sviluppati dove questi, un tempo, erano liberi di divagare. Le esigenze di coniugare lo spazio delle acque, la protezione efficace contro i

pericoli che esse comportano e la necessità di salvaguardare la qualità dell'acqua devono essere coniugate, come impone la **Direttiva Quadro Acqua 2000/60/CE**.

Il quadro normativo in materia di difesa del suolo è regolamentato in Italia dal **D.Lgs. 152/06**, che ha sostituito l'innovativa L.183/89, che ha per prima definito una programmazione degli interventi di mitigazione del rischio e ha istituito il **Piano di Bacino Idrografico**, un piano territoriale conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso finalizzate alla conservazione, alla difesa e alla valorizzazione del suolo. **L'Autorità di Bacino** è un organismo pubblico misto, costituito da Stato e Regioni, con funzioni di pianificazione e programmazione generale, orientate alla tutela ambientale dell'intero bacino idrografico, secondo i seguenti obiettivi generali: mitigazione del rischio idraulico e idrogeologico; tutela della qualità dei corpi idrici; razionalizzazione dell'uso delle risorse idriche; regolamentazione dell'uso e valorizzazione del territorio, riqualificazione ambientale. Per una migliore pianificazione territoriale, la L.183 ha previsto la possibilità di redigere **Piani Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI)** relativi a settori funzionali specifici. Strumento fondamentale del PAI è un sistema di zonizzazione in base a cui aree a distanza decrescente dall'alveo sono soggette a un regime di interventi sempre più restrittivo. Tuttavia, spesso la prevenzione del rischio si è tradotta nella sola previsione di infrastrutture di mitigazione, ignorando le implicazioni che tali opere producono sul paesaggio e le "opere non strutturali" (sistemazioni agrarie, gestione delle acque superficiali e sotterranee, rimboschimento, regolazione della escavazione) che dovrebbero garantire l'effettiva integrazione delle misure di prevenzione del rischio con la pianificazione ed con le politiche di gestione del territorio.

Restauro fluviale

A livello europeo è ormai riconosciuto che occorre passare da una pianificazione parziale, che considera solo la necessità di regolarne l'andamento delle acque in un alveo artificiale, ad una pianificazione complessiva che consideri piuttosto la possibilità di lasciare allo stesso le proprie aree di espansione, favorire una vegetazione spondale compatibile con il buon deflusso delle acque nei periodi di piena, utilizzare la vegetazione ai fini del consolidamento e della difesa delle sponde.

Il ripristino della funzionalità fluviale passa anzitutto da garantire la permanenza di un **deflusso idrico minimo**; molti metodi sono utilizzati per determinarne l'entità, che varia dal 10% della portata media annua in Europa a oltre l'80% in Australia (Tharme 2003). Inoltre, il **restauro** del sistema idrologico nelle aree alluvionali, ristabilendo la circolazione dell'acqua, può rapidamente migliorare il funzionamento dell'intero idrosistema; la formazione del corridoio fluviale dipende fondamentalmente da questa misura. La rete ecologica fluviale può essere preservata nel lungo termine proteggendo le dinamiche fluviali e le connessioni tra i vari elementi dell'ecosistema. L'**ecotono ripariale**, cioè il confine del corridoio fluviale con gli spazi di contesto, è l'area soggetta alle maggiori pressioni antropiche, per cui la sua difesa è strategica. La formazione di **aree tampone** e **casce di espansione** parallele ai confini naturali dell'alveo di piena e raramente inondabili può essere promossa anche in aree tradizionalmente usate da attività agricole meno intensive. Progetti di rinaturalizzazione del corso d'acqua e dell'intero idrosistema comprendono il recupero di vecchi tratti fluviali abbandonati (meandri, lanche e golene); la realizzazione di opere di protezione delle sponde con tecniche di ingegneria naturalistica; il miglioramento dell'effetto tampone e di habitat delle zone umide riparali preservandole, dove ancora presenti, o ricreandole. La **qualità dell'acqua** è, in questo quadro, un indicatore fondamentale, che garantisce la possibilità della vita per le specie animali e vegetali dell'ambiente acquatico.

Infine, i progetti di restauro fluviale, a scala locale e di bacino, hanno un grande potenziale di comunicazione e educazione al pubblico, specialmente in ambito urbano. Il progetto del fiume Cheonggyecheon a Seoul (Cho 2010) è uno dei migliori esempi al mondo di recupero di aree urbane, e ha avuto un profondo impatto nell'educazione di oltre 25 milioni di abitanti sull'importanza dei corridoi verdi e blu. Vari progetti di restauro fluviale in Europa sono raccolti online per condividere metodi, risultati e buone pratiche (es. Restore River Wiki: www.restorerivers.eu).

Problemi relativi al tema

Questo capitolo illustra alcune problematiche derivanti da letteratura o dall'esperienza a scuola del tirocinante riguardo all'insegnamento della geomorfologia fluviale e dei concetti legati al rischio idrogeologico, suggerendo possibili soluzioni.

1) *Terminologia*. Dall'esame di alcuni libri di testo e dalla personale esperienza di osservazione durante il tirocinio diretto a scuola (anche se in una classe del biennio di un istituto tecnico), ho constatato che spesso la didattica delle scienze, e in particolar modo quella di scienze della Terra, è affrontata a partire da un approccio terminologico (Sugden e Hamilton 1978). Si vogliono cioè insegnare i nomi delle cose (delle parti del corpo umano, delle forme del paesaggio, delle rocce o delle nuvole), nei migliori dei casi accompagnati da una descrizione "statica" della loro natura, rischiando di erigere un muro di "parole difficili" e allontanarsi al tempo stesso dall'insegnare ai ragazzi a comprendere e interpretare i processi (es. "La foce può essere a delta o a estuario a seconda della forza delle maree; la foce a delta ha forma di triangolo, quella a estuario ha forma di imbuto"). E' vero che le linee guida ministeriali suggeriscono, appunto per il primo biennio, un approccio "descrittivo - fenomenologico", ma a mio parere questo non deve ridurre la disciplina a un dizionario o catalogo di oggetti dal nome astruso, pena il crollo della curiosità dei ragazzi per il mondo che li circonda e il fallimento dell'obiettivo di trasmettere competenze interpretative o analitiche della realtà, ben prima di poterli portare con successo al quinto anno. **Possibili soluzioni: strutturare il percorso didattico intorno ai processi, dare minore importanza alla terminologia scientifica o farla emergere come conseguenza dell'apprendimento (es. far progettare ai ragazzi dei cartelli informativi per un percorso tematico urbano: Davis 2002), programmare attività per sintetizzare diversi processi e prevederne l'effetto congiunto (Rose et al. 2013), favorire lo sviluppo e la verifica di ipotesi scientifiche (Leach 2006).**

2) *Elementi di realtà*. Nell'ambito urbano è prevedibile che i ragazzi non abbiano un contatto quotidiano (o in alcuni casi, neppure sporadico) con gli elementi del paesaggio naturale. Questa difficoltà è più pronunciata per gli elementi del paesaggio situati a maggiore distanza dalla città (ghiacciai, oceani), la cui osservazione diretta è quasi insostituibile - sebbene le tracce di una loro presenza nel passato siano diffuse. La geomorfologia fluviale offre in questo senso la possibilità di un contatto reale con alcuni dei suoi elementi del paesaggio anche in ambito pienamente urbano. L'obiettivo sarà senz'altro quello di favorire il contatto diretto tra i ragazzi e la realtà fluviale, ma soprattutto dotarli degli "occhiali" giusti per saper leggere e interpretare il paesaggio che trovano intorno a loro (cioè sviluppare in loro la capacità di osservare, che può anche non essere stata ancora coltivata). **Possibili soluzioni: pianificare una o più uscite didattiche; esercitare i ragazzi all'osservazione e interpretazione di dati reali (es. metodo della conducibilità elettrica per stimare il trasporto solido: Finlayson 1979); partire dagli elementi di geomorfologia fluviale legati alla vita quotidiana dei ragazzi (es. acqua potabile; storia della loro città e suo rapporto con il fiume; notizie sul dissesto idrogeologico; vacanze sulla spiaggia...) o da problemi o disastri ambientali di attualità (es. simulazione del disastro di Stava: Giosa et al. 2009).**

3) *Problemi di scala*. E' difficile trasmettere ai ragazzi concetti e modelli interpretativi delle dinamiche del paesaggio quando queste avvengono non solo lontano dalla loro vita quotidiana, ma anche a scale spaziali (es. la Pianura Padana) e temporali (decenni, secoli, millenni) lontane dalla loro esperienza. La difficoltà di astrarre dinamiche di grande scala spazio-temporale è una difficoltà riconosciuta nella didattica delle scienze della Terra (Sutherland 1994), ed è una competenza che non si può dare per scontata ma va trasmessa contestualmente agli insegnamenti disciplinari - anzi, le scienze della Terra sono proprio la disciplina più adatta a scuola per sviluppare la capacità di analisi e interpretazione (e quindi previsione) di processi di lungo periodo. Se questa competenza non si può dare per acquisita, occorrerà svilupparla gradualmente e in modo mirato, a partire da esercizi semplici (anche prima del quinto anno). **Possibili soluzioni: uso di modellini in scala (es. stream tables: Gran e Batts 2014), filmati, visione o costruzione di time-lapse, analisi di dati reali di lungo**

periodo, es. trend climatici o di portata (Sutherland 1994), interpretazione guidata di evidenze pre-Olocene, costante riferimento alla scala del tempo geologico, uso di immagini satellitari (Sriharan e Petersburg 2004) o Google Earth (Junier 2009).

4) *Prerequisiti*. Il background dei ragazzi è estremamente variabile, e occorre prevedere la possibilità che alcune competenze di base non siano sufficientemente sviluppate, o per carenze nei cicli di istruzione precedenti, o a causa di disturbi specifici dell'apprendimento (DSA). Particolare attenzione occorre prestare all'accertamento e, nel caso fosse necessario, alla costruzione di competenze relative all'interpretazione di dati numerici, alla lettura di grafici, alle operazioni algebriche e le equivalenze, alla capacità di orientamento spaziale, alla capacità di interpretazione simbolica (es. lettura di una carta geografica). In ciascuna di queste aree i ragazzi affetti da DSA possono trovare ostacoli importanti, seppure manifestando un pieno funzionamento cognitivo, che vanno superati con le adeguate strategie compensative. Una ulteriore competenza che può risultare limitante per una didattica attiva della geomorfologia è la conoscenza dell'inglese come lingua straniera e la capacità di utilizzare un computer e il web per cercare dati e informazioni, da non dare assolutamente per scontata neppure per la generazione dei nativi digitali (Maurer e Heimo 2011). La didattica della geomorfologia rappresenta un buon tramite per trasmettere tutte queste competenze-chiave per l'interpretazione della realtà. **Possibili soluzioni: identificare le competenze mancanti con l'osservazione e le verifiche formative; potenziare le competenze osservativi e spaziali con l'uso del concept sketching (Reusser et al. 2012) in classe e in campo; finalizzare la didattica e gli esercizi allo sviluppo delle competenze mancanti; fare abbondante uso di carte geografiche o tematiche (Allen 2008); adoperare strategie compensative per gli alunni con DSA.**

4) *Multidisciplinarietà*. La piena comprensione dei processi che governano le dinamiche del paesaggio, inclusi quelli tipici della geomorfologia fluviale (erosione e sedimentazione; idrologia; servizi ecosistemici) può essere pregiudicata se i ragazzi non padroneggiano concetti chiave in altre discipline quali chimica, fisica e biologia (Rhoads e Thorn 1996). Anche questo limite può trasformarsi in una opportunità di didattica integrata. **Possibili soluzioni: affrontare il percorso didattico sulla geomorfologia fluviale al quinto anno; accertarsi della conoscenza dei prerequisiti in chimica, fisica e biologia (da continuità didattica o parlando con il consiglio di classe); progettare e incentivare i collegamenti interdisciplinari (es. meccanica dei fluidi; chimica delle soluzioni; metalli pesanti e loro effetto sulla salute; tettonica delle placche...).**

5) *Concetti erronei e applicazione della teoria*. Esistono concezioni erranee relative ai concetti di geomorfologia fluviale e rischio idrogeologico in cui gli alunni incorrono spesso (<http://serc.carleton.edu/quantskills/methods/quantlit/floods.html>). Esse sono: i modi in cui misurare le dimensioni o la portata di un corso d'acqua e le loro equivalenze; la relazione tra livello idrometrico (a cui comunemente i mezzi di comunicazione fanno riferimento) e portata; la relazione tra alluvione e innalzamento del livello idrometrico (spesso i ragazzi pensano che idrante un'alluvione l'acqua scorra perpendicolarmente al corso d'acqua, anziché continuare a seguire il gradiente topografico); il concetto di probabilità, rischio e tempo di ritorno (spesso erroneamente comunicato dai mezzi di informazione e persino da alcuni libri di testo). In secondo luogo, una limitazione intrinseca dell'uso di statistiche medie è la loro incapacità di comunicare altri aspetti fondamentali nell'analisi del rischio, come la variabilità dei fenomeni e il tempo di esposizione al pericolo (Lutz 2011). Un ulteriore ostacolo, una volta chiarita la teoria, è rappresentato dalla difficoltà di tradurre le conoscenze teoriche in ipotesi e previsioni pratiche applicate a casi reali (anche molto semplici). Questa difficoltà è legata alla scarsità, o all'eccessiva complessità, di strumenti scientifici o didattici in lingua italiana per tradurre la teoria in previsioni pratiche del comportamento di un corso d'acqua (Metzger e Jaboyedoff 2009). Altre problematiche precedentemente delineate (es. difficoltà matematiche di base) possono rendere ancora più difficile l'uso di questi strumenti. **Possibili soluzioni: concepire esercizi e attività pratiche per correggere le concezioni erranee; utilizzare analogie con il gioco (es. poker) per spiegare il concetto di rischio (Lutz 2011) e riflettere sul rischio accettabile (Fischhoff et al. 1981); adottare un approccio di verifica di ipotesi alternative; utilizzare modellini in scala (stream tables), nomogrammi su carta o Excel (Lutz 2011) o software didattici semplificati (Metzger e Jaboyedoff 2009).**

6) *Strategia didattica efficace*. Tutti gli elementi delineati in questo capitolo rafforzano la convinzione che la lezione frontale e l'uso "passivo" del libro di testo siano la strategia meno efficace per trasmettere competenze chiave di analisi e interpretazione della realtà e dei suoi fenomeni complessi mediante l'insegnamento della geomorfologia. Questo obiettivo richiede invece un approccio di didattica attiva (Gold et al. 1991), che metta al centro lo studente, le competenze che deve acquisire, la sua capacità di formulare ipotesi e verificarle, e la sperimentazione in prima persona di un metodo di lettura della realtà che comprenda le fasi di osservazione della realtà, raccolta dei dati, analisi numerica e interpretazione. Possibili soluzioni: potenziamento dell'attività di laboratorio; strategie di didattica attiva; problem-based learning (Gemmell 1995: consigliare una multinazionale sul sito più sicuro per costruire un nuovo oleodotto) e didattica costruttivista (Davis 2012: i ragazzi devono risolvere un problema o interpretare un fenomeno senza che gli venga spiegato come procedere o data la soluzione in anticipo); gruppi di apprendimento cooperativo per rendere gli studenti protagonisti e farli lavorare su più problemi nello stesso tempo-classe; flipped classroom per utilizzare il tempo classe nella soluzione di problemi anziché nella trasmissione passiva di concetti di base.

Elementi progettuali

Analisi del contesto

La mia attività di tirocinio diretto si è svolta quest'anno nelle classi prime e seconde di un Istituto Tecnico. Questa relazione propone invece un percorso didattico sulla geomorfologia fluviale e il rischio idrogeologico rivolto alle classi dell'ultimo anno dei licei. Non avendo avuto un contatto diretto con questo contesto, ipotizzo di svolgere l'attività didattica in un contesto immaginario così descritto:

- **Classe quinta di un liceo scientifico - opzione scienze applicate.** Il liceo si trova nella periferia di Torino, area un tempo a vocazione industriale, oggi popolata di quartieri-dormitorio per famiglie a reddito medio-basso. L'istituto dispone di due laboratori di chimica, quattro aule informatiche e LIM in ogni aula.
- Tra gli **obiettivi educativi del POF** è inserita l'educazione all'uso attento delle energie e delle risorse, dove si raccomanda l'elaborazione di iniziative di sensibilizzazione e progetti didattici trasversali.
- Le **cinque ore di scienze settimanali** permettono di svolgere un percorso approfondito, con il coinvolgimento attivo degli studenti, ricco di attività sperimentali e opportunità per valutare in itinere il raggiungimento degli obiettivi. Il percorso si svolgerà nell'arco dei **primi tre mesi dell'anno** (ott-dic), per un totale di 50 ore. Il percorso non sarà oggetto di CLIL, da attivare invece nel secondo quadrimestre, che sarà occupato anche dalla preparazione mirata all'esame di maturità.
- La classe è composta da **22 studenti**, in maggioranza maschi (16). Due ragazzi hanno una diagnosi di disturbo specifico dell'apprendimento (dislessia) e usufruiscono degli strumenti compensativi e dispensativi delineati dai rispettivi PDP. Due ragazze e un ragazzo seguono temporaneamente un PDP per la presenza di Bisogni Educativi Speciali relativamente all'area del disagio socio-economico.
- Seguo la classe da un anno in continuità didattica. Nell'ultimo anno ho cominciato a sperimentare a strategia didattica della **classe rovesciata** (flipped classroom) (Saban 2013), che intendo proseguire e approfondire con questo modulo.
- Nell'anno precedente ho cercato di impostare in classe un **ambiente fisico che stimoli il benessere e l'apprendimento**: banchi disposti a isole di quattro per creare "postazioni di

lavoro”, muri decorati con carte tematiche, poster realizzati dagli studenti, e un poster sul **Patto educativo**, concordato con il Consiglio di classe (“La classe è una comunità di apprendimento e di vita; l’obiettivo finale è diventare cittadini consapevoli; tutti gli studenti e gli insegnanti hanno pari valore; chiediamo sempre il perché e il come di quello che impariamo; ognuno si impegna a lavorare sodo; i voti sono trasparenti e servono a informarci sui nostri progressi; ognuno si impegna a costruire relazioni positive”).

- I ragazzi sono alla costante ricerca di stimoli e motivazioni. Apprendono più facilmente e si applicano con più impegno se **comunicano chiaramente** obiettivi, valore formativo e modalità di valutazione degli apprendimenti. Molti inseguono il voto o la media come unico obiettivo e attuano la modalità di “studio per il test”.

Scelta degli obiettivi

Finalità:

- rischio idrogeologico e sicurezza delle abitazioni
- riqualificazione urbana
- fornitura di acqua potabile e processi di depurazione
- uso di risorse estratte dall’ambiente fluviale o periferiale
- assorbimento degli inquinanti e altri servizi forniti dagli ecosistemi umidi
- orientamento a studi universitari naturalistici, ambientali o ingegneria del territorio
- primo interesse verso un’attività professionale di gestione del territorio

Conoscenze (contenuti essenziali):

- processi che determinano le forme fluviali
- elementi di idrodinamica
- origine dei sedimenti, bilancio tra erosione e sedimentazione e sue conseguenze
- tipi di forme fluviali: pianura alluvionale, argini, terrazzi, meandri, tipi di foce
- attori e condizioni di equilibrio degli ecosistemi fluviali
- azioni dell’uomo che alterano gli ambienti fluviali
- cambiamenti climatici e riscaldamento globale
- cambiamenti di uso del suolo e impermeabilizzazione del territorio
- componenti e scenari del rischio idrogeologico
- interventi di prevenzione del rischio e di riqualificazione fluviale

Competenze:

- cittadinanza consapevole
- capacità di dialogo, pensiero critico, formulazione e verifica di ipotesi
- comprendere il paesaggio nelle sue relazioni e processi
- misurare e analizzare dati quantitativi
- utilizzare modelli di simulazione per le dinamiche ambientali
- costruire relazioni mentali tra processi di bacino e processi fluviali o costieri
- leggere una legge italiana o europea
- leggere un documento di pianificazione territoriale
- leggere e utilizzare una carta geografica e carte tematiche
- ricercare online dati ambientali e riconoscerne le fonti attendibili
- leggere un progetto ingegneristico di un’opera fluviale
- interpretare fotografie del paesaggio e immagini aeree o satellitari
- annotare concetti e idee complesse
- effettuare analisi della qualità biologica e chimica dell’acqua
- interpretare il rischio idrogeologico locale
- analizzare la rete ecologica locale o regionale
- utilizzare sistemi informativi territoriali (GIS o webGIS)

Prerequisiti

Grazie all'approccio ricorsivo proprio della didattica delle scienze è possibile basarsi sulle conoscenze apprese nel primo biennio, che dovrebbero aver trasmesso agli studenti gli elementi per un approccio descrittivo e fenomenologico delle strutture che costituiscono la superficie della Terra (fiumi, laghi, mari, ghiacciai). Ulteriori prerequisiti, anche riferiti ad altre discipline, di cui occorrerà valutare la presenza sono: il concetto di ecosistema, le catene trofiche, le cellule procariote, la fotosintesi, le rocce sedimentarie e gli ambienti di sedimentazione, le glaciazioni, le equazioni chimiche, le soluzioni acquose, le formule di struttura delle molecole organiche, i gruppi funzionali, i composti aromatici e i derivati del benzene, elementi di analisi matematica (integrali e equazioni differenziali - eventualmente affrontate in parallelo al presente modulo).

Strategie didattiche

Poiché ci troviamo in una classe quinta, e l'argomento proposto si presta a formare competenze di analisi multidisciplinare e produzione attiva di conoscenza, propongo alcune strategie didattiche innovative che si possono utilizzare per conseguire gli obiettivi descritti:

- 1) **Apprendimento attivo.** Organizzare situazioni di apprendimento che vadano oltre la dimensione del mero “spiego e interrogo”: la lezione frontale – che comunque non scompare del tutto, rimanendo una risorsa disponibile come strumento per tirare le fila quando necessario – viene in buona parte dei casi sostituita da attività in cui gli studenti possano **costruire il proprio sapere** e il proprio modo di pensare e agire, connettendo gli ambiti di conoscenza in relazione alle proprie modalità cognitive, metacognitive e riflessive (Bardi 2014). La **didattica di laboratorio** assume un ruolo fondamentale nel trasmettere competenze “pratiche” (saper fare) e nel legare la teoria alla realtà sensibile dei processi esaminati.
- 2) **Concetti strutturanti.** Particolare attenzione verrà prestata alla costruzione e alla verifica di quelle strutture mentali maggiormente legate alle competenze di analisi, comparazione e sintesi, e alla comprensione delle dinamiche generali dei sistemi di paesaggio: il rapporto tra forme e processi, la conservazione e la trasformazione dell'energia, la connettività ecologica, l'equilibrio degli ecosistemi, i processi a grande scala temporale e le loro evidenze.
- 3) **Problem-based learning:** Pensare i contenuti non più come “pacchetti” da consegnare ai ragazzi, ma come necessarie dotazioni che serviranno ad affrontare e a risolvere problemi (Bardi 2014). L'analisi costruttivista (Davis 2012) è un metodo di apprendimento focalizzato in cui i ragazzi sono esposti a informazioni e scenari simili ai concetti che devono essere appresi, in cui devono risolvere un problema concreto scena che gli vengano immediatamente fornite strategie o soluzioni.
- 4) **Apprendimento cooperativo:** Gli studenti spesso trovano benefici nel lavorare in piccoli gruppi per costruire il proprio apprendimento o per aiutarsi l'uno con l'altro per padroneggiare ed attuare le abilità acquisite. L'apprendimento cooperativo promuove efficacemente, inoltre, il bisogno di socializzazione del soggetto (Johnson et al. 1996) e la costruzione di abilità sociali e dell'interdipendenza positiva tra gli studenti, che viene favorita, insieme alla responsabilità individuale, mediante diverse tecniche di lavoro di gruppo e di distribuzione dei compiti e dei ruoli.
- 5) **Concept sketching** (Reusser et al. 2012): utilizzare e annotare supporti didattici visivi (fotografie, diagrammi, grafici) come strumento per organizzare le informazioni. Nella didattica delle scienze della terra, questo strumento è indicato per insegnare a organizzare le conoscenze spaziali e le interazioni tra forme e processi (Johnson e Reynolds 2005). Ogni “concept sketch” deve includere il nome delle forme individuate, dei processi, delle

interazioni tra componenti o sfere e una previsione delle dinamiche future, in linea con la tassonomia dell'apprendimento di Bloom et al. (1956). Il concept sketching incoraggia gli studenti a collegare informazioni specifiche o locali ai contenuti più ampi appresi a lezione; è inoltre uno strumento di valorizzazione delle intelligenze multiple e degli stili di apprendimento più visivi (De la Garanderie 2003). Può essere utilizzato come attività di stimolo iniziale, per accompagnare escursioni in campo, o come strumento di verifica; il prodotto finale può essere appeso e esposto in classe.

- 6) **Co-scrittura di testi:** se tutti gli studenti sono impegnati a elaborare la propria conoscenza in forma dialogica e interoperabile, il prodotto finale dell'attività può consistere nella riscrittura delle informazioni apprese in ambienti condivisi, realizzata attraverso la rielaborazione delle fonti in forma collaborativa (ebook, sito o blog di classe, wiki, video, infografica). In queste piattaforme, ad esempio Wikia, l'insegnante ha la possibilità di verificare la cronologia degli interventi da parte degli studenti, esaminare le revisioni compiute in tempi differenti e analizzare le modifiche apportate al testo. Sarà necessario stabilire dall'inizio il lavoro finito che gli studenti dovranno elaborare, e se dovrà essere realizzato tenendo conto solo di una parte oppure di tutto il percorso didattico.
- 7) **Flipped teaching:** per integrare queste strategie didattiche, ho pensato alla forma della "classe capovolta". Il cuore della proposta sta nel "capovolgere" la classica articolazione didattica: la lezione espositiva non avviene in classe, ma è costituita da video che gli studenti dovranno guardare a casa, mentre il tempo-scuola è utilizzato per approfondire i problemi, rispondere a dubbi, e produrre contenuti attivamente (Biscaro e Maglioni 2015). La "classe capovolta" tenta un superamento della didattica frontale, dando maggior spazio alla costruzione delle conoscenze, a patto di mantenere occasioni che facilitino la produzione di contenuto individualizzato e il riconoscimento del proprio stile di apprendimento (Bardi 2014).
- 8) **Classe scomposta:** il luogo dove realizzare questa strategia è quello di una classe dove l'ambiente fisico faciliti il lavoro di gruppo, la consultazione di varie fonti, e la produzione di contenuti multimediali. In alcuni esempi di successo (Istituto Pacioli di Crema, IIS Benincasa di Ancona), la classe è de-strutturata, con i banchi spostati alle pareti, luoghi in cui gli studenti studiano individualmente o leggono le fonti cartacee (biblioteca della classe), e postazioni per la visione di video, la costruzione di e-book o di siti internet. La cattedra è in fondo all'aula con accanto una bacheca in cui vengono pubblicate le consegne per casa (presenti anche sul sito del percorso, predisposto dal docente e contenente tutti i materiali per lo studio a casa), le griglie di valutazione, gli orari dei docenti delle altre classi in modo che i ragazzi possano interagire con loro durante le lezioni (Bardi 2014). Questa disposizione è possibile solo in un istituto in cui i ragazzi seguano le lezioni in aule diverse a seconda della disciplina, in modo da non interferire con eventuali disposizioni diverse impostate dai colleghi del Consiglio di classe.

Progettazione delle attività

Ogni sezione impegna 5 ore, per un totale di 10 settimane e 50 ore di didattica. Il tempo per il lavoro a casa è al massimo di due ore settimanali. Ogni lezione sarà introdotta da brevi domande per assicurarsi che l'attività a casa sia stata svolta.

Contenuti	Strategia didattica (flipped learning)
processi fluviali	<p>In classe 1: Presentazione del percorso, degli obiettivi, e della strategia didattica. Brainstorming sui processi fluviali con analisi di fotografie.</p> <p>In classe 2: Uscita didattica (tutto il giorno) - Percorso di geomorfologia fluviale (in autobus) dalla sorgente alla foce. La Dora Riparia in Valle di Susa: soste presso i torrenti alpini che la formano (Montgenevre, Cesana), la piana di Oulx, la bassa Valle di Susa (confronto tra valle fluviale e glaciale), un affluente con sistemazioni idrauliche (Rio Prebec), la confluenza con il Po a Torino (Parco della Colletta). Concept sketching, GPS, fotografie, esame dei suoli e dei sedimenti attraversati dal fiume, esame degli ecosistemi, prelievo di campioni di acqua in corrispondenza di ogni fermata. Formazione dei gruppi e realizzazione di un blog di viaggio.</p> <p><i>[Fig. 6 - itinerario di geomorfologia fluviale lungo la Dora Riparia]</i></p>
elementi di idrodinamica	<p>A casa: Video - il ciclo dell'acqua (www.youtube.com/watch?v=2BEe-q8rSWo)</p> <p>In classe 1: lezione frontale - il bilancio idrologico. Bacini e rete idrografica. Teorema di Bernoulli. A gruppi: esercitazione sulla determinazione dei bacini idrografici, calcolo di superficie, area e ordine di drenaggio, pendenza media (con Modelli Digitali del Terreno o curve di livello), tempo di corrivazione.</p> <p>In classe 2: laboratorio: esercizi sulla determinazione del grafico idrologico, della curva portata - frequenza e del tempo di ritorno utilizzando dati disponibili online su serie storiche di portate (Sutherland 1994, modelli Excel di Lutz 2011 e dati USGS su http://waterdata.usgs.gov/nwis/sw)</p>
erosione e sedimentazione	<p>A casa: Video - il trasporto solido (www.youtube.com/watch?v=fHZozL7e_g0)</p> <p>In classe 1: laboratorio: simulazioni 3d con stream tables (Gran e Batts 2014). A gruppi: esame dell'effetto di variazioni nella precipitazione, topografia, trasporto solido e livello di base. Formulazione e verifica di ipotesi. Relazione di laboratorio (istruzioni per montaggio su http://www.exploratorium.edu/ifi/docs/Stream_Table.pdf e http://www.interactivescienceteacher.com/wp-content/uploads/2013/07/PPT-Stream_Table_Lab-free.ppt, attività di laboratorio su http://www.sciencefriday.com/blogs/12/20/2010/stream-table.html e https://extension.usu.edu/waterquality/files/uploads/EducatorResources/LessonPlans/StreamTrailer/StreamTableInvestigations-HubbardScientific.pdf).</p>

	<p><i>[Figura 7 - Realizzazione di stream tables]</i></p> <p>In classe 2: laboratorio: determinazione del sedimento sui campioni prelevati in campo con il metodo della conducibilità elettrica (Finlayson 1979). Relazione di laboratorio.</p>
le forme fluviali	<p>A casa: Video - Le parti del fiume (www.youtube.com/watch?v=ffjwEtU0mZI)</p> <p>In classe 1: A gruppi - Itinerario virtuale di geomorfologia fluviale (ricerca di forme con Google Earth e elaborazione di un itinerario per luoghi e immagini sul blog di classe)</p> <p>In classe 2: A gruppi: realizza i cartelli informativi per un percorso fluviale lungo l'asta di un fiume della regione (Davis 2002)</p>
attori e equilibrio degli ecosistemi fluviali	<p>A casa: Video - L'uomo che piantava alberi (J Giono). (www.youtube.com/watch?v=YIFDIYqtXDA). Preparazione di domande per l'esperto.</p> <p>In classe 1: Intervista all'esperto: un forestale o tecnico dell'Istituto per Piante da Legno e Ambiente di Torino sulla vegetazione fluviale e le specie invasive. A gruppi: Video intervista e fotografie sul sito di classe.</p> <p>In classe 2: Uscita didattica in un parco fluviale della Città di Torino (Valentino, Colletta, Sangone), analisi della vegetazione e della fauna (con guida accompagnatrice del Parco). Eventuale prelievo e analisi di macroinvertebrati. A gruppi: elaborazione di una catena trofica sotto forma di mappa concettuale e fotografie da caricare sul blog di classe.</p>
azioni dell'uomo che alterano gli ambienti fluviali	<p>A casa: lettura della Water Framework Directive (EC) (www.direttivaacque.minambiente.it) e preparazione di domande</p> <p>In classe 1: A gruppi: processo alla diga del Glen Canyon (Colorado). Suddivisione in gruppi di esperti e ricerca di documentazione sull'impatto e l'utilità delle dighe. Processo simulato con parere degli esperti e giudizio finale. Relazione sotto forma di consulenza tecnica.</p> <p>In classe 2: lezione frontale: reti ecologiche e connettività. in aula informatica - A coppie: analisi della connettività fluviale di una città o provincia italiana con il software Guidos (Vogt 2012), disponibile gratuitamente all'indirizzo http://forest.jrc.ec.europa.eu/download/software/guidos/. Relazione per blog di classe.</p>
clima, cambiamenti climatici e riscaldamento globale	<p>A casa: Video - Una scomoda verità (Al Gore) (www.youtube.com/watch?v=F1Qn-gueAgw)</p> <p>In classe 1: Lezione frontale - Pressione e condensazione delle nubi. Sistemi convettivi terrestri. A gruppi - attività sulla meteorologia: elabora le previsioni del tempo per otto città nel mondo (Allegato 1)</p>

	<p>In classe 2: A gruppi - Concept sketch: raccolta di dati meteorologici e idrologici su un bacino fluviale del mondo e previsione degli impatti del cambiamento climatico sulle componenti abiotiche, biotiche e antropiche. Relazione per blog di classe.</p>
<p>cambiamenti di uso del suolo, inquinamento, impermeabilizzazione</p>	<p>A casa: video e articoli di giornale sulle alluvioni di Genova del 2011 e 2014 (www.youtube.com/watch?v=zrTJDDycgb4)</p> <p>In classe 1: A gruppi - analisi e fotointerpretazione di fotografie aeree o satellitari scattate a distanza di diversi anni; determinazione dei cambiamenti di uso del suolo, matrice di cambiamento, tasso di impermeabilizzazione del suolo. Realizzazione di una infografica, concept sketch o poster di classe.</p> <p>In classe 2: in aula informatica - software di simulazione del rischio di inondazione in delta fluviali in funzione di vegetazione, precipitazione, area di drenaggio e topografia. Introduzione dei concetti di correlazione e regressione statistica (Rose et al. 2013). Relazione di laboratorio.</p>
<p>componenti e scenari del rischio idrogeologico</p>	<p>A casa: Video - Racconto del Vajont (M Paolini) (www.youtube.com/watch?v=wimrOOQN2rl)</p> <p>In classe 1: lezione frontale: le componenti del rischio idrogeologico. A coppie: elabora una carta del rischio idrogeologico per una regione Europea (con lucidi)</p> <p>In classe 2: A gruppi: esamina il PAI di un bacino italiano (es. http://www.gruppo183.org/autoritadibacino/defaultpianpo.html) e scrivi un articolo che lo spieghi ai ragazzi delle scuole di quell'area geografica</p>
<p>prevenzione del rischio e riqualificazione fluviale</p>	<p>A casa: Video - La riqualificazione del bacino dell'Elwha River (Washington, USA) (www.youtube.com/watch?v=2yM5m5-1-I0, da sottotitolare). Preparazione di domande per l'esperto.</p> <p>In classe 1: A gruppi: esamina le parti di un progetto Life di riqualificazione fluviale e scrivi un articolo di giornale che ne illustri obiettivi, metodi e risultati</p> <p>In classe 2: lezione con l'esperto: un rappresentante dell'Associazione Italiana Per l'Ingegneria Naturalistica. Lezione frontale, esame di progetti di opere realizzate. A gruppi: produzione di video con intervista e immagini delle opere.</p>

Didattica multidisciplinare

In accordo con gli altri componenti del Consiglio di classe, sarà possibile attivare opportunità di didattica multidisciplinare. es. nelle classi di Fisica (idrodinamica, teorema di Bernoulli), matematica (analisi matematica applicata al calcolo delle portate), italiano (lettura de “Morimondo” di Paolo Rumiz, poesie del ‘900 ispirate dai fiumi, scrittura di poesie o articoli di giornale) o storia (le battaglie fluviali nella seconda guerra mondiale, fiumi e risorse alimentari e energetiche...).

Strategie per BES e DSA

L’uso di strategie di apprendimento attivo (video, laboratori, attività pratiche), il ridotto uso dei libri di testo, la realizzazione di prodotti multimediali e il lavoro in gruppi cooperativi dovrebbero di per sé assicurare una maggiore inclusività della didattica nei confronti degli studenti con dislessia. Si dovrà prestare attenzione all’assegnazione dei ruoli nei gruppi cooperativi per le attività che comportano la lettura di materiale o l’elaborazione di tabelle e grafici. Per alunni con DSA ci si dovrà attenere alle misure compensative e dispensative previste dai PDP; per alunni con BES sarà importante individuare le strategie didattiche adatte al problema specifico, valorizzare i punti di forza, costruire l’autoefficacia e eliminare ogni ostacolo, anche economico, alla conduzione del lavoro a casa (tablet in prestito, video già scaricati, tempo extra a scuola per vedere i video in aula informatica).

Modalità di verifica e valutazione

Per verificare l’acquisizione delle conoscenze e delle competenze individuate negli obiettivi del percorso, sarà necessario concepire criteri di valutazione che non prendano in considerazione solo ciò che il ragazzo sa ripetere, ma anche ciò che il ragazzo “sa fare con ciò che sa”; chiedersi, nel predisporre prove di verifica e strumenti di valutazione, se il ragazzo si rende conto che le informazioni apprese servono ad affrontare situazioni problematiche e se per affrontarle mobilita le conoscenze che davvero occorrono in quella specifica situazione (Bardi 2014).

La strategia del flipped learning fornisce di per sé moltissime occasioni per la **valutazioni in itinere**: ciascuna delle attività prodotte dai ragazzi sarà consegnata e valutata con punteggio da 2 a 10, secondo una griglia comunicata ai ragazzi all’inizio del percorso. La griglia è basata su criteri di: **(1) accuratezza dei dati, (2) chiarezza espositiva, (3) dimostrazione delle conoscenze acquisite, (4) uso del mezzo tecnologico, (5) terminologia appropriata e (6) applicazione delle conoscenze per risolvere nuovi problemi**. Ogni gruppo riceve lo stesso voto; i gruppi dovranno essere cambiati ogni due attività per dare la possibilità di costruire legami con più persone ed evitare dinamiche sociali cristallizzate (soprattutto per studenti con DSA e BES). Ogni voto sarà accompagnato da un giudizio esteso motivato in base ai sei criteri sopra esposti. Il comportamento e la partecipazione non incidono sul voto di disciplina ma su quello di condotta.

Il docente dovrà tenere una **rubrica individualizzata** in cui tenere traccia del livello di raggiungimento degli obiettivi, delle competenze e dei criteri di valutazione per ciascun allievo. La rubrica servirà per individuare aree da potenziare in itinere, ed esprimere una **valutazione finale** (in pagella) derivante non dalla sola media matematica dei voti delle varie attività, ma corretta in base alla loro dinamica nel tempo (es. **in relazione al livello di partenza**).

Alla fine del percorso è prevista una **verifica sommativa scritta e individualizzata**, con domande chiuse e aperte volte a verificare l’acquisizione delle conoscenze e delle competenze individuate negli obiettivi iniziali (due ore di tempo). In base all’esito della verifica, sarà prevista una settimana con **attività di recupero (5 ore)** gestite dal docente e dai pari in modalità cooperativa; l’attività sarà finalizzata alla produzione di un elaborato individuale per il blog di classe, di argomento scelto dai ragazzi, che dimostri l’acquisizione delle conoscenze e delle competenze non ancora sufficienti, e che verranno nuovamente valutate.

Bibliografia

- AAVV (2014) *Disabilità intellettiva a scuola*, Erickson, Trento
- Allan JD, Castillo MM (2007) *Stream ecology*. Springer, New York
- Allen TR (2008) Digital terrain visualization and virtual globes for teaching geomorphology. *Journal of Geography* 106: 253-266
- Alzate L (2000) *Criteri per le modalità di gestione della vegetazione ripariale*. Autorità di bacino del Fiume Po, Parma.
- Arnold CL, Gibbons CJ (1996) Impervious surface coverage: the emergence of a key environmental indicator. *American Planners Association Journal* 62: 243–258
- Bardi D (2014) *La classe scomposta*. Nova Multimedia Editore, Milano
- Baron JS, Poff, NL, Angermeier PL, Dahm CN, Gleick PH, Hairston NG Jr, Jackson RB, Johnston CA, Richter BD, Steinman AD (2002) Meeting ecological and societal needs for freshwater. *Ecological Applications* 12: 1247–1260
- Biscaro F, Maglioni M (2015) *La classe capovolta: Innovare la didattica con la flipped classroom*. Erickson, Trento.
- Bloom BS (1956) *Taxonomy of Educational Objectives, Handbook I: The Cognitive Domain*. David McKay, New York
- Bos K (2014) Black Death, *Science in School* 28: 7-11
- Boyer M (1998) *Guide technique n°1 – La gestion des boisements de rivières -Fascicule 1 : Dynamique et fonctions de la ripisylve*. Agence de l'Eau Rhône, Méditerranée Corse e Dren Rhône Alpes, Lyon
- Breil M, Catenacci M, Travisi M (2007) *Impatti del cambiamento climatico sulle zone costiere: Quantificazione economica di impatti e di misure di adattamento–sintesi di risultati e indicazioni metodologiche per la ricerca futura*. Report prepared for the APAT Workshop on “Cambiamenti climatici e ambiente marino-costiero: scenari futuri per un programma nazionale di adattamento”, Palermo (pp. 27-28)
- Cho MR (2010) The politics of urban nature restoration: The case of Cheonggyecheon restoration in Seoul, Korea. *International Development Planning Review*, 32: 145-165
- Cressey GB (1963) *Asia's lands and peoples*. McGraw-Hill, New York
- Curtis & Barnes (2014) *Evoluzione, cellula e genetica, corpo umano*, Zanichelli, Bologna
- Davis J (2012) Teaching and learning geomorphology: using a constructivist-based inquiry case study approach to examine depositional environments along the Salmon River, Idaho. *Geological Society of America Abstracts with Programs*: 44(6): 1
- Davis RL (2002) The value of teaching about geomorphology in non-traditional settings. *Geomorphology* 47: 251-260
- De La Garanderie A (2003) *I mezzi dell'apprendimento e il dialogo con l'alunno*. Erickson, Trento
- Debrando V, Cacciabue G, Castellana G (2009) *Il ruolo della vegetazione ripariate e la riqualificazione dei corsi d'acqua*. Regione Piemonte, Torino.
- Dingman SL (2002) *Physical hydrology*. Prentice-Hall, Upper Saddle River NJ
- Dodds WS, Whiles MR (2004) Quality and quantity of suspended particles in rivers: Continent-scale patterns in the United States. *Environmental Management* 33:355–367
- Dovigo F (2014) *Manuale per l'osservazione educativa. L'approccio qualitativo*, Unicopli, Milano

- Finlayson B (1981) The analysis of stream suspended loads as a geomorphological teaching exercise. *Journal of Geography in Higher Education* 5: 23-35
- Fischhoff B, Lichtenstein S, Slovic P, Derby S, Keeney R (1981) Acceptable risk. *American Journal of Sociology* 88: 603-604
- Gemmell AM (1995) 'Competitive' simulation in the teaching of applied geomorphology: an experiment. *Journal of Geography in Higher Education* 19: 29-39.
- Giosa L, Margiotta MR, Sdao F, Sole A, Albano R, Cappa G, Giammateo C, Pagliuca R, Piccolo G, Statito D (2009) Natural hazard management high education: laboratory of hydrologic and hydraulic risk management and applied geomorphology. *EGU General Assembly Conference Abstracts* 11: 10912
- Gold JR (1991) Why modularisation, why now, and what implications does it have for geographical teaching? *Journal of Geography in Higher Education* 15: 180-187
- Gordon ND, Finlayson BL, McMahon TA (2004) *Stream hydrology: an introduction for ecologists*. Wiley, Chichester
- Gordon ND, MacMahon TA, Finlayson BL, Gippel CJ, Nathan RJ (2004) *Stream Hydrology: An Introduction for Ecologists*. Wiley, London
- Gran KB, Batts VA (2014) Physical models in geomorphology education: lessons from the stream table. Poster presented at 2014 GSA Annual Meeting, Vancouver, British Columbia.
- Hynes HBN (1975) The stream and its valley. *Verhandlungen Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie* 19:1-15
- Johnson D, Johnson R, Holubec E (1996) *Apprendimento cooperativo in classe*. Erickson, Trento
- Johnson JK, Reynolds SJ (2005) Concept sketches: using student-and instructor-generated, annotated sketches for learning, teaching, and assessment in geology courses. *Journal of Geoscience Education* 53: 85
- Junier S (2009) Teaching flood risk management to secondary school students via the web. *EGU General Assembly Conference Abstracts* 11: 6220
- Leach E (2006). Instruction-based action guidelines built on Bloom's revised Framework: Setting objectives for entrepreneurship training. *Small Enterprise Research* 14: 74-92
- Lutz 2011
- Lytle DA, Poff NL (2004) Adaptation to natural flow regimes. *Trends in Ecology and Evolution* 19:94-100
- Malmqvist B, Rundle S (2002) Threats to the running water ecosystems of the world. *Environmental Conservation* 29:134-153
- Marshak S (2006) *Essentials of geology*. WW Norton, New York.
- Maurer H, Heimo M (2011). How to use the Web's information flood for teaching. In *World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia and Telecommunications*, pp. 3103-3108.
- Metzger R, Jaboyedoff M (2009) Teaching land-use planning in a flood prone area with an educational software. *EGU General Assembly Conference Abstracts* 11: 13084
- Milani L (1990) *Lettera a una professoressa*, Libreria Editrice Fiorentina, Firenze
- Minoli M (2002) *Evoluzione molecolare*, Pharmacy: 43-45
- Paul MJ, Meyer JL (2001) Streams in the urban landscape. *Annual Review of Ecology and Systematics* 32: 333-365

- Poole GC (2002) Fluvial landscape ecology: Addressing uniqueness within the river discontinuum. *Freshwater Biology* 47:641–660
- Postel S, Daily GC, Ehrlich PR (1996) Human appropriation of renewable fresh water. *Science* 27: 785–788
- Ramani D (2013) Medicina rigenerativa, *Lynx* 4/2013: 4-9
- Reusser LJ, Corbett LB, Bierman PR (2012) Incorporating concept sketching into teaching undergraduate Geomorphology. *Journal of Geoscience Education* 60: 3-9
- Revenga C, Brunner J, Henninger N, Kassem K, Payne R (2000) Pilot Analysis of Global Ecosystems: Freshwater Systems. World Resources Institute, Washington, DC
- Rhoads BL, Thorn CE (1996). The scientific nature of geomorphology: Proceedings of the 27th Binghamton symposium in geomorphology, 27-29 september, 1996 (Vol. 27)
- Richter BD, Baumgartner JV, Wigington R, Braun DP (1996) How much water does a river need? *Freshwater Biology* 37:231–249
- Rose R, Aizenman H, Mei E, Choudhury N (2013) Teaching High School Students Machine Learning Algorithms to Analyze Flood Risk Factors in River Deltas. *AGU Fall Meeting Abstracts* 1: 0809
- Rumiz P (2013) Morimondo. Feltrinelli, Milano.
- Saban Y (2013) The Flipped Classroom Instructional Module. URL:
http://scholarspace.manoa.hawaii.edu/bitstream/handle/10125/27174/ysaban_tcc_paper.pdf
- Sacks O (2006) Zio Tungsteno, Adelphi, Firenze
- Snelder TH, Biggs BJB (2002) Multiscale river environment classification for water resources management. *Journal of the American Water Resources Association* 38:1225–1239
- Sriharan S, Petersburg VA (2004). Teaching environmental science students weather using remote sensing to interpret flood data. Poster presented at 13th Symposium on Education, 84th AMS Annual Meeting, Seattle.
- Strayer DL (2006) Challenges for freshwater invertebrate conservation. *Journal of the North American Benthological Society* 25: 271-287
- Sugden D, Hamilton P (1978) Teaching geomorphology at university. *Journal of Geography in Higher Education* 2: 14-22
- Sutherland R (1994) Teaching the hydrologic and geomorphic significance of drainage basins and discharge in physical geography. *Journal of Geography* 93: 80-95
- Tharme RE (2003) A global perspective on environmental flow assessment: emerging trends in the development and application of environmental flow methodologies for rivers. *River Research and Applications* 19:397–441
- Vogt P (2012) User guide for GUIDOS. European Commission Joint Research Center, Ispra
- WCD (2000). Dams and Development: A New Framework for Decision-making: the Report of the World Commission on Dams. Earthscan

Figure, Tabelle e Allegati

Figura 1

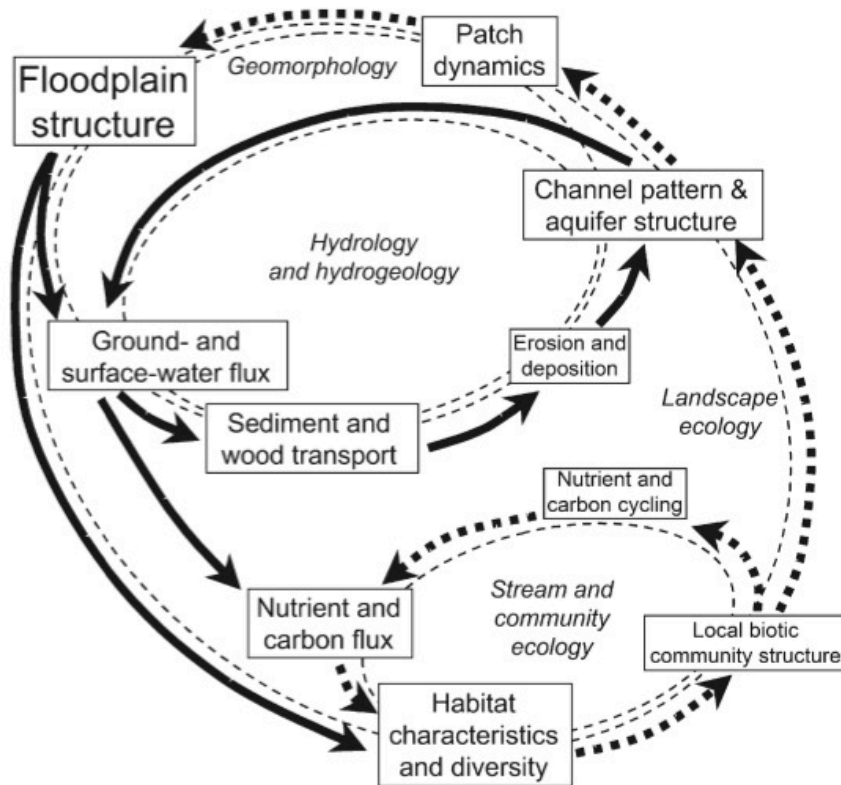


Figura 2

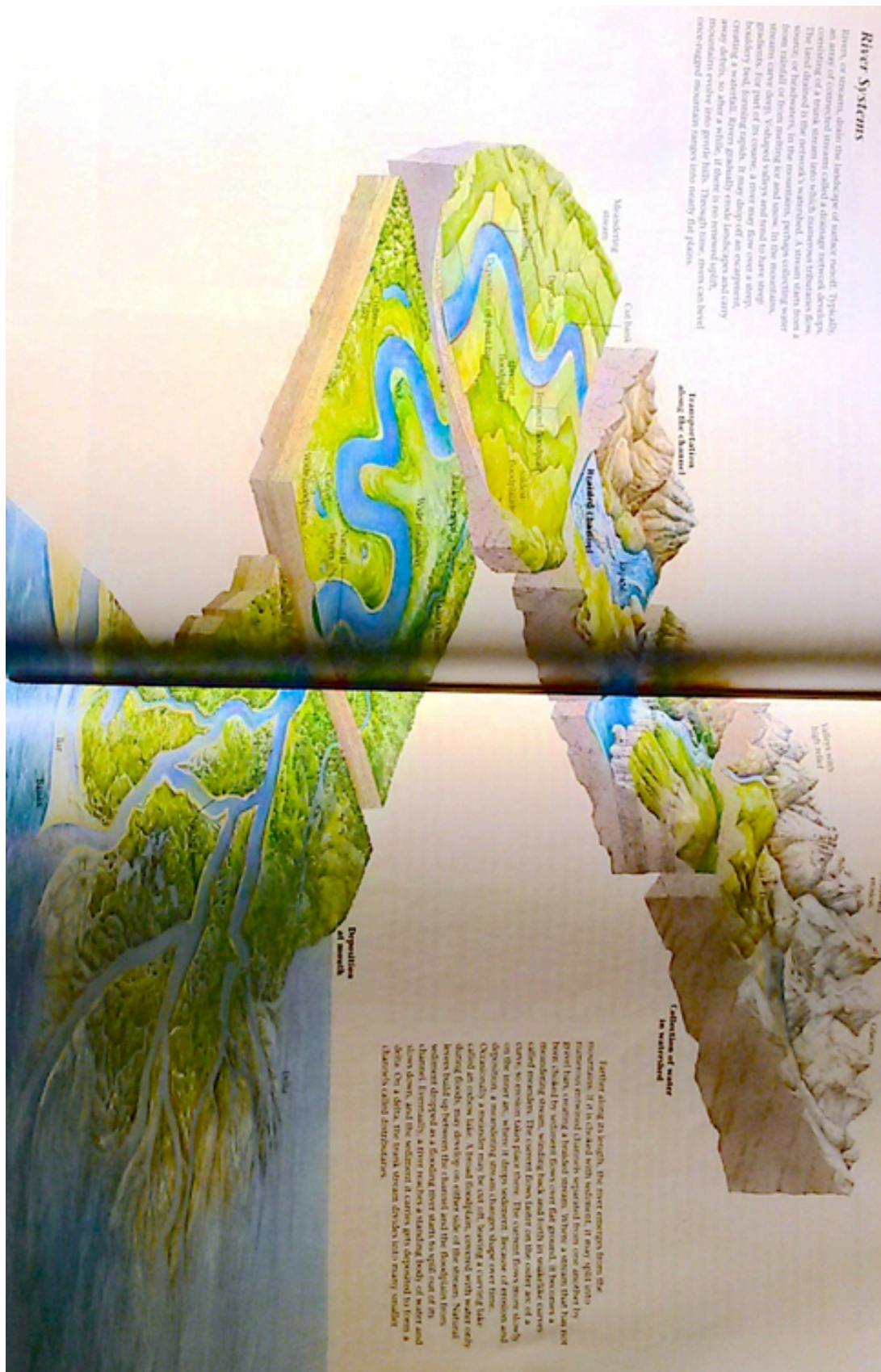
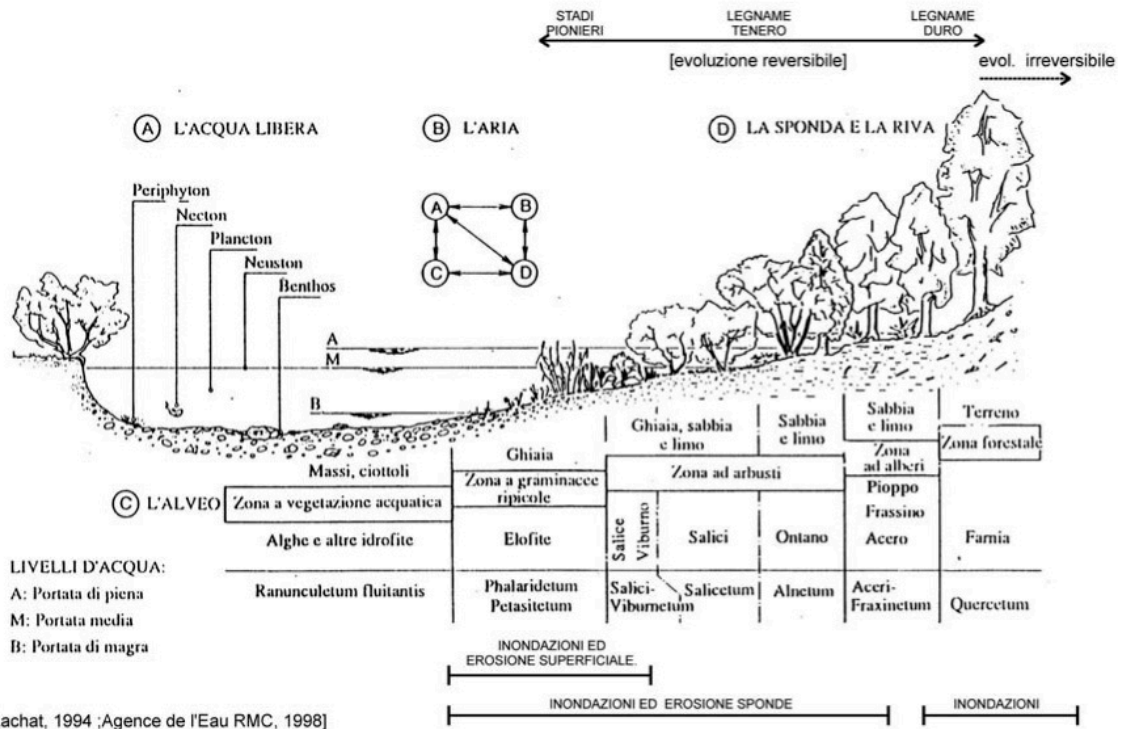


Figura 3



[Lachat, 1994 ;Agence de l'Eau RMC, 1998]

Figura 4

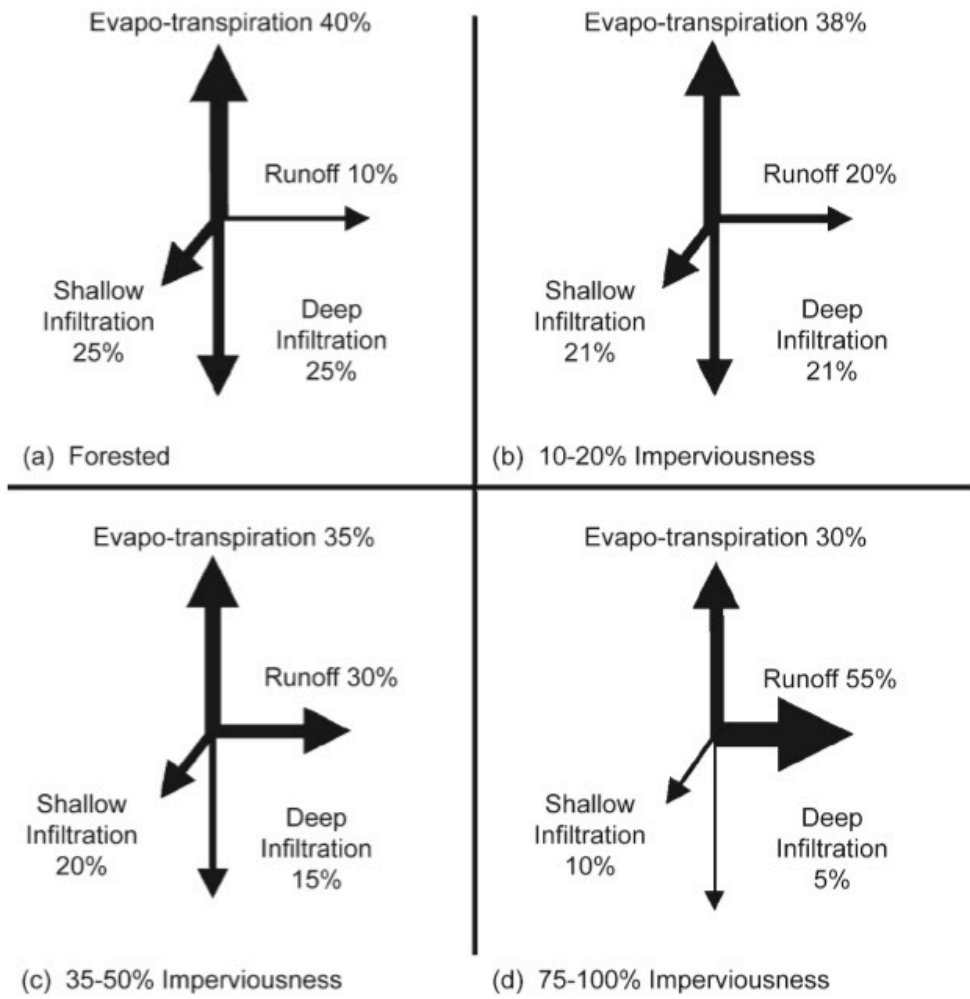


Figura 5



Figura 6

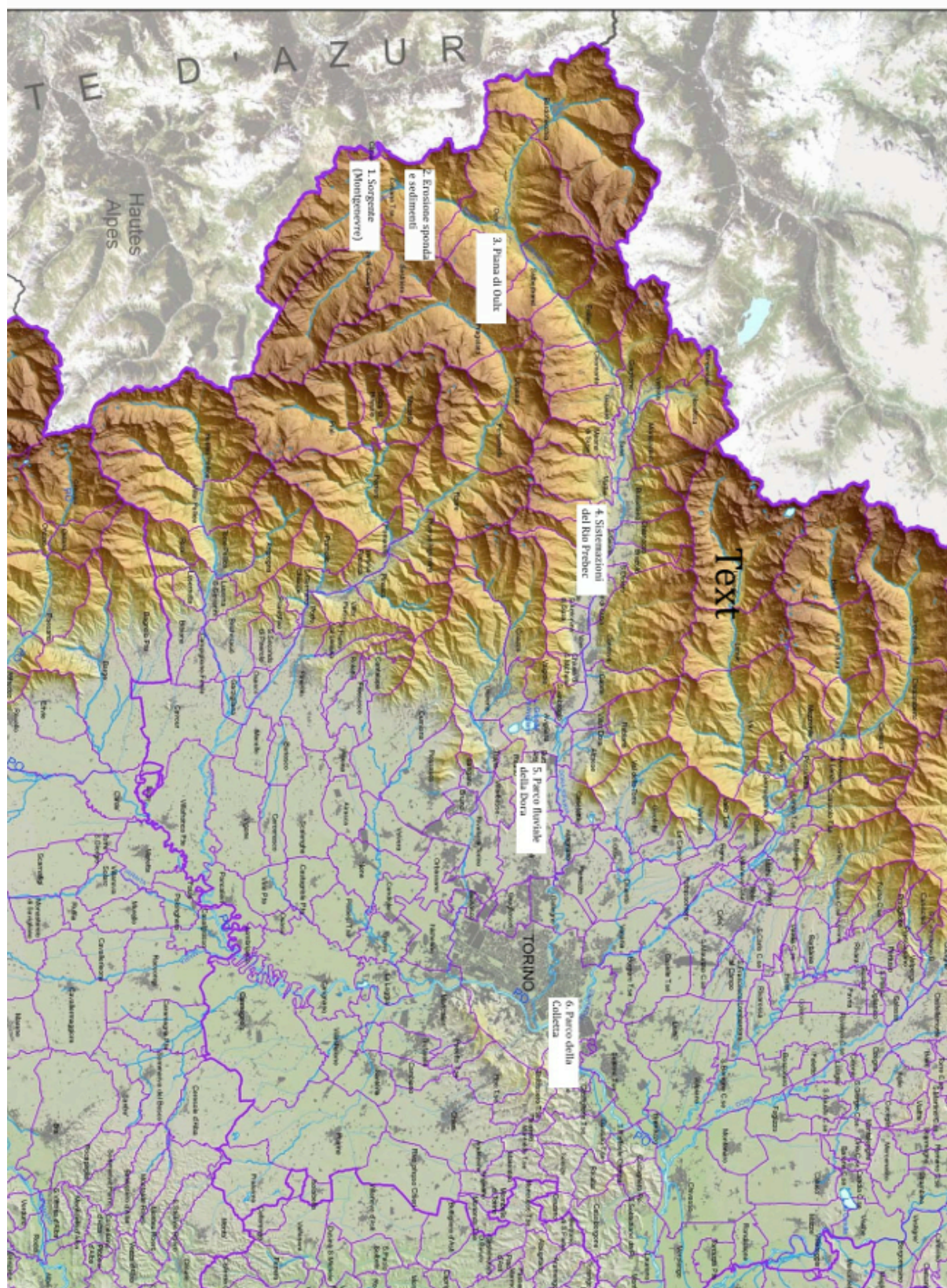


Figura 7

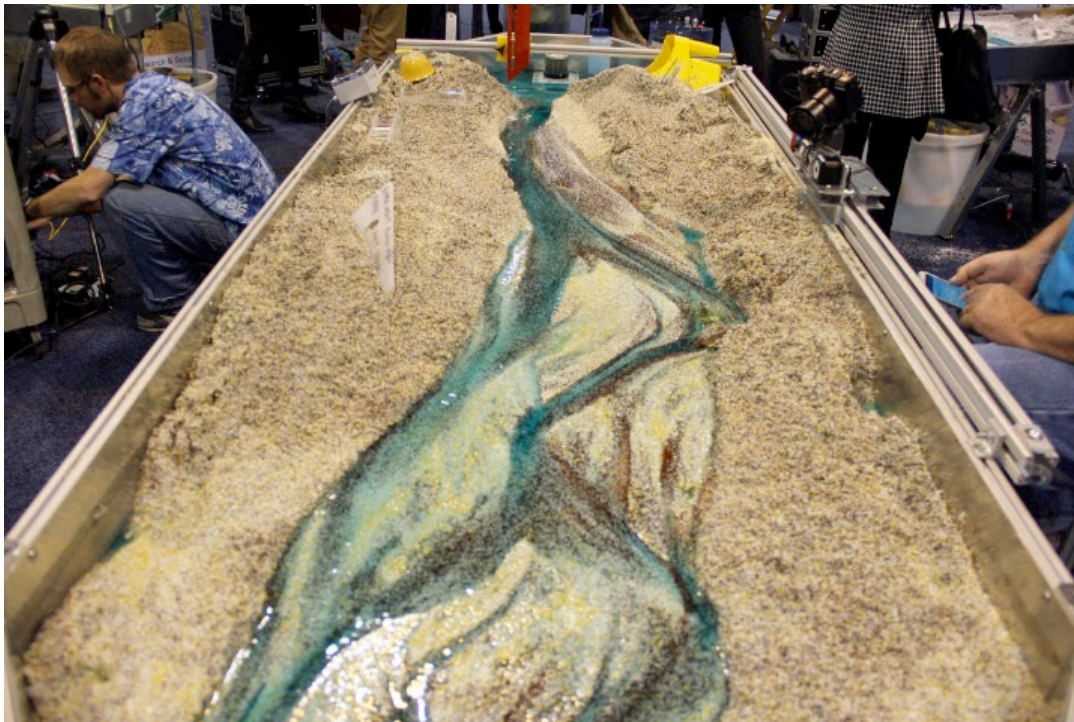


Tabella 1

	<i>Proximate causes</i>	<i>Abiotic effects</i>	<i>Biotic effects</i>
Habitat alteration	Damming, water abstractions and diversions	Loss of natural flow variability, altered habitat, severing of upstream-downstream linkages	Reduced dispersal and migration, changes to water quality and assemblage composition
	Channelization	Reduced habitat and substrate complexity, lower base flows	Reduction in biological diversity favoring highly tolerant species
	Land-use change including deforestation, intensive agriculture, urban development	Altered energy inputs, increased delivery of sediments and contaminants, flashy flows	Changes in assemblage composition, altered trophic dynamics, can facilitate invasions
Invasive species	Aquaculture, sports fishing, pet trade, ornamental plants	Some invasive species modify habitat, otherwise minor	Declines in native biota, biotic homogenization, can result in strong ecosystem-level effects
Contaminants	Nutrient enrichment from agriculture, municipal wastes, atmospheric deposition	Increased N and P, altered nutrient ratios	Increased productivity, algal blooms, altered assemblage composition
	Acidification from fossil fuels (SO ₂ , NO _x), mines	Reduced pH, increased Al ⁺ , metals	Physiological and food chain effects
	Toxic metals from mining, industrial gaseous emissions, waste disposal	Increased trace metal concentrations (e.g., Hg, Cu, Zn, Pb, Cd)	Toxic effects through biomagnification
	Organic toxins	Increased levels of PCB, endocrine disruptors, some pesticides	Physiological and toxic effects
Overexploitation	Commercial harvest for food, pet trade recreational fisheries	Usually none	Changes in assemblage composition, altered trophic dynamics, can facilitate invasions
Climate change	Temperature changes	Milder winters, altered evapotranspiration patterns and flow regimes	Range shifts in accord with physiological tolerances, increased productivity
	Precipitation changes	Altered flow regimes, greater flashiness	Greater role for disturbance

Allegato 1

Nome _____ Classe _____

Giocatore A+B)

Usando l'app Google Earth o il sito Google Maps, scegliete in Europa e Africa: due città all'equatore, due sul tropico del Capricorno (Sud), due sul tropico del Cancro (Nord), due nel Mediterraneo, e due in Nord Europa.

Eq 1) _____
Eq 2) _____
Capr 1) _____
Capr 2) _____
Cancro 1) _____
Cancro 2) _____
Med 1) _____
Med 2) _____
Nord 1) _____
Nord 2) _____

Giocatore A)

Usa l'applicazione meteo del telefono o il sito www.ilmeteo.it e annota che tempo fa e la temperatura di stamattina in quelle città.

Eq 1) _____
Eq 2) _____
Capr 1) _____
Capr 2) _____
Cancro 1) _____
Cancro 2) _____
Med 1) _____
Med 2) _____
Nord 1) _____
Nord 2) _____

Giocatore B)

Disegna una CARTA FISICA di Europa e Africa e segna la possibile distribuzione delle nuvole di stamattina.

Giocatore A)

Colora la carta di Europa e Africa in base a dove, secondo te, sta piovendo

Giocatore B)

Segna sulla carta di Europa e Africa come stanno soffiando i venti secondo te. Usa una freccia per indicare la direzione del vento, più lunga se il vento è più forte.

Giocatore A)

Lancia in orbita il satellite CLOUDS (www.sat24.com/world.aspx). Guarda il sito e disegna una nuova carta con le linee di pressione ("isobare")

Giocatore B)

Segna sulla nuova carta piogge e venti.

Lancia in orbita il satellite RADAR e (www.intellicast.com/global/precipitation/current.aspx) e consulta i risultati. Correggi la carta se necessario.

Giocatore A)

Guardando il tuo disegno, formula una previsione del tempo per i prossimi due giorni per le prime cinque città.

Eq 1)	_giorno 1	_____	2	_____
Capr 1)	_giorno 1	_____	2	_____
Cancro 1)	_giorno 1	_____	2	_____
Med 1)	_giorno 1	_____	2	_____
Nord 1)	_giorno 1	_____	2	_____

Giocatore B)

Guardando il tuo disegno, formula una previsione del tempo per i prossimi due giorni per le prime cinque città.

Eq 2)	_giorno 1	_____	2	_____
Capr 2)	_giorno 1	_____	2	_____
Cancro 2)	_giorno 1	_____	2	_____
Med 2)	_giorno 1	_____	2	_____
Nord 2)	_giorno 1	_____	2	_____

VINCE LA COPPIA CHE INDOVINA IL MAGGIOR NUMERO DI PREVISIONI
(punti: da zero a venti)