

IL LABORATORIO SCOLASTICO E AZIENDALE QUALE LUOGO FORMATIVO DI DIALOGO

RIFLESSIONE A CONCLUSIONE DEI LABORATORI SCIENTIFICI ITINERANTI “OTTIMA È L’ACQUA”

Marcella Cellurale

IPRASE, in continuità con quanto promosso lo scorso anno, ha portato a conclusione i *laboratori scientifici* progettati con alcune Istituzioni scolastiche provinciali, con Centri di ricerca e realtà produttive del territorio, rivolti agli Assistenti di laboratorio scolastico - area chimica, fisica e scienze naturali - della Provincia autonoma di Trento.

Con questo contributo s’intende offrire al personale scolastico la più ampia condivisione di materiali, la riflessione sul fare scuola attraverso un processo partecipato dei diversi stakeholders e alcune piste di lavoro replicabili in metodologia dell’Alternanza scuola lavoro (ASL).

La scelta del tema, la risorsa *acqua*, è nata dall’esigenza di approfondire “L’Agenda 2030 per lo sviluppo sostenibile” con chi nella scuola, insieme al personale docente, opera nei laboratori con l’obiettivo di sensibilizzare gli studenti alla conoscenza del contesto in cui vivono, alla tutela delle risorse naturali e all’adozione di modelli di consumo sostenibili.

Come evidenziato nel documento sottoscritto dai capi di Stato in occasione del *Summit* sullo sviluppo sostenibile del settembre 2015¹, sia i Paesi in via di sviluppo sia quelli avanzati si impegnano nel raggiungimento dei 17 *Goals* - entro il 2030 - declinando nella propria programmazione economica, sociale e ambientale le strategie per il raggiungimento.

Poiché la carenza della risorsa acqua sta diventando sempre più un’acclarata emergenza globale (effetto di diversi fattori tra cui il cambiamento climatico e la grave incapacità di gestire la risorsa), si è voluto, attraverso la formazione, favorire una maggior diffusione di conoscenze e lo sviluppo di competenze a sostegno di azioni etiche di tutela ambientale.

Attraverso il coinvolgimento dell’Università di Trento – Dipartimento di



Fonte: <https://www.unric.org/it/agenda-2030>

¹ Cfr. https://www.unric.org/it/images/Agenda_2030_ITA.pdf

Fisica, della Fondazione E. Mach di San Michele all'Adige, dell'**Eurac Research** di Bolzano, di alcune Istituzioni scolastiche provinciali (Istituto di Istruzione L. Guetti di Tione, Liceo A. Maffei Riva del Garda, ITT M. Buonarroti di Trento, IC Primiero) e di realtà produttive del territorio (Centro sci Bolbeno, Gruppo Dolomiti Energia, A.C.S.M. s.p.a. di Primiero) si sono progettati modelli formativi orientati alla sperimentazione sul campo e all'esplorazione di modelli di ricerca.

Durante gli incontri sono stati approfonditi: i fattori che influenzano i cambiamenti climatici, problematiche connesse alla gestione delle risorse idriche e alle carenze infrastrutturali, la domanda di acqua per uso agricolo, lo stato dei ghiacciai italiani e il mutamento del clima alpino, l'innevamento programmato, gli ecosistemi acquatici e il mutamento della flora e della fauna lacustre, i parametri di potabilità dell'acqua e la sua dispersione.

Ulteriore oggetto di approfondimento è stato il tema dell'acqua e l'energia, per far conoscere il funzionamento di alcune centrali idroelettriche provinciali e la significativa vocazione alle rinnovabili di diverse valli trentine (nella fattispecie di Primiero).

Riguardo alle politiche in materia si auspica che il nostro Paese favorisca sempre più "la definizione di un governo pubblico e partecipativo del ciclo integrato dell'acqua", in grado di garantire un uso sostenibile e solidale, riconoscendo l'acqua tra i suoi principi generali, come "bene naturale e diritto umano universale", in linea con quanto già assunto dall'ONU nel luglio 2010² (10 Stati hanno inserito tale diritto umano in Costituzione).

Riguardo agli obiettivi evidenziati nella Strategia Energetica Nazionale³ si è esplorato come il governo dell'energia si pone riguardo a quelli fissati dall'Agenda 2030 delle Nazioni Unite anche attraverso l'approfondimento della Strategia Nazionale per lo Sviluppo Sostenibile – SNSvS (Agenda 2030 per l'Italia).

Formazione messa in campo

La formazione messa in campo, in conformità alle linee provinciali di indirizzo e alla strategia Europea 2020, che considerano la formazione in servizio una priorità e l'innovazione il presupposto per una crescita intelligente, sostenibile e inclusiva, si è posta l'obiettivo di offrire l'approfondimento del tema prescelto, e di costruire competenze spendibili nel mercato del lavoro.

Da un confronto con le aziende coinvolte nella progettazione emerge che anche per loro tale opportunità consente di coniugare le proprie esigenze con quelle volte a sviluppare la dotazione di capitale umano, di promuovere crescita professionale e competenze chiave (es. pensiero critico, pensiero creativo, problem solving, innovazione, soft skill, team work, ecc.).

² Cfr. Risoluzione Assemblea ONU 64/292/2010 – riconoscimento del diritto umano, universale all'acqua e ai servizi igienici e Risoluzione Consiglio dei Diritti Umani 15/9 del 30.09.2010 – obbligazioni connesse al diritto umano all'acqua

³ Cfr. D.M del Ministero dello Sviluppo Economico e del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare del 10 novembre 2017 – Obiettivi SEN 2017

IN EVIDENZA

- La formazione in contesto laboratoriale come presupposto per lo sviluppo di competenze
- La progettazione condivisa tra scuola e impresa come leva strategica per l'innovazione
- Laboratori scolastici e aziendali per la valorizzazione delle eccellenze del territorio

In linea con quanto evidenziato, IPRASE, ente strumentale della Provincia autonoma di Trento con funzione di ricerca e sperimentazione educativa e con competenza sulla formazione di tutto il personale del comparto scuola, si impegna nella promozione di azioni formative attente all'innovazione. Dall'analisi qualitativa, effettuata attraverso questionari di gradimento e dalle risultanze di sistema, per raggiungere gli obiettivi sopra illustrati, si rileva sempre più centrale l'investimento su un capitale umano preparato, propositivo e attento all'innovazione.

In questa direzione, nel corrente anno scolastico, per i *laboratori scientifici* messi in campo si è avviata un'efficace collaborazione con Tommaso Rosi, dell'Università di Trento – Dipartimento di Fisica, con Giacomo Bertoldi e Francesca Taponecco di **Eurac Research**, con Ivano Artuso, Cristina Cappelletti, Francesca Ciutti e Fernando Lunelli della Fondazione E. Mach, con i docenti Massimo Bosetti dell'Istituto di Istruzione L. Guetti di Tione, Lucia Marchi, Adele Visentini e Sabrina Pegoretti dell'I.T.T. M. Buonarroti – A. Pozzo di Trento, Luigi Boso e Federica Della Putta dell'I.C. Primiero, e con Giorgio Marchetti e Alessandro Odorizzi del Centro sci Bolbeno, con la Direzione dell'Ufficio Comunicazione e Brand Marketing del Gruppo Dolomiti Energia e con la Direzione dell'A.C.S.M. s.p.a. Primiero.

Nello specifico sono stati progettati i seguenti *laboratori*:

- “Gli stati dell’acqua” - Istituto Guetti di Tione e Centro sci Bolbeno;
- “L’acqua in agricoltura e gli ecosistemi acquatici” - Fondazione E. Mach di San Michele all’Adige;
- “L’analisi chimica e fisica dell’acqua e la sua potabilità” - I.T.T. Buonarroti – Pozzo e Acquedotto di Trento;
- “L’acqua e l’energia” - Liceo A. Maffei e Centrale idroelettrica di Riva del Garda;
- “L’ambiente alpino e i fattori di mutamento climatico” - **Eurac Research** di Bolzano;
- “Il modello energetico di Primiero” - I.C. Primiero e A.C.S.M. s.p.a. Primiero.

Sono state offerte piste di lavoro in metodologia ASL, quali spazi di innovazione, sperimentazione e creatività, volte a sviluppare competenze disciplinari, interdisciplinari e a sostenere processi conoscitivi di rilevanza per l'utente studente.



Per *laboratorio scientifico* abbiamo inteso l'assunzione di un approccio, di un atteggiamento dell'assistente di laboratorio, del docente e dello studente nel lavoro *in team*, ovvero di metodologie cooperative e di *problem solving* volte a favorire lo sviluppo cognitivo efficace attraverso pratiche sperimentali interattive, in cui il protagonista alunno sia il vero artefice del proprio apprendimento.

Confidando di proseguire in questo cammino, IPRASE si impegna per il prossimo anno scolastico a offrire percorsi in cui sempre più pubblico e privato, in ottica condivisa, si mettono a disposizione, in modo da assicurare che il *laboratorio scientifico* (scolastico e aziendale) divenga un luogo formativo di dialogo.

Il percorso formativo a gruppo ristretto (25 corsisti max. per laboratorio) è stato progettato con l'obiettivo di fornire un'iniziale formazione teorica sul tema, e renderla operativa attraverso una serie di proposte laboratoriali.

Il materiale didattico presentato dai relatori ha consentito di allineare il diverso *background* dei corsisti (provenienti dalle aree chimica, fisica e scienze naturali), di trattare in forma sintetica gli aspetti teorici di ogni tema, e di renderli partecipi alle esercitazioni in diversi sotto-gruppi.

Gli esperti hanno fatto sperimentare esercitazioni pratiche corredate da protocolli facilmente riproducibili, volte a suggerire comportamenti sostenibili (riciclo) e l'utilizzo di materiali maggiormente idonei a incrementare la significatività didattica delle esperienze.

Si è anche mostrato come le tecnologie digitali (utilizzo di alcuni software) possano essere utilizzate per favorire un maggior coinvolgimento degli studenti, anche in presenza di BES.

Ci si è focalizzati sull'importanza di far sperimentare il *laboratorio* agli studenti, quale strumento indispensabile per veicolare conoscenze e competenze, tra cui l'interpretazione di dati, l'utilizzo degli stessi, la loro contestualizzazione per produrre informazioni e fare ricerca.

Se il *focus* principale della proposta è stato quello di praticare la didattica nei laboratori scientifici di chimica, fisica e scienze naturali, uno spazio è stato dato al confronto su come coinvolgere e avvicinare i ragazzi a una formazione continua, innovativa, sempre più indispensabile in ambito tecnico-scientifico.

Marcella Cellurale

Dopo aver conseguito nel 1989 la laurea in Giurisprudenza presso l'Università degli studi di Parma e le abilitazioni alla professione forense e all'insegnamento, ha iniziato a svolgere l'attività libero professionale e di docenza presso la Provincia autonoma di Trento e occasionalmente a contratto presso l'Università di Trento, Facoltà di Giurisprudenza. Ha partecipato a numerosi convegni e seminari di formazione per la realizzazione dei Quaderni del MIUR – Diritto ed Economia, L'insegnamento del Diritto e dell'Economia nella scuola liceale e curato aggiornamenti di testi scolastici. Presso Iprase è referente della formazione del personale ATA e AE, si occupa di formazione del personale docente nella disciplina di indirizzo e supporta la ricerca nell'ambito dell'orientamento scolastico.

Si è ritenuto inoltre importante far conoscere, per ogni tema proposto, il processo produttivo ad esso connesso (funzionamento e fasi di un impianto di innevamento programmato, di un acquedotto, di una centrale idroelettrica, di un'azienda termica) e parallelamente avviare i contatti con i referenti delle diverse realtà produttive per consentire, *pro futuro*, di progettare in autonomia percorsi di alternanza scuola-lavoro e/o organizzare visite aziendali nell'ambito delle attività di orientamento alla scelta (azioni che le Istituzioni scolastiche e formative provinciali promuovono ogni anno scolastico).

In merito ai materiali utilizzati, alla fruibilità nelle classi, ai contatti con i referenti degli enti ospitanti, a seguire si riporta, per *laboratorio scientifico* intrapreso:

- il percorso utile per accedere alla documentazione di Iprase → www.iprase.tn.it → Apprendimento → Formazione ATA e AE → ALS – Assistenti di laboratorio → LABORATORI SCIENTIFICI ITINERANTI - Materiali
- i contatti degli enti ospitanti:
 - Alessandro Odorizzi odorizzialessandro@gmail.com Centro sci Bolbeno (TN)
 - Ivano Artuso ivano.artuso@fmach.it - Fondazione E. Mach di San Michele all'Adige (TN)
 - Ufficio Comunicazione e Brand Marketing comunicazione@dolomitienergia.it - Acquedotto Trento e Centrale idroelettrica Riva del Garda (TN)
 - Francesca Taponecco francesca.taponecco@eurac.edu - Eurac Research di Bolzano (BZ)
 - ACSM Primiero info@acsmprimiero.com – Centrale termica di Primiero (TN)

Laboratorio 1. Gli stati dell'acqua e l'innevamento programmato

Istituto di Istruzione L. Guetti di Tione e Centro sci di Bolbeno

Massimo Bosetti

L'acqua: una grande magia



Perché il ghiaccio galleggia e l'acqua bagna? Per capire come mai la neve è tanto speciale bisogna affondare nel microscopico mondo dei suoi cristalli. Tante forme lucenti e cangianti. un mondo soffice fatto di miliardi di miliardi di cristalli multiformi. Ma quanti tipi di cristalli esistono? Ce ne sono infiniti e perché sono così diversamente simili? sono tanto diversi che si dice che non possano essercene due uguali... sarà vero? Però la loro apparente similitudine nasconde una genesi comune. I meccanismi con cui si creano i fiocchi di neve sono analoghi a quelli riguardanti la replicazione delle cellule delle piante, degli animali e degli uomini. Dentro a un bosco ci accorgiamo delle

differenze, dei rami, dei colori delle pieghe del tronco. Appena allunghiamo il passo e ci distanziamo osserviamo alberi pressoché identici. E in lontananza una miriade di persone tutte indistinguibili¹.

Quando tocchiamo la neve ci sembra informe, omogenea e indifferenziata. Guardando al suo interno scopriamo che è l'emergenza di una realtà più ricca e complessa ma con la stessa origine: i legami tra atomi e molecole.

Dalla scienza alla tecnica il passo è tanto lungo. Dalle leggi del microcosmo ai principi della termodinamica. La natura stessa ci consente di raffreddare ciò che è già freddo. Ma come fare?

Abbiamo bisogno di macchine termiche il cui funzionamento racchiude l'essenza della rivoluzione industriale del nostro recente passato, ma anche di un possibile futuro sostenibile.

Come sosteneva Einstein, la termodinamica "È la sola teoria fisica di contenuto universale che sono certo non sarà mai sovvertita, entro i limiti in cui i suoi concetti fondamentali sono applicabili".



In sintesi:

Un piccolo viaggio in un mondo soffice dall'idrogeno alla pista da sci →

1. La molecola d'acqua e le sue proprietà
 - a. Il legame covalente: H-O-H
 - b. Il legame idrogeno:
 - i. **attività** perché l'acqua è un buon solvente

¹ immagine tratta da http://www-history.mcs.st-and.ac.uk/history/PictDisplay/Carnot_Sadi.html

- ii. **attività** perché il ghiaccio ha una densità minore dello stato liquido:
 - c. Perché il ghiaccio galleggia?
 - d. I cristalli di neve:
 - i. come si formano?
 - ii. quanti tipi di cristalli possiamo osservare?
 - e. Gli stati instabili dell'acqua
2. Sistemi di generazione della neve
3. Le macchine per raffreddare
- a. il ciclo di Carnot
 - b. la macchina di Stirling
 - i. funzionamento
 - ii. pregi e difetti
 - iii. **attività di laboratorio:** laboratorio: costruiamo un motore di Stirling

Sito: <https://sites.google.com/guetti.tn.it/lacqua-e-la-neve>

Nel pomeriggio, grazie alla preziosa collaborazione di Giorgio Marchetti e Alessandro Odorizzi del Centro sci Bolbeno, si è offerta l'opportunità ai partecipanti di sperimentare il funzionamento dell'impianto e di ammirare la produzione di neve tecnica. A seguire si riporta il contributo di Alessandro Odorizzi sul tema.

Innevamento tecnico



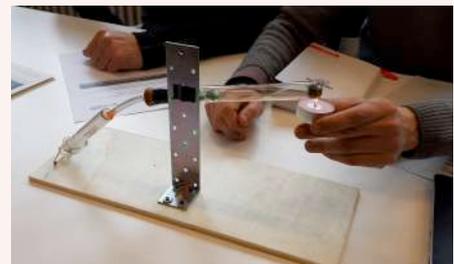
Oggigiorno l'innervamento tecnico è il fondamento principale del turismo invernale.

Senza innervamento, infatti, le piste non riuscirebbero a far fronte alle crescenti esigenze di settore.

La neve tecnica è costituita esclusivamente da acqua e aria. In questo non differisce dalla neve naturale. Si utilizzano generatori di neve per simulare la cristallizzazione dei fiocchi di neve che cadono dal cielo.

Nella produzione di neve tecnica, i cosiddetti nucleatori creano una miscela di acqua e aria compressa, che in seguito all'espansione nell'atmosfera, portano alla formazione di nuclei di neve (nucleidi). Gli ugelli nebulizzano l'acqua in gocce finissime che, unendosi ai nucleidi e cadendo a terra, si trasformano in cristalli di neve.

Questo processo viene simulato in modo diverso dai vari generatori di neve: le macchine a ventola si servono di un convogliatore; le lance, invece, sfruttano l'altezza di caduta naturale fino a dieci metri.



Come per la neve naturale, anche nell'innervamento tecnico la temperatura e l'umidità dell'aria giocano un ruolo determinante. Durante l'innervamento si parla pertanto della cosiddetta temperatura di bulbo

umido, che dipende dalla correlazione tra temperatura e umidità relativa dell'aria. La temperatura di bulbo umido deve essere sempre inferiore alla temperatura esterna. Più l'aria è umida, minore sarà la sua capacità di assorbire l'umidità. Ciò significa che la temperatura deve essere più bassa per poter formare i cristalli di neve dalle sottili goccioline d'acqua.



I generatori di neve producono neve a partire da una temperatura di bulbo umido di $-2,5$ °C. Dunque con una minore umidità dell'aria questa temperatura viene raggiunta già a temperature appena sopra lo zero, mentre con un'umidità superiore sono necessarie temperature inferiori allo zero. Le temperature prossime al punto di congelamento vengono definite temperature marginali o limite. Per la generazione di neve, soprattutto a temperature marginali, è determinante anche la temperatura dell'acqua. Attraverso le torri di raffreddamento l'acqua viene portata alla temperatura ottimale in modo da incrementare l'efficienza dell'impianto di innevamento.

I generatori di neve sono solo uno dei numerosi componenti di un impianto di innevamento. Per approvvigionare il generatore di neve con pressione e acqua nelle giuste quantità, i numerosi componenti devono interagire fra loro in modo ottimale.

Massimo Bosetti, docente di matematica e fisica e animatore digitale presso l'Istituto di Istruzione L. Guetti di Tione di Trento, è stato assegnista di ricerca presso il Laboratorio di comunicazione delle scienze fisiche dell'Università di Trento sul tema "Ideazione, progettazione e sperimentazione di materiale didattico per uso scolastico e museale dedicato ad aspetti energetici, ambientali con particolare attenzione all'effetto serra e alla sua descrizione". Coordinatore di diversi progetti sull'Innovazione tecnologica e referente scientifico di mostre e di exhibit multimediali, collabora con IPRASE nella formazione degli Assistenti di laboratorio – area fisica, chimica e biologia.

Laboratorio 2. L'acqua in agricoltura

Fondazione E. Mach - San Michele all'Adige

Il tema dell'acqua in agricoltura e degli ecosistemi acquatici è stato oggetto di approfondimento nel *laboratorio scientifico* tenutosi presso la Fondazione E. Mach, Centro di Istruzione e Formazione, di Ricerca e Innovazione e di Trasferimento Tecnologico di San Michele all'Adige.

La Fondazione opera in diversi ambiti strategici quali la formazione e l'istruzione nel settore agricolo, ambientale e forestale, la ricerca interdisciplinare sul miglioramento qualitativo della vita e la crescita economico-sociale del territorio, la ricerca applicata e la sperimentazione nel settore agro-forestale, ambientale, microbiologico, nella diagnosi fitopatologica e nella biologia computazionale.

Grazie alla preziosa collaborazione di Ivano Artuso si è potuto approfondire la *mission* della Fondazione e visitare il centro di formazione, i laboratori di analisi, le cantine storiche, il centro ittico e di trasferimento tecnologico e approfondire con il ricercatore Fernando Lunelli il tema dell'idrobiologia in ambito ittico e con la ricercatrice Francesca Ciutti gli ecosistemi acquatici e il mutamento della fauna lacustre.

Centro di Trasferimento Tecnologico - UO Acquacoltura e Idrobiologia

Francesca Ciutti, Cristina Cappelletti

Le Invasioni biologiche: un problema emergente

Negli ultimi decenni, a livello globale, in tutti gli ecosistemi acquatici e terrestri si è assistito all'introduzione di specie esotiche o aliene, ossia non tipiche del popolamento locale. In taluni casi queste specie, se trovano nel nuovo ambiente le condizioni ideali per vivere, sono in grado di acclimatarsi velocemente e di riprodursi, fino a diventare numericamente ed ecologicamente dominanti, divenendo "invasive". L'impatto ambientale può essere tale da arrivare a danneggiare le comunità indigene, con conseguenze legate alla modificazione degli equilibri trofici tipici degli ambienti recettori.

E' infatti ormai noto a livello globale come l'introduzione di specie al di fuori del proprio areale di distribuzione rappresenti una delle principali minacce per la biodiversità e costituisca la seconda causa di estinzione di specie animali, assieme ai cambiamenti climatici e degli habitat, all'eccessivo sfruttamento delle risorse e all'inquinamento (Millennium Ecosystem Assessment, 2005).



Nel lontano passato, montagne e oceani rappresentavano barriere naturali invalicabili e gli ecosistemi e le specie si evolvevano in un relativo isolamento. Già con le prime migrazioni umane si sono osservate le prime introduzioni intenzionali di specie esotiche, ma questo fenomeno storico ha subito un grande impulso con la scoperta dell'America nel 1492. Allo stato attuale però il fenomeno è aumentato enormemente, in genere legato al trasporto non intenzionale correlato agli scambi di merci a livello globale ed al movimento passeggeri: il numero di specie alloctone è aumentato del 76% nel periodo 1970-2007.

Il processo di un'invasione biologica può essere descritto attraverso una serie di passaggi, che comprendono l'introduzione, l'insediamento, la naturalizzazione (acclimatazione) e l'invasione. E' opportuno osservare che una specie aliena introdotta ed acclimatata in un nuovo ambiente, non necessariamente provoca alterazioni nello stesso: il problema sorge nel momento in cui una nuova specie diventa invasiva. A tal riguardo si riportano le seguenti definizioni:

- *specie aliena* (AS alien species) (alloctona, introdotta, esotica, non indigena): specie portata dall'uomo, intenzionalmente o accidentalmente, fuori dall'areale di origine naturale;
- *specie aliena invasiva* (IAS invasive alien species): popolazione introdotta ad opera dell'uomo, che causa rilevanti impatti nelle aree dove si stabilisce.

Per comprendere l'ordine di grandezza del fenomeno, è stata proposta la "regola del dieci" (tens rule): generalmente solo il 10% delle specie introdotte diventa stabilizzata e solo il 10% di queste ultime si diffonde e diventa invasiva.

La Convenzione sulla Biodiversità elenca le misure necessarie per combattere le specie invasive: prevenzione, eradicazione e controllo. Le misure di prevenzione sono messe in atto prima che avvenga l'invasione, mentre quelle di eradicazione e controllo dopo che l'invasione è avvenuta.

Il fenomeno è molto evidente negli ambienti delle acque interne che, con particolare riferimento all'Europa, sono stati colonizzati almeno fino al 2009 da 296 specie aliene animali. Le cause di tale fenomeno sono varie e comprendono l'intrinseca maggiore capacità di dispersione degli organismi acquatici rispetto a quelli terrestri e il forte impatto del disturbo antropico e delle alterazioni dei regimi termici (Gherardi, 2007).



L'Unità Acquacoltura e Idrobiologia del Centro di Trasferimento Tecnologico della Fondazione Mach si occupa da anni del problema delle invasioni biologiche negli ambienti acquatici. In Trentino, un'analisi dei dati sulla fauna ittica raccolti fra il 2001 ed il 2010 su 58 laghi nell'ambito dei monitoraggi per la Carta Ittica ha evidenziato che, delle 47 specie di pesci censite in provincia, 18 (38%) risultano essere di origine alloctona e che solamente in

13 laghi la comunità ittica è composta unicamente da specie autoctone (Ciutti et al., 2014). Per il Lago di Garda è stata osservata una elevata presenza di specie non autoctone, tale da portare a definire questo ambiente come un "hotspot di xenodiversità": sono infatti state censite 15 specie di invertebrati, 23 di pesci, 3 di macrofite e una di macroalghe alloctone per un totale di 42 specie (Ciutti e Cappelletti, 2017). Fra i Bivalvi alloctoni del lago è stato recentemente osservato che, oltre alle due specie appartenenti al genere *Corbicula* già segnalate, ve ne sono altre due prima non individuate, e che questa presenza nello stesso ambiente di quattro specie rappresenta un caso assolutamente particolare per l'Italia e per l'Europa e porta a 6 il numero complessivo di specie di bivalvi alieni presenti nel lago (Cappelletti et al., 2009; Cappelletti e Ciutti 2017; López-Soriano et al., 2018). Fra i gamberi di acqua dolce, la presenza in Trentino della specie autoctona, il gambero di fiume *Austropotamobius pallipes*, è minacciata dalla presenza di due specie alloctone, il gambero americano *Orconectes limosus* e il gambero rosso della Louisiana *Procambarus clarkii* (Ciutti et al., 2013; Cappelletti e Ciutti, 2016).

Il problema delle invasioni biologiche, incluso in numerose norme internazionali relative alla tutela della biodiversità e al commercio (es: Convenzione di Berna, Direttiva Habitat, Direttiva Uccelli, CITES) è

stato affrontato in maniera organica nel 2014 dall'Unione Europea, attraverso il "Regolamento (UE) N. 1143/2014 del Parlamento Europeo e del Consiglio del 22 ottobre 2014 recante disposizioni volte a prevenire e gestire l'introduzione e la diffusione delle specie esotiche invasive", recepito in Italia con il D. lgs n. 230/17 (Carnevali et al., 2018). E' quindi stato pubblicato il primo elenco di specie invasive animali e vegetali di rilevanza unionale, che comprende 48 specie, delle quali 31 sicuramente presenti in Italia, selezionate sulla base di alcuni criteri, fra i quali il più importante risulta essere quello di diffondersi ad opera dell'uomo (e non ad esempio a causa dei cambiamenti climatici) (Scalera et al., 2018). L'elenco completo può essere consultato sul sito <https://www.lifeasap.eu/index.php/it/specie-aliene-invasive/rilevanzaunionale>. Fra le specie animali legate agli ambienti acquatici ve ne sono alcune che sono presenti anche in Trentino: Nutria, Pseudorasbora, Gambero americano, Gambero rosso Louisiana e Tartaruga palustre americana.

Viene in questo documento esplicitato il principio di prioritizzazione: in Europa sono infatti presenti circa 12.000 specie esotiche, delle quali approssimativamente il 10-15% è ritenuto invasivo (IAS); sono queste le specie di cui si inizia ad occupare il Regolamento UE per proteggere la biodiversità ed i servizi ecosistemici e per minimizzare o mitigare l'impatto che queste specie potrebbero avere sulla salute umana o sull'economia. Il problema delle invasioni biologiche è infatti di portata amplissima a livello globale e non può essere affrontato un discorso di controllo per tutte le specie IAS, fermo restando che l'azione più efficace rimane sempre la prevenzione. Questo elenco rappresenta un importante punto di riferimento nell'indicare un primo gruppo di specie aliene invasive IAS sulle quali gli Stati membri dovranno concentrare gli sforzi di monitoraggio, eradicazione precoce o contenimento. L'elenco verrà aggiornato periodicamente e sarà integrato con la predisposizione di liste di specie invasive "nazionali" e "regionali".

Per le specie esotiche invasive di rilevanza unionale sono indicate delle restrizioni, fra le quali ad esempio il divieto di allevamento, immissione sul mercato, importazione o transito sul territorio nazionale e rilascio nell'ambiente. E' inoltre indicato l'obbligo di denuncia di possesso: chi ad esempio detiene in casa in acquario una Tartaruga palustre americana è tenuto a darne comunicazione al Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare. Oltre a ciò, per ogni specie inclusa nella lista UE presente sul territorio, ogni Stato membro deve indicare la distribuzione attuale, svolgere una approfondita analisi dei vettori tramite i quali le specie sono accidentalmente introdotte e si diffondono, ed elaborare un piano di azione in cui descrive le misure da adottarsi e/o le azioni volontarie e i codici di buone prassi per trattare i vettori prioritari e prevenire l'introduzione e la diffusione accidentali di specie esotiche invasive nell'Unione, dall'esterno o al suo interno.

In conclusione, la chiave per affrontare con successo il problema delle invasioni biologiche sta in un approccio gerarchico, basato innanzitutto sulla prevenzione di nuove introduzioni (in quanto la possibilità di successo nell'eradicazione di una specie ad ampia diffusione si riduce notevolmente, se non addirittura si annulla), anche attraverso la definizione e divulgazione di codici volontari di comportamento per alcuni settori (caccia, pesca sportiva, orticoltura, florovivaismo, animali da compagnia).

Appare infine evidente come un processo di sensibilizzazione ed informazione ai cittadini sulla problematica sia cruciale, ad iniziare dalla scuola.

Riferimenti bibliografici

- Cappelletti C., Cianfanelli S., Beltrami M.E., Ciutti F., 2009. *Sinanodonta woodiana* (Lea, 1834) (Bivalvia: Unionidae): a new non-indigenous species in Lake Garda (Italy). *Aquatic Invasions*, 4 (4): 685-688.
- Cappelletti C., Ciutti F., 2017. Bivalvi alloctoni nel Lago di Garda. *Biologia Ambientale*, 31 (1): 169-173.
- Cappelletti C., Ciutti F., 2016. Prima segnalazione di *Procambarus clarkii* Girard, 1852 nella provincia di Trento (Italia). *Italian Journal of Freshwater Ichthyology*, 3: 74-78.
- Carnevali L., Alonzi A., Genovesi P., 2018. *Nuovi strumenti normativi per la gestione delle specie esotiche invasive: Indicazioni tecnico-operative per l'applicazione del Reg UE 1143/14 e del D. lgs n. 230/17*. Rapporto Tecnico Life ASAP. 55 pp.
- Ciutti F., Cappelletti C., 2017. Invasioni biologiche: il caso del Lago di Garda. *Biologia Ambientale*, 31 (1): 159-164.
- Ciutti F., Fin V., Lunelli F., Cappelletti C., 2013. Il gambero di fiume *Austropotamobius pallipes* nelle aree protette della Rete Natura 2000 della Provincia di Trento. *Dendronatura*, 2: 95-105.
- Ciutti F., Flaim G., Beltrami M.E., Cappelletti C., 2014. Non-indigenous fish fauna in Trentino lakes (Northern Italy). *Italian Journal of Freshwater Ichthyology*, 1: 192-201.
- Gherardi F., 2007. Biological invasions in inland waters: an overview. In: Gherardi F. (ed), *Biological invaders in inland waters: profiles, distribution and threats*. *Invading Nature: Springer Series in Invasion Ecology 2*, Springer, Dordrecht, The Netherlands: 3-25.
- López-Soriano J., Quiñonero-Salgado S., Cappelletti C., Faccenda F., Ciutti F., 2018 Unraveling the complexity of *Corbicula* clams invasion in Lake Garda (Italy). *Advances in Oceanography and Limnology*, 9 (2): 97-104.
- Millennium Ecosystem Assessment, 2005. *Ecosystem and human well-being: biodiversity synthesis*. World Resources Institute, Washington DC, 155 pp.
- Scalera R., Bevilacqua G., Carnevali L., Genovesi P., (a cura di) 2018. *Le specie esotiche invasive: adattamenti, impatti e possibili risposte*. ISPRA, 121 pp.

Francesca Ciutti e Cristina Cappelletti

Laureate in Scienze Biologiche presso l'Università degli Studi di Bologna, sono ricercatrici presso l'UO Acquacoltura e Idrobiologia del Centro di Trasferimento Tecnologico della Fondazione Mach. Hanno collaborato allo sviluppo di metodologie ed indici per la valutazione della qualità biologica degli ecosistemi fluviali e lacustri ed alla attività di formazione per gli operatori del settore in specifici corsi organizzati a livello nazionale. Svolgono attività di consulenza nell'ambito delle indagini ambientali sugli ecosistemi acquatici, attività di ricerca sulle specie aliene e di divulgazione sulle tematiche ambientali. Sono autrici di numerose pubblicazioni scientifiche e tecnico-divulgative.

Laboratorio 3 e 4. L'analisi chimica e fisica dell'acqua, la potabilità

ITT M. Buonarroti e Acquedotto di Trento

Adele Visentini, Sabrina Pegoretti

Il tema dell'analisi dell'acqua destinata al consumo umano è stato al centro di due laboratori scientifici svolti presso l'ITT M. Buonarroti di Trento. Il primo, iniziato simbolicamente il 22 marzo 2019 (Giornata mondiale dell'acqua).

La connotazione delle due giornate è stata volutamente ed essenzialmente pratica.

Il *focus* dei due incontri si è incentrato sull'esecuzione, nei laboratori messi a disposizione dall'Istituto, di analisi chimiche e microbiologiche di campioni di acqua in bottiglia e degli acquedotti delle località di provenienza degli stessi corsisti.



Le metodiche di analisi sono state scelte in modo da favorire l'utilizzo di semplici strumenti e reagenti, facilmente reperibili nei laboratori delle scuole. I parametri oggetto di analisi sono alcuni tra quelli che comunemente devono essere riportati nelle etichette delle acque da tavola.

Le attività proposte ai partecipanti, ovvero la determinazione del residuo fisso, la misura del pH e della conducibilità, la determinazione delle sostanze ossidabili al permanganato di potassio (metodo di Kubel), la determinazione della durezza totale e dei cloruri e la ricerca degli enterococchi con il metodo della membrana filtrante, sono state svolte individualmente o a gruppi sotto la supervisione delle relatrici che si sono prestate ad offrire chiarimenti teorici e pratici per l'esecuzione delle analisi.

I corsisti hanno apprezzato l'organizzazione, il focus dato agli esperimenti e l'aver privilegiato l'aspetto pratico a quello teorico.

Di seguito si riportano le introduzioni e i principi su cui si basano le esperienze proposte nelle due giornate di attività laboratoriale.

Le metodiche complete sono scaricabili al link:

<https://drive.google.com/drive/folders/1cUf6lZAeZMldSgR-FB9B-8fUddKFm-Pt?usp=sharing>

PARAMETRI CHIMICO-FISICI

Determinazione della conducibilità elettrica

Il residuo fisso e la conducibilità elettrica sono due parametri chimico-fisici che indicano in generale la presenza di sali minerali nell'acqua.

Residuo fisso a 180 °C: metodo gravimetrico

Si definisce "residuo fisso a 180 °C" il contenuto di solidi ottenuto dopo l'evaporazione di un campione di acqua, previamente filtrato, a 180 ± 5 °C.

Il residuo fisso indica in modo molto più preciso la presenza di sali minerali nell'acqua e permette di **quantificare il contenuto in mg/l ottenuti misurando il precipitato residuo in seguito all'evaporazione di 1 litro d'acqua a 180°C (residuo fisso a 180°C)**. Maggiore è la massa del

precipitato ottenuto, ovvero il residuo fisso, maggiore è il contenuto di sali minerali disciolti nell'acqua analizzata. Il parametro non è presente nella Dir. 98/83 CE mentre il suo recepimento nazionale Decreto Legislativo 31/2001, riporta un valore massimo consigliato di **1500 mg/L**. In pratica **il nostro rubinetto per legge non può erogare acque troppo ricche in minerali** in quanto considerate **acque terapeutiche**, e quindi se ne consiglia l'utilizzo sotto **stretto controllo medico**, nonostante possano essere acquistate oltre che in farmacia e presso i centri termali, anche in alcuni supermercati.

Durezza totale

L'acqua contiene disciolti un gran numero di sali e quindi sono presenti oltre al Na⁺ e al K⁺ molti cationi polivalenti che conferiscono all'acqua una certa durezza.

I principali responsabili della durezza di un'acqua sono i sali di Ca²⁺ e Mg²⁺, quali cloruri, solfati, bicarbonato, ma contribuiscono anche tutti i sali solubili di cationi polivalenti come Fe, Al, Cu e Mn.

Normalmente la durezza viene espressa come contenuto di calcio, includendo in tale valore anche gli altri ioni presenti.

Vi sono vari modi di esprimere la durezza; quelli generalmente più utilizzati sono:

- **Gradi francesi:** 1 grado francese corrisponde a 1 g di CaCO₃ presente in 100 litri di acqua o a 10 mg di CaCO₃ in 1 litro (=> corrisponde a 10 ppm);
- **Gradi inglesi:** 1 grado inglese corrisponde a 1 g di CaCO₃ presente in 70 litri di acqua;
- **Gradi tedeschi:** 1 grado tedesco corrisponde a 10 mg/l di CaO;
- **ppm:** 1 ppm corrisponde 1mg di CaCO₃ in 1 litro di acqua.

pH: metodo potenziometrico

L'acqua pura ha un pH = 7, valore che corrisponde ad una situazione di neutralità, ma in una normale soluzione acquosa, dove sono disciolte molte sostanze minerali, la presenza aggiuntiva (o la mancanza) di ioni H⁺ può essere tale da conferire all'acqua caratteristiche acide (o basiche). L'acqua pura in natura non esiste, è più corretto parlare di soluzioni acquose. Valori di pH compresi tra 0 e 7 caratterizzano le soluzioni acide (ad esempio l'aceto ha pH 4 e il limone pH 3), mentre pH compresi tra 7 e 14 caratterizzano le soluzioni basiche (ad esempio una miscela di acqua e bicarbonato di sodio può avere pH 9). Quindi:

Soluzioni neutre **pH = 7**

Soluzioni acide **pH < 7**

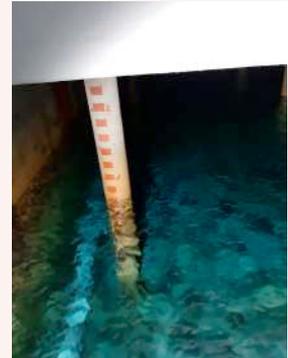
Soluzioni alcaline **pH > 7**

In natura il pH delle acque può variare notevolmente. In quelle sotterranee è generalmente compreso tra 6,5 e 8,5 ma si trovano molte acque con valori di pH anche inferiori a 5, per esempio nei casi di contatto con terreni vulcanici, dove sono presenti acido carbonico e idrogeno solforato, o da ossidazione di alcuni minerali, come i solfuri, che producono acidi forti come quello solforico. Anche elevate concentrazioni di anidride carbonica libera determinano caratteristiche acide perché tale gas in acqua genera acido carbonico (infatti le acque gassate sono più acide di quelle lisce). Nelle acque fluviali o di sorgente di tipologia prevalentemente bicarbonato-calcica, il pH è generalmente basico e compreso tra 7 e 8.

Determinazione dei cloruri nelle acque per via conduttimetrica

La presenza dei cloruri nelle acque deriva principalmente dal fatto che l'acqua, percorrendo il suo cammino lungo l'alveo o sotto terra, tende a reagire con le rocce circostanti portando in soluzione vari tipi di ioni tra cui anche lo ione cloruro.

La quantità di ione cloruro presente in un'acqua destinata al consumo umano è un parametro importante da determinare in quanto valori elevati della concentrazione di tale ione impartiscono caratteristiche organolettiche sgradevoli all'acqua. Nelle acque dolci naturali, comunque, il parametro può raggiungere i 100 mg/L senza dare problemi in relazione alla destinazione d'uso dell'acqua.



Principio del metodo

Si esegue una titolazione di un'aliquota di acqua in esame tale da contenere 3-5 mg di cloruri titolando con una soluzione di AgNO_3 utilizzando un conduttimetro. Durante la titolazione si registrano i valori di conducibilità della soluzione che inizialmente tenderanno a diminuire fino a raggiungere un valore minimo al punto di equivalenza per poi aumentare per l'aggiunta del AgNO_3 in eccesso.

Ossidabilità al permanganato: metodo titrimetrico (secondo Kubel)

L'ossidabilità al permanganato è una misura convenzionale della contaminazione dovuta a materiale organico e a sostanze inorganiche ossidabili presenti nel campione di acqua. L'ossidabilità del permanganato non può pertanto essere utilizzata come una misura rigorosa del tenore in sostanze organiche presenti nell'acqua ma rappresenta un indice convenzionale che misura le proprietà riducenti dell'acqua. Tale indice è comunque ben utilizzabile per valutare la qualità dell'acqua: nella generalità dei casi la qualità dell'acqua migliora all'abbassarsi di tale indice.

L'ossidabilità al permanganato è definita come la quantità di ossigeno, espressa in mg/L, equivalente alla quantità di permanganato consumato quando un campione di acqua è trattato con una soluzione di potassio permanganato in ambiente acido e in condizioni ben definite.

PARAMETRI MICROBIOLOGICI

Metodo della filtrazione su membrana (MF)

La metodica della filtrazione su membrana si adatta a tutti i tipi di acqua. Per le acque particolarmente torbide la sua applicazione è limitata qualora il campione debba essere analizzato tal quale; in questo caso, l'analisi di diluizioni del campione ne consente tuttavia l'uso senza difficoltà. La tecnica permette di ottenere risultati in tempi più brevi rispetto a quelli richiesti con il metodo dei tubi multipli (MPN). Inoltre presenta diversi vantaggi semplificando notevolmente le procedure di laboratorio e abbreviandone i tempi operativi anche in funzione di quelli di incubazione. La procedura permette di contare i microrganismi presenti in un campione di acqua, quelli che hanno formato colonie sulla superficie di una membrana posta su terreno di coltura. Il numero di colonie ottenuto si riporta come "Unità Formanti Colonia" (UFC) riferito ad un volume specifico, in genere 100 mL di acqua filtrata. Il numero di microrganismi presenti nel campione esaminato si ottiene dalla seguente equazione:

N° delle colonie contate • 100

$$\text{UFC/100 mL} = \frac{\text{N° delle colonie contate} \cdot 100}{\text{mL di campione filtrati}}$$

Adele Visentini, laureata in Chimica e Tecnologia Farmaceutiche nel 1984 presso l'Università degli Studi di Bologna, è docente di chimica analitica e strumentale nel corso di Chimica Materiali e Biotecnologie dell'Istituto Tecnico Tecnologico M. Buonarroti - A. Pozzo di Trento dal 1986. Collabora con IPRASE nella formazione degli Assistenti di laboratorio scolastico. Si occupa di alternanza scuola-lavoro e cura soprattutto i contatti con le aziende del settore farmaceutico.

Sabrina Pegoretti, diplomata come Perito Chimico Capotecnico nel 1987 presso I.T.T. M. Buonarroti di Trento, è stata tecnico-ricercatore presso Istituto Agrario Provinciale di S. Michele all'Adige dal 1987 al 2000 nell'ambito delle analisi di pesticidi su campioni alimentari. Dal 2000 a oggi è Insegnante Tecnico Pratico nell'ambito della chimica analitica, organica e microbiologia nel triennio di Chimica dei Materiali e Biotecnologie. Collabora con IPRASE nella formazione degli Assistenti di laboratorio scolastico. Svolge inoltre attività di tutoraggio agli studenti con DSA.

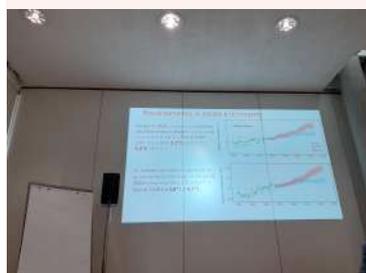
Laboratorio 5. L'acqua nelle Alpi: quale futuro ci attende?

Eurac Research di Bolzano

Bertoldi Giacomo

Il tema dell'acqua in ambiente alpino è stato oggetto di approfondimento nel laboratorio scientifico tenutosi presso l'**Eurac Research** di Bolzano, centro di ricerca in diversi ambiti strategici quali le energie rinnovabili, le biobanche, lo studio sui reperti antichi, il monitoraggio ambientale, la biomedicina, i laboratori a cielo aperto per la ricerca ecologica di lungo periodo, il simulatore di ambienti estremi **terraXcube**, oltre a studi giuridici, linguistici e delle minoranze.

Grazie alla preziosa collaborazione di Francesca Taponecco si è approfondito con il ricercatore Giacomo Bertoldi il tema del mutamento climatico in ambiente alpino.



Attraverso l'analisi del Rapporto sul clima Alto Adige 2018 si è presentato come negli ultimi 50 anni è variata la temperatura nella regione alpina (estati in media più calde di 2,2°C, inverni di circa 0,8°C), quali possono essere gli scenari possibili riguardo alle emissioni di gas serra, la produzione di CO² pro capite, le precipitazioni atmosferiche e il loro impatto su neve e ghiacciai.

Si sono illustrati i trend delle precipitazioni nevose e le proiezioni al 2100 (80-90% di neve in meno) sia riguardo il territorio altoatesino sia trentino. Connesso alle precipitazioni si è trattato il tema dello stato dei nostri fiumi con particolare attenzione alla riduzione dei deflussi in periodo estivo per maggiore evapotraspirazione e all'aumento degli stessi in periodo invernale. Il regime dei fiumi potrebbe ridurre fortemente il contributo dell'acqua di derivazione da neve e ghiaccio sciolto e al 2100 il massimo dello scioglimento primaverile potrebbe essere anticipato ca. un mese prima.

Le problematiche connesse alla risorsa acqua determineranno anche diversi effetti sul turismo in ambiente alpino. Il turismo invernale farà i conti sull'incertezza della neve e con la difficoltà, a temperature più elevate, di produrre neve artificiale.

Già dal 1995 a oggi si è assistito all'aumento di installazioni di cannoni per l'innevamento artificiale, ad un consumo di acqua da 5 a 7 milioni di metri cubi in più e a un incremento di consumo di energia elettrica del 77%.

Tali dati fanno propendere per l'aumento di fabbisogno idrico sia in agricoltura (irrigazione) sia nel turismo (innevamento programmato), situazioni che potrebbero inasprire i conflitti per l'utilizzo della risorsa acqua.

Non di meno si sono approfonditi gli impatti sulla flora e la fauna alpina. I cicli vegetativi si presenteranno più lunghi, le stagioni dei pollini anticipate e si registrerà una maggiore evapotraspirazione e consumo idrico delle piante.

Le conifere già ora germogliano da una a tre settimane di anticipo rispetto a 60 anni fa, i boschi riconquistano pascoli e alpeggi abbandonati e alcune specie, quali l'abete rosso, il larice e il pino



soffrono maggiormente lo stress da siccità (comparate alle latifoglie nostrane che sopportano meglio le temperature più alte). Le piante indebolite dalla siccità saranno meno resistenti ai parassiti (ad es. la processionaria da pino si sta spingendo ad altitudini più elevate) e funghi e insetti nocivi troveranno condizioni ideali di proliferazione. Anche le fioriture registreranno anticipazioni di circa due – tre settimane, i frutti risulteranno più grandi ma di minore qualità e anche l'uva, a causa del riscaldamento, avrà maggior gradazione zuccherina, minore acidità e problemi con l'aroma. I frutti subiranno maggiori danni da parassiti (muffe, oidio, peronospora), da grandine e da fenomeni atmosferici sempre più estremi dovuti alla maggior quota energetica trattenuta dal Pianeta terra.



Le nuove possibilità che in agricoltura potrebbero presentarsi, saranno di salire in quota con le coltivazioni e sfruttare nuove aree alpine, tenuto però presenti i possibili pericoli di terreni più instabili, a rischio crollo o smottamento causa alluvioni o precipitazioni intense meno controllabili.

Gli scenari sono risultati ai corsisti piuttosto preoccupanti e oggetto di importanti riflessioni sui temi della responsabilità globale, della giustizia climatica e sociale.

Questo ha portato a soffermarsi sul ruolo strategico dell'educazione e dell'istruzione, da sostenere sempre più con azioni didattiche efficaci con il coinvolgimento non solo delle comunità scientifiche ma di tutta la società civile.

Il laboratorio nella sua seconda parte si è spostato nei laboratori di biologia del Centro di ricerca e ha consentito ai partecipanti l'osservazione a microscopio di insetti oggetto di monitoraggio e studio.

Materiali

- [Slide G. Bertoldi](#)

Link e riferimenti a ulteriore materiale che potrebbe essere di interesse

- Rapporto sul clima Alto Adige: <http://www.eurac.edu/it/research/mountains/remsen/projects/Pages/klimareport.aspx>
- LTER Italia: <https://youtu.be/TyZhTeV-eTE>
- Mazia: <https://www.youtube.com/watch?v=9SnZNI9TvdQ>
- Umidità: <https://youtu.be/nCTp3CYVFKA>

Progetti per l'Ambiente Alpino

- Progetto LTER Mazia: <http://lter.eurac.edu>
- Mappe impatti cambiamento climatico in Venosta: <http://webgis.eurac.edu/hydroalp/>
- Tutti i progetti: <http://www.eurac.edu/it/research/mountains/alpenv/projects/Pages/default.aspx>

Laboratorio 6. L'acqua e l'energia

Liceo A. Maffei e Centrale idroelettrica di Riva del Garda

Tommaso Rosi - Università di Trento – Dipartimento di Fisica

«È importante tener presente che nella fisica odierna, noi non abbiamo cognizione di cosa l'energia sia.»² Non c'è quindi da stupirsi di quanto sia complicato l'apprendimento di un tema così astratto e così poco tangibile. Anche da un punto di vista semantico, vi sono molte problematiche connesse all'uso del termine “energia” nel linguaggio comune, nascenti dall'indicare una serie di idee e fenomeni che talvolta non hanno nulla a che fare con l'uso che se ne fa in fisica, o nelle scienze in generale.

Queste difficoltà, da lungo tempo affrontate dalla ricerca in didattica della fisica, si riflettono anche in una frammentazione e moltiplicazione di strategie che prevedono approcci diversi alla tematica.

Una possibile categorizzazione riassuntiva (“senza pretese di esaustività”) che possiamo trovare in letteratura³ divide in quattro diversi possibili approcci le strategie che vengono solitamente messe in campo dagli insegnanti:

– un approccio costruttivo e graduale, in cui si lega fin da subito l'energia al concetto di lavoro, ci si concentra sulla conservazione dell'energia nell'ambito della meccanica per poi estendere tale principio ad altri ambiti della fisica, arrivando così a presentare l'idea dell'universalità della validità del principio di conservazione;

– un approccio olistico, nel quale si parte dal presentare fin da subito il principio di conservazione dell'energia come concetto generale, fornendo poi esempi concreti riguardanti diverse fenomenologie e ambiti della fisica;



– un approccio storico, in cui si costruisce l'idea di energia e della sua conservazione ripercorrendo i passi storici che partendo dalla nascita di questi concetti portano alle loro descrizioni e concezioni odierne;

– un approccio di tipo STSE (Science Technology Society Environment), che fa riferimento a tematiche importanti a livello sociale ed economico e che coinvolgono l'uso della tecnologia e delle risorse disponibili.

Durante il laboratorio tenutosi nel Liceo Maffei di Riva del Garda siamo partiti da un esempio concreto di unità di apprendimento con approccio STSE, tematica molto vicina al *fil rouge* del ciclo di incontri progettato, ovvero l'acqua.

Il cuore dell'unità è costituito da due diverse esperienze che possono essere utilizzate per introdurre o per approfondire i concetti di energia, della sua conservazione, e della cosiddetta “produzione di energia elettrica” (scelta terminologica assai sconveniente e fuorviante come si può facilmente intuire



² La fisica di Feynman, Vol. 1, Zanichelli, 2001

³ U. Besson, A. De Ambrosis, L'effetto serra e l'insegnamento di concetti e fenomeni fisici legati all'energia, *Giornale di Fisica*, 3, 2011, pp. 167-195. DOI: 10.1393/gdf/i2011-10142-x

proprio trattando il tema della conservazione dell'energia). L'idea del percorso è quella di partire da una serie di tematiche vicine alla quotidianità di ogni individuo per affrontare questi complicati concetti.

La prima esperienza parte dall'introduzione del concetto di conservazione dell'energia facendo uso di una rappresentazione grafico/visiva, quella delle catene energetiche. Si mostra così una catena che viene riconosciuta dai partecipanti come rappresentativa della schematica di funzionamento di una centrale idroelettrica (come quella presente a Riva del Garda, luogo in cui si è svolta l'esperienza e concluso il laboratorio).

L'esperienza consiste nell'uso di strumentazione didattica per ricreare in laboratorio il funzionamento di una centrale idroelettrica. Riempiendo d'acqua un recipiente posto in alto, si è in grado di azionare una turbina man mano che l'acqua scende verso un recipiente posto in basso, subito sotto alla turbina. Con questo setup è possibile ottenere delle misure quantitative riguardanti la potenza elettrica ottenuta dal passaggio dell'acqua. Da una riflessione su quali fattori possano influenzare la potenza elettrica ottenuta, si



arriva, per intuizione, a introdurre il ruolo chiave del dislivello del primo recipiente rispetto al secondo e dell'efficienza dell'intera struttura. Con delle semplici misure, si è in grado di osservare la proporzionalità della potenza elettrica da questi due fattori. Essa trova riscontro, in prima approssimazione, nella teoria.

La seconda esperienza si basa sull'analisi dell'idrogeno come vettore energetico, una delle possibili strade aperte dalla ricerca scientifica per risolvere diversi problemi ambientali. Strumentazioni didattiche in grado di usare della semplice acqua distillata per far ruotare un motore o per mettere in moto una macchina elettrica vengono utilizzate in laboratorio per parlare del ruolo che questo modo di ottenere "energia pulita" può giocare. Per farlo si deve parlare necessariamente dell'elettrolisi, tema molto importante sia in chimica sia in fisica, oggetto di studio a scuola e in ambito accademico. L'elettrolisi è infatti il primo tassello del puzzle, quello che ci permette di accumulare energia stoccando idrogeno e ossigeno in contenitori separati. Il processo inverso è esattamente quello che permette di azionare il motore, in quanto fa uso dell'energia accumulata ottenendo acqua da idrogeno e ossigeno, acqua che sarà il nostro unico prodotto "di scarto" risultante dall'operazione.



Il laboratorio termina presentando rapidamente altre strutture sperimentali basate sull'acqua come possibile fonte energetica pulita, come ad esempio lo sfruttamento di energia fornito dalle onde o dalle maree.

Nel pomeriggio, grazie alla preziosa collaborazione della dott.ssa Elisa Dellai, attraverso la visita e il laboratorio tenutosi presso la Centrale idroelettrica di Riva del Garda, si è offerta l'opportunità ai partecipanti di sperimentare e ammirare, in scala reale, il funzionamento di quanto modellizzato la mattina.

Tommaso Rosi, Assegnista di ricerca in fisica presso il Laboratorio di Comunicazione delle Scienze Fisiche di Trento, è specializzato nell'uso di nuove tecnologie nella didattica e nella comunicazione della fisica. Laureato e dottorato cum laude all'Università di Trento, vince il premio "Miglior dottore di ricerca" in fisica 2016/2017. Autore e co-autore di numerose pubblicazioni sulle principali riviste internazionali del suo settore, dal 2010 si dedica a performance audiovisive esplorando le intersezioni tra arte e scienza, portando in scena la Augmented Lecture "HyperVision" - festival Teatro della Meraviglia 2019. È co-fondatore della startup di comunicazione scientifica e progettazione didattica "Level Up", patrocinata dall'Università di Trento.

Laboratorio 7. Il modello energetico di Primiero

IC Primiero e ACSM di Primiero

Luigi Boso, Federica Della Putta

Primiero è da sempre terra votata all'utilizzo dell'acqua come fonte di sostentamento e negli anni più recenti, come vettore energetico utilizzato in campo idroelettrico.

L'orografia della Valle ha permesso l'utilizzo di salti con elevata energia potenziale e quindi la realizzazione di turbine ad alta efficienza. L'approvvigionamento di acqua è particolarmente elevato per l'alta piovosità che si conferma da sempre come una delle più intense d'Europa.

Oltre all'acqua Primiero si avvale dell'utilizzo di biomassa per la produzione di calore a uso residenziale. Tale azione si è attuata con la costruzione di un moderno impianto di teleriscaldamento urbano che serve la maggior parte del territorio.



Entrambi i modelli sono ad oggi esempio di sostenibilità integrata per la gestione di un modello energetico a basso impatto ambientale. In particolare le ricadute sull'ambiente hanno favorito le basse emissioni di CO2 prodotte e la qualità dell'aria che presenta indici particolarmente favorevoli.

A integrazione delle azioni avviate sopra, si accompagna una procedura di raccolta differenziata dei rifiuti efficace e volta alla riduzione dei processi di smaltimento; anche in questo caso si parla di riduzione dei consumi energetici.

Il sistema delle opere idrauliche in Primiero per la produzione di energia elettrica

Gli impianti situati in Primiero si trovano tra la fascia sud orientale della provincia di Trento e della provincia di Belluno. Sull'area di riferimento insiste il Parco Naturale di Paneveggio - Pale di San Martino in cui sono presenti numerose aree protette e altre in cui la pressione antropica è molto elevata (impianti di risalita e piste da sci).

Le centrali idroelettriche presenti sul territorio sono :

- Centrale di Caoria;
- Centrale di San Silvestro;
- Centrale Val di Schener;
- Centrale di Moline.

La produzione di energia idroelettrica negli ultimi cinque anni è in media di 1.000.000 Giga Joule/anno mentre il risparmio di anidride carbonica è di circa 2.000.000 ton/anno.

Il processo di produzione si può sinteticamente descrivere nel seguente modo:

si accumula acqua fluviale in un lago artificiale con sbarramento fisso (diga) posto a un'altezza maggiore delle centrali. Utilizzando le opere di derivazione (prese, gallerie, condotte) l'acqua del bacino viene convogliata fino alle turbine delle centrali. Le pale delle turbine convertono la massa d'acqua in un movimento di rotazione. Ogni turbina è accoppiata ad un alternatore che trasforma l'energia cinetica delle turbine in energia elettrica.

Il sistema di gestione ambientale

La società di gestione delle centrali idroelettriche Primiero Energia ha attivato un sistema di ecogestione ed audit denominato EMAS. Il protocollo EMAS si pone l'obiettivo di favorire su base volontaria una gestione razionale degli aspetti ambientali basata non solo sul rispetto dei limiti imposti dalle leggi, ma anche sul miglioramento continuo delle proprie prestazioni ambientali.

Il modello energetico sperimentale nella Frazione di Transacqua

“Amministrazioni con una coscienza sostenibile che rimarcano con le loro esperienze l'importanza del risparmio energetico e dell'innovazione tecnologica che lo promuove.”

Da questa definizione e dalla crescente sensibilizzazione verso il tema della sostenibilità globale nasce l'idea di creare processi di mappatura energetica armonizzati con gli strumenti di governo del territorio.

Il mercato dell'efficienza energetica si colloca per i Comuni nel contesto economico di un nuovo patto di stabilità con la riduzione degli attuali livelli di spesa, vincolo indotto anche dall'opportunità di evolvere con risorse condivise.

Nel territorio di Primiero, in località Transacqua, è stato attivato un progetto a lunga durata che si pone l'obiettivo di sviluppare e rendere operativo uno strumento tecnologico finalizzato alle richieste di valutazione dei consumi energetici urbani. Si tratta di una piattaforma informatica dedicata alle attività di valutazione *decision making* e costruzione di scenari di *reporting* tecnico. Attraverso tale piattaforma sono rese disponibili informazioni territoriali organizzate in un geodatabase per il calcolo del consumo energetico degli edifici.

Tale procedura è orientata al consuntivo dei consumi noti e all'efficientamento con utilizzo di energie rinnovabili. Lo strumento di indirizzo è il Piano di Efficienza Energetica Comunale che comporta il rilievo degli edifici significativi sul territorio per la valutazione di consumi termici ed elettrici e criticità presenti. Oltre a questa pianificazione è stato redatto il Piano di Illuminazione per il Contenimento dell'Inquinamento Luminoso, su cui operare con i medesimi criteri oggettivi adottati per gli edifici pubblici.



Una volta approvati i piani energetici, i metadati elaborati sono stati ripresi all'interno della piattaforma di valutazione per la restituzione di consumi ed opportunità di efficientamento con una classificazione basata su convenienze di intervento tecnico-economiche.

A queste informazioni si sono aggiunte quelle derivanti dai moduli di certificazione energetica in modo tale da creare una banca dati armonizzata per il modello Primiero.

Il sistema infine, permette interrogazioni energetiche complesse mediante la sovrapposizione dei livelli di Catasto Energetico con quelli di Pianificazione Territoriale, in particolare i PRG di riferimento delle Amministrazioni.

Riferimenti bibliografici

Boso L., F:ACTS!, Primiero, 16-18, aprile 2011.

Boso L., Melis M., Energybook, catasto energetico, Sole 24 ore, radio Sole 24 Milano, 10 marzo, 2011.

Boso L., Poletti M., Gaier M., Festival dell'Economia, Green Factor, Trento, 18 giugno 2010.

Boso L., Poletti M., European Alliance for Innovation, Trento, 20-23, giugno 2010.

Gaier M., Poletti M., Lumière, Enea, Efficienza Energetica nell'illuminazione pubblica, TN 17 maggio 2011.

Primiero Energia S.p.A. Dichiarazione Ambientale 2017-2019.

BIM BRENTA "Speciale Centrali Idroelettriche" Ottobre 2014.

Nel pomeriggio, grazie alla preziosa collaborazione della Direzione dell'A.C.S.M. Teleriscaldamento S.p.A. di Primiero, si è offerta l'opportunità ai partecipanti di sperimentare il funzionamento dell'impianto di energia termica da fonte rinnovabile. Tale ramo aziendale, derivazione della capogruppo ACSM S.p.A., eredita l'ultracentenaria esperienza nel campo energetico e dei servizi al cittadino.

La società possiede e dirige due impianti di Teleriscaldamento a biomassa legnosa, il primo realizzato nel 2001 a San Martino di Castrozza e il secondo, avviato nel 2010 nel fondovalle di Primiero. La scelta di costruire a Primiero impianti di teleriscaldamento muove dalla volontà di erogare ai cittadini un servizio di qualità generando al contempo positive ricadute ambientali e socio economiche. Il Teleriscaldamento infatti consiste in una forma di riscaldamento che permette di generare energia termica, in questo caso ottenuta mediante combustione di biomassa legnosa, a livello centralizzato. L'energia, viene poi trasportata tramite un vettore (acqua) lungo una rete di tubazioni interrato che raggiungono i vari edifici della valle i quali, attraverso uno scambiatore di calore, la prelevano per riscaldare in modo pulito ed economico gli ambienti e l'acqua per uso igienico sanitario. Oggi in Trentino ACSM Teleriscaldamento S.p.A. rappresenta la più grande realtà operante nel campo del teleriscaldamento a biomassa legnosa.

Luigi Boso, ingegnere e docente presso l'I.C. Primiero per le SSPG e SSSG in materie tecnologiche, è referente per le caratterizzazioni "Energia" per i corsi Costruzione Ambiente e Territorio e Liceo Scientifico delle Scienze Applicate. In ambito libero professionale è Direttore Tecnico della Società di Ingegneria BOSO & PARTNERS, specializzata nel campo della riqualificazione energetica.

Federica Della Putta, ingegnere e docente presso l'I.C. Primiero per le SSPG e SSSG in materie tecnologiche, è Referente dei Progetti Caritro finalizzati alla sostenibilità e valorizzazione del territorio.