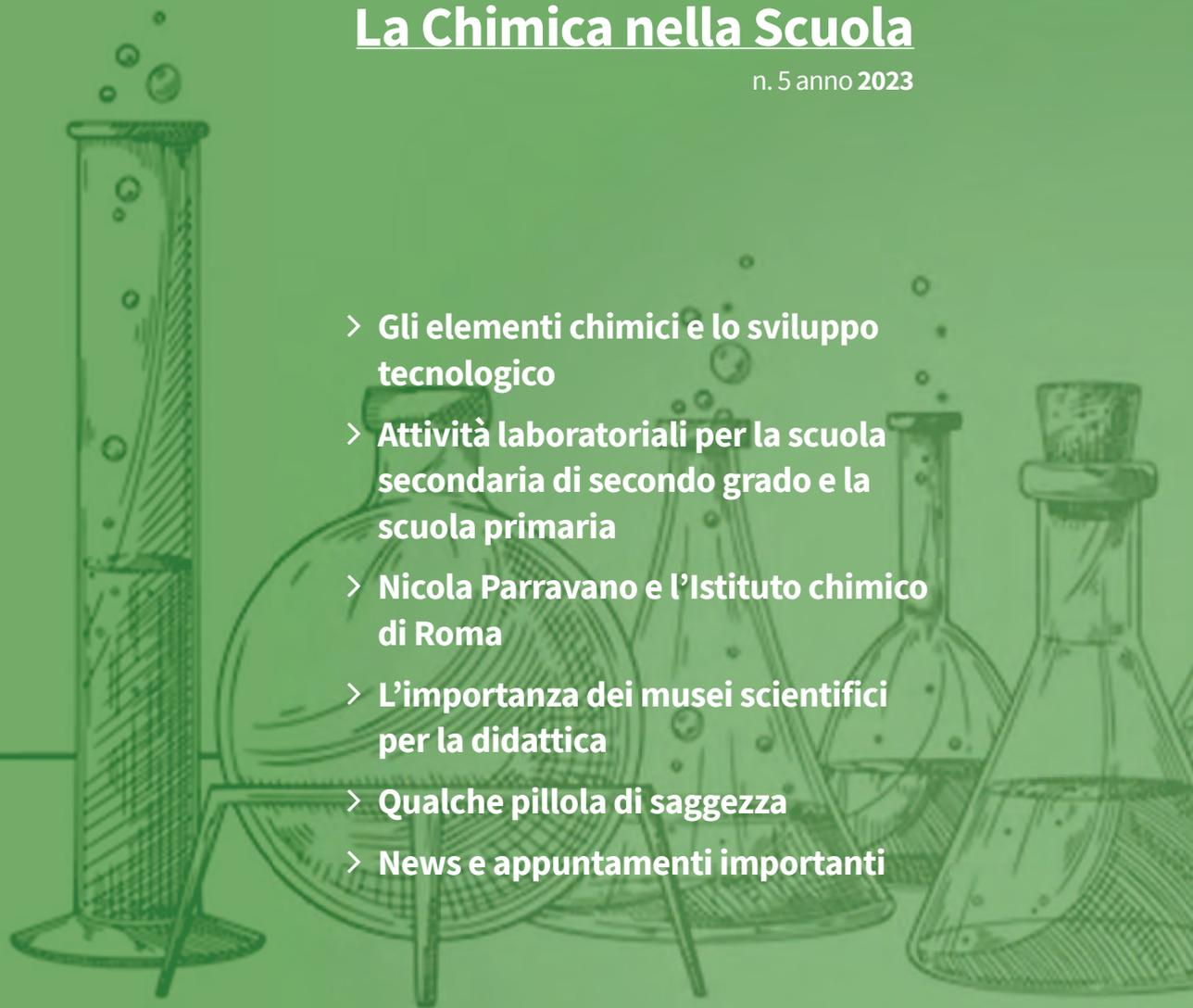


# C<sub>n</sub>S

## La Chimica nella Scuola

n. 5 anno 2023

- > **Gli elementi chimici e lo sviluppo tecnologico**
- > **Attività laboratoriali per la scuola secondaria di secondo grado e la scuola primaria**
- > **Nicola Parravano e l'Istituto chimico di Roma**
- > **L'importanza dei musei scientifici per la didattica**
- > **Qualche pillola di saggezza**
- > **News e appuntamenti importanti**





Società Chimica Italiana

**DIRETTORE ONORARIO**

Gianluca Farinola

**COMITATO EDITORIALE**

*Direttore:* Margherita Venturi

*Vice-direttori:* Eleonora Aquilini, Giovanni Villani

**COMITATO DI REDAZIONE**

Eleonora Aquilini, Luigi Campanella, Giorgio Cevasco,  
Marco Ciardi, Valentina Domenici, Maria Funicello,  
Silvano Fuso, Elena Ghibaudi, Elena Lenci, Anna Maria Madaio,  
Raffaele Riccio, Antonella Rossi, Antonio Testoni,  
Francesca Turco, Mariano Venanzi, Margherita Venturi,  
Giovanni Villani, Roberto Zingales

**COMITATO SCIENTIFICO**

*Presidente:* Luigi Campanella

Vincenzo Balzani, Agostino Casapullo, Carlo Fiorentini



**ISSN: 0392-8942**

REGISTRAZIONE: 03/05/1996 n. 219 presso il Tribunale di Roma.

PERIODICITÀ: Bimestrale

# Indice

## Editoriale

- COP28: molte fumate nere e una fumata grigia..... 1  
**Margherita Venturi**

## La transizione ecologica

- Elementi chimici strategici e critici..... 5  
**Fabio Olmi**

## Percorsi laboratoriali per la scuola superiore di secondo grado

- Condensazione aldolica e visual thinking - Come usare sketchnotes per descrivere un percorso teorico-sperimentale di Green Chemistry ..... 22  
**Giulia Castiglioni**
- 3R e i prodotti del futuro - Act Now for the Sustainable Development Goals - SDGs in STEM Education..... 31  
**Maria Zambrotta**

## Percorsi didattici per la scuola primaria

- Il cibo che mangi(amo): gli zuccheri - Metodologie cooperative per supportare la corretta nutrizione nella Scuola Primaria ..... 47  
**Luisa Bertinetto e Francesca Turco**

## Pagine di storia

- L'Istituto di Chimica dell'Università di Roma sotto la direzione di Nicola Parravano..... 55  
**Franco Calascibetta**

## **Musei scientifici e didattica**

Andiamo al museo! Un progetto interdisciplinare a Scienze della Formazione Primaria .....	75
<b>Valentina Domenici</b>	

## **Pillole di saggezza**

Tre contributi di Vincenzo Balzani sui quali meditare .....	80
---	----

## **News**

Museo della Natura e dell’Uomo: un viaggio al centro della Terra .....	86
<b>Margherita Venturi</b>	
La festa dei cento anni del planetario e la storia del planetario di Roma....	88
<b>Luigi Campanella</b>	
Perché i nostri laureati hanno difficoltà a trovare lavoro? .....	90
<b>Luigi Campanella</b>	
Una conferenza di didattica importante per i chimici: mettere in agenda la data! .....	91
<b>Antonella Rossi</b>	

## COP28: tante fumate nere e una fumata grigia

**Margherita Venturi**

Cara lettrice e caro lettore,

da poco si è conclusa la COP28 (ventottesima “*Conference of Parties*” sul Clima dell’ONU) e, come puoi immaginare, non potevo perdere questa ghiotta occasione per condividere con te alcuni miei pensieri.



Il testo finale scaturito dai lavori della conferenza è stato salutato da un grande applauso e, allora, mi sono chiesta cosa ci fosse in questo documento da meritare il largo consenso dei partecipanti.

Per capirlo penso sia giusto fare qualche premessa, o meglio, considerare le stranezze che hanno caratterizzato questa COP.

La prima ha riguardato il luogo scelto per ospitarla: Dubai, una città degli Emirati Arabi Uniti che, grazie al petrolio, da piccolo insediamento nel deserto è diventata una capitale mondiale con grattacieli di dimensioni enormi e dalle forme più ardite, una città in cui con sistemi di climatizzazione forzata, alimentati da petrolio, è possibile sciare in piena estate, quando la temperatura esterna arriva a 45-50 gradi, una città che deve il suo “splendore” al fatto di divorare enormi quantità di combustibili fossili, che sono la causa primaria delle emissioni di CO<sub>2</sub>, responsabili del cambiamento climatico e del degrado ambientale che è sotto gli occhi di tutti.

Data questa scelta non ci si poteva aspettare nulla di buono.

Altra scelta di dubbio gusto è stata quella del Presidente della COP28: *Sultan bin Ahmed Al Jaber*, che è contemporaneamente Ministro dell'Industria degli Emirati Arabi Uniti e Amministratore Delegato della ADNOC-Abu Dhabi National Oil Company, una delle più grandi compagnie produttrici di energie fossili al mondo, e che, infatti, per non smentirsi, ha cominciato i lavori della conferenza con queste frasi *“non c'è nessuna prova scientifica della necessità di rinunciare ai combustibili fossili”* e *“senza il petrolio l'umanità tornerebbe nelle caverne”*.

Affidare la presidenza della conferenza, durante la quale si deve discutere sui passi da fare per arginare il cambiamento climatico, è stato come chiedere a un ateo di dire messa: non si poteva cominciare nel modo peggiore.

Un ulteriore aspetto di criticità ha riguardato le assenze e le presenze alla COP28: fra le assenze occorre menzionare quelle del presidente americano Joe Biden e del presidente cinese Xi Jinping, che hanno inviato due loro rappresentanti e, purtroppo, quella di Papa Francesco costretto a rinunciare per motivi di salute, un vero peccato dal momento che la sua partecipazione al vertice sarebbe stata probabilmente la più grande novità dell'agenda della COP28; per quanto riguarda, invece, le presenze, oltre ai rappresentanti dei 198 Paesi aderenti, sono stati invitati 2.456 lobbisti delle fonti fossili, quasi il quadruplo dei 638 presenti l'anno precedente alla COP27 di Sharm-el-Sheik.

Per la partecipazione di questo folto e agguerrito gruppo di persone, che in apertura della conferenza ha dichiarato *“l'abbandono dei combustibili fossili non è assolutamente in discussione”*, e per l'assenza del Papa, la persona più carismatica e decisa a spingere verso un'azione climatica condivisa, sulla conferenza gravavano pesanti e inquietanti nuvole di tempesta.

Allora, di fronte allo scenario appena delineato, la gran parte dei partecipanti deve aver pensato che la COP28 sarebbe stata una delle peggiori e deve essere rimasta stupita dal fatto che per la prima volta nel testo finale venivano menzionati i combustibili fossili e che per la prima volta ne veniva riconosciuta la responsabilità sull'attuale collasso climatico. A questo stupore ha reagito con un applauso, che forse non è stato di consenso, ma semplicemente di sollievo, un applauso liberatorio per aver scampato il pericolo di una sconfitta totale.

Poco ha importato che nel *“Global Stocktake”* (bilancio globale), la tanto spezzata dicitura di abbandono (*phase-out*) dei combustibili fossili, fosse stata sostituita da una più ambigua e non ben definita dicitura di graduale abbandono (*transitioning-away*) dei combustibili fossili. Nel documento, infatti, viene solo riconosciuta la necessità *“di una riduzione profonda, rapida sia del consumo che della produzione di combustibili fossili in modo giusto, ordinato ed equo, in modo da raggiungere lo zero netto entro, prima, o intorno al 2050, come raccomandato dalla scienza”*. Quindi, per la realizzazione di questo percorso di transizione dal punto di vista sostanziale non è stato imposto alcun obiettivo misurabile né sul piano quantitativo né su quello temporale, lasciando ciascun Paese libero di comportarsi come meglio crede. A tutto ciò Antonio Guterres, poco dopo

l'approvazione del documento, ha reagito scrivendo: *“A coloro che si sono opposti a un chiaro riferimento alla phase-out voglio dire che, vi piaccia o no, l'uscita definitiva dalle fonti fossili è inevitabile. Speriamo non arrivi troppo tardi”*.



Ovviamente, hanno partecipato all'applauso, forse con qualche ragione, i Paesi più arretrati, che dall'eliminazione dei combustibili fossili subirebbero una battuta d'arresto nel loro sviluppo, che giustamente non possono essere abbandonati a sé stessi, ma che altrettanto giustamente non possono essere lasciati liberi di inquinare a piacimento; ha applaudito convintamente la Russia, che sostiene il cartello dei petrolieri, e hanno applaudito la Cina e gli Stati Uniti che, per ragioni diverse, non vedono di buon occhio un'accelerazione nella fuoriuscita dalle energie fossili; hanno anche applaudito (speriamo solo per compiacenza) i Paesi europei, che, però, hanno perso l'ennesima occasione per giocare un ruolo trainante nell'applicazione degli accordi presi a Parigi nel 2015 (COP21).

Altrettanto ovviamente, non hanno applaudito i 44 Paesi insulari facenti parte dell'AOSIS, sui quali ricadono già oggi le maggiori conseguenze dei cambiamenti climatici e il cui Presidente, Cedric Shuster di Samoa, ha detto amaramente: *“Non firmeremo il nostro certificato di morte. Non possiamo firmare un testo che non preveda impegni forti per abbandonare i combustibili fossili”*.

Una cosa passata sotto silenzio in questa COP dei ricchi è, infatti, il paradosso che a pagare il prezzo più alto è proprio chi ha contribuito meno all'aumento delle temperature del pianeta: questo è il caso, appunto, delle piccole isole del Pacifico, che sono responsabili appena dello 0,03% delle emissioni di gas climalteranti, ma che potrebbero finire sott'acqua e scomparire dalla carta geografica a causa dell'innalzamento del livello del mare, dovuto al comportamento irresponsabile

degli altri paesi, o come anche il caso del continente africano, al quale va imputato solo il 4% delle emissioni dei gas serra e che è perseguitato da una desertificazione galoppante, ancora una volta conseguenza dello sviluppo dei paesi ricchi divoratori di combustibili fossili. Come dicevo prima, si tratta di una forte ingiustizia che a Dubai ha faticato a trovare il giusto spazio di discussione in sede di negoziati. Qualcuno potrebbe obiettare che, però, durante il primo giorno della COP è stato approvato il fondo *Loss & Damage* a favore dei paesi che hanno subito perdite e danni causati dal riscaldamento climatico, ma si è trattato solo di un mettersi a posto la coscienza, perché i milioni impegnati (da pochi paesi) sono una goccia nell'oceano, insufficienti per compensare i disastri, che si moltiplicano sotto la spinta degli eventi estremi, e per fronteggiare le violazioni dei diritti umani.

E non è finita qui; se nel documento finale della COP28 mancano impegni forti per abbandonare i combustibili fossili, ci sono, invece, evidenti scappatoie per consentire ai produttori di combustibili fossili e agli Stati di andare avanti come prima; si parla, infatti, di sviluppare le tecnologie per la cattura, lo stoccaggio e l'utilizzo del carbonio come fossero già consolidate e prive rischi. E, purtroppo, si parla anche di potenziare il nucleare, che viene inserito con grande spudoratezza fra le tecnologie verdi. Insomma, ancora una volta l'ipocrisia ha dominato la scena: si privilegiano le false soluzioni per mettere sotto il tappeto le emergenze che dobbiamo affrontare subito e con grande risolutezza.

Fra le tante fumate nere di questa COP l'unica bianca, o meglio grigia, è che nel documento finale compare esplicitamente la necessità di triplicare la capacità di energia rinnovabile a livello globale e di raddoppiare la media globale del tasso annuo di efficienza energetica entro il 2030. Ho parlato di fumata grigia e non bianca, perché l'impegno è troppo debole e non sufficiente per arginare il collasso del nostro pianeta.

E allora concludo con la frase di Dan Jørgensen, ministro dell'ambiente danese, che alla COP28 ha detto: *"Possiamo negoziare tra noi su tutto, ma non possiamo negoziare con la natura"*.

Implicitamente il ministro danese ci ricorda che le nostre azioni irresponsabili, fra le quali anche le non decisioni prese a Dubai, si ritorceranno sempre contro di noi e, purtroppo, aggiungo io, con il nostro comportamento potremmo aver già compromesso irreversibilmente quel meraviglioso luogo che ci ospita: la Terra.

E ora finalmente ti lascio alla lettura dell'ultimo numero di quest'anno della nostra rivista, augurandoti un meraviglioso 2024!

Alla prossima

*Margherita*

# Elementi chimici strategici e critici

**Fabio Olmi**

e-mail: [fabio.olmi@gmail.com](mailto:fabio.olmi@gmail.com)

---

**Abstract.** The article deals with the problem of strategic and critical materials, explaining their meaning and listing the today 34 critical raw materials. Then it addresses the European situation and focuses on the issue and the measures taken to reduce Europe's strong dependence on third countries. The situation of Italy in this field is also presented. Finally, some examples of critical raw materials are examined, discussing the future need to their recycling on a large scale.

**Keywords:** materie prime strategiche; materie prime critiche; nuovi giacimenti; situazione europea e italiana; riciclo

---

## 1. Introduzione

Il problema degli elementi critici è rimasto in Europa nell'ambito degli esperti del settore fino al 2021, poi la guerra Russia/Ucraina e forti tensioni con la Cina, hanno generato un aumento della precarietà nelle importazioni di queste materie prime. L'Europa si è data però una smossa con provvedimenti che hanno portato l'argomento all'attenzione di un pubblico più vasto. Tra il 2022 e il 2023 sono diventati molto frequenti anche sui media (periodici, quotidiani, ecc.) articoli che affrontano la gravità della nostra dipendenza dalle materie prime di importazione da Cina e altri Paesi terzi. Questo contributo intende affrontare l'argomento cercando di far chiarezza su di esso, spesso trattato in modo inadeguato.

Il concetto di materie prime strategiche è stato introdotto quest'anno (2023) dalla Commissione Europea e si tratta *delle materie prime necessarie per produzioni industriali strategiche che ricadono nel settore delle energie rinnovabili, nella mobilità elettrica, nel settore digitale, e in quelli dell'aerospazio e della difesa.*

Purtroppo, molte di queste materie prime sono anche *materie prime critiche*, in altri termini materie prime disponibili in modeste quantità, o di precaria capacità di disporre, o per entrambe le ragioni. Il Ministero dello Sviluppo Economico del Paese ha avviato nel settembre 2022 un Tavolo Tecnico "Materie

Prime Critiche”<sup>1</sup> (ora coordinato dal Ministero dell’Ambiente e della Sicurezza Energetica) fissando vari obiettivi tra cui, i più importanti sono:

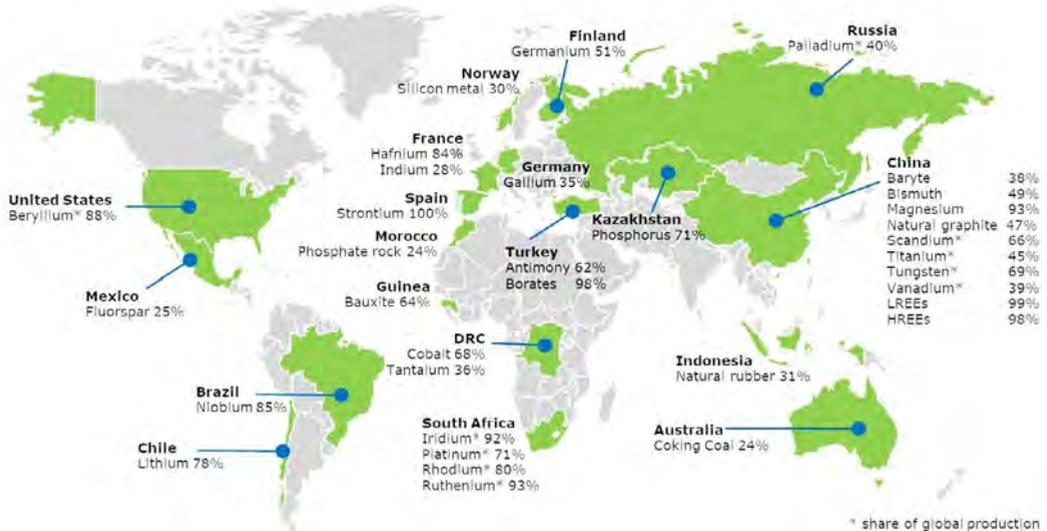
- promuovere la sostenibilità degli approvvigionamenti e stimolare la circolarità per il loro recupero e riutilizzo;
- contribuire alla creazione delle condizioni normative, economiche e di mercato volte ad assicurare un approvvigionamento sicuro e sostenibile.

Il Ministero aderisce inoltre all’European Raw Materials Alliance (ERMA) che promuove incontri e seminari sul tema.

La criticità di certi materiali, oltre alla loro scarsa disponibilità e al problema degli approvvigionamenti, dipende anche dal fatto che in genere sono difficili, costosi e pericolosi da estrarre (comportano forti inquinamenti ambientali) e da raffinare.

Dal 2011 l’Unione Europea tiene un conto aggiornato di quante siano le materie prime “critiche” Oggi si contano 34 elementi e composti con diverso grado di criticità<sup>2</sup>.

La lista degli *elementi e composti critici* è oggi la seguente: elio, bario, berillio, bismuto, bauxite, borato, grafite, cobalto, fluorite, gallio, germanio, afnio, indio, litio, magnesio, niobio, elementi di Terre Rare pesanti e leggere (7 elementi su 14), metalli del gruppo del platino (3 elementi), fosforo, antimonio, scandio, stronzio, silicio metallico, tantalio, titanio, tungsteno e vanadio.



**Figura 1.** Distribuzione mondiale dei Paesi maggiormente ricchi di materie prime critiche

<sup>1</sup> La Società Chimica Italiana raccoglie informazioni e dati sulle attività di ricerca in corso sulle materie prime critiche comunicandole al Tavolo Tecnico appositamente predisposto.

<sup>2</sup> Tratto da *La geografia delle Terre Rare*, «La Repubblica», 24 aprile 2023.

Come tutte le risorse minerarie, questi non hanno una equa distribuzione nel mondo e, ribadita la loro finitezza, sono presenti prevalentemente in alcuni Paesi. Per avere un'idea di ciò basta consultare la figura 1. È chiaro che per poter disporre di questi elementi è necessario che venga garantita la possibilità di scambi a livello mondiale in un clima di pace.

## **2. La situazione in Europa**

*L'UE dipende oggi quasi esclusivamente dalle importazioni di molte materie prime essenziali* e i fornitori di queste materie prime sono un ristretto numero di Paesi terzi, sia per la fase di estrazione che in quella di raffinazione. Ad esempio, gli elementi delle *Terre Rare* sono in gran parte prodotti e raffinati in Cina; il 63% del *cobalto* necessario alle batterie agli ioni litio viene estratto in Congo e raffinato in Cina.

*Questa situazione rende assai precario lo sviluppo dell'Europa.* Il recente report di The European House-Ambrosetti sottolinea che l'Europa è dipendente dalla Cina per il 56% del totale delle importazioni delle 34 materie prime "critiche" e ha un ruolo determinante per almeno 11 di queste, in particolare bario, bismuto, gallio, germanio, grafite naturale, magnesio, scandio, tungsteno, vanadio e Terre Rare leggere e pesanti. Ad esempio, per le batterie agli ioni litio l'UE dipende da Pechino per il 37% delle materie prime coinvolte. I costruttori di auto stanno concludendo accordi direttamente con i centri minerari di estrazione<sup>3</sup> per assicurarsi la loro disponibilità.

Tuttavia, la Comunità europea si sta organizzando per ridurre progressivamente la dipendenza da Paesi terzi. Il consorzio Critical Raw Materials opera da alcuni anni in tutta la filiera: dalle risorse primarie alla sostituzione di elementi critici o tossici, dalla raccolta alla lavorazione di prodotti a fine vita (riciclo), e dagli aspetti economici e sociali dello sfruttamento delle materie prime.<sup>4</sup> Il livello di autonomia della UE entro il 2030 dovrebbe raggiungere i seguenti obiettivi:

- l'estrazione mineraria all'interno della UE deve soddisfare almeno il 10% del consumo annuo europeo;
- la lavorazione post-estrazione di almeno il 40% del consumo annuale deve essere condotta nella UE;
- almeno il 15% del consumo annuale deve provenire dal riciclo;
- un singolo Paese terzo non può fornire oltre i 65% di un dato materiale strategico.

Obiettivi molto ambiziosi per i quali l'UE prevede di sviluppare programmi di

<sup>3</sup> Clifford Krauss, Jack Ewing, *L'industria dell'auto va in miniera per non restare a secco di litio*, «La Repubblica A&F», 10 luglio 2023.

<sup>4</sup> Anna Vedda, *L'Europa prova a ridurre la dipendenza dalla Cina*, «La Repubblica», 24 aprile 2023.

esplorazione mineraria, attività di estrazione, lavorazione e riciclo di materie prime strategiche.

Recentemente è stato scoperto a Kiruna, nel nord della Svezia, da parte della compagnia mineraria svedese LKAB, il più grande giacimento di Terre Rare conosciuto finora in Europa. Stando alle stime preliminari, questo giacimento *potrebbe produrre Terre Rare a partire da oltre un milione di tonnellate di ossidi di Terre Rare*<sup>5</sup>.

«L'autosufficienza e l'indipendenza dell'UE dalla Russia e dalla Cina inizieranno in miniera», ha dichiarato il ministro dell'Energia, delle Imprese e dell'Industria della Svezia Ebba Busch. Tuttavia, la strada per l'estrazione dal giacimento in Svezia sarà lunga, almeno 10-15 anni. LKAB ha detto di voler presentare una richiesta di concessione, però, la messa in esercizio della nuova miniera, situata accanto alla più vasta miniera di ferro europea, ha trovato una forte opposizione da parte della popolazione locale, gli Inuit<sup>6</sup> affiancati dal sostegno degli ambientalisti.

L'Europa si sta anche attivando per la ricerca e lo sfruttamento di giacimenti di altre materie prime critiche. Ad esempio, potrebbe avere presto la propria autonomia per quanto riguarda il litio, notizia diffusa dalla Reuters (maggio 2021) che ha già fatto il giro del mondo. Il giacimento, individuato ad alcuni chilometri di profondità sotto l'alta valle del Reno, sarebbe uno dei più grandi del mondo e consentirebbe alla Germania e all'Europa di porre fine alla dipendenza dai giacimenti oggi dislocati prevalentemente in Cile, Australia e Cina<sup>7</sup>. La società Vulcan Energy Resources (in realtà con sede in Australia, ma con partecipazioni tedesche) ha già avanzato una proposta per l'estrazione del litio dal nuovo giacimento e avrebbe messo in cantiere alcune attività per la costruzione di centrali geotermiche necessarie alla produzione dell'energia per le operazioni di estrazione, con un investimento di almeno 1,7 miliardi di euro.

In una recente intervista, poi, la viceministra spagnola e ministra della Transizione Ecologica, Teresa Ribera, ha dichiarato «Da molti anni ormai l'Europa ha dimenticato le risorse del sottosuolo e ha tralasciato l'attività estrattiva. Non sa più di cosa dispone: la prima cosa è quindi saperlo ... Dovrebbe favorire anche gli accordi con i Paesi ricchi di materie prime, ma poveri di infrastrutture di base ... E infine l'Europa è ricca di rifiuti: dobbiamo avviare un recupero intelligente delle materie prime critiche, abbiamo uno dei migliori capitali umani al mondo»<sup>8</sup>.

<sup>5</sup> Alessandro Michelucci, *La città che trasloca*, «Nuova Ecologia», aprile 2023.

<sup>6</sup> Gli Inuit sono un piccolo popolo (circa 120.000 persone) dell'Artico che discende dai Thule, progenitori degli attuali Inuit svedesi e canadesi.

<sup>7</sup> *Energitalia*, 6 maggio 2021.

<sup>8</sup> Rosaria Amato, intervista a Teresa Ribera *Europa indipendente se estrae più materie prime*, «La Repubblica», 15 aprile 2023.

### 3. In Italia si muove qualcosa?

Già alcuni anni fa erano stati scoperti nel Lazio fluidi geotermici ricchi di litio, ma non si andò avanti per esplorare la potenzialità del giacimento e tutto si fermò: il litio non era ancora “l’oro bianco” di cui si parla oggi. In una recente intervista del geologo del CNR Andrea Dini<sup>9</sup>, rilasciata a «La Repubblica» e pubblicata in due contributi successivi<sup>10</sup>, si sostiene che nella zona del lago di Bracciano ci sono *fluidi geotermici in profondità*, a 1.500-3.000 metri. Si trovano nella zona vulcanica laziale, ma anche in Campania. Sono stati esplorati negli anni 1970-1980 perché si pensava fossero interessanti per la produzione di energia elettrica geotermica. Non è stato però trovato il vapore ad altissima pressione e temperatura che ci si aspettava, e tutto si bloccò. Questi fluidi, queste acque salate calde contengono molto litio, fino a 400 e addirittura forse 500 mg per litro di soluzione.

Nell’intervista Dini fa notare: «Negli ultimi due anni nella zona di Bracciano l’industria si è attivata per ottenere i permessi di ricerca. Noi come CNR cerchiamo di dare un supporto di base, un indirizzo scientifico per aiutare l’industria. Perché gli investimenti, se ci saranno, saranno ingenti. Ad oggi sono stati ottenuti i permessi per fare indagini preliminari. Lo studio è iniziato in primavera del 2022. Poi, se le condizioni saranno considerate favorevoli, le aziende decideranno se investire i capitali necessari per l’esplorazione. Vuol dire fare perforazioni per intercettare questi fluidi e analizzarli. Oltre al lago di Bracciano il lavoro che abbiamo pubblicato quest’estate (2022) mette in evidenza varie possibilità, la zona da Bolsena fino ai Campi Flegrei è la migliore in assoluto».

Un’idea della necessità dell’Italia di essere concretamente e rapidamente in grado di far fronte alle esigenze geologiche e mineralogiche che oggi stanno assumendo sempre maggiore importanza, ce la fornisce una accorata lettera scritta da dieci geologi di varie università italiane (Firenze, Pisa, Milano e Napoli) a «La Repubblica»<sup>11</sup>. In essa si precisa che per i giacimenti minerali in Italia mancano le competenze. La ricerca scientifica nel settore è quasi assente e tanti docenti stanno andando in pensione: serve subito un piano per formare nuove professionalità.

Questa situazione è l’onda lunga di un periodo, iniziato verso la metà degli anni ’80 del secolo scorso, in cui si pensava che non fosse più necessa-

<sup>9</sup> Andrea Dini è autore assieme ad alcuni colleghi di una mappatura del litio in Italia, uscita alcuni mesi fa sulla rivista «Minerals».

<sup>10</sup> Elena Dusi, *Qui sotto c’è un tesoro, basta scavare*, «La Repubblica», 23 aprile 2023; Elena Dusi, *I cacciatori di litio alle porte di Roma*, «La Repubblica», 24 aprile 2023.

<sup>11</sup> Pilario Costagliola, Andrea Dini, Giovanni Grieco, Pierfranco Lattanzi, Nicola Mondillo, Marilena Moroni, Stefano Naitza, Valentina Rimondi, Licia Santoro, Simone Vezzoni, *Lettera a Repubblica*, «La Repubblica», 24 aprile 2023.

rio investire in ricerca nel settore delle materie prime, dal momento che si potevano comprare sul mercato e non era necessario averle in casa nostra. Lo sforzo da compiere ora è enorme e, come sottolinea la lettera, richiede non soltanto di mappare le risorse esistenti nel sottosuolo, ma anche di ricostruire una *classe di scienziati che aiutino l'Italia a compiere scelte giuste per favorire le estrazioni con smart mining, promuovere il riciclo e diversificare gli approvvigionamenti*.

#### **4. L'alternativa alla dipendenza della Cina: il “nuovo eldorado” delle materie prime in Sud America**

Abbiamo detto della grande dipendenza dell'Europa dalla Cina per molte materie prime critiche. Tuttavia, si sta imponendo un altro fronte in America centro- meridionale come possibile fornitore mondiale di molte materie prime anche critiche: si tratta dei Paesi quali il Perù, la Bolivia, l'Argentina, il Brasile e il Messico. A parte l'ormai ben noto “triangolo del litio” che ha i vertici in Perù, Bolivia e Argentina, che ospita il 60% delle risorse mondiali di litio e che dal 2018 a oggi ha triplicato la produzione mondiale del metallo a 180.000 tonnellate /anno<sup>12</sup>, la Bolivia è uno dei principali esportatori di stagno (6% della produzione mondiale) e ha un ruolo di primo piano per il piombo, il tungsteno e lo zinco. Il Perù, oltre al litio, è il secondo produttore mondiale di argento ed è anche un grande produttore di stagno, piombo e rame. Il Messico, oltre a essere il primo produttore al mondo di argento, è il terzo produttore di bismuto e gran produttore di cadmio, zinco e fluorite. Il Brasile è il Paese latino-americano con le maggiori riserve di Terre Rare, valutate in 21 milioni di tonnellate (la Cina ne ha 44), e con riserve di niobio pari al 90% del totale mondiale. Le riserve dei minerali di cui dispone l'America latina possono costituire una valida alternativa per l'Europa alla dipendenza delle proprie industrie da Paesi di incerto approvvigionamento.

Prendiamo ora in esame caratteristiche e impieghi di alcuni degli elementi critici necessari alla transizione energetica e green dell'economia.

#### **5. Alcuni esempi di materie prime critiche**

##### ***Litio***

Il litio è senz'altro l'elemento chimico critico più conosciuto perché è indispensabile per le batterie elettriche destinate alla mobilità green: viene chiamato “oro bianco” e il suo utilizzo sarà sempre più elevato. La figura 2 mostra la produzione di litio nel deserto salato di Atacama (Cile).

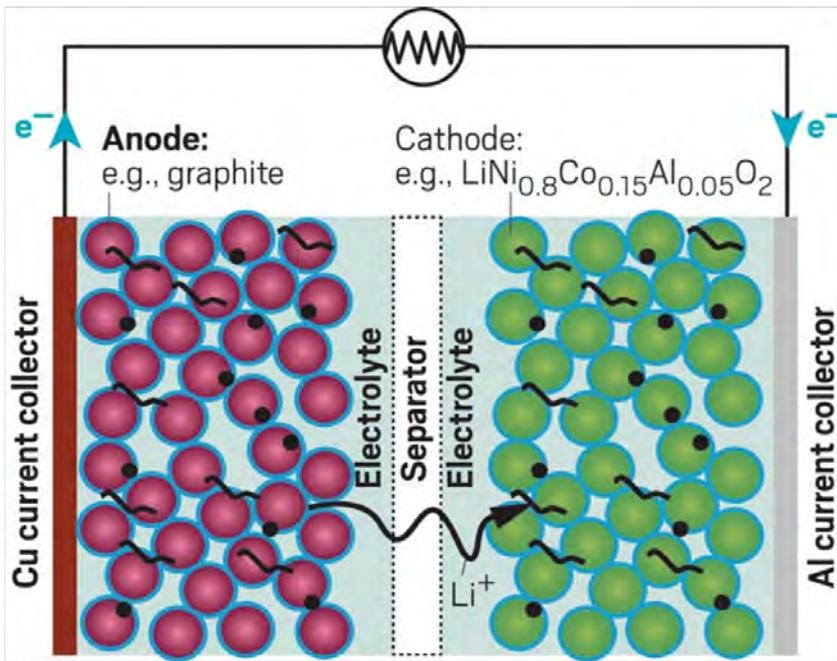
<sup>12</sup> Luca Pagni, *Materie prime, il nuovo Eldorado*, «La Repubblica A&F», 28 agosto 2023.



**Figura 2.** La produzione di litio nel deserto salato di Atacama (Perù)

Il litio viene impiegato per la fabbricazione di pile ricaricabili di piccoli apparecchi elettronici (computer, cellulari, ...) e, soprattutto, per le grosse batterie delle auto elettriche e le batterie di accumulo del fotovoltaico. Le batterie agli ioni litio<sup>13</sup> costituiscono la tecnologia oggi più utilizzata nel mondo degli utensili elettrici, delle auto, delle biciclette e dei monopattini elettrici. Come mostrato in figura 3, una batteria agli ioni litio ha un elettrodo positivo che contiene litio come composto insieme al cobalto,  $\text{Li}_2\text{CoO}_2$  e ioni  $\text{Li}^+$  come elettrolita in solvente organico; ha inoltre un elettrodo negativo (anodo) costituito da un supporto generalmente di rame su cui è deposto uno strato di grafite. Il cobalto e la grafite sono elementi critici che esamineremo più avanti.

<sup>13</sup> Le batterie agli ioni litio sono state messe a punto da John B. Goodenough, M. Stanley Whittingham e Akira Yoshino, che per questi loro studi hanno ricevuto il premio Nobel per la Chimica nel 2019.



**Figura 3.** Struttura di una batteria agli ioni litio

Del litio ne ho già trattato nel mio recente libro<sup>14</sup> tra l'esame delle risorse materiali non rinnovabili. Qui ricordo che il litio si presenta sottoforma di minerale come la lepidolite e lo spodumene (alluminosilicati di litio) soprattutto in Australia e sottoforma di diversi sali solubili nelle acque di laghi salati sotterranei nel cosiddetto "triangolo del litio" sudamericano che interessa Cile (deserto di Atacama), Bolivia e Argentina.

I maggiori produttori, in base ai dati del 2022, sono l'Australia (61.000 tonnellate), il Cile (39.000 tonnellate) e la Cina (19.000 tonnellate). Le più vaste riserve sfruttabili attualmente sono quelle di laghi salati sudamericani (il Salar de Uyuni di 10.582 chilometri quadrati è la più grande distesa salata del pianeta). Insieme al litio si estraggono anche importanti quantità di potassio, boro e magnesio. Come accennato precedentemente sembrerebbe che anche l'Europa possedesse vaste riserve di litio (Germania, valle del Reno) e anche l'Italia sembra possa contare su una consistente quantità di litio.

### **Cobalto**

È uno dei più importanti elementi critici e ha moltissime applicazioni, alcune delle quali sono:

- nelle leghe metalliche come, ad esempio, quelle impiegate in turbine

<sup>14</sup> Fabio Olmi, *La sfida del secolo, la transizione ecologica contro il riscaldamento globale*, Aracne, Roma, 2022.

- per i motori d'aereo, leghe ad alta resistenza alla corrosione e all'usura, lega cromo-cobalto impiegata per protesi ortopediche;
- in utensili diamantati ottenuti inglobando particelle di diamante in una matrice metallica di cobalto mediante sinterizzazione;<sup>15</sup> sono capaci di tagliare materiali lapidei duri quali il granito;
  - in magneti e supporti magnetici in lega con Fe (CoFe), o in lega con Al e Ni (alnico);
  - nei catalizzatori per l'industria petrolchimica e chimica;
  - come pigmento (blu cobalto);
  - nelle batterie agli ioni litio in cui il cobalto costituisce, insieme al litio, il materiale di uno degli elettrodi della batteria ( $\text{Li}_2\text{CoO}_2$ ).

L'isotopo 60 del cobalto è radioattivo e si utilizza come potente sorgente di raggi gamma: ad esempio, in radioterapia, nella sterilizzazione di cibi tramite radiazione e nella radiografia industriale per il rilevamento di anomalie strutturali di manufatti in metallo.

I più importanti minerali di cobalto sono la heterogenite e la cobaltite, ma l'elemento viene anche ottenuto come sottoprodotto dell'estrazione di rame e nichel. I Paesi maggiori produttori di cobalto (Tabella 1) sono la Repubblica Democratica del Congo, da cui proviene oltre il 70% del cobalto mondiale (nella filiera lavorano più di 100.000 lavoratori senza diritti, anche bambini, e non è facile intervenire per cambiare la cosa che si protrae da molto tempo). Seguono come produttori, l'Indonesia, l'Australia e vari altri Paesi.

**Tabella 1.** I maggiori produttori di cobalto

Country	2022 Production (tonnes)	% of Total Production
 DRC	144,936	73.3%
 Indonesia	9,454	4.8%
 Australia	7,000	3.5%
 Philippines	5,400	2.7%
 Cuba	5,331	2.7%
 Russia	3,500	1.8%
 Madagascar	3,500	1.8%
 Canada	3,100	1.6%
 Papua New Guinea	3,060	1.5%
 Türkiye	2,300	1.2%
 Other	10,210	5.2%
<b>Total</b>	<b>197,791</b>	<b>100.0%</b>

<sup>15</sup> La sinterizzazione è un particolare processo di lavorazione che realizza un oggetto mettendo della polvere di due (o più) materiali in uno stampo e riscaldando a temperatura alta, ma inferiore alla temperatura di fusione dei materiali.

## **Nichel**

Il nichel viene impiegato per rivestire alcuni metalli, tramite la nichelatura, ma viene usato soprattutto nelle moderne batterie. Il nichel è necessario in piccola quantità per la preparazione di acciai inossidabili e leghe diverse e per la produzione di magneti alnico e monete. Lacche e colori vengono usati per la ceramica.

Il nichel è un metallo bianco-argenteo con elevata densità (8,91 g/cm<sup>3</sup>), è ferromagnetico, è di durezza media e può essere lucidato molto bene; è infine molto resistente all'aria, all'acqua e a soluzioni diluite di alcali e acidi.

La maggior parte del nichel proviene da minerali di ferro che lo contengono insieme al rame. I maggiori produttori di nichel sono Indonesia (1.600.000 tonnellate), Filippine (330.000 tonnellate), Russia (220.000 tonnellate) e Australia (160.000 tonnellate).

## **Indio**

L'indio è un metallo raro, malleabile, di colore bianco argenteo e basso fondente. È affine all'alluminio e al gallio, è liquido in un ampio spettro di temperature. L'indio, come il gallio, è capace di bagnare il vetro.

La principale applicazione dell'indio nel passato è stata quella di rivestire altri materiali con un film sottile che funziona da lubrificante: durante la Seconda Guerra Mondiale fu largamente usato per rivestire le bronzine degli aerei da caccia. Si usa nelle leghe per fusione, nella saldatura e nell'elettronica.

Dalla seconda metà degli anni '80 del secolo scorso l'indio si impiega in semiconduttori come fosforo di indio e per pellicole sottili di ossido di indio, dopato con stagno, nei pannelli a cristalli liquidi (LCD, liquid crystal display): queste pellicole sono ormai diventate l'uso principale dell'elemento e sono realizzate con ossido di indio-stagno (ITO). I televisori a cristalli liquidi (LCD TV) sono molto più sottili e leggeri di quelli con tubi a raggi catodici (CRT TV) e sono disponibili in dimensioni molto più grandi.<sup>16</sup> Da molti anni ormai i LCD TV hanno rimpiazzato completamente quelli CRT TV e gli LCD si impiegano anche nei monitor per computer, in pannelli di strumenti e nella segnaletica. LCD di piccole dimensioni sono comuni poi in diversi dispositivi portatili di largo consumo come fotocamere digitali, smartphone e orologi<sup>17</sup>.

L'indio ha inoltre una proprietà particolare: è radioattivo, anche se molto debolmente, e non è considerato pericoloso per la salute. I minerali più importanti per la sua estrazione sono quelli di alluminio, gallio e soprattutto zinco, che sono accompagnati da indio. Il principale produttore di indio è attualmente la Cina.

<sup>16</sup> Esiste un'altra tecnologia per gli schermi piatti ed è quella al plasma (tecnologia complessa), ma i LCD TV sono di gran lunga il tipo più diffuso e venduto.

<sup>17</sup> Dobbiamo precisare che i display LCD possono essere trasmissivi come quelli usati per le TV o riflettivi, ad esempio quelli utilizzati nelle comuni sveglie.

## **Grafite**

La grafite è diventata un minerale critico da quando è entrata a far parte delle batterie a ioni litio per le auto elettriche (costituisce l'elettrodo negativo insieme al rame). Si tratta di una varietà allotropica del carbonio e, in particolare, è costituita da un reticolo esagonale di atomi di carbonio disposti a strati sovrapposti<sup>18</sup>. Questa struttura conferisce alla grafite le proprietà di ottimo conduttore elettrico e spiega la sua sfaldabilità, le caratteristiche lubrificanti e il fatto di essere uno dei materiali a più alto punto di fusione (circa 3.500 °C).

La grafite, oltre a essere usata oggi principalmente nelle batterie agli ioni litio, si impiega in vari altri campi: per produrre elettrodi per forni elettrici, ugelli di scarico di reattori, spazzole per macchine elettriche rotanti, come refrattario, lubrificante e nelle matite. In passato è stata anche utilizzata in alcune centrali nucleari come moderatore di neutroni.

La grafite è di origine metamorfica e deriva da un processo di formazione simile a quello che porta ai carboni fossili; si ottiene, infatti, nei sedimenti carboniosi per effetto della pressione (minore di quella che dà origine ai diamanti) e della temperatura a cui sono stati sottoposti (tra 1.500 °C e 3.000 °C).

Il grafene, invece, è costituito da fogli bidimensionali di grafite e viene utilizzato, ad esempio, per produrre i più piccoli transistor.

I principali giacimenti di grafite si trovano in Cina, Messico, Canada, Brasile, Madagascar, Sri Lanka, Russia, Corea del Sud, Romania e Slovacchia. In Italia giacimenti utili si trovano in Piemonte (Val Chisone) e, in minore entità, in Liguria (Val Bormida) e in Calabria.

## **Terre Rare**

Si tratta di 14 elementi propriamente costituenti il gruppo delle Terre Rare, a cui si aggiungono altri tre elementi di caratteristiche molto simili e che vengono generalmente trovati insieme nei loro minerali: Scandio, Ittrio e Lantanio; in totale si tratta di 17 elementi. La denominazione "Terre Rare" deriva dai minerali dai quali vennero isolati per la prima volta: si trattava di ossidi non comuni trovati nella gadolinite estratta da una miniera situata nel villaggio di Ytterby, in Svezia. In realtà gli elementi delle Terre Rare si trovano in concentrazioni relativamente elevate nella crosta terrestre. La figura 4 mostra alcuni ossidi di Terre Rare.

Spesso vengono indicate con l'acronimo REE (Rare Earth Elements) e vengono distinte in Terre Rare leggere (dal Lantanio al Promezio, LREE), di tipo medio (dal Samario all'Olmio, MREE) e pesanti (dall'Erbio a Lutezio, HREE).

Nel 1803 erano note solo due Terre Rare, l'Ittrio e il Cerio, e ci vollero 30 anni per determinare gli altri elementi presenti in vari minerali simili alla gadolinite (bastnasite, monazite, loparite), dal momento che la loro separazione è molto difficile avendo proprietà chimiche similari.

<sup>18</sup> La struttura esagonale di atomi di carbonio ha legami  $\sigma$  e  $\pi$ , mentre tra gli strati agiscono le deboli forze di Van der Waals.



**Figura 4.** Alcuni ossidi di Terre Rare

Per comprendere immediatamente l'enorme importanza che hanno assunto le Terre Rare basta pensare che uno smartphone (Figura 5)<sup>19</sup>, un apparecchio che abbiamo comunemente nelle nostre tasche, contiene al suo interno otto diverse Terre Rare e precisamente:

- a) nello schermo, ittrio, lantanio, terbio, praseodimio, europio, disprosio, e gadolinio;
- b) nell'elettronica, disprosio, praseodimio, terbio e neodimio.

*Sarebbe impossibile la miniaturizzazione dei vari circuiti e il loro funzionamento senza l'impiego delle Terre Rare.* Per avere un'idea delle varie funzioni che uno smartphone compie basta ricordare quali apparecchiature è in grado di inglobare. Con riferimento a una conferenza recente tenuta da Nicola Armaroli,<sup>20</sup> le funzioni svolte da un simile apparecchio sono quelle di un telefono, una radio, un cronometro, una sveglia, una macchina fotografica, una bussola, un bloc notes e fornisce anche mappe stradali.

<sup>19</sup> Science in School – *Elementi chimici in pericolo*, 26/10/2021.

<sup>20</sup> Nicola Armaroli, *Elementi chimici critici e civiltà tecnologica*, Conferenza a Festa Scienza e Filosofia, aprile 2023 - YouTube.

# ELEMENTS OF A SMARTPHONE

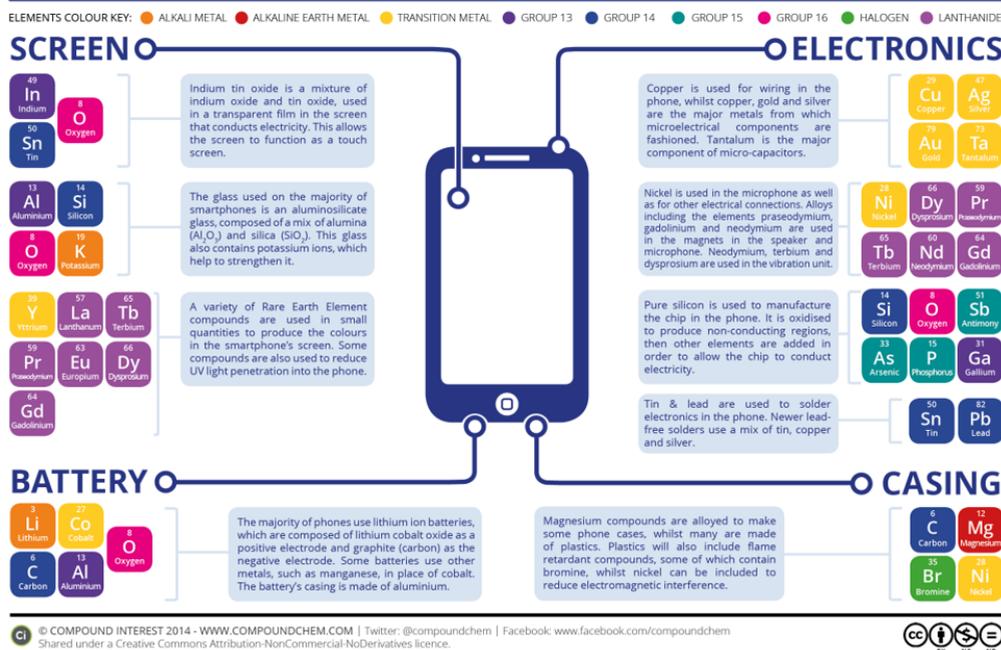


Figura 5. Elementi presenti in uno smartphone

I più importanti utilizzi delle Terre Rare si devono al fatto che questi elementi sono superconduttori, potenti magneti, alliganti in numerose leghe metalliche speciali, catalizzatori, ecc.

I principali produttori di Terre Rare sono Cina, Stati Uniti, Australia e recentemente si è inserito anche il Brasile.

## 6. Caratteristiche e impieghi di alcune Terre Rare

### Praseodimio

È uno dei più importanti elementi delle Terre Rare. Il praseodimio è oggi impiegato largamente in molte apparecchiature elettriche ed elettroniche comuni: televisori a colori, smartphone (sia nell'elettronica che nello schermo), lampade economizzatrici d'energia, catalizzatori, ecc.

Il suo impiego tradizionale è quello di una lega piroforica usata nelle pietrine per gli accendini per sigarette. In leghe al magnesio produce metalli ad alta resistenza usati soprattutto nei motori degli aerei: questo costituisce un impiego molto importante. Il suo ossido è usato negli elettrodi per l'accensione dell'arco elettrico e per dare al vetro un bel colore giallo.

È un metallo malleabile e morbido di colore argenteo. È un elemento quattro

volte più abbondante dello stagno e si trova nei minerali monazite e bastnasite. I principali paesi produttori sono Cina, Stati Uniti, Brasile, India, Sri Lanka e Australia. La produzione mondiale di praseodimio è di circa 2.500 tonnellate l'anno.

### **Neodimio**

Il neodimio trova applicazioni nei seguenti campi: avionica, aerospazio, fotovoltaico, eolico, automazione, vari circuiti elettronici e nell'auto motive per le sue *eccezionali caratteristiche*. Il neodimio viene infatti utilizzato per produrre speciali magneti permanenti in lega con ferro e boro (NdFeB) a elevata coercitività<sup>21</sup>. È essenziale nei rotor delle turbine eoliche.

I vetri al neodimio sono usati per costruire i laser a impulsi più potenti del mondo (sono in grado di fornire potenze dell'ordine dei TW per ogni singolo impulso), tipo quelli che sono stati impiegati negli esperimenti di fusione nucleare realizzati negli Stati Uniti. Come già accennato, la lega più importante del neodimio è NdFeB che costituisce potenti magneti permanenti. Questi si trovano nei moderni veicoli, nei computer, negli smartphone, negli auricolari, in componenti magnetici di vari tipi di microfoni professionali e in casse per la musica (altoparlanti di qualità). Ha impiego anche per colorare vetri in grado di assorbire il colore dovuto al sodio nelle fiamme; viene, perciò, impiegato negli occhiali per saldatori e per colorare il vetro (rosso porpora).

Il neodimio è il secondo elemento più abbondante in natura delle Terre Rare (dopo il cerio) ed è abbondante quasi quanto il rame. Si trova in minerali lantanidi, come monazite e bastnasite. La sua separazione dalle altre Terre Rare presenti in questi minerali è assai difficoltosa. Le principali aree produttive del neodimio sono Brasile, Cina, Stati Uniti, India, Sri Lanka e Australia. Le riserve di neodimio sono stimate intorno a 8 milioni di tonnellate; la produzione mondiale di ossido di neodimio è di circa 7.000 tonnellate annue.

### **Gadolinio**

Il gadolinio viene impiegato per produrre compact disk e dispositivi di memoria per computer. Composti di gadolinio sono impiegati come mezzo di contrasto intravenoso nella risonanza magnetica. Sali di gadolinio sono usati nei televisori a colori. Ha una elevata sezione di cattura dei neutroni termici per cui viene utilizzato nei sistemi di controllo, di emergenza e di spegnimento di reattori nucleari. Aggiungendo l'1% di gadolinio a ferro, cromo e loro leghe ne migliora decisamente la resistenza alle alte temperature. Il gadolinio è usato anche per realizzare sensori magnetici di temperatura.

È un metallo bianco argenteo duttile e malleabile. È abbastanza stabile all'aria a differenza di altri elementi delle Terre Rare. Il suo principale minerale è la gadolinite (che deve il suo nome al chimico finlandese Johan Gadolin).

<sup>21</sup> Per forza coercitiva si intende l'intensità di campo necessaria a smagnetizzare completamente un magnete quando viene esposto a un campo magnetico di segno opposto. Più questo valore è alto, più un magnete è in grado di mantenere la sua magnetizzazione.

## **7. Perché lo sviluppo futuro sia ecosostenibile è necessario mettere in atto un sistematico, efficiente riciclo di materie prime, in primo luogo di quelle critiche. Dunque: riciclo, riciclo, riciclo!**

Per continuare a sviluppare le attuali tecnologie e produrre, ad esempio, materiali necessari alle energie pulite la risposta è il riciclaggio dei rifiuti delle materie prime utilizzate.

Questo vale soprattutto per l'Europa e in particolare per l'Italia. Come siamo messi in Italia per quanto riguarda il riciclaggio?

### **7.1 Il riciclo in Italia, in particolare delle materie prime critiche**

Ermete Realacci, Presidente di Symbola, la Fondazione delle qualità italiane, ex presidente della commissione parlamentare Ambiente, nell'ultimo rapporto sull'economia italiana<sup>22</sup> afferma «L'Italia deve andare fiera perché si conferma nell'economia circolare una superpotenza... Il nostro è il paese con il più alto tasso di riciclo sul totale dei rifiuti urbani e speciali, il 79,4 %, un valore molto superiore alla media europea (48,6%). I rifiuti urbani sono solo il 15% dei rifiuti e sono riutilizzati all'80%... Questo ci permette di risparmiare 23 milioni di tonnellate di petrolio l'anno, la stessa quantità di gas che prendevamo dalla Russia e l'emissione di 63 milioni di tonnellate di CO<sub>2</sub>. Poiché siamo abituati da secoli alla mancanza di materie prime, il nostro modo di fare impresa è anche il frutto della necessità di fare i conti con i nostri limiti ... e la strada già tracciata per il futuro del Made in Italy lo dimostrano le 441.000 imprese che hanno investito negli ultimi 5 anni in tecnologia e prodotti green e sono quelle che innovano di più, esportano di più e producono più posti di lavoro».

In Italia siamo dunque grandi riciclatori di carta, vetro, plastica, acciaio, ecc., ma *siamo molto indietro nel recupero e riciclaggio dei RAEE*, i residui di apparecchiature elettriche ed elettroniche (Figura 6): ne raccogliamo appena il 37% di quelli che produciamo, molto al di sotto dell'obiettivo proposto dall'UE, il 65%.

Eppure, queste sono diventate apparecchiature strategiche perché fonti di preziosi minerali come quelli critici. In particolare, di quelle 34 materie prime critiche selezionate dall'UE con il Critical Raw Materials Act (CRM) il 16 marzo 2023, molte sono recuperabili attraverso i RAEE e la UE stabilisce che il 15% del loro consumo dei Paesi dell'UE debba arrivare proprio dal riciclo.

<sup>22</sup> Fiammetta Cupellaro, *Siamo i campioni del riciclo*, «La Repubblica», 3 giugno 2023.



**Figura 6.** Esempi di rifiuti di apparecchiature elettriche ed elettroniche (RAEE)

Lo studio di The European House Ambrosetti, commissionato da Erion<sup>23</sup>, presentato recentemente a Roma, sostiene che dalle materie prime critiche dipendono ecosistemi industriali di un valore di 686 miliardi di euro, il 38% del PIL italiano. Ne consegue che, *senza l'apporto delle materie prime critiche non ci può essere una transizione ecologica, in particolare energetica.*

Giorgio Arienti, direttore generale di Erion, afferma che “Dalle nostre case escono almeno 720.000 tonnellate l'anno di RAEE, a noi ne arrivano circa 360.000, le altre scompaiono nel nulla<sup>24</sup>. Una parte va nelle discariche abusive, una parte importante salpa dai nostri porti in modo illegale<sup>25</sup>, diretta verso Paesi in via di sviluppo, dove viene smaltita in maniera poco rispettosa per gli addetti alla lavorazione e per l'ambiente”.

I piccoli RAEE (cellulari, tablet, console, chiavette Usb, ecc.), le apparecchiature di maggior interesse ricche di materie prime critiche, vengono dimenticate nelle nostre case o si gettano insieme ai comuni rifiuti<sup>26</sup>. Sempre secondo lo studio Ambrosetti, se in Italia si raggiungesse lo standard europeo di recupero e trattamento dei RAEE (il 65%), potremmo recuperare 17.000 tonnellate di materie prime critiche corrispondenti a circa il 25% di quelle che abbiamo importato dalla Cina nel 2021.

<sup>23</sup> Erion è il Consorzio costituito dai produttori per la raccolta e gestione dei RAEE.

<sup>24</sup> Rosaria Amato, *Metà dei rifiuti elettrici scompare nel nulla*, «La Repubblica A&F», 19 giugno 2023.

<sup>25</sup> Per legge si possono esportare solo apparecchiature funzionanti.

<sup>26</sup> I negozi sono obbligati a ritirare i piccoli RAEE, anche in assenza di un acquisto da parte del cliente.

Sui RAEE recuperati c'è anche il problema degli impianti di smaltimento che, oltre a essere pochi, hanno anche lunghissimi iter autorizzativi. Erion, che abbiamo già citato in precedenza, ha presentato nel giugno 2022, per la prima volta, tutti i settori industriali in cui sono coinvolte le materie prime critiche (CRM). Nel nostro Paese sono 26 le CRM indispensabili e, precisamente, si tratta dell'industria aerospaziale (87% del totale), 24 per l'industria energetica (80%), 21 per l'industria elettronica e la automotive (70%) e 18 per l'industria delle energie rinnovabili (60%).

Dallo stesso studio emerge anche la crescente importanza delle RAEE per il recupero di materie prime critiche: la Commissione Europea ne aveva individuate 14 nel 2011, 30 nell'ultimo censimento del 2020 e oggi siamo arrivati a 34, come abbiamo già ricordato.

Dunque, soprattutto in un contesto politico di forte instabilità, la concentrazione di materie prime critiche in Paesi terzi, rende sempre più urgente *concentrare un forte impegno nella produzione domestica delle CRM e i rifiuti delle RAEE rappresentano sempre più la fonte alternativa di approvvigionamento indispensabile*<sup>27</sup>.

In conclusione, citiamo la dichiarazione di Giorgio Arienti, Direttore Generale di Erion, «Come ci mostra lo Studio Ambrosetti, grazie ai RAEE disponiamo già di una miniera urbana quanto mai strategica, ma che stentiamo a valorizzare. Infatti, il mancato contrasto ai flussi illegali, gli ostacoli che i cittadini incontrano nell'attuare comportamenti ambientalmente virtuosi, fino alla carenza impiantistica, fanno sì che ancora oggi si sprechino migliaia di tonnellate di materie prime critiche, cedendole all'estero o lasciando che vadano perse in canali clandestini. Per questo, come Eriola attività di ricerca, chiediamo da tempo alle istituzioni azioni migliorative, in cui il rifiuto non sia visto come semplice scarto, ma come una risorsa di valore da cui dipende lo sviluppo economico di settori chiave del nostro Paese».

La Società Chimica Italiana (SCI) il 30 maggio scorso ha inviato ai soci che si occupano di materiali critici un questionario per raccogliere informazioni su chi si occupi del settore e svolga attività di ricerca.

Una nota per concludere: è largamente noto che da tempo il sito metallurgico di Portovesme, in Sardegna, che produceva zinco e altri metalli, è entrato in crisi per effetto del caro energia, ma notizie recenti sostengono che dovrebbe ripartire avviando la produzione di litio ricavato dal "tritato nero" delle batterie a fine vita. La riconversione dovrebbe avvenire in tre anni<sup>28</sup>. Cosa dire? Se son rose... fioriranno!

<sup>27</sup> The European House, *Gli scenari evolutivi delle materie prime critiche e il riciclo dei prodotti tecnologici*, Comunicazione giugno 2022, Roma. Rosaria Amato, *Cellulari e lavatrici, una miniera in città*, il «Venerdì di Repubblica», 16 giugno 2023.

<sup>28</sup> Diego Longhin, *L'ultima scommessa di Portovesme, un centro per il riciclo del litio*, «La Repubblica», 28 maggio 2023.

# Condensazione aldolica e visual thinking

## Come usare sketchnotes per descrivere un percorso teorico-sperimentale di Green Chemistry

**Giulia Castiglioni**

Docente di chimica organica presso IIS Capellini-Sauro, La Spezia  
e-mail: [giulia.castiglioni@capellinisauro.edu.it](mailto:giulia.castiglioni@capellinisauro.edu.it)

---

**Abstract.** An alternative to the implementation of the classic lab notebook is proposed, in which visualization and schematization strategies are carried out in the inclusive view toward students preferring pencil over pen, drawing over text. Everything is included in a Green Organic Chemistry pathway, based on the carbonyl compounds and related aldol synthesis.

**Keywords:** sketchnotes; condensazione aldolica; green chemistry

---

### 1. Introduzione

L'idea di realizzare una sintesi *green* durante il percorso laboratoriale nella mia classe quarta "Chimica e Materiali" è scaturita in seguito al corso di aggiornamento per docenti della Scuola Nazionale di Didattica della Chimica "Giuseppe del Re" [1] tenuta nella splendida cornice di Bertinoro, dove frequentai il laboratorio dedicato alla Chimica Organica Green I e II (a cura di Luigi Fabbrizzi e Sandro Jurinovich). Durante il suddetto laboratorio vennero illustrati i principi della *Green Chemistry* e la loro applicazione in diverse reazioni di chimica organica, tra cui la sintesi che verrà esposta in questa trattazione. Contestualmente, prende sempre più forma e consistenza la mia convinzione riguardo alle enormi potenzialità didattiche che il *visual thinking* offre ai ragazzi che si trovano a dover compilare il quaderno di laboratorio, durante le esperienze che affiancano la parte teorica.

Il quaderno è uno strumento che descrive il flusso di lavoro. Raccoglie i dati sperimentali connessi a una data reazione chimica che va intesa come riproducibile da parte di qualsiasi operatore. Il quaderno stesso diventa un manuale da consultare e una guida per chiunque intenda svolgere la reazione in esame.

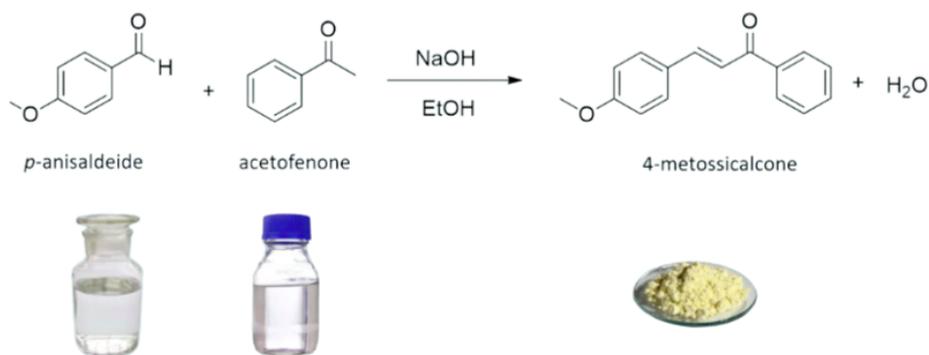
La compilazione del quaderno è spesso eseguita in maniera superficiale e affrettata dalla maggior parte degli studenti che non arrivano a considerare l'importanza del loro "racconto" come guida facilitatrice per altri chimici che vogliano approcciare la stessa reazione. Su questa base, da alcuni anni, invito i miei studenti a usare lo strumento del disegno e del fumetto per poter arrivare

a descrivere ciò che svolgono in laboratorio in maniera visuale, mentre il testo risulta sempre insufficiente e poco efficace. La rappresentazione visuale risulta di per sé più veloce e chiara nella descrizione, soprattutto per quanto riguarda le sequenze operative di una reazione di sintesi, costringe lo studente a porre un'attenzione maggiore ai fenomeni e lo aiuta a fissare in maniera più duratura le procedure. Il quaderno risulta personalizzato e inevitabilmente più curato. Da anni, in accordo con l'insegnante tecnico-pratico, non viene richiesta più la relazione sull'attività, ma un'adeguata compilazione del quaderno personale, che viene periodicamente revisionato e commentato. Questo modo di procedere si accompagna, chiaramente, a una occasionale richiesta di restituzione dati, qualora la prova lo consenta, al termine delle due ore di laboratorio.

L'introduzione del disegno nel quaderno di laboratorio nasce, *in primis*, dalla scoperta dello strumento *visual thinking* e di uno dei suoi maggiori utilizzatori in campo scientifico, Jacopo Sacquegno, un giovane biologo molecolare che ha saputo unire queste sue competenze in una vera e propria professione, appunto lo *sketchnoter* [2]. In questa sede riporto quindi gli esiti della sintesi aldolica condotta nella mia classe quarta di chimici, durante l'anno scolastico 2022-23, riportando quelle che sono le conclusioni dal punto di vista didattico anche in un'ottica "visuale", a partire dai quaderni dei miei studenti.

## 2. Materiali e metodi

La sintesi del 4-metossicalcone (vedi schema in figura 1) è stata svolta in laboratorio durante la trattazione dei composti carbonilici [3], insieme all'analisi dei dodici principi della *Green Chemistry* [4] su cui è stato svolto il lavoro di approfondimento, descritto nella sessione di restituzione della Scuola Nazionale di Didattica della Chimica "Giuseppe del Re", prima citata.



**Figura 1.** Schema della sintesi eseguita

La sintesi in oggetto ha indubbi vantaggi: tra tutti, la possibilità di poter far svolgere la prova ai ragazzi in completa autonomia, data la bassa pericolosità associata alla procedura, e l'alta resa che, si sa, incoraggia sempre molto gli studenti. La prova può essere svolta agevolmente durante la lezione di laboratorio, che solitamente comprende due moduli orari, o al più, dovendo sec-care il prodotto, può essere conclusa nella lezione successiva, che può essere dedicata anche a una discussione di gruppo sull'esito e sulle osservazioni (ad esempio, punto di fusione e purezza, aspetto delle TLC nei vari intervalli di tempo).

L'analisi qualitativa si basa principalmente sul punto di fusione che gli studenti padroneggiano già dalla classe terza; la cromatografia su strato sottile, in questa prova, si svela in tutta la sua potenzialità, poiché gli studenti la utilizzano per valutare i tempi di reazione e la purezza del prodotto che ottengono.

### 3. Procedura sperimentale

La reazione è molto veloce e può essere condotta "in piccolo" con minime quantità di reagenti, a freddo e con la sola agitazione. La condensazione si svolge quasi istantaneamente tra la *p*-anisaldeide e l'acetofenone, secondo la procedura di seguito riportata.

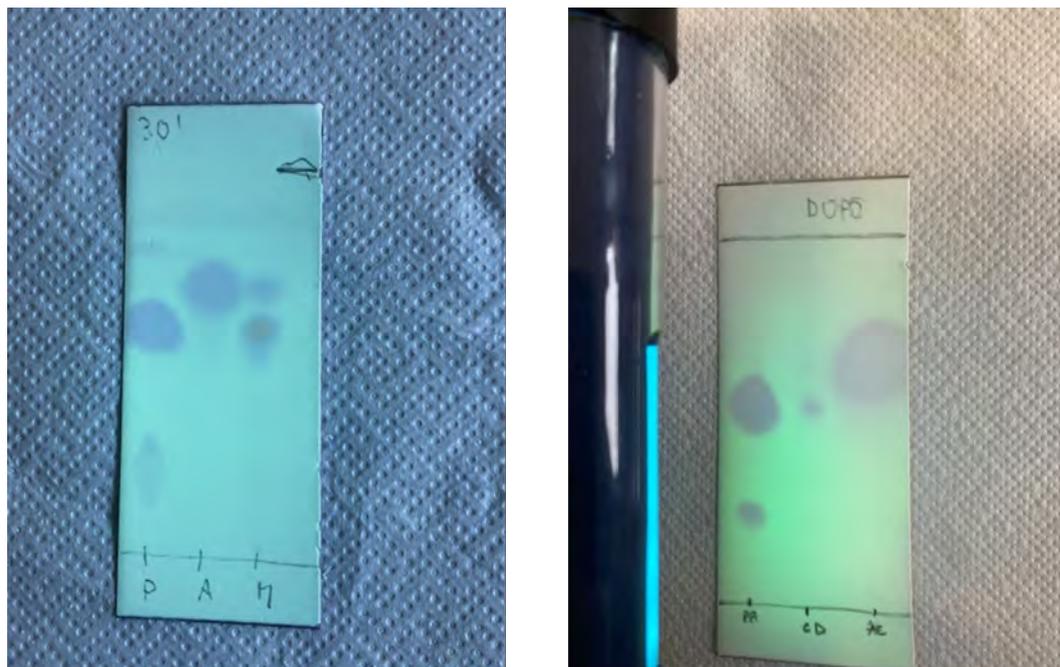
- In una beuta, munita di ancoretta magnetica, sciogliere 3,0 ml (0,025 moli) di *p*-anisaldeide e 2,9 ml (0,025 moli) di acetofenone in 10 ml di etanolo; quindi aggiungere 1 ml di NaOH 4 M (la soluzione da incolore vira subito al giallo).
- Dopo circa 30' determinare il grado di avanzamento della reazione in TLC (254 nm) con una miscela di eluenti (esano e acetato di etile rispettivamente nel rapporto 7:3).
- Al termine della reazione, porre la miscela in un bagno di ghiaccio per favorire la formazione dei cristalli di prodotto; filtrare poi i cristalli su Büchner, lavare con etanolo freddo (goccia a goccia) e asciugare all'aria.
- Determinare il punto di fusione del prodotto ottenuto (77-78 °C), per verificare la purezza, e calcolare la resa di reazione.

### 4. Risultati e discussione

#### 4.1 Quaderno di laboratorio, monitoraggio della reazione e analisi dei prodotti

In figura 2 sono riportate le fotografie del quaderno di laboratorio di un alunno che ha colto subito l'occasione per esprimere la sua passione per il disegno e per la chimica rappresentando la procedura della sintesi richiesta.





**Figura 3.** Foto delle lastrine da TLC riferite alla miscela di reazione (sinistra) e al prodotto dopo filtrazione (destra)

Come si può dedurre dalle lastrine eseguite dagli studenti, dopo 30' dall'inizio della reazione, il prodotto è ben visibile essendo colorato di giallo, ma permane ancora dell'acetofenone nella miscela di reazione (Figura 3, sinistra, M è la miscela di reazione), che scompare dopo filtrazione del prodotto (Figura 3, destra, CA-calcone presenta un solo spot). L'acetofenone non reagito, essendo liquido, è stato separato dalla miscela di reazione.

Interessante sarebbe poter effettuare uno spettro IR del prodotto di reazione o, al più, discutere quelli presenti in letteratura su sintesi analoghe [5].

#### **4.2 Calcoli delle metriche di Green Chemistry**

Gli studenti, inoltre, hanno svolto i calcoli necessari per poter ottenere tre metriche fondamentali per valutare l'impatto *green* della reazione: la resa di reazione, l'*atom economy* (AE) e l'*environmental factor* (E-factor). I calcoli mostrati di seguito si riferiscono a un gruppo di lavoro.

##### *Resa % di reazione*

Dalla massa di prodotto ottenuta,  $m_{\text{calcone}} = 4,00 \text{ g}$ , si può facilmente calcolare la resa di reazione:

$$R\% = \frac{n_{sperimentali}}{n_{teoriche}} \cdot 100 = \frac{4,00 \text{ g}}{0,025 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} \cdot 100 = 68\%$$

### Atom Economy %

L'*atom economy* è un parametro che permette di quantificare quale percentuale degli atomi dei reagenti viene davvero incorporata nel prodotto desiderato e quale invece va sprecata; in altre parole, quantifica se stiamo utilizzando nel modo più proficuo possibile tutti gli atomi dei reagenti. Il parametro si calcola facendo il rapporto tra la massa molare del prodotto e quella di tutti i reagenti utilizzati.

$$AE\% = \frac{MM_{prodotto}}{\sum MM_{reagenti}} \cdot 100 = \frac{MM_{calcone}}{MM_{p-anisalaldeide} + MM_{acetofenone}} \cdot 100$$

Nel nostro esempio, l'*atom economy* risulta:

$$AE\% = \frac{238}{136 + 120} \cdot 100 = 93\%$$

### E-factor

L'*environmental factor*, indica il rapporto tra la massa totale di rifiuti e la massa di prodotto ottenuta nella reazione [6]. Con la massa totale di rifiuti si intendono tutte le sostanze e i solventi coinvolti nel processo che costituiscono un rifiuto da smaltire al termine della reazione (ad es., solventi utilizzati, reagenti non reagiti, eventuali sottoprodotti, ecc.).

**Tabella 1.** Masse delle sostanze utilizzate nel calcolo di *E-factor*

	Sostanza	m (g)	Note
Reagenti	<i>p</i> -anisaldeide	3,40	Massa non reagita*
	acetofenone	3,00	Massa non reagita*
Solventi	NaOH	0,16	
	Etanolo	7,90	Solvente di reazione
	Etanolo	7,90	Lavaggio prodotto
Prodotti	Calcone	4,00	Prodotto ottenuto
	Acqua	0,29	Non considerata rifiuto

(\*) Dato calcolato dalla resa di reazione

Con i dati riportati in Tabella 1 si può calcolare l'*E-factor* della reazione.

Nel termine  $m_{\text{reagenti}}$  includiamo la *p*-anisaldeide, l'acetofenone, l'NaOH e l'etanolo, utilizzato sia come solvente di reazione che come solvente di lavaggio, mentre il prodotto di interesse è il calcone (tra i rifiuti non abbiamo considerato la massa di acqua che si forma dalla reazione):

$$E\text{-factor} = \frac{m_{\text{rifiuti}}}{m_{\text{prodotto}}} = \frac{m_{\text{reagenti}} - m_{\text{prodotto}}}{m_{\text{prodotto}}} = \frac{22,35\text{ g} - 4,00\text{ g} - 0,29\text{ g}}{4,00\text{ g}} = 4,52$$

Per la nostra reazione abbiamo ottenuto un *E-factor* di 4,52 e, quindi, possiamo dire che per ogni grammo di prodotto ne abbiamo circa 5 di scarto. In generale, l'obiettivo di una sintesi *green* è anche quello di minimizzare il valore di *E-factor*, in quanto più questo valore è basso, minore è la percentuale di scarti che devono essere poi smaltiti.

### 4.3 Feedback sull'attività svolta

A seguire, alla classe è stato somministrato un questionario (Google Moduli) sull'attività svolta, di cui si riportano di seguito i risultati.

#### Domande del questionario somministrato agli studenti

1. Perché esiste la chimica verde?
2. Ti è piaciuta la prova di sintesi del metossicalcone?
3. Dal punto di vista cinetico, come puoi definire la reazione che hai condotto?
4. Da cosa hai desunto che la reazione si fosse innescata?
5. Quali informazioni hai potuto trarre dall'esecuzione delle cromatografie su strato sottile?
6. In cosa differiscono le TLC effettuate prima e dopo la filtrazione e perché?
7. La sintesi dell'aspirina è più o meno *green* della sintesi del metossicalcone e perché?
8. È possibile, secondo te, che avvengano *side reactions* e perché?

#### Analisi delle risposte al questionario

La premessa che occorre fare è che il questionario è stato somministrato senza una restituzione collettiva in classe della prova svolta e i risultati dimostrano che, in realtà, la classe non ha compreso con efficacia ciò che sottende alla prova, almeno non in tutti i suoi aspetti.

Dall'analisi delle risposte sono emerse le seguenti criticità:

- è poco chiaro l'aspetto cinetico della reazione, cosa significhi reazione lenta/veloce;

- altrettanto poco chiaro è l'aspetto relativo alla formazione del prodotto rispetto all'innesco della reazione (secondo gli studenti la reazione si innesca solo se si forma il precipitato, il cambio di colore della miscela di reazione non è sufficiente!);
- Il concetto di reazione green è visto dagli studenti primariamente legato alla natura di reagenti e prodotti; non è ancora chiaro il concetto globale della *Green Chemistry* in tutti i suoi aspetti.

Sono, comunque, emersi dei punti di forza:

- gli studenti traggono grande stimolo dalle reazioni di sintesi e successiva caratterizzazione qualitativa dei prodotti;
- hanno chiaro quelli che sono gli obiettivi della chimica verde all'interno del mondo della sostenibilità ambientale che permea molte delle discipline che studiano;
- l'esecuzione delle cromatografie su strato sottile ha innescato un ottimo dialogo di confronto tra gli alunni che ne hanno colto immediatamente l'aspetto qualitativo legato al grado di avanzamento della reazione che stavano svolgendo;
- è chiaro il concetto di side-reactions e di come uno stesso reagente possa essere coinvolto in più di una reazione possibile.

## 5. Conclusioni

Le conclusioni al termine del percorso svolto vanno divise rispetto alle due tematiche affrontate: l'aspetto *green* di una reazione di sintesi organica e l'approccio "*visual*" nella compilazione del quaderno.

### ***Aspetto green di una reazione di sintesi organica***

Indubbiamente la sintesi proposta soddisfa in gran parte quelli che sono i dodici principi della *Green Chemistry*, in termini di:

- elevata economia atomica (93%)
- il basso dispendio energetico
- l'utilizzo di reagenti a bassa tossicità
- la possibilità di svolgere la sintesi in piccolo
- nessuna purificazione necessaria
- l'alta resa (68%)
- il moderato *environmental factor* (4,52)

### ***Approccio visual nella compilazione del quaderno***

«Il *Visual Thinking* è un approccio che permette di visualizzare e organizzare idee e concetti disegnando parole, sketch, diagrammi e mappe. Uno strumento

efficace per individuare i concetti chiave, creare connessioni tra di essi, generare riflessioni e ispirare intuizioni; essa, combinando verbale e visuale si rivela molto efficiente (per la rapidità di rappresentare concetti complessi con delle immagini rispetto a descriverli a parole) ed efficace (per l'unione di verbale e visuale) per la memorizzazione a lungo termine, la comprensione dei concetti e la connessione delle idee» [2].

La visualizzazione del flusso di passaggi che vengono svolti durante una reazione di sintesi organica è risultata più efficace e apprezzata dagli studenti, che hanno dimostrato passione e cura verso la narrazione grafica del loro lavoro, accompagnata certamente da note e osservazioni, rispetto alla stesura classica del quaderno in forma verbale-descrittiva. Visualizzare – schematizzare – riflettere – comunicare – assorbire: secondo questa sequenza lo studente affronta l'attività sperimentale e ne fa una descrizione sul proprio quaderno di laboratorio. Ciò implica un maggiore coinvolgimento dello studente nello svolgimento della prova, un'analisi più approfondita e accurata [7] dei fenomeni e uno "storage" a medio-lungo termine delle procedure.

La passione per il visuale mi porta a curare io, *in primis*, ciò che accompagna le mie lezioni, le mie lavagne innanzitutto, nel tentativo di rendere meno pesante lo sforzo cognitivo dei miei studenti nel comprendere ciò che rappresento, per esempio, se spiego la reattività di un gruppo funzionale; gli spazi, i colori, le dimensioni di ciò che si descrive può rendere la codifica e la comprensione certamente più agevoli, soprattutto se si tratta di affrontare materie quali la chimica organica, dove tutto è frecce e molecole che condensano, sommano, eliminano, ramificano.

## Riferimenti

- [1] <https://www.soc.chim.it/it/node/3002>
- [2] <https://jacoposacquegnographics.wordpress.com/>
- [3] H. Hart, L. E. Craine, D. J. Hart, *Chimica Organica* (settima edizione), Zanichelli, Bologna, 2012.
- [4] T. Anastas, J. C. Warner, *Green Chemistry: Theory and Practice*, Oxford University Press, 2000.
- [5] C. A. M. Afonso, et al., *Comprehensive Organic Chemistry Experiments for the Laboratory Classroom*, The Royal Society of Chemistry, 2016.
- [6] R. A. Sheldon, The E-factor 25 years on: the rise of green chemistry and sustainability, *Green Chemistry*, 2017, **19**, 18-43.
- [7] M. M. Cooper, M. Stieff, D. DeSutter, Sketching the invisible to predict the visible: from drawing to modeling in Chemistry, *Topics in Cognitive Science*, 2017, **9**, 902-920.

## 3Rs e i prodotti del futuro Act Now for the Sustainable Development Goals - SDGs in STEM Education

**Maria Zambrotta**

IIS Santorre di Santarosa - Torino

e-mail: [maria.zambrotta@santorre.it](mailto:maria.zambrotta@santorre.it)

---

**Abstract.** The work 3Rs and the product of the future, developed by the three authors Iro Koliakou, Anders Floren and Maria Zambrotta, aims to stimulate reflection on more sustainable productions, starting with both raw and recycled materials. The abbreviation “3 R’s” stands for Reduce, Reuse, and Recycle and encapsulates the aims of the activities: the impact of daily plastic use is highlighted, several workshop activities on the study and reuse of wool, and the production of cement from mussel shells are presented. The goals are to engage students in active learning and stimulate their critical thinking.

In the online publication curated by Science on Stage, the following three sections are developed: (1) Bioplastics concerning an in-depth look at the use of plastics and the production of bioplastics; (2) Wool as a resource; in this regard some teaching units are published on wool as a raw material for bio-based products and the production of different products through simple chemistry experiments are reported; (3) How to make cement from mussel shells in which the production of cement using biomaterials is illustrated.

In this article will be presented only the section related to the Wool.

**Keywords:** lana; bioplastiche; biomassa; cheratina; Agenda 2030

---

### 1. Introduzione generale

L’unità presentata di seguito è parte integrante di un lavoro più ampio sviluppato da diversi autori, sotto il coordinamento di Science on Stage - Europe.

Le attività nascono con l’obiettivo di coinvolgere gli studenti in un apprendimento attivo, di coltivare il loro pensiero critico e di spingerli a riflettere su processi più sostenibili, per produrre oggetti di uso quotidiano, sia da materiali grezzi che da materiali riciclati.

L’abbreviazione “3R” sta per Ridurre, Riutilizzare e Riciclare e racchiude le finalità dei percorsi: viene messo in evidenza l’impatto dell’uso quo-

tidiano della plastica, vengono presentate diverse attività di laboratorio sullo studio e il riuso della lana e sulla produzione di cemento da gusci di mitili.

Le attività partono da un questionario, per verificare le conoscenze degli studenti sui concetti di base dell'economia circolare, seguite, poi, da tre unità didattiche, elaborate da diversi autori, che possono essere anche svolte separatamente.

1. *Bioplastiche*: attraverso le attività sulle bioplastiche, gli studenti sono guidati alla conoscenza dei polimeri, alla loro importanza nella nostra vita quotidiana e alle conseguenze ambientali del loro utilizzo.
2. *Lana come risorsa*: vengono presentate alcune attività di laboratorio per esplorare la composizione della lana, valutarne alcune caratteristiche chimiche e realizzare prodotti di riuso mediante semplici esperimenti.
3. *Produzione di cemento*: viene proposta una riflessione sulla produzione del cemento e presentati esperimenti finalizzati a ricavare il cemento dai gusci dei mitili.

Una panoramica dell'intera attività, presentata direttamente dagli autori, è in un webinar disponibile al link <https://youtu.be/8-JnIxsesWA>, mentre il lavoro completo è reperibile al link: <https://www.science-on-stage.eu/act-now-sdg>.

Di seguito viene presentata l'unità didattica numero 2 che è stata elaborata dall'autrice del presente articolo.

## **2. Introduzione all'unità didattica (n. 2): cosa si può fare con la lana?**

Le diverse esperienze proposte sono frutto di una collaborazione con l'ITS TAM (Tessile, Abbigliamento, Moda) di Biella e nascono da una riflessione sul mercato della lana e la gestione degli scarti. Le attività possono essere inserite in diversi percorsi curriculari:

- economica circolare e riuso degli scarti;
- caratterizzazione biochimica della lana.

Le attività di laboratorio e gli approfondimenti disciplinari possono essere proposte nella Scuola Secondaria sia di primo grado che di secondo grado.

### **2.1 Il mercato della lana**

La lana di pecora è sempre stata utilizzata come prodotto agricolo dalle comunità pastorali, ma nel 2002, a seguito di una legge europea, la lana ha cambiato il suo status; il vello è passato da prodotto agricolo a materiale di categoria 3 (identificato come rifiuto). Da allora la lana sporca deve essere ripulita in centri specializzati per ridurre la presenza di batteri.

Le fasi del processo sono ben descritte dai Regolamenti europei, il Reg.

1069/2009 che abroga il Regolamento (CE) n. 1774/2002 e nel suo recepimento da parte degli Stati membri.

La tosatura delle greggi è un atto che gli allevatori devono compiere almeno una volta all'anno per mantenere il benessere dell'animale, ma poiché la lana ha diminuito il suo potere economico sul mercato europeo, è diventata per la maggior parte delle aziende agricole solo un costo.

Per rivalutare il prodotto e il mercato, negli ultimi anni sono state sempre più numerose le ricerche accademiche e industriali finalizzate allo sfruttamento della lana come biomassa e fonte di cheratina [1, 2, 3].

Un interessante approccio da proporre agli studenti potrebbe anche essere l'analisi del problema partendo da un punto di vista storico, come suggerito dagli autori del CNR di Biella [4], per arrivare alle nuove ricerche innovative [5].

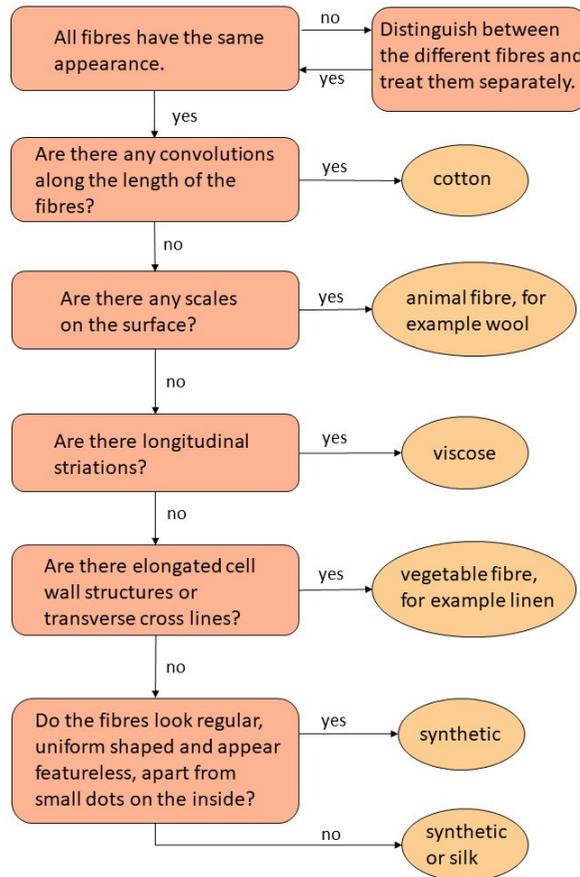
## ***2.2 Studio delle caratteristiche morfologiche e della composizione biochimica della lana***

La lana è una fibra tessile naturale che si ricava principalmente dal vello di pecore, da alcuni tipi di capre e conigli. È composta principalmente da circa l'82% di proteine cheratiniche ad alto contenuto di cistina localizzate negli strati di squame e corteccia, dal 17,2% di proteine non cheratiniche a basso contenuto di cistina e da circa lo 0,8% di materiali non proteici sulla superficie dello strato di squame [6].

Dal punto di vista morfologico la fibra laniera è costituita da uno strato esterno composto da cellule piatte sovrapposte, una struttura interna e un midollo.

Un'interessante attività da proporre agli studenti è la distinzione tra le fibre naturali, come lana, cotone o lino, e le fibre artificiali mediante l'osservazione con un microscopio. Si possono, infatti, differenziare confrontando la vista longitudinale e la vista in sezione trasversale: in vista longitudinale, la lana appare cilindrica, irregolare, ha una superficie ruvida, una struttura squamosa e può apparire un midollo scuro sulle fibre di lana grossolana; nella vista in sezione trasversale, la lana si presenta quasi rotonda o circolare e può comparire un midollo [7].

Può essere di aiuto fornire agli studenti una guida all'osservazione simile a quella riportata in figura 1, reperibile sul sito <https://www.science-on-stage.eu/material/3-rs-keratin>.



**Figura 1.** Guida per l’osservazione al microscopio delle fibre (<https://www.science-on-stage.eu/material/3-rs-keratin>)

### **2.3 Composizione chimica della lana ed estrazione della cheratina**

Il primo utilizzo della cheratina per scopi medici dovuto all’erborista cinese Li Shi Zhen risale al XVI secolo. La parola “cheratina” è apparsa per la prima volta in letteratura intorno al 1850 per descrivere il materiale di cui sono composti i tessuti duri. Nel 1905, John Hoffmeier negli Stati Uniti descrisse il processo di estrazione della cheratina dalle corna degli animali utilizzando la calce. Lo sviluppo delle tecniche nell’ultimo secolo in termini di processo di estrazione, purificazione e caratterizzazione delle proteine della cheratina ha portato alla preparazione di biomateriali a base di cheratina nell’industria farmaceutica, medica, cosmetica e biotecnologica [8].

L’attività sperimentale proposta consiste di una prima parte che riguarda

propriamente la cheratina e di una seconda parte che, invece, si focalizza su alcuni metodi per tingere la lana.

### 3. Parte sperimentale sulla cheratina

#### 3.1 Estrazione della cheratina (link al video: <https://youtu.be/KIR3pSxrUPQ>)

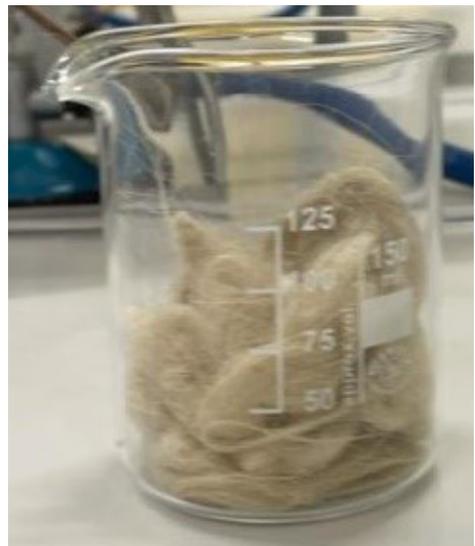
##### Materiali

- Fibre di lana grezza (la lana deve essere non trattata, grezza e non tinta per evitare alterazione dei risultati)
- Soluzione 1,0 M (in alternativa 0,1M) di idrossido di sodio (NaOH)
- Becher
- Bacchetta di vetro
- Guanti
- Camice da laboratorio
- Occhiali protettivi

##### Metodo

Pesare 5 g di lana grezza in un becher, ricoprirle con la soluzione di idrossido di sodio (150 ml) e mescolare la miscela con la bacchetta di vetro. Assicurarsi che la lana sia completamente coperta dalla soluzione di estrazione (Figura 2). Lasciare riposare per qualche ora. Se il tempo lo consente, attendere due ore prima dell'estrazione della cheratina. Se non è possibile aspettare, un periodo di 30 minuti permette già di avere un risultato sufficiente (Figura 3).

Il tempo indicato (idealmente 1 ora, o almeno 30 minuti) si riferisce all'ipotesi di una soluzione 1,0 M di NaOH; in alternativa, si può usare una soluzione meno concentrata (0,1 M) e lasciarla riposare per una notte. È meglio lavorare sotto cappa.



**Figura 2.** Lana prima dell'estrazione (<https://www.science-on-stage.eu/material/3-rs-keratin>)



**Figura 3.** Lana dopo l'estrazione (<https://www.science-on-stage.eu/material/3-rs-keratin>)

### *Analisi dei risultati*

Trascorso il periodo di estrazione si propone agli studenti di estrarre dalla soluzione una parte delle fibre e osservarne l'aspetto.

Vengono proposte le seguenti domande guida.

- Che aspetto ha la lana prima dell'estrazione?  
*Risposta possibile: colore bianco, morbida, con o senza arricciature.*
- Che aspetto ha la lana dopo il periodo di estrazione?  
*Risposta possibile: la lana assume un colore scuro e un aspetto gelatinoso.*
- Che aspetto ha la soluzione di estrazione al termine dell'esperienza?  
*Risposta possibile: la soluzione chiara e incolore dell'inizio diventa scura e torbida.*

Ulteriori domande di indagine da proporre agli studenti possono essere quelle riportate di seguito.

- Pensate che sia avvenuta una reazione chimica che ha in qualche modo modificato la lana?  
*Risposta possibile: i cambiamenti osservati nell'aspetto delle fibre, sia in termini di cambiamento di colore che di torbidità della soluzione, indicano che si sono verificate reazioni chimiche.*
- Si può ipotizzare che tipo di cambiamenti possano essere avvenuti a livello molecolare?  
*Risposte possibili: la soluzione di NaOH ha un pH basico e, quindi, le catene*

*di cheratina perdono la loro struttura 3D (denaturazione) e le fibre si dissolvono rendendo la soluzione gelatinosa; il colore scuro è causato dalla degradazione di alcuni aminoacidi; la cheratina può essere estratta senza degradarla, ma il processo di estrazione è piuttosto lungo e quindi difficile da realizzare in laboratorio; l'estrazione non degradativa viene effettuata utilizzando altri eluenti come, ad esempio, metabisolfito di sodio ed urea.*

Per completare il lavoro sperimentale si potrebbero introdurre anche altri esperimenti di semplice realizzazione sulla denaturazione delle proteine.

### **3.2 Flocculazione della cheratina (link al video: <https://youtu.be/KIR3pSXRUPQ>)**

#### *Materiali*

- Soluzione di cheratina in NaOH precedentemente estratta
- Provette
- Colino
- Pipette
- Piastre di Petri
- Portaprovette
- Occhiali Protettivi
- Guanti
- Etanolo ( $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ )
- Acetone ( $\text{CH}_3\text{COCH}_3$ )
- Acido citrico 6% (Acido 3-carbossi-3-idrossi-1,5-pentandioico,  $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$ )
- Aceto di vino bianco
- Succo di limone
- Acido acetico 1 M

#### *Metodo*

Predisporre 4 provette uguali all'interno di un portaprovette. Versare all'interno della prima provetta 10 ml di acetone, nella seconda 10 ml di etanolo, nella terza 10 ml di succo di limone e, infine, nella quarta 10 ml di aceto o acido acetico 1 M. È necessario filtrare il succo di limone prima di usarlo per ridurre la torbidità. L'acido citrico in soluzione al 6% ha un valore di pH simile al succo di limone; perciò, volendo, si potrebbe usare al posto di quest'ultimo.

Segnare con il pennarello il nome della sostanza sulla provetta in cui è contenuta. In seguito, determinare il pH delle diverse soluzioni usando la cartina di tornasole (Figura 4).



**Figura 4.** pH delle diverse soluzioni (<https://www.science-on-stage.eu/material/3-rs-keratin>)

Aggiungere goccia a goccia in ciascuna provetta circa 2 ml della soluzione di estrazione (Figura 5).



**Figura 5.** Flocculazione con diversi solventi (<https://www.science-on-stage.eu/material/3-rs-keratin>)

Completare la tabella sottostante con le *osservazioni* (nella tabella sono riportate come esempio le osservazioni effettuate da alcuni studenti).

Osservazioni			
Acetone	Aceto/Acido Acetico	Etanolo	Succo di limone
<ul style="list-style-type: none"> <li>la soluzione diventa torbida</li> <li>la proteina si deposita sul fondo della provetta</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>soluzione torbida</li> <li>la proteina si deposita sul fondo della provetta</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>i filamenti all'inizio rimangono in sospensione e poi si depositano sul fondo</li> <li>la soluzione diventa torbida</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>il succo di limone non permette la visione della flocculazione</li> <li>si possono osservare delle stratificazioni che successivamente si depositano sul fondo</li> </ul>

Possibili spunti di discussione:

- Cosa si intende con il termine flocculazione?
- A cosa potrebbe essere dovuto il diverso comportamento della cheratina nelle varie soluzioni?

Versare successivamente il contenuto di ciascuna provetta in una capsula di Petri e lasciare evaporare fino a completa *essiccazione*, al fine di ottenere l'estratto di cheratina.

### 3.3 Precipitazione della cheratina

Dopo aver osservato gli effetti dei diversi tipi di solventi, si può procedere alla precipitazione della cheratina dall'intera soluzione di estrazione (Figura 6), aggiungendo sotto cappa pochi ml di acido acetico 1 M fino al raggiungimento del punto isoelettrico ( $pI = 4,2 - 4,5$ ).



**Figura 6.** Precipitazione della cheratina (<https://www.science-on-stage.eu/material/3-rs-keratin>)

Successivamente si separa la cheratina mediante filtrazione con un colino, si trasferisce il filtrato su un vetrino da orologio e si lascia asciugare.

### **3.4 Preparazione di un balsamo per capelli con la cheratina**

L'ultima attività proposta è stata la realizzazione di un balsamo partendo dalla cheratina estratta. Per una migliore riuscita in classe sarebbe meglio comprare la cheratina come soluzione al 25% m/V di cheratina in glicerina.

#### *Materiali per ottenere 50 ml di prodotto*

- 7,5 g di una soluzione di cheratina al 25% m/V in glicerina
- 3 g di alcol cetilico
- 7,5 g di burro di karitè
- 7 g di olio di mandorle e acido citrico

#### *Metodo*

Pesare tutti gli ingredienti in un becher, scaldare a bagnomaria fino alla fusione degli ingredienti. Aggiungere 1-2 gocce di olio essenziale e trasferire il prodotto ottenuto in un contenitore per l'utilizzo (Figura 7).



**Figura 7.** Balsamo ottenuto dalla cheratina (<https://www.science-on-stage.eu/material/3-rs-keratin>)

## **4. Parte sperimentale sulla tintura della lana**

La tintura naturale dei tessuti risale a epoche antichissime, quando l'uomo primitivo cominciò a decorare con i colori i propri abiti e le coperte necessari a ripararsi dalle intemperie. Studi archeologici rivelano che gli uomini vennero a

conoscenza dell'uso del colore nella pittura già nel 25.000 a.C., come testimoniato dai celebri disegni rinvenuti nelle grotte di Altamira (Spagna) e Lascaux (Francia). Ad oggi non conosciamo con precisione quando le tecniche pittoriche furono applicate alla tintura dei tessuti, ma reperti archeologici dell'epoca neolitica, come quelli rinvenuti nei villaggi di Ledro in Trentino, fanno presupporre con una certa approssimazione che gli uomini iniziarono a tingere il tessuto intorno al 3.000 a.C., in concomitanza con il passaggio dal nomadismo alla vita stanziale [9].

Un'ulteriore attività che viene presentata agli studenti è quella di tingere la lana con coloranti di origine naturale. Essa persegue due finalità: studiare le caratteristiche dei coloranti naturali e alcune tecniche di tintura delle fibre tessili e rendere la lana di scarto esteticamente più gradevole.

I coloranti naturali sono generalmente costituiti da molecole organiche dotate di cromofori in grado di assorbire le lunghezze d'onda della luce nella zona del visibile, oppure di manifestare questa proprietà quando si legano al tessuto e/o ad altre sostanze, come ad esempio particolari ioni metallici. Vengono estratti da piante, invertebrati marini, alghe, nonché prodotti da batteri e funghi. Si possono acquistare in estratto o in polvere e da ogni pianta si possono ottenere un numero considerevole di sfumature diverse [10, 11].

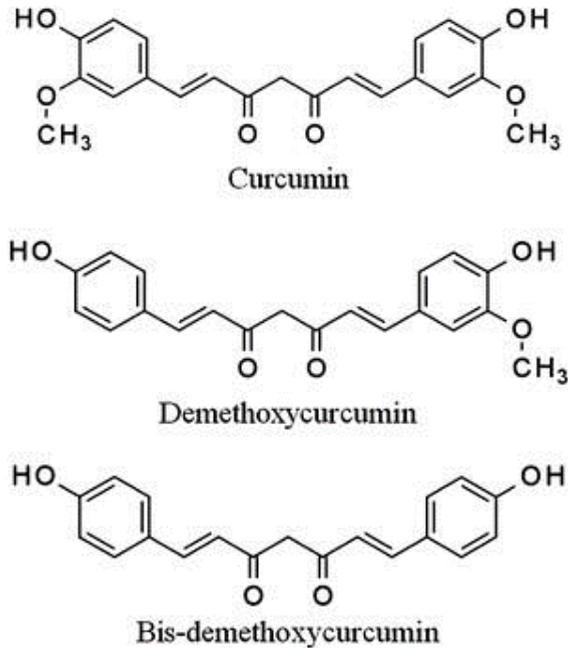
Generalmente, i coloranti vengono classificati in base a due criteri: alla composizione chimica o alla modalità di impiego. Una classificazione dei coloranti secondo la tipologia del processo impiegato per la loro applicazione prevede la distinzione nelle due seguenti categorie [12].

- *Coloranti acidi anionici*: i più importanti fra questi sono quelli “diretti”, o “sostantivi”, dotati di affinità per le fibre del tessuto (cotone, lino, lana) e applicati mediante bagni acquosi neutri o leggermente alcalini; ne fanno parte la curcuma, lo zafferano e l'henné.
- *Coloranti a mordente*: sono solubili in acqua ma non hanno la capacità di fissarsi direttamente alla fibra in maniera stabile; richiedono, quindi, l'utilizzo di sostanze, chiamate mordenti che, disciolte in acqua, si legano alla fibra e al colorante, che in questo modo si fissa al tessuto. La grande maggioranza dei coloranti naturali è di questo tipo. I mordenti tipici utilizzati sono l'allume, l'acido tannico e vari sali metallici (di alluminio, cromo, rame, potassio, ecc.). Essi stabiliscono legami covalenti con appropriati gruppi funzionali delle fibre, formando complessi stabili mordente-fibra con i quali i coloranti vanno a interagire. Uno stesso colorante, a seconda del mordente utilizzato, può conferire alle fibre tinte differenti.

#### **4.1 Tintura diretta con curcuma (link al video: [https://youtu.be/7Mkj\\_MPMogE](https://youtu.be/7Mkj_MPMogE))**

La curcuma si ottiene dai rizomi seccati e polverizzati della *Curcuma domestica* Valetton (*Curcuma longa*), o da varie altre specie di *Curcuma* come la *Curcuma tinctoria* e la *Curcuma viridiflora* Roxb. Nei rizomi della curcuma sono presenti

tre composti principali responsabili del colore: curcumina, demetossicurcumina e bis-demetossicurcumina [12], noti collettivamente come curcuminoidi, riportati in figura 8. La curcumina è un colorante diretto, ma può anche essere utilizzato come colorante a mordente grazie alle caratteristiche di-chetoniche del composto.



**Figura 8.** Formula chimica dei composti presenti nella curcuma (fonte [12])

### Materiali

- Acqua
- Becher
- Lana
- Bacchetta di vetro
- Radice di curcuma triturrata o la polvere

### Metodo

Per preparare la tintura, è necessario utilizzare la radice di curcuma tritata, o la polvere, in una quantità pari al 50% del peso del filato secco. Pesare 25 g di polvere di curcuma e trasferirli in un becher da 500 ml. Aggiungere 250 ml di acqua e mescolare accuratamente con una bacchetta di vetro. Trasferire il becher in un bagnomaria e lasciare scaldare per 30 minuti a fuoco moderato. Raffreddare il bagno di tintura, attendere qualche minuto che il solido decanti per quanto possibile sul fondo del recipiente e trasferire il surnatante su filtro a pieghe usando un becher pulito per raccogliere il filtrato. Riempire un contenitore capiente, ad esempio un cristallizzatore, con acqua fredda sufficiente

a coprire la fibra (2 litri ogni 50 g di lana), unire la soluzione di curcuma e mescolare; immergere quindi la lana nel bagno di tintura e scaldare per 30 minuti a fuoco moderato. Far raffreddare, prelevare la lana dal bagno al raggiungimento dell'intensità di colore desiderata, risciacquare sotto acqua corrente, strizzare e tamponare con carta assorbente (Figura 9) [13].



**Figura 9.** Lana tal quale e lana colorata con curcuma (<https://www.science-on-stage.eu/material/3-rs-keratin>)

#### **4.2 Tintura a mordente con cavolo rosso (link al video: <https://youtu.be/5miWV3BhcNU>)**

Nel caso della tintura della lana con cavolo rosso deve essere prima effettuata la mordenzatura per garantire l'ottimale fissaggio delle sostanze idrosolubili presenti nel bagno di tintura. Sono di seguito riportati le operazioni condotte per le diverse fasi della tintura.

##### **Fase 1: mordenzatura della lana**

###### *Materiali*

- Guanti
- Allume in polvere ( $KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$ )
- Bitartrato di potassio (cremortartaro) ( $KC_4H_5O_6$ )
- 100 g di lana secca richiedono 10-15 g di allume e 5 g di bitartrato di potassio.
- Acqua
- Lana lavata
- Cristallizzatore e becher
- Ciotole di miscelazione in acciaio inox

### Metodo

Immergere in acqua la lana precedentemente lavata, tre minuti prima di iniziare il processo di tintura.

Mettere a scaldare circa 200 ml di acqua in un becher. Aggiungere ai 200 ml di acqua 15 g di allume e 5 di cremor tartaro e mescolare per solubilizzare.

Versare in un cristallizzatore 2 litri di acqua ogni 100 g di lana asciutta, aggiungere la soluzione mordenzante e immergere la lana messa a bagno.

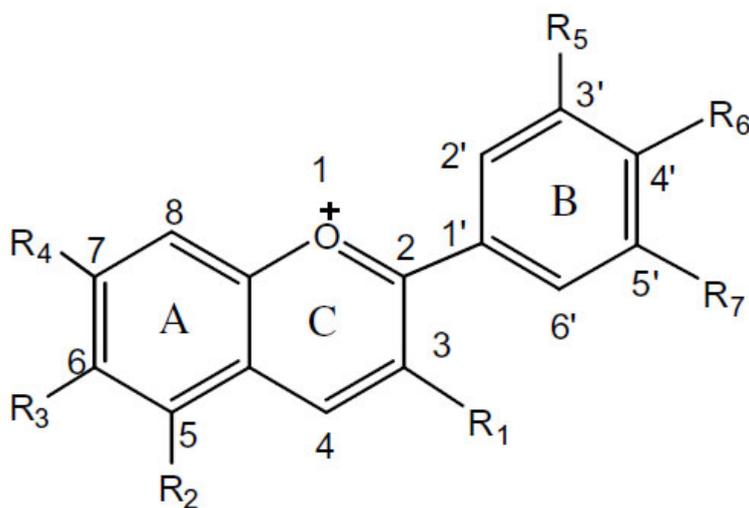
Far bollire per 1 ora e mescolare frequentemente, quindi, lasciare raffreddare la lana, lentamente e naturalmente, lasciandola nella soluzione mordenzante.

Risciacquare molto bene la lana con acqua fredda o tiepida.

Se non è possibile tingere subito la lana, conservare i campioni mordenzati in frigorifero avvolti in una carta. Ricordare che i contenitori utilizzati devono essere in acciaio inossidabile o vetro. L'alluminio è sconsigliato perché può alterare i colori [14,15].

### ***Fase 2: preparazione del decotto di cavolo rosso***

Il cavolo rosso deve il suo colore alla presenza nelle sue foglie di antocianine, che impartiscono il colore anche a molti frutti e molti fiori. Sebbene siano note centinaia di molecole differenti appartenenti alla classe delle antocianine, esse sono tutte costituite dallo stesso nucleo centrale (Figura 10). Ad esso possono essere legati residui di zuccheri e, talvolta, di acidi carbossilici. Anche qualcuno degli atomi di idrogeno legati agli atomi di carbonio può essere sostituito da altri gruppi di atomi diversi. Per un approfondimento della chimica organica di questa classe di composti si rimanda ai lavori citati in bibliografia [16, 17,18].



**Figura 10.** Struttura chimica del nucleo centrale di una antocianina (fonte [16])

### *Materiali*

- Guanti
- Cavolo rosso
- Acqua
- Lana lavata e mordenzata
- Pentola in acciaio inox o cristallizzatore

### *Metodo*

Tagliare il cavolo a strisce sottili e metterlo in un contenitore con acqua a 60 °C, riscaldando ulteriormente per circa 30-40 minuti per estrarre gli antociani, evitando di raggiungere l'ebollizione per impedire la decomposizione delle antocianine, instabili alle alte temperature [18].

Il peso del cavolo deve essere 60 volte quello del tessuto da tingere.

Filtrare il liquido di estrazione del cavolo rosso per le operazioni di tintura.

### ***Fase 3: Tintura della lana***

Versare il liquido ottenuto dalla precedente estrazione in un contenitore capiente, ad esempio un cristallizzatore, scaldare a una temperatura di 40 °C e immergervi completamente la lana mordenzata, per assicurarsi che tutte le fibre assorbano l'acqua di tintura.

Impostare il fuoco medio-basso e lasciare la lana in ammollo nella pentola per almeno un'ora o anche più a lungo per ottenere un colore più intenso. È molto importante non far bollire il liquido durante questa fase.

Quindi togliere la lana dal bagno di colore, risciacquarla delicatamente, stenderla e lasciarla asciugare per una notte.

Il colore ottenuto dal cavolo rosso varia a seconda del pH e del tessuto: a pH acido si ottiene un colore rossastro, mentre a pH basico un colore verdognolo. Ulteriori spiegazioni del processo sono riportate in un lavoro divulgativo dell'ENEA [19].

## **5. Conclusioni**

Il percorso proposto ha permesso di applicare le conoscenze curricolari di chimica organica al mondo reale e industriale. Inoltre, l'approccio laboratoriale e cooperativo ha portato dei risultati positivi soprattutto per l'aumento di interesse nei ragazzi meno motivati.

## **Riferimenti**

- [1] [https://elearning.fondazioneuniversitaria.it/pluginfile.php/2562/mod\\_resource/content/0/Il%20riutilizzo%20degli%20scarti%20di%20lana%20-%20Fac.%20Med%20Veterinaria.pdf](https://elearning.fondazioneuniversitaria.it/pluginfile.php/2562/mod_resource/content/0/Il%20riutilizzo%20degli%20scarti%20di%20lana%20-%20Fac.%20Med%20Veterinaria.pdf)
- [2] [http://lifewolfalps.eu/wp-content/uploads/2021/02/C7\\_Relazione-tecnica\\_lana\\_2020\\_12.pdf](http://lifewolfalps.eu/wp-content/uploads/2021/02/C7_Relazione-tecnica_lana_2020_12.pdf)

- [3] C. Tonin, *Ricerca-e-innovazione-per-nuovi-ri-utilizzi-della-lana-il-progetto-life-greenwoolf.html*
- [4] [https://rmschools.isof.cnr.it/wp-content/uploads/2021/12/IT\\_4\\_Renewable-Keratin-Wastes-in-Metal-Mining-APPENDIX-1.pdf](https://rmschools.isof.cnr.it/wp-content/uploads/2021/12/IT_4_Renewable-Keratin-Wastes-in-Metal-Mining-APPENDIX-1.pdf)
- [5] [https://www.researchgate.net/publication/221907431\\_Keratin-based\\_Nanofibres](https://www.researchgate.net/publication/221907431_Keratin-based_Nanofibres)
- [6] D. M. Lewis, J. A. Rippon (Eds.), *The Coloration of Wool and other Keratin Fibres*, Wiley&Sons, 2013; ([https://scholar.google.com/scholar\\_lookup?title=The%20Coloration%20of%20Wool%20and%20other%20Keratin%20Fibres&publication\\_year=2013&author=D.M.%20Lewis&author=J.A.%20Rippon](https://scholar.google.com/scholar_lookup?title=The%20Coloration%20of%20Wool%20and%20other%20Keratin%20Fibres&publication_year=2013&author=D.M.%20Lewis&author=J.A.%20Rippon))
- [7] <https://www.textileschool.com/330/microscopic-appearance-of-fibres/>
- [8] M. Koleva, D. Zheleva, *Journal of Chemical Technology and Metallurgy*, 2022, **57**(1), 76-83; ([https://journal.uctm.edu/node/j2022-1/9\\_21-08p76-83.pdf](https://journal.uctm.edu/node/j2022-1/9_21-08p76-83.pdf))
- [9] <https://core.ac.uk/download/pdf/14703675.pdf>
- [10] <https://www.mcurie.edu.it/files/leone.francesco/coloranti.pdf>
- [11] [https://stmateriale.campusnet.unito.it/att/Presentazione\\_Davit\\_Gulmini\\_170217\\_1.pdf](https://stmateriale.campusnet.unito.it/att/Presentazione_Davit_Gulmini_170217_1.pdf)
- [12] [https://stmateriale.campusnet.unito.it/att/Dispense\\_laboratorio\\_def.pdf](https://stmateriale.campusnet.unito.it/att/Dispense_laboratorio_def.pdf)
- [13] [https://ricerca-scuola.ism.cnr.it/pluginfile.php/148/mod\\_resource/content/1/Lezione%202%20-%20pH%20sensing%20con%20curcuma.pdf](https://ricerca-scuola.ism.cnr.it/pluginfile.php/148/mod_resource/content/1/Lezione%202%20-%20pH%20sensing%20con%20curcuma.pdf)
- [14] <https://thefeltstore.com/blogs/news/naturally-dyeing-wool-with-red-cabbage>
- [15] <https://www.iisvaldagno.it/wp/wp-content/uploads/2014/06/Tinture-con-coloranti-naturali-AS-2013-2014.pdf>
- [16] B. Alappat, J. Alappat, *Molecules*, 2020, **25**(23), 5500; (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7727665/#B15-molecules-25-05500>)
- [17] B. Arik, E. Canitez, A. Kirtak, *Journal of Natural and Applied Sciences*, 2020, **24**(2), 244-255; (<https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/843244>)
- [18] [https://www.jstage.jst.go.jp/article/fsti9596t9798/2/1/2\\_1\\_30/\\_pdf/-char/en](https://www.jstage.jst.go.jp/article/fsti9596t9798/2/1/2_1_30/_pdf/-char/en)
- [19] [https://agenda.enea.it/event/183/contributions/1744/attachments/64/155/Dispense\\_per\\_insegnanti\\_Magia\\_della\\_Chimica.pdf](https://agenda.enea.it/event/183/contributions/1744/attachments/64/155/Dispense_per_insegnanti_Magia_della_Chimica.pdf)

# Il cibo che mangi(amo): gli zuccheri

## Metodologie cooperative per supportare la corretta nutrizione nella Scuola Primaria<sup>1</sup>

**Luisa Bertinetto**

Laureata in Scienze della Formazione Primaria  
e-mail: [luisa.bertinetto@edu.unito.it](mailto:luisa.bertinetto@edu.unito.it)

**Francesca Turco**

Dipartimento di Chimica dell'Università di Torino  
e-mail: [francesca.turco@unito.it](mailto:francesca.turco@unito.it)

---

**Abstract.** This article reports a fragment of the activities carried out in the Experimental Thesis path proposed in two fourth classes of the Primary School. Thanks to this path, the adoption of proper nutrition is promoted, making use of an Experiential Laboratory and cooperative teaching methodologies, capable of privileging the collective construction of knowledge. The field of Food Education is extensively explored, starting with the dimension "Me and food", continuing with "Me, food and eating habits" and ending with "Me, food and the environment". The part of the pathway described in detail here concerns eating habits, with a focus on sugar.

**Keywords:** nutrizione; funzioni del cibo; principi nutritivi; zuccheri; metodologia sperimentale

---

### 1. Introduzione al percorso

Immedesimandosi nelle vesti di ricercatori, lavorando in team e registrando su di un diario di bordo individuale le proprie scoperte, gli alunni di due classi quarte hanno intrapreso un ricco viaggio composto da diverse tappe.

La prima tappa prevede un'analisi percettiva degli alimenti per imparare a descriverli lasciandosi guidare dalle proprie percezioni sensoriali e utilizzando termini adeguati riferiti al tatto, alla vista, all'udito e all'olfatto.

La seconda tappa è, invece, dedicata alla rilevazione delle preconcoscenze dei bambini sulle funzioni del cibo e, quindi, dei principi nutritivi, tramite un brainstorming con il quale iniziare a riflettere sulla domanda: "Che cosa sono i principi nutritivi?", a cui fa seguito una discussione collettiva per lasciare spazio allo scambio di opinioni tra gruppi.

Nella terza tappa ogni gruppo di lavoro approfondisce un determinato prin-

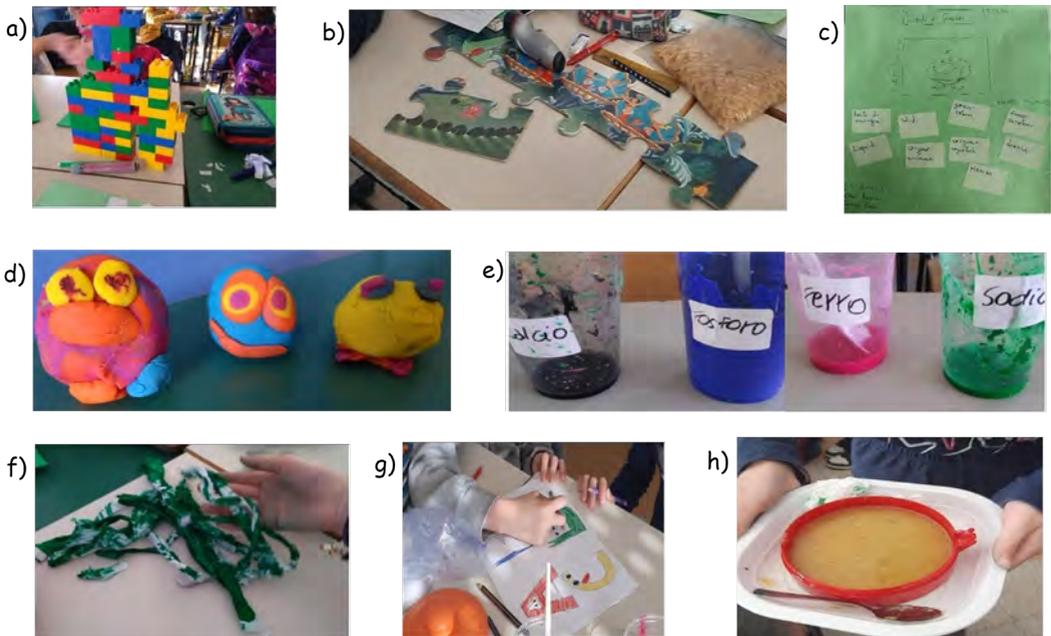
<sup>1</sup> Articolo tratto dalla tesi di Laurea Magistrale in Scienze della Formazione Primaria dell'Università di Torino, di Luisa Bertinetto: *Il cibo che mangi(amo): metodologie cooperative per supportare la corretta nutrizione nella Scuola Primaria*.

cipio nutritivo, tramite la lettura di una scheda informativa [1] contenente informazioni su caratteristiche e funzioni che verranno maggiormente comprese attraverso la realizzazione di un'attività pratico-manipolativa (Figura 1), capace di includere anche i bambini con B.E.S.

È cura del docente predisporre per ogni gruppo tutto l'occorrente: la scheda informativa e i materiali utili per la realizzazione dell'attività pratica, insieme a un foglio su cui appuntare parole chiave riferite al principio nutritivo realizzato.

Nella tappa successiva del percorso ogni gruppo tiene un'esposizione a classe intera per comunicare ai compagni quanto appreso durante l'attività.

Soltanto al termine delle esposizioni dei vari gruppi sarà possibile, tramite una discussione collettiva, costruire una definizione condivisa di principio nutritivo, che può coincidere con la seguente: *"sostanze essenziali per il nostro organismo perché sono quelle di cui abbiamo bisogno per vivere!"*.



**Figura 1.** Alcune attività pratico-manipolative svolte durante il percorso: a) le proteine rappresentate con dei mattoncini, per la funzione costruttiva; b) i carboidrati semplici e complessi, realizzati con pezzi di puzzle di diversa lunghezza; c) foglio contenente le parole chiave sui grassi utilizzato per l'esposizione a classe intera; d) i grassi creati con il pongo; e) i sali minerali ottenuti con sale fino e tempere di diverso colore; f) le fibre ottenute con strisce di carta assorbente poi colorate di verde; g) le vitamine realizzate con le lettere dell'alfabeto; h) l'acqua, a partire da una spremuta di frutta.

## **2. Il percorso sperimentale: “Zuccheri sì, ma con prudenza!”**

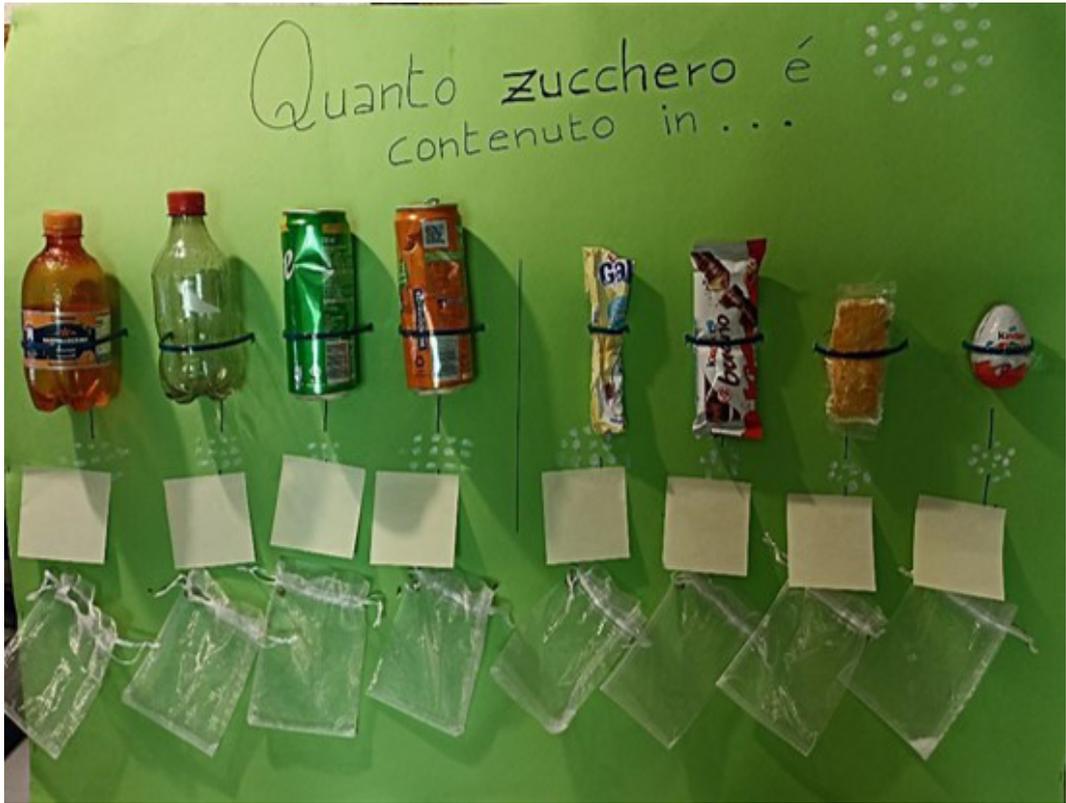
Al termine della parte introduttiva vengono condotte, dall'intero gruppo classe, esperienze laboratoriali sui singoli principi nutritivi: per primi i saggi di riconoscimento delle proteine, dell'amido e dei lipidi, per poi concentrarsi sugli zuccheri. La presente attività è dedicata alla ricerca della quantità di zuccheri presenti nelle bevande e nelle merende che gli alunni consumano abitualmente, prevedendo come prodotto finale la creazione di un cartellone capace di stimolare importanti riflessioni sul consumo di alimenti particolarmente zuccherati.

### ***Materiali***

- un cartellone di dimensioni medie
- confezioni di merende
- bottiglie vuote di bibite che riportano la tabella dei valori nutrizionali
- fascette per fissare le merende sul cartellone
- una confezione di zucchero
- un bicchiere
- un cucchiaino
- una bilancia
- bustine trasparenti/sacchetti per riporre lo zucchero
- fogli di carta, post-it

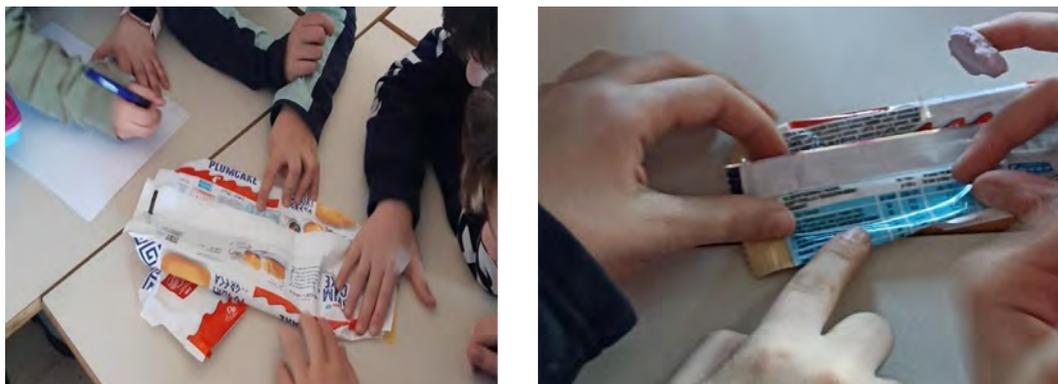
### ***Svolgimento dell'attività***

Nella settimana precedente si anticipa agli alunni il tema della lezione, invitandoli a raccogliere alcune confezioni di bevande e merende consumate abitualmente. Tra i prodotti raccolti è opportuno selezionarne alcuni che si ritengono più interessanti da esaminare (a discrezione del docente), che saranno fissati con delle fascette su di un cartellone, sotto ciascun prodotto sarà scritta la quantità totale di zucchero presente, poi coperta da un post-it (Figura 2). Si deve far riferimento a una stessa capacità (ad es., 330 ml per le bibite) per operare confronti attendibili (ad es., questa bibita possiede più zuccheri rispetto all'altra), oppure tra quantità di prodotto differenti (come nel caso delle merendine, con pesi diversi), per cui le osservazioni dei bambini si concentreranno sul singolo prodotto. Si tratta di un aspetto importante per condurre osservazioni oggettive, che può emergere spontaneamente dagli alunni, oppure essere sottolineato da domande guida poste dall'insegnante.



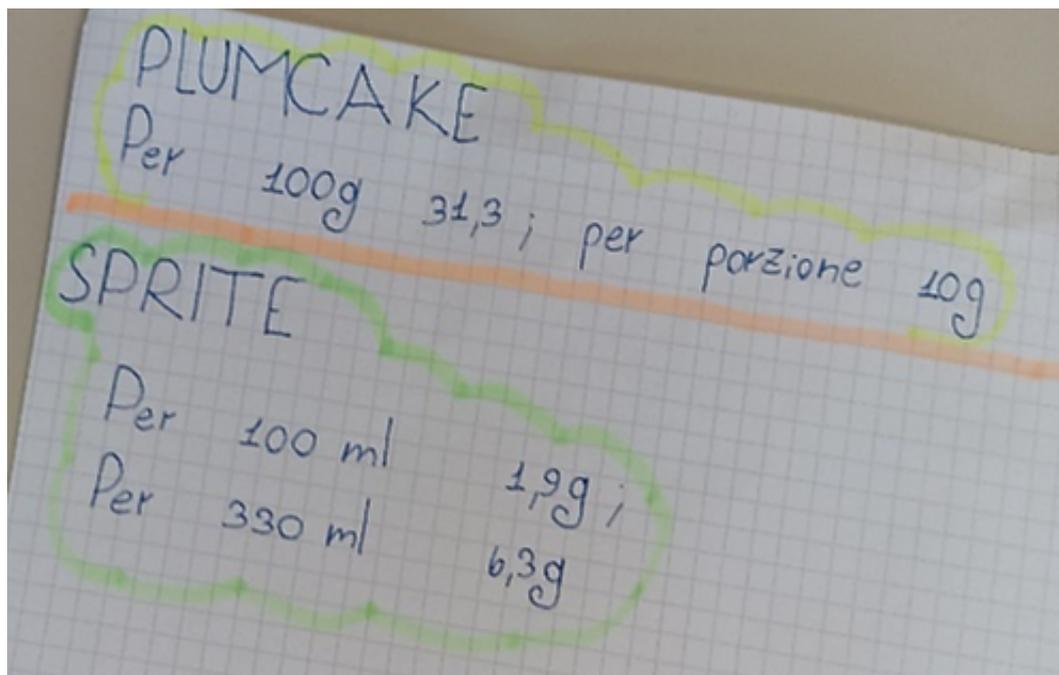
**Figura 2.** Cartellone con le merende in cui sono riportati i dati del contenuto di zucchero nascosti dai post-it

L'attività prende avvio con una domanda stimolo che comunica agli alunni un "dato d'effetto" [2] per dare inizio a una discussione collettiva: la dose raccomandata di zuccheri per i bambini dai 2 ai 18 anni non deve eccedere i 25 grammi giornalieri! La sfida sarà quella di controllare se la quantità di zuccheri presente nelle merende permetta di rispettare questa indicazione, per orientare le abitudini alimentari degli alunni verso scelte più salutari, proponendo anche alternative adeguate. Si consegna a ogni gruppo un'etichetta indicante i valori nutrizionali di una delle merende esposte sul cartellone, con il compito di identificare i dati che si riferiscono alla quantità totale di zuccheri (Figura 3). Il compito non risulta sempre così immediato da svolgere, come nel caso del Kinder Bueno, dove la quantità di zuccheri indicata si riferisce ad una singola barretta, per cui il quantitativo totale si ottiene moltiplicando il dato per due, lasciando spazio anche a calcoli matematici.



**Figura 3.** Alunni intenti nella lettura dei valori nutrizionali

L'alunno che riveste il ruolo di scrittore si impegna a registrare i calcoli e i dati ricavati su di un foglio (Figura 4), utilizzato poi dal verbalizzatore per esporre il lavoro alla classe, che può approvare o confutare quanto proposto e domandare chiarimenti, dando vita a una discussione collettiva in cui cimentarsi nel difendere il proprio punto di vista e ascoltare quello altrui.



**Figura 4.** Alcuni dati ricavati dalla lettura dei valori nutrizionali

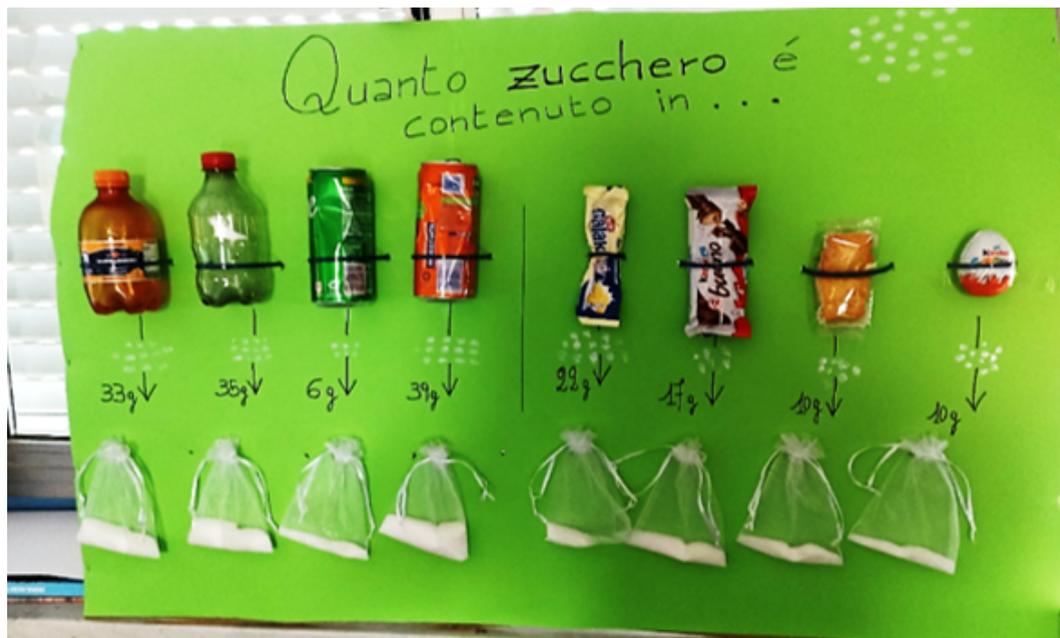
Soltanto a questo punto si procede a verificare la correttezza delle ipotesi: l'alunno verbalizzatore solleva il post-it relativo alla merenda analizzata e comunica alla classe il dato corretto (scritto precedentemente dal docente), in un momento di suspense collettiva e grande entusiasmo.

Un ulteriore alunno è incaricato di utilizzare la bilancia per inserire in un bicchiere la quantità di zucchero presente nella merenda, per poi versarla dentro a una busta trasparente che sarà affissa sul cartellone; si passa così al gruppo successivo che ha analizzato un prodotto diverso (Figura 5). Questo tipo di attività permette di familiarizzare con le equivalenze, ma soprattutto, grazie alla manipolazione dello zucchero, si prende consapevolezza, anche percettivo-sensoriale, della quantità rilevante presente in molte merende. A titolo d'esempio si può notare che l'ovetto Kinder rispetto al peso totale (20 g) contiene circa la metà di zuccheri (10 g): un dato che non lascerà i bambini indifferenti!



**Figura 5.** L'inserimento del giusto quantitativo di zucchero nel sacchetto

Il cartellone, una volta tolti i post-it e aggiunti i sacchetti contenenti le corrispondenti quantità di zucchero, possiede un impatto visivo notevole (Figura 6) e apre la strada a importanti riflessioni che potranno nascere spontaneamente nelle menti degli alunni: l'importanza della lettura delle etichette dei valori nutrizionali, che sono un valido alleato per orientare le nostre scelte alimentari, la facilità con la quale è possibile eccedere la dose raccomandata di zuccheri (fissata a 25 g per la fascia d'età scolare) alimentandosi con le più comuni merendine e bibite pubblicizzate sul mercato, la proposta di soluzioni alternative come merende più salutari e sostenibili (ad es., un frutto, un dolce preparato in casa, una spremuta...).



**Figura 6.** Il prodotto finale da cui dare avvio alle riflessioni

### **3. Valutazione e conclusione**

Il percorso sperimentale è incentrato nel raggiungimento di uno spettro di competenze non solo scientifiche, ma anche legate all'espressione scritta e orale e all'educazione civica, soffermandosi sul conseguimento degli obiettivi prefissati, sullo spirito d'iniziativa, sull'argomentazione delle proprie idee, sulla capacità di comunicazione efficace e, soprattutto, di cooperazione all'interno di un gruppo di lavoro, potenziando le abilità sociali che non sono innate e necessitano di costante allenamento. Questi indicatori sono stati accertati grazie a una valutazione non solo sommativa, basata su una rubrica valutativa, ma anche in itinere incentrata su un'attenta osservazione e documentazione.

Per la lezione in oggetto è stata utilizzata una griglia per la raccolta delle evidenze in itinere, aiutandosi con la registrazione delle discussioni collettive, in cui appuntare particolari osservazioni e giudizi sugli interventi (proposte e/o azioni) degli alunni, che rivelano un certo grado di competenza verso i vari indicatori individuati.

Inoltre, grazie a una scala di valutazione delle abilità sociali con livelli descrittivi, sono state documentate sia in entrata sia in uscita le capacità degli allievi di saper lavorare in team, il rispetto del ruolo assegnato, l'apporto di un proprio contributo nel gruppo, rilevando un alto grado di coinvolgimento e di gradimento verso quest'attività che ha reso partecipi tutti i membri dei diversi gruppi, le specifiche mansioni differenziate tra loro richiamando ad un certo

senso di responsabilità. La partecipazione attiva è stata accertata anche mediante le fotografie scattate nei vari momenti dell'attività; da esse è possibile cogliere quali siano stati i membri più attivi e quali i più passivi.

Infine, per rendicontare il percorso di apprendimento, ogni alunno ha scritto un diario di bordo personale in cui ha inserito non solo i lavori di gruppo, ma ha anche descritto (a casa dopo ogni lezione) le attività svolte a scuola con linguaggio scientifico, avendo così la possibilità di riflettere sul proprio apprendimento, segnando domande, curiosità e dubbi scaturiti dalla lezione. Grazie a questo strumento è possibile avvicinarsi al bambino, per cogliere come è stata vissuta la lezione dal suo particolare punto di vista, comprendendo che cosa essi si portino veramente "a casa".

La totalità degli alunni ha dichiarato che l'attività svolta non è stata solamente entusiasmante, ma anche di grande utilità per comprendere meglio la funzione dei carboidrati semplici: essi hanno spiegato, durante la discussione collettiva, che è necessario limitare la quantità di zuccheri, poiché essi rilasciano energia velocemente, donando poco senso di sazietà e inducendoci a consumare ancora del cibo.

Al termine del percorso, come compito complesso, è stato realizzato un quaderno di ricerca di classe, in cui ogni gruppo si è dedicato alla descrizione di un particolare argomento affrontato, utilizzando non solo il canale verbale, ma anche visivo, riportando fotografie dei lavori svolti.

Le rilevazioni ottenute con questa varietà di strumenti valutativi hanno permesso di accertare un elevato grado di interesse e coinvolgimento nelle attività, giudicate diverse dalle proposte didattiche ordinarie per la richiesta di operare costantemente in un team e di "mettere le mani in pasta" attraverso un "learning by doing", che ha permesso loro di acquisire, oltre a buoni risultati in termini di conoscenze, anche competenze poi spendibili nella realtà quotidiana, per migliorare il proprio stile di vita.

Data la vastità dei macro-argomenti inerenti al cibo non è possibile trattarli in modo esaustivo in una sola unità didattica, ma certamente possono essere ampliati e arricchiti nel corso della classe quinta.

## Riferimenti

- [1] V. Marzi, Più Ortaggi, Legumi e Frutta, Educazione Alimentare e del Gusto nella Scuola Primaria, *Quaderno di esercizi per l'alunno*, Roma, IN-RAN, 2008; [https://www.progettareineuropa.com/wp-content/uploads/2017/01/Educazione-alimentare-a-scuola\\_quaderno-di-esercizi.pdf](https://www.progettareineuropa.com/wp-content/uploads/2017/01/Educazione-alimentare-a-scuola_quaderno-di-esercizi.pdf)
- [2] S. Petrocca, *Mangia meglio, vivi a lungo*. Mondadori, Milano, 2018, p. 24.

# L'Istituto di Chimica dell'Università di Roma sotto la direzione di Nicola Parravano

**Franco Calascibetta**

Presidente del Gruppo Nazionale di Fondamenti e Storia della Chimica  
e-mail: [franco.calascibetta@fondazione.uniroma1.it](mailto:franco.calascibetta@fondazione.uniroma1.it)

---

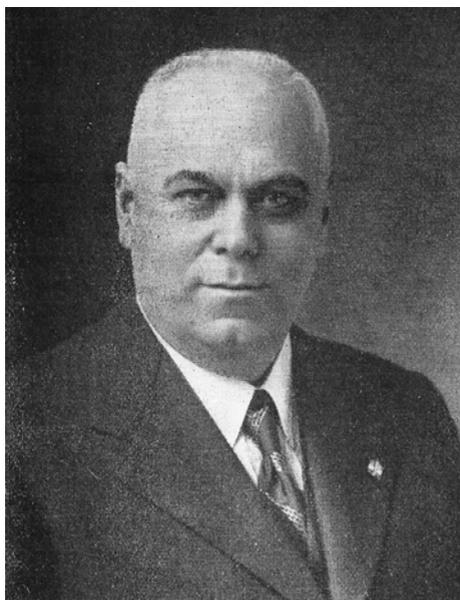
**Abstract.** Nicola Parravano was one of the main protagonists of the Italian chemical community in the years between the two world wars. In that period, he was, among his many offices, the Director of the Chemical Institute of the Royal University of Rome. In this article the history of this institution is reconstructed and the personalities who worked in it are recalled, to better highlight the ideas and choices that inspired Parravano's scientific and political action.

**Keywords:** Parravano; suo rapporto fra scienza e politica; la chimica romana dal 1923 al 1938

---

## 1. Introduzione

Negli anni tra la Prima e la Seconda Guerra Mondiale, l'Istituto chimico dell'Università di Roma fu diretto da Nicola Parravano (1883-1938), il quale, in tali anni, rappresentava per l'intera comunità chimica italiana una sorta di capo riconosciuto e indiscusso in ambito accademico e nei rapporti con il mondo della produzione e la società civile. Fu costantemente impegnato a rafforzare il connubio tra la scienza pura e le sue ricadute in campo applicativo, tenendo sempre a mente il progresso scientifico ed economico della nazione. Queste idee determinarono tra l'altro la sua convinta adesione al regime fascista. Tali linee guida sono ravvisabili anche nella maniera con



cui guidò l'istituto chimico romano, diretto con ferma autorità, malgrado le molteplici cariche, accademiche e non solo, che contemporaneamente ricopriva.

Appare quindi utile analizzare meglio il periodo in cui l'Istituto chimico romano fu diretto da Nicola Parravano, per verificare la realizzazione concreta delle sue idee sul rapporto tra scienza e politica, in un contesto in cui la sua autorità fu totale e incontrastata.

Questo darà tra l'altro l'occasione di ricordare una serie di chimici, che passarono dall'Istituto di via Panisperna ed ebbero comunque un ruolo non marginale nella chimica italiana della prima metà del Novecento, nel mondo accademico o in quello della produzione industriale.

## **2. Il rapporto tra scienza e politica secondo Nicola Parravano**

Prima di parlare dell'Istituto chimico della Sapienza sotto la direzione di Nicola Parravano, è opportuno illustrare con maggior dettaglio quale fu la visione della scienza che guidò costantemente la sua opera.

Già in un articolo del 1918, intitolato "La chimica e la guerra" [1], è esemplificata la sua idea sul ruolo della scienza, e in particolare della chimica, nel suo rapporto con la società:

La guerra immane che si combatte nel mondo intero ha svelato al pubblico di molte nazioni l'esistenza di una scienza, la chimica, prima ignorata o quasi ... Quando però è incominciata la guerra e se ne sono rivelati gli immensi bisogni di armi e munizioni; quando, oltre ai nomi dei comuni prodotti metallici, sono incominciati a circolare quelli di tanti svariati prodotti metallurgici; quando si è incominciato a parlare di toluolo, benzolo, acido picrico, tritolo, gas asfissianti, e si è cominciato a sentir dire della necessità di assicurare per i bisogni della difesa nazionale il rifornimento di vaste quantità di glicerina, acetone, alcool, etere, allora il pubblico si è accorto che oltre ai medici, agli ingegneri, agli avvocati esistono anche i chimici i quali esercitano funzioni non meno indispensabili delle altre alla vita delle nazioni ... e così i chimici in tutti i paesi si sono messi alacremente all'opera portando un contributo quanto altro mai valido all'aumento delle forze difensive e offensive ciascuno della propria patria.

Se, nel contesto bellico, l'importanza concreta della chimica restava confinata al ruolo che essa poteva avere per la guerra, traspare anche l'idea che uno scienziato debba sempre collocare la sua opera al servizio della comunità nazionale. Non era del resto la sua una posizione isolata; una parte consistente della comunità scientifica, soprattutto nell'Italia da poco uscita dall'esperienza bellica, condivise tale punto di vista. Questo fu uno dei motivi che determinarono la benevolenza con la quale, senza molte eccezioni, gli scienziati italiani, e in particolare i chimici, accolsero l'avvento del regime fascista, che fu visto come un interlocutore politico che

finalmente si rivolgeva alla scienza e ne riconosceva un ruolo, integrato all'interno del sistema politico nazionale. Parravano fu forse il più convinto assertore di una visione della scienza al servizio della nazione. Ciò si tradusse in una sua organica adesione al fascismo. In quasi tutti i suoi articoli, dalla metà degli anni Venti, comparvero riferimenti inneggianti a Mussolini, indicato sempre rigorosamente con la maiuscola come il "Duce", che avrebbe restituito all'Italia la gloria imperiale, o come "l'Uomo" inviato dal destino, che aveva ridato a ogni italiano uno spirito nuovo. Nel 1926, portando il saluto al II Congresso Nazionale di Chimica, tenutosi a Palermo in occasione del centenario della nascita di Cannizzaro, egli arruolò il defunto chimico siciliano tra i possibili fautori del regime fascista [2]:

Egli [Cannizzaro] amò la patria e la servì sui campi di battaglia e nelle nobili contese civili dell'intelletto; e oggi che esaltare il rinascimento d'Italia non significa ripetere un luogo comune, Egli inneggia con noi alla nuova radiosa primavera italiana; e mentre tutte le forze della Nazione si ridestano e si raccolgono intorno al Duce meraviglioso che fortemente vuole dare ai discendenti di Roma un posto degno dei padri, noi sentiamo che sotto lo sprone spirituale del maestro non mancheremo di partecipare in maniera attiva e feconda a questo rinnovamento.

Qualche anno dopo, presentando in una rivista non scientifica quali dovesero essere, secondo il fascismo, gli obiettivi del CNR, di cui dal 1929 divenne Vicepresidente, Parravano così si esprimeva [3]:

La ricerca scientifica è oggi presso di noi quasi esclusivamente affidata ai laboratori universitari, i quali sono spesso congestionati dall'eccessivo lavoro didattico dovuto all'enorme aumento che la popolazione scolastica ha subito negli ultimi anni. D'altronde il gran numero di università e le ragioni storiche e regionali della loro esistenza hanno fatto sì che, malgrado sia venuta crescendo la spesa globale che lo stato sostiene per i nostri istituti superiori, non è stato finora possibile effettuare un concentramento adeguato dei potenti mezzi di indagine di cui si avvale la scienza moderna. Occorre pertanto creare Istituti che abbiano solo finalità di ricerca e nello stesso tempo occorre svegliare le energie dei nostri laboratori universitari e ravvivarne il carattere scientifico che in molti casi è venuto troppo attenuandosi ... e perché tutti abbiano a tendersi nel massimo sforzo per la riconquista che il Duce vuole che sia conseguita delle posizioni perdute, la ricerca deve essere disciplinata.

Infine, in un discorso pronunciato nei giorni della presa di Addis Abeba (1936), paragonava il ruolo delle truppe italiane e quello degli scienziati con le seguenti enfatiche parole [4]:

La scienza del tempo fascista non è più creazione astratta ed irrealistica che ha per fine solo e ultimo la ricerca della verità, ma è principalmente un mezzo di conquista e di utilizzazione di tutte le risorse del paese per assicurare la vita ai suoi figli e potenziarne al massimo la volontà di imperio ... lo scienziato fascista è oggi non solo uomo di cultura, ma tecnico applicatore ed individuo etico e politico, e l'opera di lui si integra con quella della Nazione e dello Stato. Egli sente nel suo lavoro le stesse ansie che agitano i soldati e le camicie nere in Africa Orientale, e, abbandonata ogni attitudine agnostica, cerca di creare ordini nuovi così nel campo morale che in quello scientifico e tecnico.

Certo, queste citazioni, e tante altre analoghe, possono essere viste come dovute a retorica. Tuttavia, tenerle presenti nell'esame della attività scientifica di Parravano, anche nella sua veste di Direttore dell'Istituto chimico di via Panisperna, può essere utile per la comprensione di come egli ne organizzò il funzionamento e gestì coloro che furono alle sue dipendenze.

### **3. Gli assistenti dell'Istituto di Chimica dal 1923 al 1938**

Nel passare in rassegna i collaboratori di Parravano nell'Istituto chimico di via Panisperna, si è scelto di considerare soprattutto i suoi assistenti. Certamente anche altri personaggi furono presenti nell'Istituto in quegli anni, senza ruoli ufficiali. Tuttavia, si è preferito limitare questa ricostruzione principalmente a chi ebbe un compito riconosciuto nella struttura e svolse quindi, per periodi più o meno lunghi, funzioni, puntualmente citate negli Annuari dell'Università romana degli anni dal 1923/24 al 1937/38.

Da tale analisi si ricava che gli assistenti, di ruolo, incaricati o volontari, che operarono presso l'Istituto negli anni di direzione di Parravano, furono 32 (vedi Tabella 1).

Per alcuni di essi si hanno molte informazioni, perché la loro carriera universitaria proseguì, alla Sapienza o altrove, e perciò è stato possibile consultare il materiale conservato all'Archivio centrale dello Stato che li riguardava (fascicoli personali, documentazione presentata ai concorsi, etc.).

Altri, dopo il periodo di assistentato, lasciarono il mondo accademico, ma restarono nella ricerca pubblica o privata e si è potuto, quindi, trovare qualche notizia degli sviluppi delle loro successive carriere.

Per molti è stato, inoltre, possibile consultare i necrologi pubblicati su «La Chimica e l'Industria». Solo di alcuni si conosce poco più che il nominativo e qualche scarsa informazione ricavabile dai fascicoli personali, comunque conservati presso l'Archivio storico della Sapienza, e dalla ricerca sul web.

Prima di tutto va ricordato come, dal 1919, le cattedre di chimica presso la Facoltà di Scienze MM.FF.NN. della Sapienza fossero ormai stabilmente due. In quell'an-

no Emanuele Paternò aveva ottenuto lo sdoppiamento della cattedra di Chimica Generale e il trasferimento da Firenze sulla Chimica inorganica di Parravano, suo ex allievo, mantenendo per sé la Chimica organica. Su tale cattedra, nel 1923, al pensionamento di Paternò per raggiunti limiti di età, fu chiamato Guido Bargellini (1879-1963). Questi, dopo essersi diplomato in Farmacia a Siena nel 1900, si era laureato in Chimica a Roma nel 1902. Era stato uno degli ultimi allievi di Cannizzaro e si era occupato, anche lui, nel solco di una ricerca che durava ormai da 40 anni, delle proprietà e della costituzione chimica della santonina. Morto Cannizzaro, le ricerche di Bargellini erano continuate nel campo della chimica organica, sotto gli auspici di Paternò. Chiamato come professore straordinario prima a Cagliari e poi a Siena a partire dal 1920, tornò a Roma nel 1923 come professore al posto di Paternò, grazie anche al prodigarsi dello stesso Parravano, e vi rimase fino alle soglie degli anni '50, come ordinario, proseguendo la sua attività didattica e di ricerca nel campo della Chimica organica classica, dedito in particolare all'isolamento, alla purificazione e allo studio delle sostanze naturali [5]. Il suo ruolo accademico restò sostanzialmente nell'ombra rispetto a Parravano, anche se i due convissero, per quello che può risultare, in assoluta concordanza di intenti e finalità. Sarà poi Bargellini alla morte di Parravano a prendere su di sé il carico della Direzione dell'Istituto negli anni della Seconda Guerra Mondiale e del successivo dopoguerra.<sup>1</sup>

**Tabella 1:** Assistenti dell'Istituto chimico della Sapienza durante la direzione di Nicola Parravano dal 1923/24 al 1937/38<sup>2</sup>

NOME	COGNOME	PERIODO
PAOLO	AGOSTINI	Dal 1927/28 al 1937/38
TULLIA	BALDAZZI	Dal 1935/36 al 1936/37
ALESSANDRO	BARONI	1937/38
SERGIO	BERLINGOZZI	Dal 1926/27 al 1927/28; Dal 1932/33 al 1933/34
VINCENZO	CAGLIOTI	Dal 1929/30 al 1935/36
GERMANO	CENTOLA	Dal 1936/37 al 1937/38
OSCAR	D'AGOSTINO	1932/33
FELICE	DE CARLI	Dal 1923/24 al 1931/32
DINO	DINELLI	1936/37
ANDREA	DUCCO	1929/30
GIORDANO	GIACOMELLO	1937/38
MARIO	GIORDANI	Dal 1930/31 al 1934/35

<sup>1</sup> Nel 1944 Bargellini fu sottoposto a giudizio di epurazione per eventuale coinvolgimento col regime fascista, ma pochi mesi dopo l'alto commissario aggiunto per l'epurazione decise di rinunciare al procedimento.

<sup>2</sup> N. B. Nella tabella si considerano gli anni di assistentato di ciascuno a prescindere dalla specifica qualifica (assistente volontario, incaricato, di ruolo, etc.)

ANTONIO	GRIPPA	Dal 1929/30 al 1935/36
PIETRO	LEONE	Dal 1923/24 al 1924/25
FRANCESCO	MADESANI	Dal 1929/30 al 1931/32
GIOVANNI	MALQUORI	Dal 1924/25 al 1931/32
FABIO	MASCALCHI	Dal 1923/24 al 1924/25
CARLO	MAZZETTI	Dal 1923/24 al 1925/26
ARRIGO	MAZZUCCHELLI	1923/24
GIULIO	MILAZZO	1937/38
CORRADO	MINERVINI	Dal 1935/36 al 1936/37
PAOLO	MISCIATELLI	Dal 1929/30 al 1937/38
LIDIA	MONTI	Dal 1926/27 al 1937/38
VINCENZO	MONTORO	Dal 1925/26 al 1928/29
BIAGIO	PESCE	Dal 1930/31 al 1937/38
PEDRO	PIUTTI	Dal 1933/34 al 1934/35
GIORGIO	ROBERTI	Dal 1931/32 al 1936/37
COSIMO	ROSSELLI	Dal 1923/24 al 1924/25
SILVANO	MEROLLE	1928/29
ARRIGO	TOCCHI	1924/25
FILIPPO	TRAETTA-MOSCA	Dal 1923/24 al 1926/27
EUSEBIO	TRIA	1935/36

### 3.1 *Quelli che c'erano già*

Occorre innanzitutto precisare che, tra i 32 assistenti elencati in Tabella 1, quattro, Pietro Leone (1894-1943), Carlo Mazzetti (1890-1958), Arrigo Mazzucchelli (1877-1935) e Filippo Traetta Mosca (1875-1940), erano in realtà presenti nell'Istituto chimico romano da diversi anni e si erano formati nel periodo della direzione di Paternò. In poco tempo, tutti lasciarono la Sapienza per raggiungere altre Università.

Pietro Leone, genero di Emanuele Paternò, si trasferì alla Scuola superiore d'Ingegneria di Palermo, dove insegnò Chimica Industriale, e, nel 1932, vinse il concorso alla Cattedra di Tecnologie Chimico-agrarie.

Arrigo Mazzucchelli vinse nel 1925 il concorso per Chimica Generale all'Università di Messina, ma, dopo tre anni, andò a occupare all'Università di Pisa la cattedra di Chimica Fisica, che era anche il campo in cui svolse le sue principali ricerche, soprattutto centrate sui fenomeni elettrochimici [6].

Filippo Traetta Mosca, che a Roma aveva tenuto per incarico i corsi di Tecnologia Chimico-agraria e poi di Chimica Agraria, nel 1927 vinse la cattedra presso il R. Istituto Superiore Agrario di Portici, per poi passare nel 1939 nella nuova Facoltà di Agraria della R. Università di Bari [7].

Parzialmente diverso fu il caso di Carlo Mazzetti, che Parravano propose a facente funzione di aiuto, al posto di Mazzucchelli per il 1925/26. Mazzetti con-

divideva con Parravano gli interessi scientifici per leghe ternarie e quaternarie, occupandosi anche dell'uso metallurgico del boro e delle sostanze cementanti. Allorché, nel 1926, vinse il concorso per la cattedra di Chimica Industriale ed Applicata presso l'Università di Padova, Mazzetti fu chiamato alla cattedra di Chimica Industriale presso la Scuola di Ingegneria di Roma, restando alla Sapienza per il resto della sua carriera. Negli anni i suoi interessi si estesero allo studio dei combustibili fossili, delle proprietà e usi dei catrami e degli asfalti e degli sviluppi dell'industria del gas illuminante in Italia [8].

### **3.2 *Quelli che si erano formati in altra Università***

Allorché, nel 1919 Parravano arrivò a Roma, portò con sé alcuni giovani laureatisi con lui a Firenze, per costituire un'autonoma linea di ricerca. Essi furono Paolo Agostini, Fabio Mascalchi, Cosimo Rosselli del Turco (1901-1997) e Arrigo Tocchi. Degli ultimi tre, però, la presenza dentro l'Istituto è indicata solo dalla citazione del loro nominativo negli Annuari dell'Università di Roma 1923/24 e 1924/25.

Di Arrigo Tocchi, nato a Salonicco nel 1900 e cessato dal servizio di assistente nel settembre del 1925, non si trova alcuna altra traccia nemmeno in rete. Rosselli del Turco e Mascalchi lasciarono ben presto la carriera universitaria per diventare dirigenti di due industrie chimiche. Il primo avrebbe lavorato presso la Stereol di Brescia, finanziata dalla Società Caffaro, la prima in Italia ad occuparsi della idrogenazione degli oli di pesce e di balena a scopo alimentare e industriale. Mascalchi avrebbe lavorato per molti anni presso la Società Chimica dell'Aniene con sede a Pontemammolo (Roma), che poi, nel 1938, sarebbe diventata consociata della Solvay, con lo spostamento a Rosignano degli impianti per la produzione elettrolitica di soda.

Diverso fu il caso di Paolo Agostini (1895-1938), che per pochi mesi era stato assistente volontario alla Sapienza già nel 1919, lasciando però per diversi anni l'università per motivi familiari. Ritornò all'Università di Roma nel 1927 e vi restò come assistente, e poi aiuto, incaricato di Chimica Analitica, fino al 1938, anno in cui prematuramente morì. Dal punto di vista scientifico, svolse indagini sulla corrosione del ferro, sulla stabilità di alcuni sali doppi e complessi, sulla ricerca in soluzione di anioni e cationi, sull'uso di reattivi organici in chimica analitica, ecc. Scrisse *Guida all'analisi chimica qualitativa*, un testo che ebbe ampia diffusione per diversi anni dopo la sua morte, a testimonianza delle competenze, quanto meno didattiche, che aveva nel campo della chimica analitica [9].

Un altro degli assistenti di Parravano, morto in giovane età, fu Pedro Piutti (1906-1935), figlio di Arnaldo Piutti (1857-1928), un importante chimico della generazione precedente; per molti anni fu ordinario di Chimica Farmaceutica all'Università di Napoli ed è famoso per i suoi studi sulla separazione, le proprietà, la sintesi in laboratorio e biologica dei due enantiomeri della asparagina [10]. Dopo essersi laureato in Chimica a Napoli nel 1927 e diplomato in Farmacia a Pisa nel 1929, Pedro Piutti lavorò per un breve periodo al Centro

Chimico Militare e poi entrò all'Istituto chimico romano. G. B. Marini Bettolo (1915 - 1996) che lo ebbe come suo primo maestro lo ricordò così [11]:

Desidero a questo punto ricordare brevemente l'evoluzione della microanalisi in Italia. Essa è stata introdotta nel 1933 a Roma dall'indimenticabile Dr. Pedro Piutti, che, per interessamento del Prof. N. Parravano, durante il suo soggiorno alla Technische Hochschule di Monaco oltre alle nuove tecniche di sintesi dei pirroli aveva approfondito la microanalisi con il Dr. Unterzaucher. Parravano volle che al suo ritorno a Roma impiantasse un laboratorio di microanalisi. Così vennero a Roma con Piutti le prime bilance Kuhlmann e gli apparecchi di Pregl per il carbonio, idrogeno e azoto.

È possibile notare come alcuni degli assistenti dell'Istituto chimico romano tra il 1923 e il 1938, fin qui citati, non si fossero in realtà laureati a Roma. Estendendo l'analisi agli altri elencati nella Tabella 1, si vede che questi non furono casi isolati. Anche altri assistenti di Parravano si erano formati come chimici in altre università, come Napoli o Milano. Alcuni di essi, in realtà, avevano addirittura già cominciato la carriera universitaria come assistenti in altre sedi prima di arrivare a Roma. Una possibile spiegazione di ciò potrebbe risiedere nel potere accademico di Parravano, che rendeva appetibile per un giovane ambizioso il trasferimento nella capitale, dove avrebbe avuto maggiori occasioni per una brillante carriera. D'altro canto, gli impegni politici e istituzionali di Parravano gli rendevano difficile occuparsi direttamente della formazione scientifica degli allievi. Quindi, poteva essere per lui preferibile prendere giovani già sufficientemente autonomi nella ricerca, da poter intraprendere e sviluppare da soli le linee di studio, comunque indicate dal Direttore. Questa sorta di "campagna acquisti" che Parravano portava avanti, era, di fatto, in genere accettata dai colleghi di altre sedi, che, evidentemente, riconoscevano in lui una leadership sulla comunità chimica nazionale e preferivano non ostacolare la possibilità di emergere, a partire dalla sede romana, dei loro allievi ritenuti da Parravano particolarmente meritevoli. Nel caso di quelli su cui probabilmente più puntava, come Pedro Piutti, Parravano volle che completassero la formazione scientifica, favorendo la loro permanenza, per periodi di tempo più o meno lunghi, presso qualificati laboratori stranieri, a conferma, quanto meno, di una sua lucida consapevolezza della necessità che la ricerca scientifica italiana, anche in campo chimico, dovesse tenersi al passo con le nazioni più all'avanguardia in tale settore.

Di tre assistenti, tutti provenienti da Napoli, a cui le considerazioni appena fatte possono sicuramente riferirsi, Vincenzo Caglioti (1902-1998), Mario Giordani (1899-1966) e Biagio Pesce (1905-1965), si parlerà più oltre, perché le loro figure meritano un'attenzione particolare, visto che, dopo la direzione di Parravano, furono per molti anni, prima e dopo la Seconda Guerra Mondiale, gli ordinari di Chimica della Facoltà di Scienze della Sapienza. Insieme a loro,

si parlerà di Giordano Giacomello (1910-1968), proveniente da Padova, che di Parravano fu assistente solo nell'ultimo anno accademico, prima che questi morisse, ma restò nell'Istituto chimico romano durante la Seconda Guerra Mondiale e nel primissimo dopoguerra, prima di divenire, nel 1948, ordinario di Chimica Farmaceutica della Facoltà di Farmacia della Sapienza. Qui di seguito si accennerà, invece, ad altri assistenti di Parravano, provenienti da altre università: Alessandro Baroni, Sergio Berlingozzi, Germano Centola, Andrea Ducco, Corrado Minervini, Vincenzo Montoro, Eusebio Tria.

La vicenda romana di Sergio Berlingozzi (1890-1957) è quanto meno curiosa e mostra il potere accademico a livello nazionale di Parravano, abbastanza disinvoltato nel gestire, in base alle necessità del suo istituto, le carriere accademiche dei suoi diretti collaboratori. Berlingozzi, laureatosi in chimica a Siena nel 1913, e lì rimasto come assistente fino al 1922, era poi stato per cinque anni aiuto di Arnaldo Piutti a Napoli. Negli anni accademici 1926/27 e 1927/28 fu trasferito come aiuto di Parravano nell'Istituto chimico romano, dove tale carica, dopo la chiamata di Arrigo Mazzucchelli come ordinario a Messina, era stata affidata, come facente funzioni, a Carlo Mazzetti. Nel novembre del 1928, però, Berlingozzi chiese di tornare a Napoli con il consenso di Parravano che ottenne di nominare, come assistente facente funzioni di aiuto, Felice De Carli. Quando poi, nel 1932, De Carli fu nominato professore a Messina, Parravano richiese di nuovo il trasferimento di Berlingozzi, che quindi fu di nuovo aiuto a Roma per il 1932/33. Alla fine del 1933, Berlingozzi però vinse il concorso di Chimica Farmaceutica all'Università di Siena, dove sarebbe rimasto per molti anni prima di trasferirsi all'Università di Firenze [12].

Il caso di Eusebio Tria (1902-1982) si presta ad analoghe considerazioni, anche se diverso e più semplice. Laureato nel 1931 in Medicina e Chirurgia a Napoli, dopo essere stato per diversi anni assistente di Chimica Biologica, si laureò in Chimica nel 1935. Con la sua venuta a Roma, come assistente di Parravano, il 1° dicembre 1935, si sopperì all'improvvisa scomparsa di Pedro Piutti. Poi, nell'aprile 1937, venne effettuato uno scambio tra due assistenti della Sapienza, Eusebio Tria e Dino Dinelli, laureato in Chimica nel 1931, ma assistente nell'Istituto di Fisiologia Generale, diretto da un altro potente ordinario della Facoltà di Scienze, Sabato Visco (1888 - 1971). Grazie allo scambio, Tria sarebbe diventato assistente a Fisiologia a Roma, fino al 1942, quando divenne ordinario per la stessa disciplina a Ferrara, tornando infine a Roma sulla cattedra di Fisiologia Generale nel 1964. Laureato a Roma, e passato come assistente dall'Istituto di Fisiologia all'Istituto chimico, Dinelli si dimise pochi mesi dopo, alla fine del 1937, per entrare nel mondo dell'industria, dove sarebbe stato, per molti anni, direttore dei laboratori chimici della "Terni-Società per l'Industria e l'Elettricità", conservando tuttavia una collaborazione con la Sapienza. Per tutti gli anni '50 del Novecento tenne, come libero docente, vari corsi nella Facoltà di Scienze e poi in quella di Ingegneria.

Degli altri assistenti di Parravano trattati in questo paragrafo, il primo che, in ordine di tempo, ricoprì l'incarico di assistente nell'Istituto chimico, fu Vincenzo Montoro. Laureato in Ingegneria Industriale nel 1923 al Politecnico di Milano, aveva poi svolto ricerche nel campo della metallurgia presso l'Istituto scientifico Breda, di cui Parravano era consulente scientifico. Fu questo, quindi, il canale che lo portò a Roma, dal dicembre del 1925 fino al novembre del 1929, allorché venne spostato, sempre come assistente, sulla cattedra di Tecnologia dei Materiali Aereonautici, facente parte della Scuola di Ingegneria di Roma, tenuta dallo stesso Parravano. Dopo pochi mesi, Montoro si dimise dall'Università romana e tornò come assistente al Politecnico di Milano nell'Istituto di Chimica Fisica e Metallurgica, diretto da Oscar Scarpa (1876-1955).

Scarse sono le notizie su Andrea Ducco (1908-1995), che fu assistente a Roma dal febbraio al novembre del 1930. Brillantemente laureato a Torino nel luglio del 1929, aveva vinto il concorso di assistente al quale aveva partecipato anche Biagio Pesce, la cui carriera accademica romana sarà, come vedremo, ben più significativa. Ducco, però, si dimise dopo pochi mesi per entrare nella società Nobel. Non se ne hanno ulteriori notizie fino al 1945, anno in cui emigrò con moglie e figlio in Brasile, per restarvi, fino alla morte, avvenuta nel 1995.

Informazioni ancora più frammentarie restano su Corrado Minervini che fu assistente incaricato, per nomina del direttore anno per anno, negli anni accademici, 1935/36 e 1936/37. Nel 1931 si era laureato al Politecnico di Milano in Ingegneria Industriale (con votazione non brillantissima) e poi era stato assistente "provvisorio" all'Università di Pavia. Nella lettera di nomina inviata al Rettore dell'Università di Roma, Parravano indicava la necessità di coprire il posto lasciato scoperto da un altro assistente, Mario Giordani, vincitore di cattedra in altra università e, quindi, non più in forza presso l'Istituto. Mario Giordani sarebbe poi tornato alla Sapienza come professore di Chimica Analitica, a partire dal 1940. Dopo il biennio di incarico come assistente, Minervini non ebbe più il rinnovo della nomina da parte di Parravano. Da quel momento non se ne hanno ulteriori notizie.

Sicuramente più significative, nel quadro della chimica italiana, furono invece le figure di Germano Centola (1908-1970) e Alessandro Baroni (1906-1974).

Centola si era laureato nel 1930 presso la Facoltà di Chimica Industriale di Bologna. Alla fine del 1932, Parravano, nella sua qualità di professore di Tecnologia dei Materiali di Aviazione presso la Regia Scuola di Aeronautica, lo indicò come assistente incaricato. Restò alle dipendenze di Parravano fino al 1936/37, allorché fu trasferito, sempre come assistente, all'Istituto chimico. Tenne l'incarico di Chimica Applicata e poi di Chimica Industriale. Morto Parravano, restò ancora alcuni anni a Roma, ma nel 1941 tornò, come assistente all'Università di Bologna fino al 1942, quando venne nominato Direttore della Stazione Sperimentale Cellulosa, Carta e Fibre Tessili [13].

Laureatosi nel 1929 presso l'Università statale di Milano, Alessandro Baro-

ni vi restò per alcuni anni come assistente, fino al 1937/8, quando si trasferì all'Università di Roma. Durante la guerra restò come assistente alla Sapienza, anche se dal settembre 1943 fu per un certo periodo in aspettativa. Ritornato in servizio alla fine della guerra, abbandonò definitivamente la carriera universitaria nel 1947 per dirigere l'Istituto di Ricerche Donegani di Novara [14].

### **3.3 Quelli che si erano formati alla Sapienza**

Naturalmente molti degli assistenti dell'Istituto chimico romano studiarono e si laurearono alla Sapienza. Si è già accennato a Dino Dinelli e in questo paragrafo si parlerà di nove di essi: Oscar D'Agostino, Felice De Carli, Antonio Grippa, Francesco Madesani, Giovanni Malquori, Silvano Merolle, Giulio Milazzo, Paolo Misciattelli, Giorgio Roberti.

Le figure che hanno avuto minore impatto sulla vita dell'Istituto sono state quelle di Silvano Merolle e Francesco Madesani.

Il primo fu chiamato come assistente da Parravano nel febbraio 1929, ma si dimise agli inizi del 1930, in quanto entrò a lavorare presso la "Società meridionale Seta artificiale", una delle industrie sorte nel napoletano negli anni '20 del Novecento per la produzione di fibre artificiali.

Poco più lunga fu la permanenza nell'Istituto di Francesco (o Franz) Madesani (1903-1966). Nato a Roma, si laureò in Chimica nel luglio del 1928 con 110/110. Il suo assistentato alle dipendenze di Parravano durò dal gennaio del 1929 fino al luglio del 1932, quando si dimise perché assunto presso il Servizio Chimico Militare. È interessante ricordare che egli era il secondo figlio di Grazia Deledda (1871-1936) e il suo nome compare spesso nei documenti e negli scritti della scrittrice sarda.

Antonio Grippa, Giulio Milazzo, Paolo Misciattelli e Giorgio Roberti, nella diversità delle loro carriere e dei loro interessi scientifici, hanno avuto in comune l'aver lasciato, dopo il periodo di assistentato, la carriera universitaria, senza però perdere completamente i legami con la Sapienza, in quanto vi continuarono a insegnare per molti anni come docenti esterni.

Antonio Grippa, anche se formalmente assistente volontario dell'Istituto chimico diretto da Parravano, era in realtà libero docente di Chimica Farmaceutica e incaricato del corso di Tecnica e Legislazione Farmaceutica presso la Scuola di Farmacia, convertita poi in Facoltà a partire dal 1934. Nella vecchia sede di via Panisperna, l'Istituto chimico e l'Istituto di Chimica Farmaceutica, diretto da Vincenzo Paolini, convivevano nello stesso edificio, su due piani differenti. Grippa mantenne il posto di assistente fino al 1937, ma ancora per molti anni avrebbe proseguito a tenere lo stesso corso come docente esterno.

Giulio Milazzo (1912-1993) si laureò in Chimica nel 1932 con 110/110 e lode. Fu assistente incaricato di Parravano per la cattedra di Tecnologia dei Materiali Aeronautici e poi, dall'anno accademico 1937/38, assistente di ruolo nell'Istituto chimico. Mantenne la posizione anche negli anni della guerra insegnan-

do Elettrochimica. Nel 1942 si dimise, avendo vinto un concorso all'Istituto Superiore di Sanità, ma, come libero docente, continuò e tenere alla Sapienza il corso di Elettrochimica e più oltre anche altri corsi [15]. Dal punto di vista scientifico ebbe fama internazionale in particolare per aver approfondito gli aspetti elettrochimici della biologia. Negli anni '70 del Novecento scrisse cinque volumi nella serie *Topics in bioelectrochemistry and bioenergetics*. Un'altra sua opera particolarmente fortunata fu un suo testo di Elettrochimica che ebbe due edizioni italiane e fu tradotto in tedesco, inglese e francese.

Paolo Misciattelli si laureò in Chimica a Roma nel 1925 con 110/110. A Oxford conseguì il PhD e collaborò con Frederick Soddy (1877-1956) nelle ricerche sulla purificazione, l'estrazione e l'analisi di elementi radioattivi e dei loro composti. Tornato alla Sapienza dopo due anni, fu prima assistente incaricato e poi di ruolo, dal 1927 all'inizio del 1934, quando presentò le sue dimissioni. Da allora, tenne come libero docente il corso di Chimica Generale, prima alla Facoltà di Medicina e poi, per molti anni, alla Facoltà di Architettura. Nobile e possidente, non lavorò più in nessun ente, ma dal 1944 alla fine degli anni '70 del secolo scorso fu proprietario e responsabile scientifico di una fabbrica di ceramiche artistiche, sorta a Vasanello, nei pressi di Viterbo, in locali del suo palazzo familiare.

Giorgio Roberti, laureato in Chimica alla Sapienza nel 1926 con 110/110, fu assistente nell'Istituto dal 1930 al 1937, dapprima volontario, quindi incaricato ed infine di ruolo. Dal 1932 ebbe l'incarico di Chimica Fisica e dal 1936 quello di Chimica Industriale. Nell'ottobre del 1937 si dimise dal ruolo di assistente per entrare come dirigente all'AGIP, mantenendo tuttavia anche lui un rapporto con la Sapienza, in cui insegnò materie attinenti alla petrolchimica, come docente esterno nella Facoltà di Ingegneria. Dal punto di vista scientifico fu uno dei massimi esperti di idrogenazione degli idrocarburi negli anni precedenti la Seconda Guerra Mondiale [16].

Consultando gli annuari della Sapienza, la presenza presso l'Istituto chimico di Oscar D'Agostino (1901-1975) appare limitata all'anno accademico 1932/33, in qualità di assistente incaricato. Tuttavia, rispondendo ad una lettera del Rettore del 1937<sup>3</sup>, Parravano dichiarava:

È stato mio collaboratore negli anni 1927, 1931, 1933 e 1934. Ha frequentato il laboratorio di M.me Curie a Parigi nel 1935 e successivamente ha collaborato con S. E. Fermi nelle ricerche sulla radioattività artificiale. Attualmente è mio collaboratore nell'Istituto Nazionale di Chimica del Consiglio delle Ricerche. La sua attività di ricercatore e di studioso fa di lui uno dei giovani meglio preparati per la ricerca.

Il passo riportato sottolinea l'importanza scientifica di D'Agostino, che fu come noto l'unico chimico del gruppo guidato da Fermi. Così la vicenda viene ricordata da Marini-Bettolo [17]:

<sup>3</sup> Archivio storico della Sapienza, fascicolo personale D'Agostino Oscar AS5740.

Nel 1933, per iniziativa di O. Corbino ed E. Fermi, D'Agostino ottenne una borsa del Consiglio nazionale delle ricerche per perfezionarsi nella chimica delle sostanze radioattive, allora agli inizi. Dopo un periodo trascorso all'Institut du radium a Parigi, dove aveva approfondito le sue cognizioni nel campo dei radioisotopi, rientrò a Roma. Qui fu associato al lavoro del gruppo di fisici guidato da E. Fermi e formato da E. Amaldi, B. Pontecorvo, F. Rasetti, E. Segrè, nelle ricerche sulla radioattività artificiale da neutroni che si svolgevano presso l'Istituto fisico dell'Università di Roma. Terminato il suo impegno con l'Istituto fisico (1936), il D'Agostino entrò con la qualifica di ricercatore nell'allora nascente Istituto nazionale di chimica del CNR, diretto da Parravano.

Per molti anni fu al CNR, prima con Parravano e poi con Francesco Giordani. Quindi passò all'Istituto Superiore di Sanità dove si occupò di radioisotopi. Dal punto di vista universitario, come libero docente, tenne corsi di Chimica Nucleare, prima e dopo la Seconda Guerra Mondiale.

Per quanto riguarda Giovanni Malquori (1900 - 1967) e Felice De Carli (1901-1965), per un certo periodo di tempo la loro carriera fu parallela. Malquori si laureò nel 1923, De Carli l'anno prima; entrambi furono prima assistenti incaricati e poi, nel 1925, vinsero il concorso ad assistente. Dal 1927 tennero un corso di insegnamento: Malquori insegnò Chimica Fisica, De Carli Chimica Generale per la Facoltà di Medicina. Dal 1928 De Carli venne promosso aiuto di Parravano. Entrambi svolsero ricerche nel campo della chimica inorganica. Malquori si dedicò allo studio chimico fisico degli equilibri che presiedono alla cristallizzazione frazionata di soluzioni complesse. De Carli si interessò in particolare delle leghe contenenti boro o magnesio e delle loro caratteristiche. I due lasciarono la Sapienza nel 1932, avendo vinto un concorso per professore straordinario, Malquori di Chimica Farmaceutica a Catania, De Carli di Chimica Generale a Messina. Per Malquori la parentesi nel campo della chimica farmaceutica durò solo pochi anni. Trasferito all'Università di Napoli dal 1940, passò a dirigere l'Istituto di Chimica Industriale. Da allora i suoi interessi si sarebbero indirizzati allo studio dei cementi e dei materiali di costruzione non metallici. A fianco dell'attività universitaria, fu consulente di molti enti e aziende attive nel settore [18]. De Carli da Messina passò a Perugia, quindi a Bologna e infine di nuovo alla Sapienza alla direzione dell'Istituto di Metallurgia e Metallografia della Facoltà di Ingegneria. Continuò a occuparsi di metallurgia, curandone sia le implicazioni teoriche, sia gli aspetti tecnologici e industriali [19].

### **3.4 E le donne?**

Salta ovviamente agli occhi come finora si sia parlato di assistenti tutti rigorosamente di sesso maschile, anche se le studentesse che nel periodo in esame arrivavano alla laurea in Chimica all'Università di Roma non erano pro-

tabilmente pochissime. Nell'annuario dell'Università per l'anno accademico 1934/35 vengono ad esempio elencate 26 donne laureate in Chimica per il 1933/34 su un totale di 65 laureati. Le difficoltà che, nel particolare contesto sociale ed economico, le giovani donne incontravano a iniziare una carriera accademica, soprattutto nelle facoltà scientifiche, sono state studiate ad esempio da Paola Govoni [20]. Qui si daranno alcune notizie sulle uniche due assistenti donne dell'Istituto chimico nel periodo della direzione di Nicola Parravano, che per altro furono in assoluto le prime.

Di una di loro, Tullia Baldazzi (1910-2006), si è trovato solo che fu assistente volontaria presso l'Istituto per due anni accademici, 1935/36 e 1936/37. Si laureò nel novembre del 1934 con 110/110 con una tesi dal titolo "Sulla perdita del magnesio nell'analisi qualitativa sistematica", come riportato nell'Annuario della Sapienza del 1934/35. Di lei resta una pubblicazione insieme a Paolo Agostini sugli Annali di Chimica Applicata, con lo stesso titolo della tesi e poi niente altro, salvo una lettera, conservata nel suo fascicolo di assistente,<sup>4</sup> datata 19 novembre 1937, del Rettore della Sapienza, Pietro De Francisci (1883-1971). Nella lettera le veniva comunicato che il Direttore dell'Istituto non l'aveva confermata nel posto di assistente volontaria per l'anno 1937/38 e, pertanto, essa sarebbe cessata definitivamente dal servizio in data 29 ottobre 1937.

Non sappiamo se dietro questa lettera ci sia un giudizio di Parravano che non la ritenne adatta a proseguire la carriera accademica o cosa altro. Si trovano in rete su di lei scarse ulteriori notizie che la individuano, probabilmente già nell'anno successivo, "seria e benvoluta" insegnante supplente di Scienze presso il liceo di Pisino in Istria. Lì conobbe il Preside, Tommaso Mancini, pugliese, che sposò a Roma nel 1939. Probabilmente restò nell'insegnamento secondario visto che nel sito web, che riporta la sua morte a Siena nel 2006, viene indicata come professoressa.

Decisamente più abbondanti sono le notizie disponibili sull'altra assistente, Lydia Monti (1890-1993), che, in realtà, si era laureata nel 1913 quando l'Istituto chimico era guidato da Paternò e aveva pubblicato alcuni articoli di sintesi e caratterizzazione di sostanze organiche, in collaborazione con Bargellini. Aveva però presto lasciato il mondo della ricerca per lavorare come chimico nell'Ufficio tecnologico del comune di Roma, e, in seguito, presso industrie chimiche private nell'area romana. Rentrò all'Università a partire dal 1927 come assistente incaricata retribuita, ma, dall'anno successivo fino al 1934, la sua qualifica divenne quella di assistente volontaria senza retribuzione. In quegli stessi anni fu nominata assistente alla cattedra di Tecnologia dei Materiali Aeronautici e poi nella Scuola Superiore di Malariologia. Assistente di ruolo nell'Istituto chimico dal 1934, tenne l'insegnamento del corso di Preparazioni Chimiche. La prima parte della sua carriera accademica appare quindi faticosa e lunga, ma alla fine nel 1940 si trasferì a Siena, dove aveva vinto il concorso

<sup>4</sup> ASS, fascicolo personale Tullia Baldazzi, AS 1465.

come professore straordinario di Chimica Farmaceutica all'Università, continuando a operarvi fino alla quiescenza negli anni '60 del Novecento [21].

### **3.5 Quelli che restarono**

In questo paragrafo saranno trattate le figure di Vincenzo Caglioti, Mario Giordani e Biagio Pesce, tutti provenienti dall'Università di Napoli. Essi furono quelli che restarono nell'Istituto chimico dopo la morte di Parravano e divennero rispettivamente i direttori dei Laboratori di Chimica Generale ed Inorganica, Chimica Analitica e Chimica Fisica. Tali laboratori insieme a quello di Chimica Organica diretto da Bargellini, costituirono la struttura in cui si articolò l'Istituto chimico dalla fine della Seconda Guerra Mondiale, articolazione che, con qualche modifica, giunse fino all'inizio degli anni '80 del Novecento.

Nato a Soriano Calabro nel 1902 e terminati gli studi superiori in Calabria, Caglioti si iscrisse all'Università di Napoli, al corso di laurea in Ingegneria, passando poco dopo al corso di laurea in Chimica, laureandosi a pieni voti nel luglio del 1924. Cominciò la propria carriera universitaria come assistente nell'istituto di Chimica Generale dell'Università di Napoli, diretto da Ferruccio Zambonini (1880-1932), dove conseguì la libera docenza nel gennaio del 1928. All'epoca aveva già pubblicato qualche decina di articoli su argomenti di Chimica Inorganica e Mineralogica.

Nel 1929, decise di trasferirsi all'Università di Roma, come assistente incaricato nell'Istituto chimico di Via Panisperna, probabilmente perché Parravano era, di fatto, all'epoca, il leader della comunità chimica nazionale, come confermato dalla sua nomina, nel 1929, ad Accademico d'Italia, unico chimico, per diretta disposizione dello stesso Mussolini. Perciò lavorare presso di lui poteva costituire l'occasione per mettersi maggiormente in luce. D'altro canto, per i suoi molteplici impegni istituzionali e politici, Parravano non aveva forse la possibilità di formare pazientemente validi e autonomi allievi, ma, probabilmente, fin dal primo incontro con Caglioti, in occasione del II Congresso Nazionale di Chimica Pura ed Applicata, tenutosi a Palermo nel 1926, vide in lui uno scienziato promettente in grado più di altri di divenire rapidamente il suo braccio destro.

Per prima cosa, Parravano incoraggiò Caglioti a proseguire nella propria formazione scientifica, con un soggiorno in Germania, prima a Francoforte presso G. Sachs (1896-1960), e poi a Gottinga con G. Tammann (1861-1938), offrendogli un contributo da un fondo privato messo a disposizione per la formazione di giovani chimici da Giovanni Morselli (1875-1958), presidente della Carlo Erba. Tornato a Roma dopo aver acquisito particolari competenze nello studio delle leghe e della metallurgia, Caglioti rapidamente salì nelle gerarchie dell'Istituto, divenendo aiuto di Parravano nel 1934.

Commemorando l'antico maestro, nel 1984, Caglioti ricordò dal suo punto di vista alcuni aspetti del proprio rapporto con Parravano, indicativi di alcune caratteristiche della maniera con cui questi dirigeva l'Istituto di via Panisperna [23]:

Esigeva da noi assistenti dedizione assoluta alla ricerca: in compenso ciascuno di noi godeva della sua piena fiducia, e poteva lavorare in un'atmosfera di serenità che ricordava la tranquillità spirituale dell'antico convento di Panisperna. Il nostro compito era produrre scientificamente; ai riconoscimenti, se si meritavano, avrebbe certamente pensato lui con l'intuizione, la tempestività e la fermezza che gli erano proprie. Un bel giorno, infatti, a novembre del 1935, viene nel mio studio, e mettendomi una mano sulla spalla, mi dice che era arrivato il mio turno: preparassi titoli e documenti per il prossimo concorso. Nel 1936 vinco il concorso per Chimica generale a Firenze e, all'inizio del corso resto in quella città per tutta la settimana in cerca di casa. Tornato a Roma il sabato, mi chiama e mi comunica con autorità, ma con benevolenza che non comprendeva questo mio accanimento a cercare casa: era suo intendimento farmi tornare a Roma a Chimica Fisica e avrei dovuto a tal fine rifare un nuovo concorso per quella disciplina. Il che si verificò puntualmente.

Infatti, dopo solo un anno a Firenze, Caglioti, alla fine del 1937, poté tornare come straordinario di Chimica Fisica all'Università di Roma, sulla cattedra che era stata lasciata da Giulio Natta, trasferito al Politecnico di Torino, che l'aveva ricoperta nei due anni accademici precedenti.

Nel caso di Caglioti, la visione accentratrice e totalitaria di Parravano nel programmare il destino dei suoi sottoposti ebbe effetti del tutto favorevoli per l'interessato, ma, probabilmente, come visto in altri casi, non per tutti fu altrettanto solerte e prodigo di sostegno.

Mario Giordani (1899-1966), fratello minore del più noto Francesco, si laureò in Chimica a Napoli nel 1922 e nella città campana fu assistente di Chimica Tecnologica Organica per alcuni anni presso la Scuola di Ingegneria. Nel 1925 si trasferì a Roma, essendo stato assunto come chimico presso il Laboratorio della Direzione Generale della Sanità pubblica [24].

Dal 1928, conseguita la libera docenza in Chimica Farmaceutica e Tossicologica, iniziò a tenere un corso di insegnamento presso l'Università di Roma, Chimica Generale ed Applicata ai materiali da costruzione per studenti di Architettura, probabilmente favorito in questo anche dalla stretta collaborazione istituzionale che il fratello Francesco e Nicola Parravano mantennero costantemente nella loro vita professionale. Nel 1930 Mario Giordani fece un percorso di perfezionamento all'estero recandosi presso il prof. Gabriel Bertrand (1867-1962) nell'Istituto Pasteur di Parigi, dove si interessò di problemi di chimica biologica ed enzimatica. Nel 1931 entrò definitivamente nella carriera accademica come assistente di ruolo nell'Istituto chimico romano, dove rimase fino al 1935, anno in cui vinse la cattedra di Chimica Agraria a Perugia. Sarebbe infine

tornato definitivamente a Roma alla fine del 1940, andando a occupare la cattedra di Chimica Analitica<sup>5</sup>, appena istituita.

Biagio Pesce (1905-1965) nato a Trecchina, in Basilicata, si laureò in Chimica all'Università di Napoli nel 1928. Come Caglioti, fu per un anno assistente di Ferruccio Zambonini, ma l'anno successivo si trasferì a Roma nell'Istituto chimico della Sapienza. Come ricordato, partecipò a un concorso per assistente il cui vincitore risultò Andrea Ducco, ma restò come assistente volontario non retribuito fino al 1934. In questo periodo, trascorse tre anni a Monaco presso il laboratorio di Kasimir Fajans (1887-1975) occupandosi dal punto di vista teorico e sperimentale del comportamento degli elettroliti forti in soluzione acquosa. Dal 1934/35 divenne assistente di Parravano e tenne presso la Facoltà di Ingegneria il corso di Chimica Fisica, materia per la quale conseguì nello stesso anno anche la libera docenza.<sup>6</sup>

Parravano morì improvvisamente nel 1938 e i suoi disegni per la definizione dell'organigramma dell'Istituto Chimico romano negli anni successivi dovette, quindi, subire modeste variazioni rispetto a quanto da lui delineato.

Per il 1938/39 la situazione fu temporaneamente sistemata dal Ministero, che dispose la copertura dell'insegnamento della Chimica Generale ed Inorganica della Sapienza con un incarico esterno dato al professore ordinario di Elettrochimica dell'Università di Napoli, Francesco Giordani, mentre Caglioti copriva, come nell'anno accademico precedente, la cattedra di Chimica Fisica. Già nel 1939/40 fu trovata una soluzione diversa, trasferendo Caglioti sulla cattedra che era stata di Parravano e dando, per incarico esterno, la cattedra di Chimica Fisica a Francesco Giordani.

La sistemazione definitiva si ebbe poi nel 1940/41, allorché, avendo Biagio Pesce vinto il concorso per la cattedra di Chimica Generale all'Università di Camerino, la sua preparazione come chimico fisico consentì alla Facoltà di Scienze dell'Università di Roma di chiamarlo a coprire la cattedra di Chimica Fisica alla Sapienza.

In questo paragrafo è inserito anche Giordano Giacomello (1910-1968) che, in realtà, fu assistente di Parravano per pochi mesi, a partire dal novembre 1937. Si era laureato in chimica a Padova nel 1933 e per quattro anni vi era stato

<sup>5</sup> Non si può non notare una certa ecletticità negli insegnamenti che Mario Giordani ricoprì nella sua carriera universitaria, anche se non va dimenticato che all'epoca le specializzazioni e le specificità di competenze scientifiche erano meno stringenti rispetto ai giorni nostri.

<sup>6</sup> Le informazioni su Biagio Pesce sono tratte da: Archivio Storico della Sapienza, fascicolo personale AS 985; Archivio Centrale dello Stato, Ministero Pubblica Istruzione, Direzione generale Istruzione universitaria - Fascicoli personali dei professori ordinari 1940-1970 III versamento (inv. 16/049), Biagio Pesce, Busta 371. In AS 985 è contenuto anche il testo dattiloscritto di una commemorazione, pronunciata alla sua morte in una seduta della Facoltà di Scienze MM.FF. NN. da un suo allievo, Giovanni De Maria, a sua volta ordinario di Chimica Fisica alla Sapienza a partire dagli anni '60 del Novecento.

assistente, avendo come maestri Arturo Miolati (1869-1956) e Carlo Sandonini (1884-1961). In questi anni svolse alcuni periodi di formazione all'estero, in particolare fu a Vienna nell'Istituto diretto da Hermann Mark (1895-1992), per apprendere le tecniche di diffrazione dei raggi X. Egli, infatti, fu tra i primi chimici a comprendere l'importanza dei metodi fisici di indagine cristallografica, allora in via di sviluppo, per la determinazione della struttura di complesse molecole organiche. Restò come assistente presso l'Istituto chimico negli anni della guerra e poi nel primissimo dopoguerra, come aiuto di Vincenzo Caglioti, ormai Direttore del Laboratorio di Chimica Generale ed Inorganica. Nel 1948, avendo vinto il concorso come professore per Chimica Farmaceutica e Tossicologica, Giacomello fu chiamato dalla Facoltà di Farmacia della Sapienza [25].<sup>7</sup>

#### 4. Qualche considerazione conclusiva

Confesso che all'inizio di questa mia ricerca mi ero domandato se alla comunità raccoltasi tra le due guerre mondiali sotto la guida di Parravano potesse essere applicabile la definizione di "seconda scuola romana di chimica", visto che taluno ha voluto in passato definire "scuola romana" già quell'insieme di chimici che lavorarono a Roma ai tempi della Direzione di Cannizzaro (1872-1910) [26]. Alla fine del presente studio, devo però concludere che la mia domanda era del tutto improponibile. L'idea di "scuola di ricerca", intesa come un gruppo di scienziati che lavorano in un'istituzione e perseguono un programma di indagine, in associazione con studenti avanzati, introdotta da J. Morrell negli anni '70 del Novecento [27] e poi, successivamente, rivalutata e ampliata [28], richiede innanzitutto un connubio tra ricerca e formazione, in cui studenti e insegnanti instaurano un contatto stretto e informale. Inoltre, in genere, le scuole di ricerca, così etichettate dagli storici, sono caratterizzate da una sostanziale omogeneità di metodologie e tecniche di laboratorio utilizzate. Oltre all'esempio classico della scuola di Liebig, altre ne sono state proposte nello studio della storia della chimica o delle altre scienze. Personalmente, trovai molte delle caratteristiche sopra indicate nella nascita della scuola polarografica guidata da J. Heyrovský, dedita, a partire dagli anni '20, all'uso della polarografia in moltissimi campi della ricerca chimica. Per anni, il leader scientifico era il primo ad arrivare tutti i giorni all'istituto e a promuovere alla sera, dopo il lavoro, incontri informali davanti a una tazza di the, in cui ciascuno discuteva risultati e dubbi emersi durante la giornata [29]. Parlando di situazioni

<sup>7</sup> In base alla scelta operata, non saranno trattati altri chimici che non furono nel periodo 1923-1938 assistenti dell'istituto, ma che in qualche forma erano invece già presenti in esso. Basti citarne due: Giovanni Battista Marini Bettolo (1915-1996), che aveva svolto un lungo periodo come studente interno di chimica prima di laurearsi nel 1937 e divenire assistente dal 1938/39, e Guido Sartori (1909-1981) che, laureatosi a Pisa nel 1932, era giunto a Roma presso l'Istituto chimico, ma, avendo ottenuto delle borse di studio per la formazione all'estero, era stato per diversi anni in Germania e in Inghilterra, prima di tornare a Roma a ricoprire il ruolo di assistente, pochi mesi dopo la morte di Parravano.

italiane, è stata giustamente definita una scuola di ricerca quella formatasi a Palermo dal 1860 grazie a Cannizzaro [30], mentre mi pare meno adatta tale definizione per il gruppo di chimici che si riunì a Roma dopo la presa di Porta Pia, attratti dal prestigio dello stesso Cannizzaro. In questo caso, troppo diversi furono i temi, i metodi e gli stili di ricerca usati da chimici che si trovavano a lavorare nella stessa sede, ma che si erano già indipendentemente formati in diverse realtà italiane e straniere (Ciamician, Nasini, Piccini, Villavecchia etc.).

Questa fu una caratteristica comune tra l'Istituto romano ai tempi di Cannizzaro e quello ai tempi di Parravano; ma se, nel primo caso, esisteva la giustificazione dell'impossibilità di poter contare da subito su una base formatasi in loco, data la situazione di totale abbandono che Cannizzaro trovò arrivando a Roma, per Parravano tale giustificazione non può essere addotta, rimanendo, come altra spiegazione, la sua sostanziale difficoltà di fungere da leader sul piano scientifico, per i tantissimi impegni istituzionali e politici, che lo tenevano quasi sempre lontano dall'Istituto e dall'insegnamento, facendogli perdere fatalmente i contatti con l'avanzamento delle ricerche che ognuno portava avanti.

Molti anni dopo, commemorando Vincenzo Caglioti, G. G. Volpi ricordò un raffronto sul diverso andamento dell'Istituto nell'epoca Parravano e nell'epoca Caglioti, fatto spesso dal personale tecnico e ausiliario, che aveva avuto modo di vivere entrambe le situazioni. L'atmosfera scientifica, che al tempo di Caglioti risultava dinamica e stimolante, con un ritmo a volte fin troppo frenetico, non piaceva del tutto ai vecchi dipendenti che rimpiangevano l'ordine che si viveva prima della guerra, quando "le cose filavano come un orologio!" [31]. Credo, in conclusione, che proprio questo ordine, questa disciplina quasi da caserma, finirono per essere la caratteristica, ma forse anche il limite, dell'Istituto chimico romano al tempo di Parravano.

## **Riferimenti**

- [1] N. Parravano, *L'Industria*, 1918, **32**, 8.
- [2] D. Marotta (a cura di), *Atti del II Congresso Nazionale di Chimica Pura ed Applicata*, Tipografia Editrice Italia, Roma, 1927, pp. 18-19.
- [3] N. Parravano, *Gerarchia*, 1928, **8**(1), 12.
- [4] N. Parravano, *La Chimica e l'Industria*, 1936, **18**, 222.
- [5] G. B. Marini Bettolo, *La Chimica e l'Industria*, 1963, **45**, 1558.
- [6] C. Porlezza, *La Chimica e l'Industria*, 1935, **17**, 186.
- [7] A. De Dominicis, *La Chimica e l'Industria*, 1940, **22**, 304.
- [8] E. Mariani, *La Chimica e l'Industria*, 1958, **40**, 668.
- [9] V. Caglioti, *La Chimica e l'Industria*, 1938, **20**, 630.
- [10] F. Calascibetta, 2015; [https://www.treccani.it/enciclopedia/arnaldo-piutti\\_%28Dizionario-Biografico%29/](https://www.treccani.it/enciclopedia/arnaldo-piutti_%28Dizionario-Biografico%29/) (ultimo accesso 2 agosto 2023).

- [11] G. B. Marini Bettolo, *Ann. Ist. Sup. Sanità*, 1966, **2** (Fasc. Spec.), 229.
- [12] G. Canneri, *La Chimica e l'Industria*, 1958, **40**, 61.
- [13] D. Borruso, *La Chimica e l'Industria*, 1970, **52**, 94.
- [14] M. Bonicatti, *La Chimica e l'Industria*, 1974, **56**, 733.
- [15] V. Caglioti, *La Chimica e l'Industria*, 1993, **75**, 432.
- [16] L. Cerruti, La comunità dei chimici italiani nel contesto scientifico internazionale 1890-1940, in A. Casella, A. Ferraresi; G. Giuliani, E. Signori (a cura di), *Una difficile modernità. tradizioni di ricerca e comunità scientifiche in Italia 1890-1940*, La Goliardica, Pavia, 2000, pp. 197-255.
- [17] G. B. Marini Bettolo, 1985; [https://www.treccani.it/enciclopedia/oscar-d-agostino\\_%28Dizionario-Biografico%29/](https://www.treccani.it/enciclopedia/oscar-d-agostino_%28Dizionario-Biografico%29/) (ultimo accesso 2 agosto 2023).
- [18] L. Massimilla, *La Chimica e l'Industria*, 1967, **49**, 1107.
- [19] P. Spinedi, *La Chimica e l'Industria*, 1966, **48**, 79.
- [20] P. Govoni, A Long-term History of Women and the Sciences in Italian Universities, in S. Badaloni, C. A. Drace, O. Gia, M. C. Levorato, F. Vidotto (Eds.), *Under-representation of Women in Science and Technology, Quaderni del Comitato Pari Opportunità*, Cleup, Padua, 2008, **7**, pp. 151-160.
- [21] G. Franchi, *La Chimica e l'Industria*, 1993, **75**, 782.
- [22] F. Calascibetta, *Rendiconti Accademia Nazionale delle Scienze detta dei XL - Memorie di Scienze Fisiche e Naturali*, 2017, **135** (Tomo II), 137.
- [23] V. Caglioti, *Rendiconti Accademia Nazionale delle Scienze detta dei XL - Memorie di Scienze Fisiche e Naturali*, 1984, **102**, 261.
- [24] G. De Angelis, 2001; [https://www.treccani.it/enciclopedia/mario-giordani\\_\(Dizionario-Biografico\)](https://www.treccani.it/enciclopedia/mario-giordani_(Dizionario-Biografico)) (ultimo accesso 2 agosto 2023).
- [25] V. Caglioti, *La Chimica e l'Industria*, 1968, **50**, 938.
- [26] A. Di Meo, *Scienza e Stato. Il Laboratorio chimico centrale delle gabelle dalle origini al secondo dopoguerra*, Carocci, Roma, 2003.
- [27] J. B. Morrell, *Ambix*, 1972, **19**, 1.
- [28] G. L. Geison, F. L. Holmes (Eds.), *Research Schools: Historical Reappraisals*, (Osiris, 2nd Series, 8), University of Chicago Press, Chicago, 1993.
- [29] F. Calascibetta, *Centaurus*, 1997, **39**, 368.
- [30] C. Colella, R. Zingales, *Atti Accademia Pontaniana Napoli N. S.*, 2013, **52**, 191.
- [31] G. G. Volpi, *Rendiconti Lincei* (Supplemento), 1999, serie 9, **10**, 53.

## Andiamo al museo! Un progetto interdisciplinare a Scienze della Formazione Primaria

**Valentina Domenici**

Dipartimento di Chimica e Chimica Industriale dell'Università di Pisa

e-mail: [valentina.domenici@unipi.it](mailto:valentina.domenici@unipi.it)

---

**Abstract.** In this contribution a didactic project by the University of Pisa for students attending the degree course in Primary Education is briefly described.

**Keywords:** musei, formazione insegnanti, scuola primaria

---

L'Ateneo di Pisa a partire dall'anno accademico 2018-2019 [1] pubblica due volte all'anno un bando per l'assegnazione di fondi dedicati a *progetti speciali di didattica* e associati ai corsi dei propri docenti nelle diverse aree. I progetti hanno lo scopo di migliorare la didattica universitaria, sperimentare metodologie innovative, integrare le lezioni e i laboratori con attività da svolgersi fuori dall'Ateneo. Nell'anno accademico 2022-2023 alcuni docenti del Corso di Laurea in Scienze della Formazione Primaria [2] hanno presentato un progetto speciale per la didattica intitolato *Andiamo al Museo. Progettazione di Percorsi didattici per la Scuola Primaria e dell'Infanzia dedicati alla visita di collezioni museali e parchi tematici*. I docenti coinvolti hanno insegnamenti che coprono diverse aree scientifiche e umanistiche: Valentina Domenici e Sergio Giudici (docenti del corso di Fondamenti e Didattica della Fisica e della Chimica), Donatella Fantozzi (docente del corso di Didattica generale) e Cecilia Iannella (docente del corso di Metodologia e didattica della Storia dall'antichità all'età contemporanea).

Il progetto era molto articolato e prevedeva la partecipazione volontaria da parte degli studenti del I, II e III anno che frequentavano uno dei corsi tenuti dai docenti proponenti il progetto.

La prima parte del progetto ha riguardato la visita guidata a diverse realtà museali toscane, come il *Museo della Navi Antiche* di Pisa, la *Ludoteca scientifica* di Pisa, il *Museo Leonardiano* di Vinci, il *Museo di Storia Naturale* di Rosignano, il *Museo del Mediterraneo* di Livorno e il *Museo della Geotermia* di Larderello, seguendo un programma integrato che ha previsto lezioni preparatorie e discussioni critiche successive.

Il progetto ha poi affrontato il tema della progettazione didattica per la scuola dell'infanzia e della scuola primaria, mettendo in evidenza le metodologie attive tipiche della *didattica museale* e utilizzando il patrimonio culturale dei vari musei per collegarlo ad argomenti scientifici e umanistici importanti nel percorso di formazione dei bambini.

Oltre sessanti studenti universitari del corso di laurea hanno partecipato al progetto (Figure 1 e 2) e questo ha permesso di discutere negli incontri successivi alla visita dei musei, in modo ampio e partecipato, vari aspetti emersi durante le visite museali. *Come può un insegnante sfruttare le preziose risorse educative presenti nei musei e nelle collezioni? Quali strategie sono utilizzate dai musei per rendere le attività, comprese quelle laboratoriali, più inclusive, partecipate e coinvolgenti?*

In alcuni casi, la visita ai musei ha previsto delle attività laboratoriali organizzate proprio con l'obiettivo di mostrare agli studenti universitari, e futuri insegnanti, come si progetta un laboratorio in ambito museale, quali accorgimenti, quali aspetti pratici e metodologici caratterizzano la didattica museale. Gli studenti, che hanno partecipato a laboratori di botanica, tecnologia, matematica, fisica, scienze ambientali e storia della scienza nel contesto museale (Figure 3, 4 e 5), hanno così potuto apprezzare meglio il progetto speciale di didattica e lo spirito con cui era stato pensato.

Infine, a conclusione del progetto, è stato organizzato un convegno a Pisa intitolato *Il museo scientifico, didattico e pubblici: spazi a più voci*, che si è svolto il 21 e il 22 giugno 2023 (Figura 6).



**Figura 1.** Foto di gruppo degli studenti in visita al Museo Leonardiano a Vinci



**Figura 2.** Foto di gruppo degli studenti al Museo di Storia Naturale di Rosignano



**Figura 3.** Un gruppo di studenti nella sala della “matematica di legno” del Museo di Storia Naturale di Rosignano alle prese con un gioco sulle frazioni



**Figura 4.** Un gruppo di studenti nella biblioteca del Museo di Storia Naturale di Rosignano durante una attività sull'utilizzo delle risorse cartacee di botanica e di mineralogia



**Figura 5.** Studenti durante la visita con dimostrazione del funzionamento dei soffiatori boraciferi e del loro sfruttamento energetico presso il Museo della Geotermia di Larderello



**Figura 6.** Locandina del convegno *Il museo scientifico, didattico e pubblico: spazi a più voci* e una delle relazioni durante il convegno ospitato presso la Ludoteca scientifica di Pisa

Questo convegno [3] ha toccato molte tematiche del progetto didattico, il ruolo conservativo e il ruolo educativo dei musei, i linguaggi e la comunicazione adottati dai vari musei, dalle collezioni storiche-scientifiche ai musei scientifici interattivi, la didattica museale e il rapporto tra musei e scuola. Il convegno ha visto la partecipazione di molti dei curatori delle collezioni e dei musei visitati dagli studenti nel corso dell'anno, che hanno raccontato esperienze e condiviso riflessioni sul futuro dei musei e sul rapporto con la società. Il convegno è stato un ulteriore momento formativo per gli studenti del corso di laurea in Scienze della Formazione Primaria che sono stati coinvolti in attività che solitamente non rientrano nei corsi, ma che sono state un valore aggiunto per la loro formazione.

## Riferimenti

- [1] Sito dei progetti speciali di didattica dell'Ateneo di Pisa: <https://www.unipi.it/index.php/docenti2/itemlist/category/1795-progetti-speciali-per-la-didattica>.
- [2] Sito del Corso di Laurea in Scienze della Formazione Primaria dell'Università di Pisa: <https://formazioneprimaria.cfs.unipi.it/>.
- [3] Sito del Convegno "Il museo scientifico, didattico e pubblico: spazi a più voci": <https://www.sma.unipi.it/convegno-21-22-giugno-2023/>

## Tre contributi di Vincenzo Balzani sui quali meditare

---

Di seguito sono riportati tre contributi di Vincenzo Balzani, professore emerito di Chimica all'Università di Bologna, su temi di grande attualità, pubblicati sul Supplemento Bo7 di Avvenire e sul Blog Chimica e Società (<https://ilblogdellasci.wordpress.com>). Nonostante siano articoli brevissimi, sono densi di concetti e considerazioni: vere pillole, o meglio perle di saggezza sulle quali meditare.



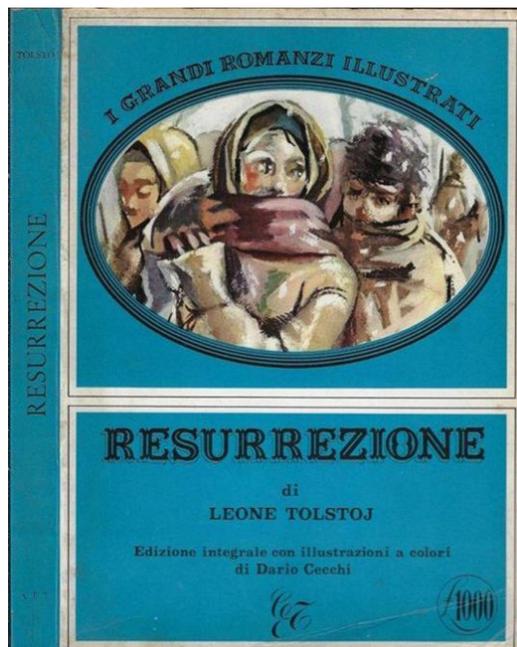
### Non abbiamo imparato nulla

Publicato su Bo7 Avvenire (18/06/2023) e  
sul Blog Chimica e Società (21/06/2023)

L'Emilia-Romagna è solo l'ultimo, piccolo pezzo di mondo sconvolto dal cambiamento climatico, come nei mesi scorsi è accaduto in Madagascar, Sud Sudan, Bangladesh e altre regioni. Il cambiamento climatico ha gravi conseguenze ambientali, sociali, economiche e politiche. Purtroppo, a subirne le maggiori conseguenze sono sempre i poveri, così che aumentano le disuguaglianze, sia fra le nazioni, che all'interno di ciascuna nazione.

Da più di 20 anni gli scienziati affermano che il cambiamento climatico si può fermare abbandonando l'uso dei combustibili fossili e sviluppando le energie rinnovabili del Sole, del vento e dell'acqua. Il 20 marzo 2023, l'IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) ha lanciato un drammatico appello *agire subito, o sarà troppo tardi*, purtroppo inascoltato dai politici, presi da problemi che loro stessi hanno creato. Infuria la guerra in Ucraina, causata dall'invasione russa: militari e civili uccisi, infrastrutture ed edifici distrutti, utilizzo di armi sempre più potenti, precise e costose, popola-

zione terrorizzata e sofferente. Le conseguenze della guerra si sono estese creando crisi alimentari ed economiche in altre regioni. C'è stato il coinvolgimento di alcuni paesi nella fornitura di armi all'Ucraina e un aumento nella produzione e commercio di armi nel mondo. È andata distrutta una grande diga e sono avvenuti combattimenti persino nelle vicinanze di una centrale nucleare, trascurando gli ammonimenti degli esperti. La Russia ha addirittura minacciato di ricorrere all'uso di ordigni nucleari. I moniti del Papa, del segretario dell'Onu e di molti scienziati non sono ascoltati. Continua ad accadere quello che, più di cento anni fa, ha descritto Tolstoj nell'incipit del suo romanzo *Resurrezione*.



Per quanto gli uomini, riuniti a centinaia di migliaia in un piccolo spazio, cercassero di deturpare la terra su cui si accalcavano, per quanto la soffocassero di pietre, perché nulla vi crescesse, per quanto estirpassero qualsiasi filo d'erba che riusciva a spuntare, per quanto esalassero fiumi di carbon fossile e petrolio, per quanto abbattessero gli alberi e scacciassero tutti gli animali e gli uccelli, – la primavera era primavera anche in città. Il sole scaldava, l'erba, riprendendo vita, cresceva e rinverdiva ovunque non fosse strappata, non solo nelle aiuole dei viali, ma anche fra le lastre di pietra, e betulle, pioppi, ciliegi selvatici schiudevano le loro foglie vischiose e profumate, i tigli gonfiavano i germogli fino a farli scoppiare; le cornacchie, i passeri e i colombi con la festosità della primavera già preparavano nidi, e le mosche ronzavano vicino ai muri, scaldate dal sole. Allegre erano le piante, e gli uccelli, e gli insetti, e i bambini. Ma gli uomini – i grandi, gli adulti – non smettevano di ingannare e tormentare sé stessi e gli altri. Gli uomini ritenevano che sacro e importante non fosse quel mattino di primavera, non quella bellezza del mondo di Dio, data per il bene di tutte le creature, la bellezza che dispone alla pace, alla concordia e all'amore, ma sacro e importante fosse quello che loro stessi avevano inventato per dominarsi l'un l'altro.

Quando capiremo che ogni guerra è una sconfitta per l'umanità intera?

## Infodemia

Publicato su Bo7 Avvenire (03/09/2023)  
e sul Blog Chimica e Società (04/09/2023)

Affinché le persone si rendano conto del ruolo della scienza, è necessario che conoscano i problemi in modo oggettivo. È importante, quindi, che gli scienziati si impegnino in un'opera di informazione e divulgazione scientifica chiara e corretta. Quando, però, si tratta di un problema scientifico molto complesso, divulgarlo in modo comprensibile alla società e alla politica è difficile. Lo è ancor più se si tratta di temi di grande interesse come quelli che riguardano la vita quotidiana delle persone. In questi casi, alla divulgazione scientifica si affianca inevitabilmente, sui mezzi di comunicazione non scientifici e ancor più sulle piattaforme dei social media, un panorama informativo di basso livello, sovrabbondante, mutevole e con semplificazioni estreme, che causa confusione nella società civile e persino nei responsabili politici. Questo eccesso virtualmente illimitato di informazioni, definito *epidemia di informazioni o infodemia*, può fortemente influenzare il comportamento delle persone nella loro vita reale.



Tutto questo si è verificato nel caso della recente pandemia COVID, durante la quale si è assistito a forti discrepanze fra la spiegazione scientifica dei fatti (quindi, dei comportamenti individuali e collettivi da assumere per ridurre il rischio) e narrazioni basate su una varietà di interpretazioni che confutavano la gravità della pandemia, il modo per affrontarla e, anche, la sua origine e modalità di diffusione.

Qualcosa di molto simile si sta verificando, da qualche tempo, per un altro problema di grande interesse: il cambiamento climatico e le sue conseguenze. È scientificamente dimostrato che il cambiamento climatico è un fenomeno antropico provocato dalle emissioni di anidride carbonica ( $\text{CO}_2$ ) generata dall'uso dei combustibili fossili. Eppure, ci sono molte persone, fra le quali politici e, purtroppo, anche qualche scienziato, che sostengono che il cambiamento climatico è un fenomeno naturale. Nel complicare le cose, in fenomeni come la pandemia COVID e il cambiamento climatico, sono coinvolti anche grossi interessi economici con potenti lobby che cercano sfruttare la situazione a loro vantaggio: la lobby dei prodotti farmaceutici per la pandemia e quella delle industrie che cercano, estraggono e commerciano i combustibili fossili nel caso del cambiamento climatico.

Quando si scatena una infodemia, cioè quando le informazioni su un argomento si propagano molto velocemente, per analogia con le epidemie, si parla di *diffusione virale*. Nella loro trasmissione, attraverso un gran numero di fonti, quasi sempre di basso livello scientifico, ma di alta capacità comunicativa, le informazioni originariamente fornite dagli scienziati vengono via via distorte, così che finiscono per affiorare le ipotesi più strane. Come, ad esempio, la convinzione che qualche istituzione scientifica abbia promosso la divulgazione di informazioni false per indurre le persone ad accettare certi trattamenti (le vaccinazioni) o ad abbandonare l'uso, così comodo e diffuso, dei combustibili fossili.

## Negazionismo climatico

Pubblicato su Bo7 Avvenire (27/09/2023)  
e sul Blog Chimica e Società (21/10/2023)

Il cambiamento climatico è uno degli argomenti più discussi nei congressi scientifici e nei dibattiti pubblici. I punti controversi sono tre:

- Negli ultimi decenni c'è stato un cambiamento climatico?
- Se sì, è un fenomeno generato dall'attività umana?
- Se sì, è controllabile?

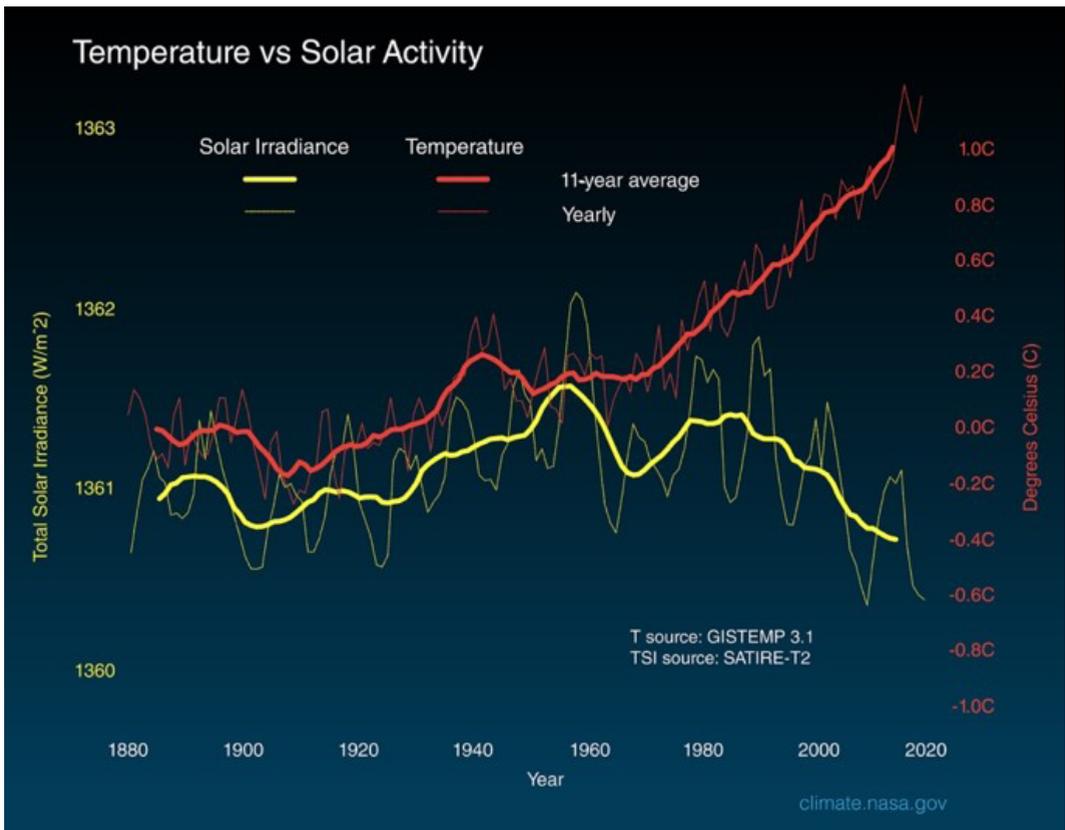
La scienza ha dato risposte chiare a questi interrogativi: è in atto un progressivo cambiamento climatico causato dalle emissioni di gas serra generati dall'uso dei combustibili fossili e, quindi, per contrastarlo è necessario abbandonarli e utilizzare l'energia delle fonti rinnovabili: Sole, vento e acqua. Questa transizione energetica è tecnicamente possibile e già avviata, ma procede lentamente perché è ostacolata da forti interessi economici e politici.

Con il progredire delle conoscenze scientifiche, che dimostrano la necessità della transizione energetica, si è sviluppata una forte campagna "negazionista",

volta a difendere gli interessi e le posizioni ideologiche che si sentono minacciate. Accade così che un fenomeno scientifico come il cambiamento climatico è diventato un tema di propaganda politica, dove vengono messi in discussione i risultati della scienza e introdotti nella discussione argomenti non pertinenti e informazioni non veritiere.

I negazionisti sostengono che il dibattito sul cambiamento climatico è ancora in corso; in realtà, il 98% degli scienziati lo considera concluso. Il graduale aumento della temperatura del globo è attribuito dalla scienza all'effetto serra causato dalla CO<sub>2</sub> prodotta in seguito al crescente uso dei combustibili fossili, mentre per i negazionisti è un fenomeno naturale connesso all'energia che ci viene dal Sole. Questa interpretazione è facilmente confutabile dal momento che dal 1960 la temperatura del globo continua ad aumentare nonostante l'irradianza del Sole continui a diminuire.

I negazionisti affermano che i combustibili fossili portano ricchezza e benessere, dimenticando di dire che il cambiamento climatico e l'inquinamento causano danni alla salute e provocano solo in Italia circa 60.000 morti premature ogni anno. Insistono, inoltre, sul fatto che la transizione energetica è costosa, mentre gli esperti delle istituzioni economiche concordano nel valutare che i benefici della transizione saranno molto maggiori dei costi necessari per portarla a termine.



È negazionismo anche il *greenwashing*, cioè l'enfasi dato dalle industrie petrolifere alla loro trascurabile attività nel campo delle energie rinnovabili, al fine di nascondere il loro sempre maggiore impegno nell'estrarre i combustibili fossili.

Secondo i negazionisti per risolvere il problema dell'ipotetico cambiamento climatico sono sufficienti la crescita economica, lo sviluppo tecnologico e la sostituzione parziale dei combustibili fossili con l'energia nucleare, della quale sembrano ignorare gli enormi difetti.

In conclusione, mescolando vero e falso, usando dati manipolati e argomenti ideologici difficili da districare, i negazionisti propongono una narrazione falsamente ottimista del cambiamento climatico, in contrasto con quella preoccupata e consapevole degli scienziati. Il confronto tra tesi opposte, tipico delle discussioni che avvengono nei talk show, su temi come il cambiamento climatico ha l'effetto di fare da megafono alla disinformazione.

## Museo della Natura e dell'Uomo: un viaggio al centro della Terra

**Margherita Venturi**

Divisione di Didattica della SCI

e-mail: [margherita.venturi@unibo.it](mailto:margherita.venturi@unibo.it)

A Padova, proprio di fronte alla Cappella degli Scrovegni, nella storica sede restaurata di Palazzo Cavalli, prende vita il più grande museo scientifico universitario d'Italia: inaugurato il 23 giugno 2023, il *Museo della Natura e dell'Uomo* (MNU) svela ai visitatori, in una veste del tutto nuova, le ricche collezioni di mineralogia, geologia, paleontologia, zoologia e antropologia dell'Università di Padova, per raccontare il cammino dell'uomo e il suo dialogo con la natura.



### Una proposta interdisciplinare

Il MNU offre un'originale esperienza immersiva nella storia del pianeta e dell'uomo: oltre duecentomila reperti organizzati in un percorso vivace e coerente, volto a coinvolgere ed emozionare; circa 4.000 metri quadri di esposizione, divisi in 38 sale poste su tre livelli, all'interno dei quali perdersi in una narrazione interdisciplinare che ripercorre gli oltre *4 miliardi di anni di storia della Terra*, dalle origini all'Antropocene. Il MNU fa fare ai suoi visitatori un viaggio inaspettato tra gemme e meteoriti, tigri dai denti a sciabola e capodogli, palme fossili, mummie egizie, kimono in seta e palafitte dell'età del Bronzo.



Il fil rouge nel racconto di collezioni tanto variegate? La volontà di *valorizzare la diversità* di espressioni, forme e culture che caratterizzano la Terra e di metterle *in luce le radici comuni*.

Dietro ai pezzi pregiati, sottoposti a restauro o per la prima volta mostrati al pubblico, si celano ricerche, scoperte e viaggi compiuti nel corso degli otto secoli di attività di uno tra i più antichi atenei. Come afferma la Rettrice dell'università patavina, Daniela Mapelli, i reperti raccontano la storia che più di tutte ci coinvolge, quella dell'evoluzione del nostro pianeta, dei suoi *delicati equilibri* e degli *straordinari incastri di diversità* che lo compongono.

Un museo, insomma, dove, dopo un primo "assaggio", si desidera tornare, per poterne apprezzarne tutti i dettagli e godere dei numerosi contenuti multimediali (oltre 500 i minuti di racconti interattivi), modelli tattili, quiz e giochi. Ma il MNU vuole anche essere una guida per le generazioni presenti e future, un luogo dove *interrogarsi sulle tematiche ambientali* e sul nostro modo di guardare alla *relazione tra comunità umane e tra essere umano e natura*: cambiamenti climatici, utilizzo delle risorse, evoluzione dei territori, vita animale e vegetale, scenari possibili e probabili si svelano allo sguardo dello spettatore, stimolando riflessioni profonde sul ruolo che l'Homo Sapiens occupa nel mondo.

## La festa dei cento anni del planetario e la storia del planetario di Roma

**Luigi Campanella**

Università di Roma La Sapienza

e-mail: [luigi.campanella@uniroma1.it](mailto:luigi.campanella@uniroma1.it)

---

Quando il Museo multipolare della scienza e dell'informazione scientifica (MUSIS) era una realtà molto più viva di oggi, il progetto che affascinava scuole e giovani era il Mini Planetario. Con un gazebo e un software specialistico in 6 - 8 m<sup>2</sup> si realizzavano piccoli planetari con il vantaggio della portabilità e della moltiplicabilità. Oggi, a 40 anni di distanza, non credo ne siano sopravvissuti ed è un vero peccato, perché avrebbero potuto contribuire alla festa dei cento anni del Planetario, ricorrenza avvenuta nel 2023. Infatti, fu proprio nel 1923 che a Jena, in Germania, fu presentato il primo proiettore planetario.



**CENTENNIAL OF THE PLANETARIUM**

Scientificamente il cielo è un contenitore di stelle ciascuna con i suoi caratteri e la sua storia, ma per i non addetti è una fonte di meraviglia e di stupore con il desiderio di poterlo osservare e riosservare e osservare ancora: questo consente il Planetario, al contrario dei fenomeni naturali che hanno tempi e periodicità incompatibili con una riproduzione programmata.

Il primo tentativo di riprodurre la volta celeste a beneficio dell'osservatore ammirato è del VI secolo a. C., ma il primo arrivato con i suoi resti fino a noi è di

tre secoli più avanti. Il planetario di Roma era uno dei più antichi, fu inaugurato nel 1928 e si trovava nell'aula Ottagonale delle Terme di Diocleziano. Si avvaleva del proiettore Zeiss Mark I, inventato nel 1923 in Germania, che all'epoca era l'ultimo ritrovato della tecnologia; oggi questo proiettore, unico modello superstite del suo tipo, lo si può ammirare all'ingresso della sede del nuovo Planetario al Museo della Civiltà Romana all'EUR di Roma, tornato in attività dal 22 aprile 2022, dopo importanti lavori di riqualificazione del suo apparato tecnologico.

Il proiettore ottico Zeiss del Planetario di Roma, all'interno dell'Aula Ottagonale delle Terme di Diocleziano



La sala del nuovo Planetario di Roma al Museo della Civiltà Romana all'EUR



Con una cupola di 14 metri di diametro e 98 posti a sedere è uno dei più grandi planetari d'Italia.

Il cuore del Planetario è un avanzatissimo software che permette di simulare un intero universo virtuale in ogni suo aspetto: dai classici movimenti degli astri nel cielo stellato al sorvolo tridimensionale dei pianeti, all'evoluzione nel tempo di stelle, costellazioni e galassie, fino al tuffo nello spazio-tempo ai limiti dell'universo visibile.

Questo planetario digitale consente di aggiungere la dimensione della profondità, ossia di lasciare la Terra e attraversare lo spazio per "entrare" nel cielo e navigarlo in qualunque direzione dello spazio e del tempo.

## Perché i nostri laureati hanno difficoltà a trovare lavoro?

**Luigi Campanella**

Università di Roma La Sapienza

e-mail: [luigi.campanella@uniroma1.it](mailto:luigi.campanella@uniroma1.it)

Una notizia, che è stata più volte ripresa dalla stampa nazionale nel corso del 2023, riguarda la percentuale di laureati che trova lavoro: in Italia purtroppo il valore è intorno al 65%, rispetto alla media europea pari all'82%.

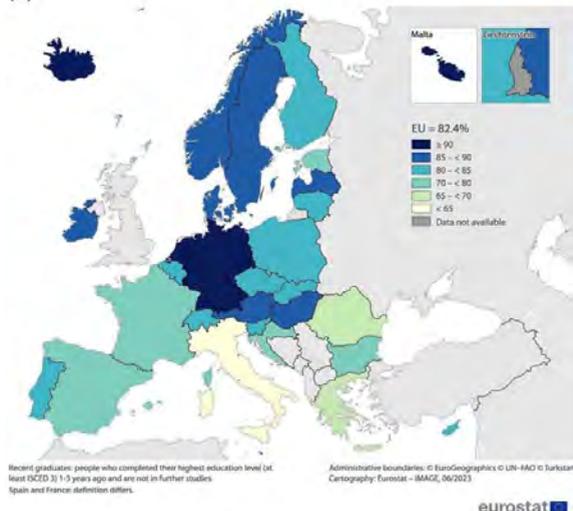
Anche se il dato dinamico è più ottimista (nel tempo la differenza tende a diminuire e il trend nazionale è soddisfacente rispetto agli altri colossi europei) viene spontaneo chiedersi quali sono le ragioni di questo -17%.

Sono un professore universitario, ho girato il mondo, ho conosciuto studenti di tutti i Paesi ed escludo che la ragione possa essere imputata a una preparazione di minore qualità dei nostri giovani. Forse si può invocare una minore flessibilità, come i nostri tempi richiedono, con un adattamento continuo delle competenze, soprattutto in certi settori. Un'altra ragione è di certo negli stipendi più bassi e, soprattutto, nella minore tutela che nel nostro Paese è riservata ai lavoratori giovani rispetto agli anziani. Un'ulteriore causa può forse ritrovarsi nel fatto che per i giovani italiani gli interessi culturali delle facoltà umanistiche sono significativamente presenti al momento delle scelte universitarie, ovviamente perdendo incisività rispetto alle prospettive sul mercato del lavoro.

Infine, c'è da supporre che anche il tasso statico e dinamico di innovazione del sistema industriale sia più basso di quanto avviene per i Paesi, Germania e Olanda in testa, considerati il paradiso dei giovani laureati.

La speranza è che la tendenza a colmare il gap non si fermi e che contribuisca così a contrastare anche un altro effetto negativo del mancato ascensore sociale affidato alla laurea, cioè la fuga dei cervelli.

Employment rates of recent graduates aged 20–34, 2022 (%)



## Una conferenza di didattica importante per i chimici: mettere in agenda la data!

**Antonella Rossi**

Dipartimento di Scienze Chimiche e Geologiche dell'Università di Cagliari  
e-mail: [rossi@unica.it](mailto:rossi@unica.it)

The *ECRICE 2024, the 16 European Conference on Research in Chemical Education*, will be held at Nova School of Science and Technology, Campus da Caparica, Lisbon, September 5-7, 2024.

This conference on research in chemical education, recognised by EuChemS, is an important event to disseminate new research and developments. It is important to know how learners acquire knowledge, how to facilitate this acquisition and trigger it. It is relevant to examine different learning environments, new educational tools, and new ways in which neuroeducation, technology and artificial intelligence, can be integrated into chemical education, and promote the engagement of students in the learning process.

But nowadays this is not enough. It is necessary to do this through the lens of sustainability, having in mind the 17 SDGs. Therefore, ECRICE 24's theme is "*Chemical Education for Sustainable Development: Empowering Education Communities*".

The ECRICE24 Committees of this International Conference invite all chemistry education researchers and teachers to come to the conference and challenge them to showcase presentations, submit abstracts, and present work, regarding new developments in chemical education, through the lens of sustainable goals, and participate in the ECRICE 2024 meeting.



Per ulteriori informazioni: <https://ecrice2024.events.chemistry.pt/>