

C_nS

La Chimica nella Scuola

n. 4 anno 2024

- › Il progetto Mentore all'Università di Palermo
- › Chimica e arte alla Scuola dell'Infanzia
- › Inquinamento da particolato in un progetto di ricerca
- › Quanto è verde il PNRR?
- › La falsa identificazione del Santolinenone
- › Caos e ordine nella scienza moderna
- › La nascita di un nuovo Gruppo Interdivisionale della SCI
- › Il ricordo di un collega scomparso di recente
- › Botta e risposta con i lettori



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

- Per tornare a “lavorare” dopo la pausa estiva: idee da sfruttare e informazioni da ricordare..... 1
Margherita Venturi

Metodologie didattiche per l'Università

- La formazione e l'aggiornamento dei docenti chimici dell'Università di Palermo: le attività del Progetto Mentore e del TLC-CIMDU..... 4
Antonella M. Maggio, Renato Lombardo e Delia Chillura Martino

Percorsi laboratoriali per la Scuola dell'Infanzia

- Una separazione e i miscugli attraverso l'arte alla scuola dell'infanzia.... 17
Francesca Racca e Francesca Turco

Progetti di ricerca con possibili risvolti didattici

- Inquinamento da particolato a Mottola e aspetti educativi..... 26
Domenico Potenz, Gabriella Pansini, Lorenza Ritelli, Raffaella Trisolini, Vita Maria Acquaro, Giuseppe Colafemmina e Giorgia Carriero

La transizione ecologica

- Quanto è “verde” il PNRR? Le parole e i fatti..... 59
Fabio Olmi

Pagine di storia

- La falsa identificazione del Santolinenone, componente fondamentale dell'olio essenziale di *Santolina camaecyparissus*..... 74
Maurizio D'Auria

Keywords

Caos e ordine nella scienza moderna	83
Giovanni Villani	

News

La nascita e il valore del Gruppo Interdivisionale di “Epistemologia e Storia della Chimica” della Società Chimica Italiana	86
Eleonora Aquilini, Matteo Chioccioli, Renato Lombardo, Laura Orian, Antonio Testoni, Giovanni Villani e Vincenzo Villani	
In ricordo di Ermanno Niccoli	90
Pasquale Fetto	

A colloquio con i lettori

Botte e risposte con un lettore.....	94
--------------------------------------	----

Per tornare a “lavorare” dopo la pausa estiva: idee da sfruttare e informazioni da ricordare

Margherita Venturi

Cara lettrice e caro lettore,

con questo numero riprendiamo il formato tradizionale della nostra rivista con molte delle sue solite rubriche.

Troverai, infatti, un percorso laboratoriale per la scuola dell'infanzia, che può costituire un valido ponte di raccordo con la scuola primaria, un contributo in cui si descrive una metodologia didattica, messa a punto dall'Ateneo di Palermo, per formare i giovani docenti universitari e aiutarli a predisporre lezioni efficaci e motivanti per gli studenti e un progetto di ricerca molto strutturato e dettagliato, che apre a risvolti didattici particolarmente interessanti tutti da esplorare. E poi, ancora, potrai leggere, nella rubrica Keywords, l'intrigante tema della connessione fra ordine e caos, in quella della transizione ecologica, un'analisi critica della Missione 2 del PNRR, nelle pagine di storia, uno studio risalente al 1911 per identificare la struttura del componente principale dell'olio essenziale di *Santolina camaecyparissus* e nelle News due notizie, una buona e una cattiva. La notizia buona è legata alla nascita, in ambito SCI, del Gruppo Interdivisionale di “Epistemologia e Storia della Chimica”, il cui obiettivo è quello di promuovere il valore delle riflessioni epistemologiche e storiche in Chimica e, più in generale, nella scienza, mentre quella cattiva riguarda la recente scomparsa di Ermanno Niccoli che, oltre ad aver contribuito allo sviluppo di questa rivista, è stato un appassionato docente di Chimica e un grande sostenitore dell'approccio interdisciplinare per l'insegnamento di questa disciplina.

Il numero si chiude con botte e risposte fra un nostro lettore e gli autori di due contributi apparsi nel n. 3 del CnS di quest'anno.

Prima di augurarti come al solito buona lettura, questa volta ci tengo a dare alcune informazioni “di servizio”.

La prima riguarda il fatto che dal 10 al 13 novembre 2024 si svolgeranno ad Abano Terme in maniera congiunta la Scuola di Ricerca Educativa e Didattica Chimica “Ulderico Segre” e la Scuola Nazionale di Didattica della Chimica “Giuseppe Del Re”, organizzate ogni anno dalla Divisione di Didattica della SCI (<http://www.soc.chim.it/it/divisioni/didattica/home>).



La decisione di integrare le due scuole nasce dalla volontà di favorire e potenziare l'interazione fra tutti gli attori coinvolti nel processo di insegnamento/apprendimento della Chimica e dal fatto che il tema selezionato per il 2024, *"I concetti fondanti della Chimica: passato, presente e futuro"* è di grande rilevanza sia per la scuola secondaria di secondo grado che a livello universitario.

Come è evidenziato dal programma e dagli abstract dei seminari e dei laboratori teorici e pratici (https://www.soc.chim.it/sites/default/files/users/sci_didattica/Locandina_%20Segre_Del%20Re_2024_def.pdf), in questa edizione si parlerà di alcuni concetti fondamentali della Chimica dal punto di vista epistemologico, storico e didattico, ma si parlerà anche degli sviluppi attuali e delle prospettive future di questa disciplina sia per quanto riguarda la ricerca che l'aspetto culturale ed educativo.

Anche se l'iscrizione è a numero chiuso, per permettere un'efficace fruizione delle attività previste dal programma, i docenti impossibilitati a partecipare, a conclusione delle due scuole, potranno ugualmente ascoltare le lezioni e scaricare le presentazioni dei relatori dal sito della Divisione di Didattica, nel quale, come da prassi consolidata, il materiale didattico prodotto e sviluppato nell'ambito della divisione viene messo a disposizione di chiunque sia interessato (indipendentemente dal fatto che sia socio SCI).

La seconda informazione riguarda la recente pubblicazione del libro *I tanti volti della Chimica – Percorsi innovativi per insegnarla a comprenderla*, edito dalla CLUEB di Bologna (<https://clueb.it/libreria/strumenti/i-tanti-volti-della-chimica/>); a settembre sarà disponibile anche la versione e-book.

Il testo è nato per rispondere alla contingente situazione legata a due fatti: l'attivazione di svariati corsi di didattica della Chimica, inseriti nel percorso curricolare degli studi in Chimica o in ambiti affini e la rinascita di un percorso istituzionale di formazione dei docenti in ingresso nella scuola secondaria, dopo la felice (ma bruscamente interrotta) esperienza delle SSIS e i meno felici esperimenti dei TFA e dei PAS.



L'auspicio dei curatori è che questo testo possa non solo offrire supporto ai titolari e ai frequentatori dei corsi di didattica della Chimica, sia entro i percorsi curriculari che entro i percorsi di formazione insegnanti di recente istituzione, ma anche far conoscere i contributi elaborati dal settore di ricerca didattica, pedagogica, epistemologica e storica applicata alla Chimica e alle scienze.

Infine, ricordo (e questa è l'ultima informazione) che a breve ci saranno le votazioni per il rinnovo del Consiglio Direttivo della Divisione di Didattica; le candidature verranno presentate durante l'Assemblea della Divisione, che si terrà nell'ambito del Convegno della SCI, ma tutti gli iscritti verranno adeguatamente informati. L'esortazione che mi sento di fare ai docenti di scuola, che spesso disertano queste elezioni, è quella di votare per far sentire la loro voce, voce che sarà sempre più importante quanti più docenti di scuola saranno iscritti alla Divisione. Secondo me dovremmo arrivare ad avere un perfetto equilibrio fra docenti di scuola e docenti universitari perché solo così ci potrà essere un equo scambio di opinioni e una proficua collaborazione per migliorare la formazione dei nostri studenti a tutti i livelli educativi.

Alla prossima

Margherita

La formazione e l'aggiornamento dei docenti chimici dell'Università di Palermo: le attività del Progetto Mentore e del TLC-CIMDU

Antonella M. Maggio, Renato Lombardo, Delia Chillura Martino

Dipartimento STEBICEF dell'Università di Palermo

e-mail: antonella.maggio@unipa.it; renato.lombardo@unipa.it;

delia.chilluramartino@unipa.it

Abstract. The chemists of the University of Palermo are users, but also actors, of teacher training and faculty development. In 2019, the establishment of the TLC-CIMDU was the natural evolution of the Project of Mentors for Teaching that began a few years earlier with the aim to enhance teaching, which appeared to be a secondary activity with respect to research. This contribution describes these experiences by placing them in the broader context of pedagogical changes and technological transformations that affect the teaching-learning relationship in the twenty-first century.

Keywords: Formazione; aggiornamento; mentoring; TLC; Università di Palermo

1. Insegnare e apprendere nel ventunesimo secolo

L'istruzione universitaria si è trasformata negli ultimi decenni abbandonando il modello trasmissivo per uno centrato sullo studente. Questo cambiamento è dovuto a diversi fattori, tra cui le nuove tecnologie, la complessità del sapere e la necessità di formare individui versatili.

Lo studente non è più un semplice ricevitore di nozioni, ma protagonista attivo del suo apprendimento. La didattica odierna mira a sviluppare competenze trasversali come pensiero critico, *problem solving*, comunicazione efficace e lavoro di gruppo, promuovendo l'autonomia e la responsabilità degli studenti.

Per raggiungere questi obiettivi, la didattica universitaria si avvale di metodologie innovative come l'apprendimento basato su problemi, l'apprendimento esperienziale, l'apprendimento basato sul lavoro di gruppo e, in particolare, nelle discipline STEM, l'apprendimento basato sull'indagine scientifica.

L'adozione di queste metodologie ha spesso portato a significativi miglioramenti nei risultati di apprendimento degli studenti, nonché a un maggiore coinvolgimento e motivazione.

1.1 La relazione insegnamento-apprendimento

La didattica universitaria incentrata sullo studente ha indubbiamente portato miglioramenti significativi; tuttavia, è importante riconoscere che questa enfasi sull'apprendimento autonomo ha talvolta trascurato la relazione fondamentale tra insegnamento e apprendimento.

La ricerca sul processo di apprendimento degli studenti universitari è cambiata a partire dagli anni Duemila. Fino a questo momento l'attenzione era rivolta solo allo studente e le metodologie per l'apprendimento erano composte da due aspetti: una strategica (ciò che fa lo studente) e un'intenzionale o motivazionale (ciò che lo studente sta cercando di ottenere). Nonostante l'ampia letteratura internazionale sulle convinzioni degli insegnanti e sulle teorie dell'insegnamento nell'istruzione superiore, meno attenzione veniva riservata al modo in cui insegnano i docenti universitari e sull'efficacia dell'insegnamento stesso.

Con il lavoro di ricerca di Trigwell e collaboratori si assiste a un punto di svolta: si comincia a esaminare il problema delle relazioni tra il modo in cui gli insegnanti affrontano l'insegnamento e il modo in cui gli studenti affrontano l'apprendimento [1]. Viene sviluppato uno strumento quantitativo (ATI, *Approaches to Teaching Inventory*) per esplorare le relazioni fra apprendimento e insegnamento, con l'obiettivo di rendere i docenti consapevoli del modo di vedere e affrontare il loro insegnamento.

La ricerca condotta utilizzando l'ATI suggerisce sin da subito che l'approccio all'insegnamento dei docenti universitari non sempre è determinato dall'analisi del contesto in cui si trovano. Pur se si notano grandi differenze tra i docenti di diverse discipline in termini di approcci all'insegnamento, si osserva anche che i docenti con esperienza tendono a utilizzare approcci all'insegnamento più centrati sullo studente e sulle competenze rispetto ai docenti meno esperti, evidenziando il ruolo importante della formazione ricevuta dai docenti nell'ambito della didattica. Inoltre, emerge chiaramente che esistono relazioni sistematiche tra il modo in cui insegnano i docenti e la qualità dell'apprendimento dei loro studenti, anche se questa relazione è complessa e influenzata da molteplici fattori.

Successivamente, sono state sviluppate varie metodologie per valutare gli approcci all'insegnamento. Una delle più recenti, l'HEAT (*Higher Education Approaches to Teaching*) [2], cerca di ampliare gli strumenti precedentemente disponibili (ATI e ATI-R in particolare) con un approccio più olistico.

1.2 La rivoluzione digitale

A questi cambiamenti di prospettiva puramente pedagogici si aggiungono anche i rapidi cambiamenti determinati dai progressi tecnologici e dal cambiamento demografico degli studenti, che stanno costringendo le istituzioni di formazione a tutti i livelli a ripensare il modo in cui si svolge l'insegnamento e l'apprendimento.

La rivoluzione digitale ha investito a pieno l'universo dell'istruzione superiore, plasmando un panorama didattico che è in continua evoluzione. Pur rimanendo

centrale la competenza disciplinare, affrontando il cambiamento, sviluppando nuove competenze e sfruttando la tecnologia, i docenti possono ora progettare nuove esperienze di apprendimento, diversificare i metodi di insegnamento e integrare nuove tecnologie per rendere più efficace la loro didattica e favorire un apprendimento più profondo e duraturo.

Seppur la rivoluzione digitale ha portato indubbi vantaggi, non mancano le sfide che tutti gli attori dell'istruzione devono affrontare. Diventa fondamentale per docenti e studenti sviluppare competenze digitali adeguate a un utilizzo efficace delle tecnologie didattiche e promuovere un uso responsabile e consapevole del digitale, evitando che diventi fonte di distrazione o disinformazione.

Per rimanere insegnanti efficaci nel contesto in evoluzione dell'istruzione superiore, i docenti dovrebbero cercare di sviluppare competenze nelle seguenti quattro aree chiave.

- *Progettazione didattica*: i docenti devono diventare esperti nel progettare esperienze di apprendimento coinvolgenti e misurabili sia online che in presenza, il che richiede la conoscenza delle pratiche più efficaci nell'apprendimento delle scienze, l'utilizzo di strumenti multimediali e la definizione di obiettivi di apprendimento chiari.
- *Tecnologia educativa*: poiché la maggior parte dei corsi integra alcune tecnologie educative, i docenti avranno bisogno di competenze pratiche nei loro strumenti specifici, il che significa incorporare strumenti multimediali, sperimentare nuove tecnologie e rimanere aggiornati man mano che emergono innovazioni.
- *Competenza nei dati*: a mano a mano che l'istruzione superiore si sposta verso pratiche di insegnamento basate sulle prove di efficacia, i docenti devono raccogliere, interpretare e impiegare i dati di apprendimento degli studenti. Sviluppare competenze nell'ambito degli strumenti di analisi, delle tecniche di valutazione e della visualizzazione dei dati è fondamentale. Un approccio basato sui dati consente ai docenti di indirizzare l'istruzione e supportare il successo degli studenti.
- *Competenza culturale*: con il cambiamento demografico degli studenti, i docenti devono rafforzare la propria competenza culturale e la capacità di insegnare a studenti diversi, il che include l'esame dei pregiudizi personali, l'espansione della rappresentanza nei programmi di studio e l'impiego di pedagogie inclusive. Corsi di specializzazione, workshop e riflessioni continue possono sviluppare queste competenze.

Costruire competenze in queste aree consentirà ai docenti e alle loro istituzioni una maggiore efficacia nell'insegnamento, indipendentemente dai cambiamenti specifici che arriveranno.

2. L'innovazione didattica nell'Università di Palermo

La nuova visione del rapporto fra insegnamento e apprendimento e la rivoluzione digitale ha avuto notevoli implicazioni per le istituzioni di formazione universitaria, che sono state spinte ad adeguarsi alle nuove esigenze da esse determinate.

Sempre più università hanno accordato priorità all'apprendimento degli studenti e hanno anche iniziato a offrire un maggiore supporto all'insegnamento attraverso servizi di consulenza, incentivi finanziari, workshop e iniziative di sviluppo didattico e organizzativo.

Questo processo di rinnovamento è stato alimentato da stimoli provenienti sia dall'interno che dall'esterno. All'interno, docenti, studenti e organi di governo hanno svolto un ruolo attivo nel promuovere nuove metodologie didattiche e nell'adottare le nuove tecnologie. Esternamente, le istituzioni nazionali e internazionali hanno contribuito a stimolare il cambiamento attraverso politiche di sostegno all'innovazione didattica e la definizione di standard di qualità per l'insegnamento superiore.

Da alcuni anni, anche l'Università di Palermo, in quanto mega ateneo con una forte identità territoriale, si trova al centro di questo cambiamento sostenendo la ricerca e l'innovazione didattica, investendo nell'implementazione e nell'utilizzo di strumenti digitali per la didattica e, soprattutto, investendo nella formazione continua dei docenti, supportandoli nell'acquisizione delle competenze necessarie per implementare innovative metodologie didattiche e utilizzare efficacemente le tecnologie digitali.

2.1 II TLC-CIMDU

Al centro dei processi di innovazione e miglioramento della didattica universitaria si trovano ormai da qualche anno i *Teaching e Learning Center* (TLC): le strutture con le quali le diverse università gestiscono e guidano le azioni necessarie. Diffusi inizialmente nelle realtà universitarie degli Stati Uniti essi si sono diffusi anche in Europa. Nel 2021 l'Unione Europea, attraverso i fondi PNRR, ha deciso di finanziare per l'Italia sette missioni strategiche, fra le quali la quarta riguarda "Istruzione e ricerca" e prevede investimenti per il rafforzamento anche del sistema educativo. Inizialmente finanziava anche l'istituzione di TLC, che con l'ultimo adeguamento, sarà sostenuta con risorse nazionali.

Esistono varie ragioni per le quali è opportuno che gli Atenei si dotino di TLC. Sorcinelli ne individua dieci [3] fra le quali ricordiamo quella di enfatizzare le capacità e le abilità dei docenti, fornendo anche misure di riconoscimento e premi, di sviluppare principi guida, obiettivi chiari e procedure di valutazione, di creare sistemi collaborativi di supporto, di incoraggiare la collegialità e la comunità.

Nato nel 2019 e ufficialmente riconosciuto come Centro di Ateneo per l'Insegnamento e l'Apprendimento (TLC) dal 2023, il CIMDU (Centro per l'Inno-

vazione e il Miglioramento della Didattica Universitaria) rappresenta il fulcro della strategia di rinnovamento didattico dell'Università di Palermo.

In linea con il Piano Strategico d'Ateneo, il CIMDU si pone come catalizzatore del miglioramento continuo della qualità dell'insegnamento, supportando i docenti nel loro aggiornamento e qualificazione e monitorando l'efficacia dei percorsi formativi degli studenti.

Al centro dell'azione del CIMDU c'è la valorizzazione della professionalità docente, dell'insegnamento e dell'apprendimento. L'obiettivo è creare un ambiente educativo stimolante, dove gli studenti siano protagonisti attivi del loro percorso di crescita, guidati da un corpo docente altamente qualificato e preparato.

Per raggiungere questo ambizioso traguardo, il CIMDU promuove una serie di azioni concrete, tra le quali:

- Ricerca e sperimentazione di nuove pratiche didattiche innovative, anche con l'ausilio delle nuove tecnologie
- Creazione di un ponte tra ricerca, didattica e innovazione, favorendo la circolazione di conoscenza e la contaminazione reciproca
- Scambio e valorizzazione delle "buone pratiche" didattiche, per diffondere modelli di insegnamento efficaci
- Partecipazione a reti nazionali e internazionali per la condivisione di progetti ed esperienze
- Promozione della didattica speciale per l'inclusione, garantendo pari opportunità a tutti gli studenti.

Tra le recenti iniziative del CIMDU, spiccano *la sistematizzazione del corso di formazione per i neoassunti* (RTDA, RTDB, PNRR). È un corso di sei seminari formativi e di una Peer Observation Session conclusiva, per un totale complessivo di venticinque ore di attività formativa. I temi trattati sono in continuità con le edizioni precedenti, ma di anno in anno vengono introdotti nuovi argomenti, anche in funzione delle richieste pervenute. Relativamente all'anno accademico 2022-2023, per esempio, sono state sviluppate le tematiche di seguito riportate.

- a. Motivazione all'apprendimento e didattica partecipativa
- b. Seminario di tre incontri sull'active learning:
 - Riflessione e programmazione: verso una didattica efficace
 - Teaching perspective e didattica attiva: dalla riflessione al confronto fra pari
 - Strategie e metodi centrati sullo studente: best practices
- c. Deontologia dell'insegnamento universitario
- d. Approccio di sistema alla qualità della didattica universitaria
- e. Valutazione formativa e sommativa

Alla fine del percorso, ogni partecipante per la Peer Observation Session, si cimenta in una simulazione di micro-lezione della durata di circa dieci minuti su un argomento a sua scelta e legato ai suoi interessi, non necessariamente di ricerca, e in cui utilizzare qualche approccio metodologico appreso durante il percorso formativo.

I corsi di aggiornamento per i docenti in servizio hanno, invece, riguardato le nuove tecnologie nella didattica e la didattica destinata agli studenti con disturbi specifici dell'apprendimento.

- a. Il primo è stato un percorso articolato in sette seminari e un workshop conclusivo per un totale di 22 ore. I temi trattati spaziavano dall'impiego di strumenti specifici come Microsoft Teams o Moodle, a temi più generali quali l'impiego dell'intelligenza artificiale nei Learning Management Systems.
- b. L'altro percorso di formazione organizzato dal TLC-CIMDU si è incentrato sulla didattica destinata agli studenti con disturbi specifici dell'apprendimento; in questo caso il percorso era strutturato in cinque seminari per un totale di 15 ore.

A questi percorsi hanno partecipato nello scorso anno accademico (2022-2023) circa trecento docenti. Dal questionario somministrato alla fine è emersa una valutazione complessivamente positiva, ma soprattutto vengono raccolte indicazioni riguardo tematiche di interesse. Inoltre, è stato sollecitato il TLC-CIMDU a intraprendere azioni per promuovere la sperimentazione in aula.

Queste azioni sono integrate dalla ricerca di finanziamenti per progetti di innovazione didattica e da una continua interlocuzione con gli Organi di Governo d'Ateneo. Il TLC CIMDU ha anche finanziato numerosi progetti elaborati dai corsi di studio per l'innovazione didattica.

Inoltre, il CIMDU ha promosso un confronto attivo e costante con la scuola attraverso l'istituzione di un tavolo tecnico scuola-università. È composto in maniera paritetica da docenti delle scuole secondarie di secondo grado e da docenti universitari per aree disciplinari. Fra gli obiettivi del tavolo tecnico vi è quello di individuare i saperi minimi disciplinari, un linguaggio condiviso nelle proposte didattiche chiarendo il significato attribuito a termini quali competenze e abilità.

2.2 Il “Progetto Mentori per la Didattica”

L'istituzione del CIMDU all'Università di Palermo non rappresenta un evento isolato, bensì l'evoluzione naturale di un percorso di crescita e innovazione didattica iniziato anni prima. Essa si inserisce in un quadro radicalmente modificato dalla presenza del “Progetto Mentori per la Didattica”, nato nel 2013 per volontà di un gruppo di docenti ingegneri, mossi da una comune preoccupazione. Condividendo la sensazione che l'attenzione dell'Accademia fosse prevalentemente rivolta al

potenziamento del sistema di valutazione della ricerca, a scapito della funzione didattica, il gruppo decise di prendere in mano la situazione [4] Il progetto si basa sul principio del *peer mentoring*, ovvero della collaborazione tra docenti di diversa esperienza per il reciproco miglioramento delle metodologie didattiche.

Il progetto incoraggia la collaborazione e lo scambio di esperienze tra docenti di diversa formazione e discipline. I docenti “mentori” affiancano i docenti *mentee* in un percorso di crescita professionale, fornendo supporto, consigli e spunti di riflessione per l’ottimizzazione delle loro metodologie didattiche. I mentori supportano i *mentee* nell’analisi e nella riflessione critica sulla propria didattica, aiutandoli a individuare punti di forza e aree di miglioramento. Insieme, identificano strategie e soluzioni per implementare nuove metodologie didattiche innovative e rendere l’apprendimento più efficace e coinvolgente per gli studenti. Essendo un processo “fra pari”, ogni docente che partecipa al progetto svolge sia il ruolo di mentore che di *mentee*.

I benefici del “Progetto Mentori per la Didattica” sono molteplici. Dal punto di vista del singolo docente esso è un’utilissima occasione di sviluppo professionale: i docenti coinvolti nel progetto hanno l’opportunità di accrescere le proprie competenze didattiche, di acquisire nuove metodologie e strategie di insegnamento e di sviluppare una maggiore consapevolezza del proprio ruolo formativo. Dal punto di vista dell’istituzione nel suo complesso, il progetto favorisce la creazione di una rete di relazioni collaborative tra docenti, basata sul reciproco supporto e sulla condivisione di esperienze e conoscenze, dando vita a una comunità ricca e vivace, pronta a diffondere all’interno dell’Ateneo una cultura dell’innovazione didattica e incoraggiando i docenti a sperimentare nuove metodologie e ad adottare un approccio riflessivo e orientato al miglioramento continuo della propria didattica.

Quest’ultimo aspetto è di particolare importanza, dato che in tale contesto ricettivo e propositivo possono maturare nuove spinte verso l’innovazione in un ciclo virtuoso di miglioramento e rinnovamento.

L’aspetto centrale del progetto è l’attività di *mentoring*. Ogni docente (*mentee*) sa di poter contare sul supporto di due “mentori”, due colleghi docenti che hanno il compito di aiutarlo a migliorare la qualità della sua attività di insegnamento. Nella scelta dei due mentori si tiene conto che:

- uno dei due abbia tutorato, nell’anno precedente, lo stesso *mentee*, in modo da assicurare continuità al processo di *mentoring*;
- uno dei due abbia svolto l’attività di mentore da più anni, in modo da supportare il collega con meno esperienza;
- nessuno dei due sia di S.S.D. uguale o affine a quello del *mentee*, per fare in modo che l’osservazione riguardi più il come piuttosto che cosa si insegna;
- entrambi possano svolgere l’attività di mentore nel semestre in cui non sono *mentee*.

I due mentori di uno stesso *mentee*, coordinandosi fra loro, assistono ad alcune sue lezioni, tipicamente due (a loro scelta anche di più), e, inoltre, programmano un incontro con gli studenti in assenza del *mentee* stesso per raccogliere il loro parere sul corso e sulla modalità di insegnamento. Per svolgere al meglio il loro compito, ponendo attenzione ad alcuni specifici parametri che il Progetto Mentori ritiene irrinunciabili da monitorare, i due mentori si avvalgono in aula di una scheda di valutazione, redatta in assemblee plenarie dei mentori e periodicamente rivista.

Raccolte tutte queste informazioni i mentori concordano col *mentee* un incontro per restituire un feedback e soprattutto discutere insieme delle impressioni avute, dei punti di forza e degli eventuali margini di miglioramento della sua didattica. L'intero processo e tutte le fasi intermedie vengono monitorate da un mentore senior che ha l'incarico di intervenire quando sorgono difficoltà a concludere il *mentoring* o, a richiesta, quando sorgono criticità di altro tipo.

Il Progetto Mentori per la Didattica si è distinto sin dall'inizio non solo per l'attività di mentoring vera e propria, ma anche per un ricco programma di formazione continua dedicato ai docenti partecipanti. Fin dai primi anni, il progetto ha previsto una serie di incontri formativi periodici, a cura di esperti esterni o interni all'Ateneo. Questi incontri hanno affrontato tematiche di grande attualità in materia di didattica universitaria, offrendo ai docenti l'opportunità di approfondire le proprie conoscenze e competenze in specifici ambiti.

Dal 2018, il progetto ha ulteriormente rafforzato il suo impegno nella formazione dei docenti con l'introduzione di un workshop residenziale annuale della durata di tre giorni. Il workshop residenziale rappresenta un'occasione unica per i docenti di approfondire tematiche specifiche, nella quale esperti di fama nazionale e internazionale guidano i partecipanti nell'analisi e nella discussione di tematiche di particolare interesse per la didattica universitaria, anche attraverso sessioni pratiche e laboratori interattivi.

Tutte queste attività favoriscono la creazione di una rete di relazioni collaborative tra docenti, permettendo loro di scambiare esperienze, idee e buone pratiche, nonché di riflettere criticamente sulla propria didattica e di individuare nuovi percorsi di crescita professionale.

Un sondaggio anonimo condotto tra i partecipanti ha rivelato un forte apprezzamento per le attività del progetto, in particolare per il mentoring e la formazione. Un focus group condotto dal professor Ettore Felisatti [5] ha evidenziato un legame tra la soddisfazione dei partecipanti e la percezione di un miglioramento nella loro didattica, alimentando aspettative di ulteriore crescita professionale. Il modello di doppia assunzione di ruolo come mentore e *mentee* è stato particolarmente apprezzato.

Oltre al miglioramento delle competenze didattiche individuali, il progetto ha avuto un impatto positivo a livello di Ateneo. Il Progetto è stato riconosciuto come un'importante opportunità di sviluppo professionale, come testimoniato

da diverse discussioni in Senato Accademico. Tra i partecipanti è emerso un crescente senso di comunità accademica, evidente nella partecipazione attiva a seminari di approfondimento e workshop residenziali. Il Progetto è stato inoltre classificato come best practice dalla Commissione Nazionale di Valutazione (CNV) dell’Agenzia Nazionale per la Valutazione dell’Università e della Ricerca (ANVUR).

Negli ultimi anni, il progetto ha registrato un notevole interesse da parte dei colleghi di molti dipartimenti, segno evidente del suo successo. Come illustrato nella figura 1, si è osservata una crescente adesione da parte di docenti di ingegneria, scienze di base e umanistiche. Negli ultimi anni, l’interesse si è esteso anche alle altre aree dell’Ateneo. Attualmente, il progetto coinvolge docenti con età ed esperienze didattiche estremamente diverse. I più giovani hanno 27-28 anni e sono alle prime esperienze di insegnamento universitario, mentre i più anziani sono docenti in pensione a contratto con oltre trent’anni di esperienza.

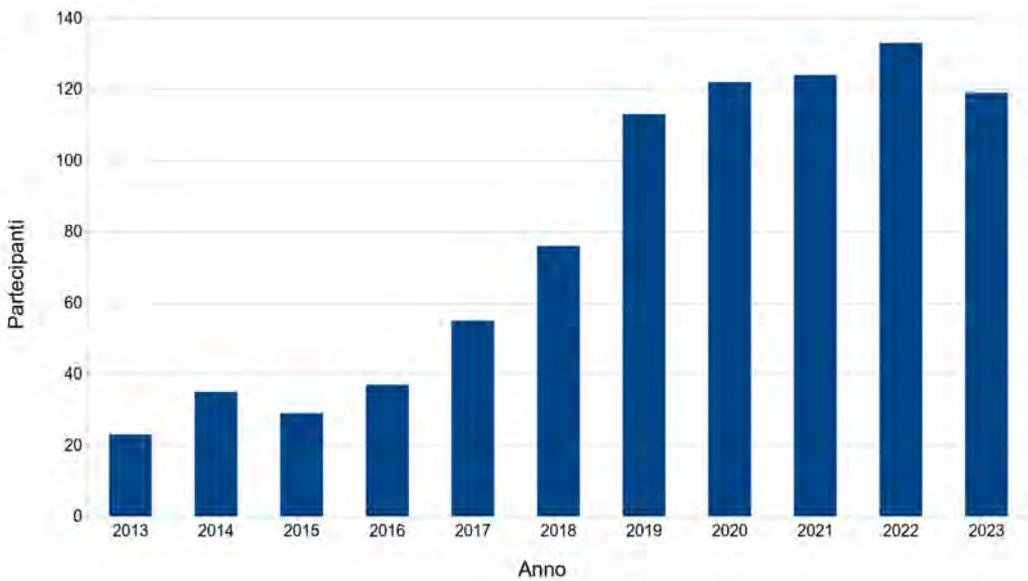


Figura 1. Numero di docenti partecipanti per ogni anno al “Progetto Mentori per la Didattica” dalla sua nascita all’anno accademico 2023

La partecipazione di docenti provenienti da aree culturali così diverse e con sfondi professionali così eterogenei è stata accolta con grande favore. I partecipanti hanno apprezzato particolarmente l’opportunità di collaborare con co-mentori che vantano esperienze e metodologie didattiche differenti, trovando l’esperienza reciprocamente stimolante e arricchente.

L’aumento dei partecipanti ha richiesto da qualche anno l’introduzione di una nuova figura: il Mentore Senior. Il Mentore Senior non è un superiore, ma un

collega esperto che affianca e supporta gli altri mentori. Il suo ruolo è facilitare il raggiungimento degli obiettivi del progetto, condividendo la sua esperienza e sensibilità. Inizialmente, i Mentori Senior supportavano i nuovi mentori. Nel tempo, il loro ruolo si è evoluto, diventando fondamentale per il progetto. Ognuno segue circa 10-15 percorsi di mentoring. Le loro attività ricadono essenzialmente in due ambiti:

- *Supporto*, offrendo aiuto e consigli ai mentori in caso di difficoltà.
- *Community*, creando e moderando piccole comunità di docenti per favorire lo scambio di idee e buone pratiche.

Il ruolo dei Mentori Senior è diventato cruciale per il successo del progetto. Oltre a gestire l'aumento dei partecipanti, hanno apportato un valore aggiunto in termini di:

- *Qualità del processo*, collaborando a formare i mentori inesperti e guidandoli nella risoluzione di eventuali problemi
- *Risultati*, monitorando le attività intervenendo tempestivamente per ottimizzare i percorsi di mentoring
- *Scambio di esperienze*, favorendo la creazione di piccole comunità dove i docenti possono scambiare dubbi, esperienze e idee sulla didattica.

A più di dieci anni dalla nascita del progetto, la rete collaborativa è ormai l'ossatura di una comunità con oltre centocinquanta docenti, che si estende anche oltre la formazione professionale continua e prevede numerose occasioni di interazione sociale e informale che la rafforzano e promuovono ancora di più il senso di appartenenza e il desiderio di collaborazione.

Al di là dei risultati misurabili, il successo del progetto, sostenuto dall'Ateneo, è evidente nel raggiungimento del suo obiettivo principale: i partecipanti non si sentono più soli ad affrontare la sfida di mantenere alta la qualità della didattica, anche di fronte ai cambiamenti radicali che la stanno interessando. Questi cambiamenti non riguardano solo le nuove tecnologie o le situazioni contingenti (come la pandemia), ma anche le mutate aspettative degli studenti, che richiedono un'esperienza di lezione più coinvolgente e opportunità di crescita intellettuale e professionale.

Attraverso un approccio collaborativo e di mutuo supporto, il progetto ha favorito il confronto tra pari, offrendo opportunità di formazione e contribuendo a creare un forte senso di comunità tra i docenti. Questo clima positivo ha alimentato un ambiente di sperimentazione, incoraggiando i docenti a esplorare nuove metodologie e tecniche didattiche. Il progetto ha dimostrato che l'innovazione didattica può avvenire in modo graduale e sereno, adattandosi ai ritmi di docenti e studenti. Partendo da semplici attività come il *Think-Pair-Share*, si è progressivamente passati a metodologie più strutturate, come le presentazioni di gruppo, fino a raggiungere livelli di complessità elevati con il *Team-Based Learning* (TBL) e il *Problem-Based Learning* (PBL).

Un'analisi preliminare condotta sui corsi erogati da docenti che hanno partecipato al progetto Mentore ha rilevato risultati incoraggianti [8]. I dati raccolti suggeriscono che la partecipazione al progetto ha un effetto positivo sulla qualità della didattica, in particolare nei corsi di laurea triennali. Sebbene l'analisi sia ancora in fase esplorativa e necessiti di ulteriori approfondimenti, i risultati preliminari indicano che i docenti che hanno aderito al progetto tendono a ottenere punteggi più elevati nelle valutazioni della didattica rispetto ai colleghi che non vi hanno partecipato.

Questa tendenza è particolarmente evidente nei corsi di laurea triennali, dove l'impatto del progetto sembra essere più significativo. Le possibili ragioni di questa differenza meritano ulteriori indagini, ma potrebbero essere legate al fatto che i corsi triennali offrono maggiori opportunità di sperimentare e implementare nuove metodologie didattiche.

Il decennale del progetto è stato anche l'occasione per l'organizzazione del Simposio "Il mentoring: una via per sostenere la qualità dell'apprendimento e dell'insegnamento", che si è tenuto a Palermo nel giugno 2023 e che ha visto la presenza di numerosi partecipanti dall'Italia e anche dall'estero. Il simposio è stato un importante momento di confronto e di scambio di esperienze su questo tema, nel quale il "Progetto Mentori per la Didattica" ha dato un contributo molto rilevante.

L'esperienza del Simposio del 2023 è stata così ricca e significativa da meritare di essere raccolta in un volume. Questo volume, in fase di pubblicazione da parte di Palermo University Press, raccoglierà i contributi dei relatori e i risultati del confronto tra i partecipanti in una veste più estesa e approfondita, offrendo una panoramica completa dei temi affrontati durante l'evento. Esso rappresenterà una risorsa utile per docenti, ricercatori e tutti coloro che si interessano all'innovazione didattica e alla crescita professionale dei docenti.

2.3 I chimici di Palermo e l'innovazione didattica

I chimici che hanno aderito per primi al Progetto Mentore sono stati quelli che per sensibilità e competenza, maturata in vari ambiti e contesti, hanno percepito sin da subito l'importanza e la portata di questa esperienza. Negli anni, grazie al cambiamento culturale e generazionale, ma anche a un positivo passaparola, il numero dei chimici partecipanti è cresciuto considerevolmente.

Gli ambiti in cui i chimici sono maggiormente coinvolti sono senza dubbio quelli della formazione e aggiornamento che si attua non solo attraverso le attività del progetto mentore, ma più di recente anche con i seminari proposti dal CIMDU e all'interno dell'alleanza *ForThem*. Questa crescente attenzione dei chimici nei confronti della didattica disciplinare ha trovato piena attuazione nell'inserimento, all'interno dell'offerta formativa della Laurea Magistrale in Chimica, di due insegnamenti di sei CFU di didattica disciplinare. Questi due insegnamenti danno anche la possibilità di attuare e sperimentare metodologie

e percorsi didattici innovativi [9]. La sperimentazione di didattica innovativa ha riguardato anche altri insegnamenti, impiegando tecniche quali il *Debate* [10], o la sperimentazione di applicazioni digitali innovative[11].

Inoltre, il Corso di Studio in Chimica ha partecipato ai bandi di Ateneo per progetti di innovazione della didattica, promossi dal CIMDU a partire dallo scorso anno, proponendo in entrambe le occasioni dei progetti che si propongono di migliorare l'efficacia didattica, con l'impiego di strumenti e metodologie innovative in modo coordinato e uniforme, e assicurando che tale impiego sia sempre accompagnato da un'adeguata formazione dei docenti. Alcuni dei chimici hanno anche partecipato a ulteriori progetti di innovazione in altri corsi di studi nei quali insegnano.

I chimici di Palermo sono coinvolti anche nel Dottorato di interesse nazionale "Tecnologie e metodi per la formazione universitaria", di cui l'Ateneo di Palermo è sede. Gli insegnamenti di didattica disciplinare, le tesi di laurea, i progetti di innovazione sono contesti fertili per realizzare ricerche sperimentali.

L'esperienza dei mentori è stata valorizzata dall'istituzione del CIMDU che ha avuto modo di avvalersi di personale formato ed esperto che era stato in grado di conoscere e realizzare in contesti reali molte delle metodologie apprese negli anni. Anche in questo caso i chimici sono stati protagonisti nella progettazione e realizzazione di percorsi di formazione dei neoassunti e di numerosi eventi formativi.

Riferimenti

- [1] K. Trigwell, M. Prosser, Development and use of the approaches to teaching inventory, *Educational Psychology Review*, 2004, **16** (4), 409-424.
- [2] L. Postareff, et al, The dimensions of approaches to teaching in higher education: a new analysis of teaching profiles, *Higher Education*, 2024, **88**, 37-59.
- [3] M. D. Sorcinelli, Ten principles of good practice in creating and sustaining Teaching and Learning Centers, in *A guide to faculty development: Practical advice, examples, and resources* (Eds. K. H. Gillespie, L. R. Hilsen, E. C. Wadsworth), Anker Publishing Company, 2002.
- [4] F. Caradonna, et al., Il Progetto "Mentori per la didattica" dell'Università di Palermo dopo sei anni dalla nascita e le iniziative future, in *Faculty Development in Italia. Valorizzazione delle competenze didattiche dei docenti universitari* (a cura di A. Lotti, P. A. Lampugnani), Genova University Press, 2020, pp. 271-279.
- [5] E. Felisatti, et al., Il mentoring nella docenza universitaria: il progetto "Mentori per la didattica" nell'Università di Palermo, *Italian Journal of Educational Research*, 2019, **23**, 178-193.
- [6] F. Caradonna, et al., Percorsi di student-centered learning negli insegnamenti di area naturalistico-biologica dell'Università di Palermo, in *82° Congresso Unione Zoologica Italiana, Book of Abstracts*, 2023.
- [7] V. La Carrubba, et al., Il Progetto Mentore dell'Università di Palermo: sti-

moli ed esempi degli effetti sull'innovazione della didattica, *Mentoring in Higher Education*, Palermo University Press (in stampa).

- [8] M. Ferrante, et al., Il Progetto Mentore e le valutazioni sulla qualità della didattica da parte degli studenti, *Mentoring in Higher Education*, Palermo University Press (in stampa).
- [9] D. Chillura Martino, A. Maggio, Approcci metodologici innovativi nell'insegnamento della didattica della Chimica, in *I tanti volti della Chimica - Percorsi innovativi per insegnarla e comprenderla* (a cura di E. Aquilini, E. Ghibaudi, M. Venturi, G. Villani), CLUEB, 2024, pp. 352-356.
- [10] S. Feci, et al., Esperienze di Debate all'Università di Palermo, in *Faculty Development: la via italiana* (a cura di A. Lotti, et al.), Genova University Press, 2023, pp. 490-504.
- [11] R. Lombardo, Python and Plotly Dash, a quick and convenient way to develop Web Apps for teaching physical chemistry models, *J. Chem. Educ.*, **2024** (<https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.jchemed.3c01167>)

Una separazione e i miscugli attraverso l'arte alla scuola dell'infanzia

Francesca Racca¹ e Francesca Turco

Dipartimento di Chimica dell'Università di Torino

e-mail: francesca.turco@unito.it; francesca.racca@edu.unito.it

Abstract. Stepping into the shoes of young scientists, the students of a homogeneous group in the final year of kindergarten tackled the topics of mechanical separation through centrifugation, and downstream, homogeneous and heterogeneous mixtures through an interdisciplinary approach that intertwined science with art, food education, and civic education.

Keywords: Scuola dell'infanzia; miscugli omogenei; miscugli eterogenei; scienza e arte; educazione alimentare; educazione civica

1. Introduzione al percorso

Il percorso è stato strutturato in tre momenti distinti: l'uscita al mercato, momento indispensabile per fissare nell'immaginario degli alunni l'idea di un contesto di realtà su quanto si andrà a manipolare, l'attività legata alla centrifugazione e, in ultimo, quella relativa ai miscugli omogenei ed eterogenei, attività per le quali sono state previste almeno due ore ciascuna.

La prima parte del progetto ha dunque preso avvio con il coinvolgimento dei bambini nell'acquisto di frutta, verdura e spezie presso il mercato biologico della loro città (Figura 1). Questa attività si è rivelata indispensabile per un'educazione all'acquisto consapevole, al consumo di frutta e verdura a km 0 e per fare in modo che tutti avessero chiara la natura della materia che avrebbero in seguito manipolato.

¹ Studentessa in Scienze della Formazione Primaria dell'Università di Torino.



Figura 1. I bambini si recano al mercato della città per comprare le materie prime necessarie allo svolgimento del laboratorio

2. Il percorso laboratoriale

2.1 *Le trasformazioni meccaniche: la centrifugazione*

Occorrente: spinaci, cavolo viola, carote, mirtilli, centrifuga, bicchieri, pennelli, fogli A4, cartellone.

Successivamente all'uscita propedeutica al mercato, l'attività è proseguita con la centrifugazione della frutta e della verdura acquistate. Il centrifugato è poi servito ai bambini, suddivisi in piccoli gruppi, per dipingere "il prato", argomento principale dell'anno scolastico.

Prima di avviare l'attività vera e propria, i bambini hanno partecipato attivamente al momento di montaggio della centrifuga, cercando di avanzare ipotesi sull'utilizzo di questo macchinario alla maggior parte di loro sconosciuto. Una volta montata la centrifuga, tutti gli alimenti le sono stati posti di fianco per far sì che i bambini avessero ben impresso il loro stato iniziale (Figura 2).



Figura 2. il banco con i frutti e gli ortaggi da centrifugare ed il macchinario della centrifuga montato

Questa fase preparatoria si è rivelata fondamentale per creare un contesto carico di aspettative e per favorire la concentrazione: gli alunni hanno, infatti, subito iniziato a porsi domande e a formulare ipotesi, mantenendo un buon livello di attenzione. I bambini sono stati, quindi, divisi a isole e a turno si sono avvicinati alla centrifuga per assistere alla trasformazione degli alimenti. Le prime verdure centrifugate sono stati gli spinaci e, dopo averne ottenuto il succo, è stato chiesto ai bambini, ancora divisi a isole, di dipingere un prato, sfondo integratore dell'anno scolastico. A seguire, dopo la trasformazione del mirtillo in succo, tutti i gruppi hanno dipinto il cielo, sfumandolo poi con il cavolo viola e terminando il lavoro con il succo della carota, con il quale hanno disegnato il Sole (Figura 3).



Figura 3. I bambini, dopo aver centrifugato spinaci, mirtilli, cavolfiore viola e carote iniziano a dipingere “il prato” e macchie del colore naturale ottenuto dalla centrifugazione di frutta e verdura

Nel corso dell'attività laboratoriale i bambini hanno continuato a interrogarsi e a confrontarsi sulle trasformazioni avvenute e sulla possibilità di utilizzare colori naturali derivanti da frutta e verdura comunemente presenti sulle loro tavole. L'ultima parte della lezione è stata dedicata alla discussione, mediata dall'insegnante. Durante questo momento è stata particolarmente interessante l'attività di smontaggio della centrifuga: attraverso stimoli guida i bambini hanno formulato ipotesi sul motivo per cui all'interno della centrifuga si trovasse ancora parte della frutta e della verdura che da uno stato, da loro definito “duro”, si era trasformata in un liquido (Figura 4).

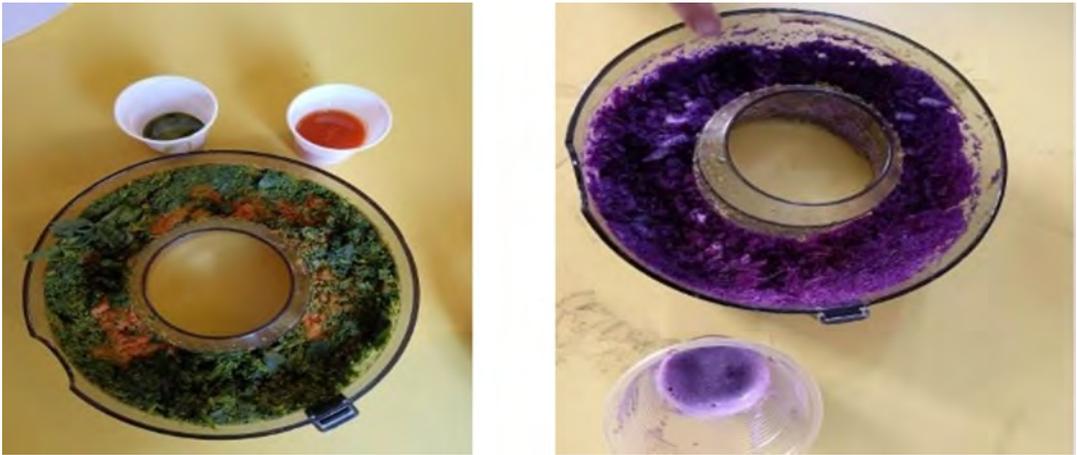


Figura 4. La parte della buccia e delle fibre insolubili rimasta all'interno della centrifuga

Le ipotesi e i ragionamenti avanzati dai bambini hanno creato il terreno fertile per affrontare poi la seconda parte dell'unità didattica, legata ai miscugli omogenei ed eterogenei. Dall'osservazione della trasformazione, infatti, è emerso il concetto di omogeneità: i bambini hanno espresso, mediante linguaggio naturale, l'idea di assenza di "pezzetti" della sostanza originaria, trasformata in un succo omogeneo. Tenuto conto dell'età e dell'ordine della scuola, si è lasciato ampio spazio all'utilizzo del linguaggio naturale, che è stato poi implementato attraverso l'utilizzo di termini tecnici, visto l'elevato livello di attenzione mostrato dai bambini, parlando di trasformazione mediante separazione tra la frazione liquida e quella solida delle sostanze. A conclusione dell'attività, con l'aiuto dei bambini, è stato creato un cartellone con i dipinti di ogni gruppo e alcuni interventi salienti della discussione (Figura 5).

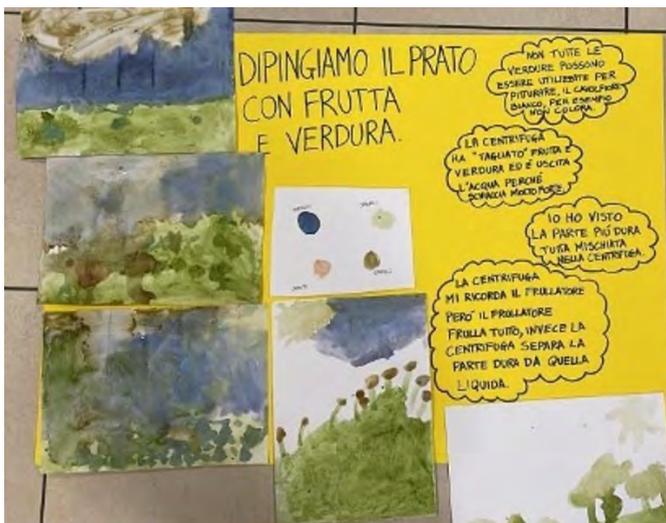


Figura 5. Cartellone finale con i dipinti dei bambini e gli interventi più importanti in fase di discussione

2.2 Miscugli omogenei ed eterogenei

Occorrente: curry, curcuma, caffè, zucchero, sabbia, acqua, bicchieri, cucchiaini, pennelli, fogli, cartellone.

La seconda parte del percorso è proseguita con il ricorso all'immedesimazione nei panni di piccoli scienziati, questa volta più esperti. Versando in piccoli recipienti contenenti acqua alcune spezie acquistate durante l'uscita al mercato, i bambini hanno dipinto "il bosco in autunno", ambiente da loro conosciuto in seguito a un'uscita sul territorio con il museo cittadino di storia naturale. L'attività è stata, quindi, dedicata all'esplorazione di miscugli eterogenei e, successivamente, omogenei, tenendo sempre in considerazione l'interdisciplinarietà del progetto: attraverso l'utilizzo delle spezie, infatti, si è fatto accenno al loro ampio impiego in altre culture e alle loro modalità di consumo, portando avanti, all'interno di una cornice scientifica, anche un percorso di educazione civica e alimentare, con l'arte come denominatore comune alla precedente attività.

Poiché durante la fase di uscita al mercato i bambini si erano fermati a comprare anche le spezie e il caffè, l'insegnante, partendo dal ricordo di questo momento, ha introdotto l'attività chiedendo loro come avrebbero potuto dipingere con questi materiali, avendo già un'idea di come farlo con i succhi di frutta e verdura derivanti da trasformazione meccanica. I bambini hanno, allora, avanzato l'ipotesi di "sciogliere" le spezie in acqua. Dopo aver messo un po' d'acqua nei bicchieri, i bambini, divisi in gruppi, si sono cimentati nel tentativo di sciogliere curry, curcuma e caffè in acqua, rendendosi conto del fatto che, a differenza dei succhi centrifugati che apparivano omogenei, rimanevano parti di spezie ben visibili nel bicchiere. Questa osservazione verrà ripresa attraverso la discussione, mediante la proposta di un ulteriore esperimento. Per il momento ai bambini viene chiesto di dipingere con le spezie "il bosco in autunno" (Figura 6).



Figura 6. Macchie di colore derivanti dalle spezie e l'utilizzo di questi miscugli per dipingere un paesaggio autunnale nel bosco

Terminata la fase di manipolazione, si è proseguito con la discussione. A ogni gruppo sono stati forniti due bicchieri con un po' di acqua. In uno sono stati messi due cucchiaini di zucchero e nell'altro due cucchiaini di sabbia. I bam-

bini si sono subito impegnati nel tentativo di sciogliere nell'acqua lo zucchero e la sabbia, rendendosi presto conto del fatto che quest'ultima rimaneva ben visibile e separata dall'acqua. L'insegnante, mediando la discussione, ha cercato di far emergere ipotesi su quanto osservato, tentando di far trovare un collegamento con entrambe le attività proposte e con tutti i miscugli osservati nell'ambito del laboratorio. Anche in questo caso, considerata l'età dei bambini, si è lasciato ampio spazio al linguaggio naturale, grazie al quale sono emerse considerazioni sul fatto che la sabbia e le spezie non si "nascondevano" nell'acqua, a differenza dello zucchero che invece non si distingueva più. Alcuni alunni hanno, quindi, avanzato l'ipotesi di "sostanze amiche" e "sostanze non amiche" dell'acqua, che l'insegnante ha poi formalizzato parlando di miscugli omogenei e di miscugli eterogenei in vista del passaggio alla scuola primaria. Come per la precedente attività, il laboratorio si è concluso con la preparazione di un cartellone (Figura 7) su cui i bambini hanno attaccato i loro dipinti e l'insegnante ha riportato i principali commenti emersi in fase di discussione.



Figura 7. Cartellone finale con i dipinti e gli interventi più importanti in fase di discussione

3. Estensioni per la scuola primaria

Nella scuola primaria è possibile proporre ulteriori trasformazioni, come la preparazione degli acquerelli e delle tempere, mostrando anche un esempio di reazione chimica.

Proponendo questa tipologia di attività alla scuola primaria è possibile seguire tutte le tappe descritte per la scuola dell'infanzia e perseguire l'idea di interdisciplinarietà, facendo rientrare elementi di educazione civica, alimentazione e arte nella cornice scientifica. L'età degli alunni e le conoscenze di base permettono di ampliare la discussione e formalizzare i concetti di passaggi di stato, trasformazioni meccaniche, miscugli omogenei ed eterogenei e reazioni chimiche.

3.1 Preparazione degli acquarelli

Occorrente: aceto bianco, bicarbonato di sodio, amido di mais, miele, una tazza, una ciotola, un cucchiaino, una vaschetta per il ghiaccio, palettina da caffè, colori naturali realizzati con frutta, verdura e spezie.

Modalità di preparazione: mettendo 1 tazza di bicarbonato di sodio in una ciotola e aggiungendo aceto in quantità tale da riempire per $\frac{3}{4}$ una tazza, si ha la reazione dell'acido acetico con il bicarbonato di sodio che, producendo anidride carbonica, forma una schiuma. Quando la schiuma si dissolve, versare 1 tazza di amido di mais e 2 cucchiaini di miele. Dopo aver mescolato, inserire il composto ottenuto nei quadretti della vaschetta per il ghiaccio e aggiungere ad ogni quadretto un colore naturale diverso. Attendere circa un giorno e mezzo che il colore si indurisca (Figura 8).



Figura 8. Reazione del bicarbonato di sodio con l'aceto e esempio di acquerelli con succo derivante dalla centrifugazione della carota

3.2 Preparazione delle tempere

Occorrente: amido di mais, farina, sale, acqua, pentolino, cucchiaino, vasetti di vetro, colori naturali realizzati con frutta, verdura, spezie.

Modalità di preparazione: mettere tutti gli ingredienti in una terrina ed amalgamarli con un mixer a immersione. Trasferire il miscuglio in un pentolino e

scaldarlo a fuoco lento sino a ottenere una consistenza simile ai colori a tempera. Versare l'impasto nei vasetti di vetro e, una volta raffreddati, aggiungere i colori naturali poco alla volta.

4. Valutazione e conclusioni

Il percorso sperimentale prevede l'acquisizione di competenze non solo legate all'area scientifica, ma anche all'educazione civica, a quella alimentare e a quella artistica. Nel momento di pre-attività legato all'acquisto delle materie prime si richiede ai bambini della scuola dell'infanzia di mettere in atto tutte le regole di educazione stradale e di educazione alla cittadinanza conosciute, oltre che di favorire una predisposizione alla ricerca o alla conoscenza di ortaggi, frutti e spezie. Anche le due grandi tematiche nelle quali questo laboratorio si inserisce hanno una fondamentale importanza e richiedono che i bambini abbiano conseguito almeno in parte gli obiettivi prefissati: la conoscenza del nucleo tematico del "prato" e la discriminazione del paesaggio autunnale nel bosco, elementi interiorizzati dai bambini attraverso l'uso di tutti e cinque i sensi. Partendo da una sintesi di quanto appreso, si chiede poi ai bambini di rappresentare in maniera artistica i due ambienti attraverso l'utilizzo dei colori naturali. La divisione in gruppi, per altro, permette di utilizzare le abilità sociali raggiunte, cercando di interagire con i compagni in modo efficace e positivo mediante ascolto attivo, empatia e risoluzione costruttiva dei conflitti. Nel momento di discussione si richiedono spirito d'iniziativa, abilità nell'argomentare le proprie idee, disponibilità all'ascolto, comunicazione efficace e partecipazione attiva. La parte più legata all'area scientifica, infine, ha previsto un approccio per lo più induttivo, richiedendo un'attenta osservazione per giungere, in fase di discussione, a una conclusione generale.

Tutte le fasi del lavoro hanno previsto una valutazione in itinere, legata prevalentemente alle dimensioni dell'autonomia nel lavoro e nell'organizzazione del tempo e dello spazio, alla relazione con i pari durante le attività di gruppo e durante i momenti di discussione, alla motricità fine impiegata nello spazio dedicato alla pittura e, infine, alla sfera linguistica, presente in misura maggiore nelle fasi di confronto. Terminato il lavoro, l'insegnante, per avere un feedback dal gruppo classe, ha posto tre semplici domande orali ai bambini, chiedendo loro di disegnare una delle tre faccine indicate alla lavagna, rappresentanti la loro autovalutazione.

Le domande poste sono state:

Mi sono impegnato in questa attività?

Sono riuscito a esprimere quello che pensavo?

Mi è piaciuta l'attività?

Per ogni domanda, i bambini potevano disegnare una delle tre faccine relative alle risposte: Sì, Abbastanza, No.

Da quanto emerso nell'autovalutazione, la maggioranza dei bambini (15 alunni su 18) si sono dichiarati soddisfatti del loro impegno durante le attività, lo stesso numero ha ritenuto di essere riuscito a esprimere ciò che pensava durante i momenti di confronto e, a tutto il campione di bambini, è piaciuto il percorso proposto.

La scelta di proporre prima l'attività di trasformazione meccanica rispetto a quella dei miscugli omogenei ed eterogenei è stata presa, oltre che per la propedeuticità dell'osservazione dei succhi in relazione ai miscugli già citata, anche per catturare maggiormente l'attenzione dei bambini: l'impiego di un macchinario "scenografico" come la centrifuga ha, infatti, creato un'atmosfera predisposta all'ascolto e alla partecipazione attiva, suscitando una base emotiva positiva nel loro primo incontro con le scienze, come rilevato dai risultati dell'autovalutazione.

Lo scopo del laboratorio è stato per lo più quello di avvicinare i bambini a "fare scienze" implementando la loro capacità di manipolare, osservare, fare ipotesi e giungere a conclusioni, senza, ovviamente, la pretesa di trattare in maniera esaustiva due tematiche tanto complesse per degli alunni di una scuola dell'infanzia, ma piuttosto gettando le basi per argomenti che saranno ampliati e trattati in modo più approfondito nei successivi ordini di scuola.

Bibliografia e sitografia di riferimento

A. Manca, P. F. Wagner, *Laboratori sui colori nelle 4 stagioni*, Erickson, 2022.

M. Lattarulo, D. Vandelli, *Laboratori con i materiali naturali*, Erickson, 2021.

R. Carpignano, et al., *La Chimica Maestra*, Baobab L'Albero della Ricerca, 2013.

<https://www.bimbiagiuro.it/2020/04/02/colori-naturali-fai-da-te-per-dipingere-10-ricette-da-fare-con-i-bambini/> (ultimo accesso: 11/04/2024)

Inquinamento da particolato a Mottola e aspetti educativi

Domenico Potenz^a, Gabriella Pansini^a, Lorenza Ritelli^{a,b}, Raffaella Trisolini^{a,b}, Vita Maria Acquaro^b, Giuseppe Colafemmina^{c,1}, Giorgia Carriero^{c,2}

^aGruppo di Lavoro Associazione Avamposto Educativo OdV, Mottola; ^bIstituto Statale Secondario Superiore "Einstein - Lentini", Mottola; ^cDipartimento di Chimica dell'Università di Bari "Aldo Moro"

e-mail: gabripan23@gmail.com; avamposto.educativo@gmail.com;
dopotenz@gmail.com

Abstract. The aim of the work is the assessment of particulate air pollution in Mottola in 2022 and the treatment of socio-educational aspects. Measurements of PM 2,5 and PM 10 were made with a laser scattering instrument, both outdoor, in three selected sites, and indoor, in three schools and in three pharmacies. As for the outdoor sites, data analysis shows some high values in the winter period and an annual average of the data collected in the normal limit. The values collected in schools and pharmacies are acceptable, except for one in October, in correspondence to an outdoor peak. Data on Covid-19 infections and bronchodilators used do not correlate with PM 2,5 and PM 10 peaks. Useful suggestions for managing problems caused by particulate matter are given in the conclusions.

Keywords: Inquinamento atmosferico; particolato; salute; aspetti socioeducativi

1. Introduzione

1.1 Motivazione

L'Associazione Avamposto Educativo OdV, dal 2009, momento della sua costituzione, ha nutrito un costante interesse per le problematiche socioeducative e scientifiche del territorio, realizzando dei corsi formativi in chimica, rivolti ai neomaturati, con l'obiettivo di far cogliere la stretta relazione esistente tra scienza, tecnologia e società. Un modo per dare concretezza ai propri studi calati nella realtà. La proposta associativa, avviata nel 2011 con l'intento di favorire una preparazione idonea ad affrontare i test d'ingresso per l'accesso alle facoltà scientifiche e agli studi universitari, è proseguita dal 2018 in collaborazione con l'Istituto Statale Secondario Superiore di Mottola "Lentini-Einstein".

¹ Referente *Progetto Pro-Muoviamo il Futuro - Azione 2*

² Borsista del *Progetto Pro-Muoviamo il Futuro - Azione 2*, iscritta al 2° anno del CdS in Biologia - Università di Bari

Le esperienze conclusive dei percorsi sono confluite in alcune ricerche sul territorio, oggetto di due pubblicazioni, una sugli idrocarburi aromatici policiclici e una sulla dotazione familiare di presidi sanitari [1].

L'attuale indagine è stata realizzata dal Gruppo di Lavoro dell'Associazione che ha coinvolto giovani universitari istituendo un Bando per attribuire sei Borse di Prossimità, assegni per la realizzazione condivisa di un percorso con una ricaduta sociale sul territorio di Mottola: un invito a occuparsi della propria realtà, interpretando il momento particolare d'incertezza, legato alla pandemia da Covid-19, evidenziato con uno studio sul territorio [2].

Oggetto del presente lavoro è lo sviluppo del percorso *Azione 2 - Scienza, territorio e pandemie: monitoraggio del particolato*, prevista dal bando, la cui motivazione è dovuta al desiderio di continuare il lavoro svolto nel 2012 sull'inquinamento atmosferico e all'interesse suscitato dalla recente ricerca svolta a Mottola dall'ARPA Puglia.

Gli obiettivi posti sono:

- approfondire le condizioni di salubrità dell'atmosfera sul territorio di Mottola, attraverso la misura della concentrazione delle particelle PM 2,5 e PM 10 (particelle con diametro inferiore a 2,5 μm e a 10 μm), e valutare la presenza di un legame con l'uso di alcuni farmaci, quali i broncodilatatori acquistati, e le infezioni da Covid-19, che dalla letteratura appaiono correlati in determinate situazioni;
- stimolare l'interesse, in particolare dei giovani, per le problematiche scientifico-ambientali, le ricadute sociali e la correlazione con il benessere del territorio, indirizzandoli alla consapevolezza del legame virtuoso tra gli studi scientifici e la realtà;
- generare uno spazio di riflessione e analisi, tra i vari attori coinvolti nella gestione dei beni comuni, per consentire una maggiore presa di coscienza e partecipazione alle criticità del territorio e fornire possibili elementi, utili ai cittadini e alle istituzioni locali, per un auspicabile miglioramento della qualità di vita.

1.2 Effetti del particolato atmosferico

L'aria che respiriamo contiene in sospensione un insieme di particelle solide e liquide, molto eterogenee, costituite principalmente da una componente carboniosa e una inorganica, oltre a materiale biologico (pollini, spore, frammenti vegetali e animali). Queste particelle, che costituiscono il particolato (Particulate Matter, PM), possono, se presenti per eccesso, avere effetti rilevanti sul clima e microclima, sugli ecosistemi e, in particolare, sulla salute umana.

Il particolato è classificato in funzione delle dimensioni e della composizione. In base al diametro aerodinamico distinguiamo il particolato in: *grossolano*, PM superiore a 10 μm (comprende anche pollini e spore); *fine*, PM inferiore a

10 μm (con particolare attenzione ai PM 10 e PM 2,5); *ultrafine* (UP), PM tra 1 e 0,1 μm ; *nanoparticelle*, PM con diametro generalmente compreso tra 0,1 e 0,001 μm (100 e 1 nm). Per alcuni autori il particolato fine ha dimensioni minori di 2 μm . Si precisa che, mentre il particolato grossolano tende a sedimentarsi in poco tempo, la parte restante resta sospesa in aria e penetra, attraverso le vie aeree, negli esseri viventi [3].

La definizione di PM 10 e 2,5 è data dal DM 60 del 02.04.2002.

PM 10: frazione di materiale articolato sospeso in aria ambiente che passa attraverso un sistema di separazione in grado di selezionare il materiale articolato di diametro aerodinamico di 10 μm , con un'efficienza di campionamento pari al 50%.

PM 2,5: frazione di materiale articolato sospeso in aria ambiente che passa attraverso un sistema di separazione in grado di selezionare il materiale articolato di diametro aerodinamico di 2,5 μm , con un'efficienza di campionamento pari al 50%.

La composizione delle particelle dipende dalla loro origine, che può essere naturale o antropica (PM primario), e dalle trasformazioni fisiche e chimiche che hanno subito (PM secondario) [4].

Le sorgenti naturali primarie del particolato atmosferico, che sembra oscillino tra il 70% e l'85% del totale delle polveri disperse, in ordine di quantità decrescenti, sono: lo spray marino, le polveri da erosione del suolo, eruzioni vulcaniche e incendi spontanei. Quelle secondarie sono dovute all'emissione dal suolo, dalle acque e dai vegetali in decomposizione, di gas da composti dello zolfo e dell'azoto, degli idrocarburi e altri composti organici. Nelle zone desertiche la produzione di polvere è molto più alta rispetto alle foreste e alle zone umide, così come lo spray marino che penetra per qualche decina di chilometri all'interno delle coste. Occorre precisare che la dimensione del particolato proveniente dall'erosione e quello di origine marina hanno diametri che consentono loro di essere trasportati dai venti e ricadere a migliaia di chilometri dal punto di emissione. Questo è il motivo per cui in Italia si hanno degli episodi sahariani, ossia l'arrivo di nuvole di polvere del deserto, che trasportano fino ad alcuni mg/m^3 di sabbia, evidenziabili in concomitanza di deposito favorito dalle piogge.

Le sorgenti antropiche primarie grossolane sono dovute a polveri volatili da agricoltura, spargimento di sale e usura dell'asfalto. Quelle primarie fini derivano dall'uso dei combustibili fossili, dalle emissioni degli autoveicoli, dai processi industriali e dall'usura di pneumatici e freni (ricchi di metalli tossici). Le sorgenti fini secondarie comprendono l'ossidazione di SO_2 e NO_x proveniente dall'agricoltura e dall'allevamento. Le operazioni agricole, le attività di escavazione, demolizione e costruzione contribuiscono con un particolato di diametro aerodinamico superiore a 2,5 μm .

Particolare attenzione merita la combustione che si ha nei motori a combustione interna del trasporto, nel riscaldamento, nelle centrali per la produzione di energia e nei processi industriali (come la siderurgia) e infine negli in-

cendi. Tra i composti che si ottengono, hanno un ruolo rilevante gli idrocarburi aromatici policiclici (IPA) con accertata tossicità e, per alcuni come il benzo(a)pirene, anche cancerogenicità [5].

Concentrando l'attenzione sui centri urbani, il sito di fondo è interessato da un inquinamento condizionato dall'intensità degli eventi atmosferici e dalle dimensioni delle particelle; infatti, l'accumulo di smog e inquinanti nei bassi strati dell'atmosfera e in prossimità del suolo viene favorito da condizioni meteo stabili, specie se durature. Il vento, alla presenza di particolato con granulometria fine, ne ridurrà la concentrazione, mentre aumenterà quella del particolato grossolano, soggetto a risospensione. Le precipitazioni agiscono in funzione dell'intensità e del momento in cui si registrano; con precipitazione intensa e notturna si riduce la concentrazione delle varie frazioni di particolato in atmosfera. Insieme alla valutazione outdoor del particolato, molti studi si sono occupati dell'inquinamento atmosferico indoor.

I livelli della maggior parte degli inquinanti atmosferici sono variabili e dipendono in larga misura dalle fonti interne, come il fumo di tabacco, gli elettrodomestici a gas non ventilati e alcuni prodotti per la casa (ad esempio, i prodotti antitarma), la vicinanza dell'abitazione a strade ad alta densità di traffico e i tassi di ventilazione delle stanze, le caratteristiche della casa stessa e le attività degli occupanti. Le origini di PM 2,5 e 10 includono il fumo (fonte di IPA [6]), la cottura dei cibi, il riscaldamento, l'uso d'incenso, candele e insetticidi, oltre ovviamente all'aria esterna, in prossimità di un accesso alla strada, mentre la genesi delle particelle grossolane riguarda le pulizie, i lavori domestici, la presenza di animali domestici e il movimento delle persone.

Esaminiamo, infine, gli effetti del particolato sulla salute e sugli ecosistemi. La struttura anatomica maggiormente attaccata dal particolato è l'apparato respiratorio. La dimensione delle particelle è fondamentale perché da essa dipende la capacità di penetrazione nelle vie respiratorie e i danni connessi, vista la capacità di assorbire composti chimici tossici come gli idrocarburi policiclici aromatici, le diossine e i metalli pesanti [7]. Le particelle si differenziano in frazione inalabile che entra dalle narici e dalla bocca; frazione toracica che riesce a passare attraverso la laringe raggiungendo la regione bronchiale; frazione respirabile che raggiunge la regione alveolare profonda. Il particolato che si deposita nel tratto superiore dell'apparato respiratorio (cavità nasali, faringe e laringe) può generare effetti irritanti, come infiammazione e secchezza del naso e della gola, con effetti più gravi se le particelle hanno assorbito sostanze acide, invece le particelle più piccole, che penetrano nel sistema respiratorio a varie profondità e possono trascorrere lunghi periodi di tempo prima che vengano rimosse, sono le più pericolose. Queste, infatti, possono raggiungere gli alveoli polmonari dando luogo a un possibile assorbimento nel sangue con conseguente intossicazione e sviluppo o aggravamento di malattie come l'asma, la bronchite, la broncopneumopatia cronica ostruttiva (BPCO), le patologie cardiovascolari e i carcinomi [3, 8].

Un ulteriore danno deriva dal fatto che il particolato ultrafine è in grado di assorbire acidi forti, come l'acido solforico (derivante da ossidi di zolfo presenti in atmosfera), danneggiando i tessuti degli alveoli. La presenza di metalli (ferro, manganese, vanadio o nichel derivati dalla combustione o platino, palladio e rodio usati nei convertitori catalitici dei veicoli a motore), depositati sulla superficie delle particelle, aumenta l'irritazione dei tessuti, ne permette il trasferimento alle cellule, interferisce con il sistema di difesa dei tessuti e può generare uno stress ossidativo a carico del DNA.

Aggiungiamo che l'ingresso degli agenti tossici nella catena alimentare e il bioaccumulo, per un'esposizione cronica, hanno un effetto rilevante sulla salute.

La qualità dell'aria ha, ovviamente, degli esiti anche sul clima; il particolato interferisce sul bilancio radiativo terrestre, generando cambiamenti. Inoltre, in seguito a deposizione secca o umida, contribuisce ai processi di acidificazione e di eutrofizzazione degli ecosistemi terrestri e acquatici. Infine, non trascurabile è il problema dovuto al degrado del patrimonio artistico, architettonico e archeologico, al deterioramento dei circuiti elettrici ed elettronici e alla diminuzione della visibilità atmosferica provocata dalla riflessione della radiazione solare.

1.3 Normativa, valori di riferimento e valutazione inquinanti atmosferici a Mottola

1.3.1 Norme e limiti di legge

La legislazione italiana, per la valutazione del particolato PM 10 e PM 2,5, ha come riferimento il Decreto Legislativo n. 155 del 13 agosto 2010, che recepisce la direttiva dell'Unione Europea del 2008 (2008/50/EC). La normativa stabilisce per questi parametri i limiti cui attenersi, come media annuale. Per il PM 10 è fissata anche una media giornaliera e il numero massimo di giorni in cui nell'anno può essere superata. Le medie annuali descrivono, dal punto di vista della salute, la cronicità dell'inquinamento dell'aria in un'area, mentre i limiti giornalieri sono invece legati ai picchi di concentrazione. Si evidenziano effetti più dannosi sulla salute in presenza di piccoli ma costanti superamenti, rispetto a picchi isolati. I valori limite sono riportati nella Tabella 1.

Tabella 1. Limiti normativi giornalieri e annuali per PM 10 e PM 2,5

<i>Legislazione</i>	PM 10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		PM 2,5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	
	<i>Limite Media Giornaliera</i>	<i>Limite Media Annuale</i>	<i>Limite Media Giornaliera</i>	<i>Limite Media Annuale</i>
ITALIA-UE	50 (max 35 giorni)	40	/	25
OMS	45 (max 4 giorni)	15	15 (max 4 giorni)	5

L'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS/WHO), evidenziando tutti i possibili effetti sulla salute, pone dei valori limite di riferimento ben diversi e minori, introducendo per il PM 2,5 anche il valore limite della media giornaliera; infatti, è stato evidenziato che un suo aumento di $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ comporta un incremento di mortalità del 14%. Attualmente, dopo 15 anni, l'OMS ha emanato delle nuove Linee Guida Globali sulla Qualità dell'Aria (AQG) che riguardano il particolato e altri inquinanti (Numero del documento: WHO/EURO:2022-3162-42920-63947). Nel documento si rileva che la qualità e quantità di studi effettuati documenta come l'influenza negativa dell'inquinamento atmosferico sulla salute sia molto aumentata e, pertanto è necessario fare riferimento a valori AQG più restrittivi. Anche questi valori sono indicati nella Tabella 1.

1.3.2 Valutazione pregressa dell'inquinamento atmosferico a Mottola

La situazione dell'inquinamento atmosferico a Mottola è evidenziata da due ricerche che si sono succedute nel tempo. La prima è stata svolta nel 2011, sempre da Avamposto Educativo, per la valutazione degli Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA) [9], in seguito al superamento in provincia di Taranto del valore limite da parte del Benzo(a)Pirene (BaP), un idrocarburo noto per essere cancerogeno. Il lavoro ha evidenziato all'incrocio via De Gasperi-via Palagianello e bivio Mottola valori medi rispettivamente di $88 \text{ ng}/\text{m}^3$ e $264 \text{ ng}/\text{m}^3$.

La seconda ricerca è stata curata dal Centro Regionale Aria dell'ARPA Puglia nel 2020 [10], per il rischio di superamento dei valori limite del PM 10 e del BaP adsorbito sul particolato. I risultati hanno rilevato che per il PM 10 non ci sono stati superamenti del valore limite medio giornaliero e del valore limite annuale, la media dei valori giornalieri del periodo è risultata pari a $17 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Per il BaP, la concentrazione media nel PM 10 per l'intera campagna è stata pari a $0,28 \mu\text{g}/\text{m}^3$, inferiore al valore obiettivo di $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

2. Materiali e metodi

2.1 Campionamento: siti, modalità e tempi

2.1.1 Misure outdoor e indoor di PM 10 e PM 2,5

L'obiettivo di raccogliere dati circa le concentrazioni di particolato nella cittadina di Mottola e i possibili effetti è stato raggiunto attraverso le misure fatte con lo strumento SDL 607 (Air Quality Monitor) che sfrutta il principio laser scattering, consentendo una stima estemporanea, ogni secondo, del PM 10 e PM 2,5 in un range da 0,0 a $999,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$, con una risoluzione di $0,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e una precisione tra +/- 20% e +/- 30% $\mu\text{g}/\text{m}^3$ alla temperatura di 25°C e a 50% di umidità. Attraverso un software in dotazione è stato possibile collegare lo strumento a un PC e raccogliere ed elaborare le misure fatte in un tempo medio di 5 minuti. Queste valutazioni, oggi molto utilizzate perché non richiedono procedure complesse, sono rapide e consentono di analizzare un numero elevato di siti, hanno concreta importanza perché permettono di avere chiare indicazioni

sulle condizioni ambientali e sanitarie che successivamente possono essere confermate con ufficialità. Le procedure ufficiali, ai sensi della norma tecnica UNI EN 12341:2016, prevedono il campionamento giornaliero del particolato atmosferico e la successiva analisi gravimetrica.

Gli studi, in precedenza citati ed effettuati sul territorio, sono stati un importante riferimento per individuare i siti significativi per le misure outdoor e indoor. Secondo la prassi, prima di definire i siti e i tempi per il campionamento, sono state fatte delle misure preliminari.

I siti outdoor individuati hanno riguardato l'incrocio via Salvo D'Acquisto con via Risorgimento (coordinate: 40.632155 N; 17.038794 E), sito 1, l'incrocio via De Gasperi con via Palagianello (coordinate 40.634672 N; 17.032676 E), sito 2, e il Largo San Nicola (coordinate: 40.635771 N; 17.037515 E), sito 3. Le misure, settimanali sono state fatte il giovedì (o il venerdì in situazioni particolari), mediamente dalle ore 19 alle ore 20.

I siti indoor selezionati hanno interessato tre scuole, l'Istituto Comprensivo "A. Manzoni", l'Istituto Tecnico "M. Lentini" e il Liceo Scientifico "A. Einstein" (entrambi facenti parte dell'IISS di Mottola), e tre farmacie, *Lasalvia*, *Ladisi* e *Romano*. Le misure, bisettimanali sono state eseguite il giovedì o il venerdì, mediamente tra le ore 11 e le 12 per le scuole, e nel momento con maggior affluenza di persone (ore 10-12,30 oppure ore 18-19) per le farmacie.

I vari siti sono indicati in figura 1 che riporta la mappa di Mottola.



Figura 1. Mappa di Mottola con indicazione dei siti

La raccolta dei dati è stata compiuta tra fine dicembre 2021 e fine dicembre 2022. Si precisa che il numero stabilito di misure e il giorno, per diverse motivazioni, hanno subito delle variazioni, come in particolare per le scuole chiuse nelle festività e per le ferie estive nel mese di agosto.

La valutazione dei dati, dal punto di vista statistico, è stata curata dal prof. Colafemmina con l'impiego del software *Origin*, un software interattivo e proprietario per analisi di dati e grafici scientifici che lavora su Microsoft Windows. Di particolare interesse è stata la stima della distribuzione gaussiana dei dati raccolti per ogni campione, per dare loro significatività, la correlazione tra le misure fatte nei diversi siti outdoor e la valutazione della propagazione degli errori.

2.1.2 Misure specifiche

La quantità e le dimensioni di particolato sono in stretta relazione con gli effetti sulla salute, come evidenziato da tempo dal Ministero della Salute. In particolare, come già accennato, sull'alterazione della funzionalità respiratoria con aumento di bronchiti croniche e asma e la possibilità di un incremento del rischio di tumori [3]. Lo studio della diffusione del Covid-19, curato, tra diverse realtà, dalla Società Italiana di Medicina Ambientale (SIMA) e dai fautori del Progetto Pulvirus, ha consentito di trovare una correlazione significativa tra la distribuzione geografica dei superamenti giornalieri di PM 10 e la diffusione dell'infezione da Covid-19, in particolare nelle zone ad alta intensità abitativa [11, 12]. Queste osservazioni hanno indotto il nostro gruppo di lavoro a raccogliere anche dati sull'entità dei broncodilatatori utilizzati e sulle infezioni da Covid-19 a Mottola nel 2022.

Le tre farmacie coinvolte nelle misure indoor si sono dichiarate disponibili anche a comunicare, attraverso delle schede approntate, l'acquisto quindicinale di broncodilatatori ad azione b_2 -agonista, aventi i seguenti principi attivi in forma singola o associata: salbutamolo, clenbuterolo, fenoterolo, formoterolo, indacaterolo, olodaterolo, salmeterolo, vilanterolo.

Per i dati sull'infezione virale si è fatto riferimento alla ASL TA 2.

Evidenziamo che la scelta dei broncodilatatori b_2 -agonisti, classificati secondo il sistema ATC (Anatomico, Terapeutico, Chimico) come R03 [13], farmaci utilizzati efficacemente, soprattutto in terapia inalatoria, per le sindromi ostruttive delle vie respiratorie, è legata al loro ampio utilizzo nell'asma e nella broncopneumopatia cronica ostruttiva (BPCO) [14, 15].

2.2 Dati Meteo

I dati meteo sono stati registrati inizialmente dal sito dell'osservatorio meteorologico mottolense (Personal Weather Station Dashboard | Weather Underground-Weather Station ID: I MOTO3, Station Name: E.R.A.V. Mottola - Protezione Civile, coord.:40.634° N, 17.038° E) attivo sino al 09/06/2022. Successivamente ci si è riferiti al sito della regione Puglia (<https://meteo-network.eu/it/weather-station/pgl217-stazione-meteorologica-di-erav-mot->

tola-protezione-civile) per quanto riguarda l'interpretazione dei picchi di particolato, come di seguito riportato.

3. Dati sperimentali e discussione

3.1 Misure outdoor

Le misure outdoor sono state eseguite nei tre siti individuati e riportati, per una chiara identificazione, nella figura 1. Due di questi corrispondono a incroci stradali a traffico intenso nelle ore di punta, l'altro a una piazza nel centro storico della cittadina, con un traffico molto limitato e numerosi camini alimentati a legna con abitazioni a bassa classe energetica.

La lettura dei dati ipotizza che le misure di PM effettuate siano il risultato del contributo dovuto al particolato di fondo (in genere prevalente), proveniente da sorgenti anche lontane che coinvolgono tutti i siti della cittadina, e di quello legato a sorgenti specifiche per i particolari siti prescelti. Questa ipotesi è utilizzata dai modelli a recettore per la stima del particolato e delle fonti inquinanti.

Possibili sorgenti per le attività di fondo sono l'area industriale di San Basilio, distante circa 7 km, in direzione Nord-Ovest, la zona artigianale, a circa 1 km a nord, una cava a sud-est, l'area rurale con diversi allevamenti di bovini a ovest [10]. Inoltre, sono da considerare, a sud, oltre alla vicinanza del mare a circa 18 km, anche l'impianto siderurgico di Taranto, distante circa 20 km, e il termovalorizzatore di rifiuti urbani a Massafra a circa 16 km. Le sorgenti specifiche locali sono circoscritte al trasporto urbano e al riscaldamento domestico che, per le limitate dimensioni dell'abitato, vengono in genere considerate modeste.

I dati di PM 10 e PM 2,5, relativi a 43 campionamenti, sono stati inseriti nelle Tabelle 2 e 3. Nelle colonne, in corrispondenza del numero progressivo delle misure e della data in cui sono state effettuate, per i tre siti sono indicati l'ora, il numero di ripetizioni, il valore medio e la deviazione standard, con un apice che rinvia a una nota sulle condizioni in cui si sono fatte le misure. Nel caso di derive delle misure si è tenuto conto della sola distribuzione gaussiana, anche se accennata, e sono state indicate nelle note le particolari condizioni ambiente in cui si è operato.

Nelle ultime righe, per i diversi siti, è riportata la media complessiva, Media, e la media complessiva corretta, Media C., ottenuta escludendo i dati del 31.03.2022 dovuti, come vedremo, a un episodio di avvezione sahariana, ossia all'arrivo di nuvole di polvere dal deserto, in qualche modo estranee al particolato di fondo. Con ogni media complessiva è indicata la deviazione standard (in parentesi) e, di seguito, l'intervallo fiduciale calcolato con $t_{0,05} = 2,02$ ($N = 43$).

Nella Tabella 3, in coda si sono aggiunte altre due righe che riportano il valore medio e il valore medio corretto del rapporto tra PM 2,5 e PM 10 ($RPM_{2,5/10}$) con la deviazione standard e l'intervallo fiduciale.

Per visualizzare l'andamento dei dati e agevolarne il confronto degli stessi con i limiti delle normative di riferimento, sono stati creati i grafici 1 e 2 utilizzando i dati delle tabelle.

Tabella 2. Dati outdoor relativi alle PM 10

PM 10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) Outdoor													
Campioni		Incrocio D'ACQUISTO - RISORGIMENTO				Incrocio DE GASPERI - PALAGIANELLO				Largo SAN NICOLA			
Prog.	Data	Ora	Rip.	Media	D.St	Ora	Rip.	Media	D.St	Ora	Rip.	Media	D.St
1	07/01/22	19:43	255	9,7	1,7 ¹	19:04	237	8,8	1,7 ¹	19:23	307	7,5	2,5
2	21/01/22	20:11	75	8,0	0,7 ¹	19:43	74	9,3	1,3 ¹	20:00	69	4,5	0,8
3	27/01/22	19:27	314	65,2	5,0 ²	19:03	308	70,2	3,6 ²	19:46	332	65,9	5,0 ⁹
4	03/02/22	19:39	307	30,3	4,1	19:23	305	22,3	4,8 ³	20:05	315	68,7	30 ⁹
5	10/02/22	19:14	255	9,5	1,3	18:54	322	15,3	4,5	19:43	345	45,9	12,9
6	17/02/22	18:42	312	7,2	1,7	18:28	369	48,0	25,3 ³	18:59	389	39,7	11 ⁹
7	24/02/22	18:54	359	10,3	1,7	18:21	300	18,6	3,9	18:33	307	27,9	5,1
8	03/03/22	19:31	318	18,3	2,4	18:50	320	11,0	11,0	19:15	340	50,9	10,5
9	11/03/22	19:12	311	11,1	1,7	18:43	313	11,4	2,0	18:56	375	12,5	2,6
10	17/07/22	20:10	307	38,4	3,0 ⁴	19:42	368	35,8	4,8 ³	19:59	308	38,9	4,0 ⁶
11	24/03/22	19:33	404	43,4	2,8 ³	19:18	313	36,3	2,2 ³	19:51	308	38,9	3,6
12	31/03/22	19:28	317	452,0	57 ³	19:17	343	232,0	70 ³	19:43	321	320,0	49 ³
13	07/04/22	20:18	357	14,5	3,6	19:58	431	10,2	2,2 ³	20:34	365	18,3	4,0 ⁸
14	14/04/22	20:02	292	6,1	1,6	19:47	338	9,8	3,6 ³	20:16	307	8,7	1,8
15	21/04/22	18:58	311	30,2	4,1 ⁶	18:43	309	28,3	3,8 ⁶	19:10	313	30,8	3,8
16	28/04/22	19:47	311	13,5	1,7 ⁶	19:30	331	11,8	1,7 ⁷	20:01	307	13,5	1,9 ⁶
17	05/05/22	20:19	319	13,4	1,7 ³	20:01	320	13,1	1,9 ³	20:33	316	16,3	1,3
18	12/05/22	20:30	295	15,6	1,6 ³	21:01	296	17,8	3,6 ³	20:11	315	16,3	2,8
19	19/05/22	20:35	305	10,4	1,9 ³	20:18	318	6,0	1,5 ³	20:49	312	12,5	4,0 ⁶
20	27/05/22	20:26	300	14,1	1,9 ³	19:45	314	18,5	1,6 ³	20:42	433	13,6	1,7
21	03/06/22	21:29	314	6,5	0,5	21:29	369	33,1	5,5 ⁸	21:43	314	8,5	1,0 ⁶
22	09/06/22	20:17	458	16,3	7,6 ¹	20:48	312	7,5	1,5 ³	20:34	306	9,0	3,0 ⁶
23	16/06/22	20:56	369	3,5	1,2	21:24	367	6,6	3,8	21:09	307	5,4	1,2
24	24/06/22	20:53	311	19,0	2,9 ³	21:24	305	20,6	2,8	21:08	309	19,4	2,7
25	30/06/22	20:52	305	36,9	3,2 ³	22:01	318	38,3	4,4	21:08	315	38,1	4,6
26	14/07/22	20:06	305	5,0	2,0 ⁶	20:57	393	6,8	1,5 ⁷	20:23	305	4,1	0,9
27	22/07/22	19:30	314	6,8	1,0	20:39	307	12,4	2,4 ³	19:44	315	6,7	0,6
28	30/07/22	21:19	318	15,8	1,9 ⁶	21:49	321	24,8	4,4 ⁷	21:32	319	17,5	1,3
29	08/09/22	20:44	311	23,4	3,2 ⁶	20:33	310	24,9	4,6 ³	20:53	317	21,3	3,3
30	15/09/22	20:08	311	29,0	0,6 ³	19:50	311	17,6	0,1 ³	20:26	307	21,0	3,3 ⁶
31	23/09/22	21:23	308	7,7	2,2	21:37	309	13,5	1,7	21:12	309	7,3	2,1 ⁶
32	30/09/22	20:36	325	23,4	3,2 ³	19:33	316	10,1	0,6 ⁷	20:20	329	15,7	4,8
33	14/10/22	20:48	307	81,8	3,3	20:35	305	79,0	2,7	21:02	329	89,0	4,6
34	20/10/22	19:14	279	18,0	3,0	19:22	315	17,4	2,2	19:40	309	21,6	1,3
35	28/10/22	20:43	299	70,1	4,6	18:25	305	37,6	2,6	20:59	302	74,9	2,4
36	03/11/22	20:38	332	11,6	1,7	20:25	309	17,6	2,5	20:48	340	16,6	2,2
37	07/11/22	20:01	312	14,2	2,3	19:17	211	24,1	2,9	19:34	311	25,5	5,7
38	10/11/22	11:59	325	26,3	2,4	18:52	286	22,5	3,6	18:47	287	28,2	2,6
39	18/11/22	19:40	312	16,6	3,1	19:05	135	24,8	7,0	19:59	329	7,8	1,4
40	24/11/22	19:46	306	12,5	2,4	11:32	317	31,2	3,2	20:05	325	7,8	1,3
41	01/12/22	20:04	294	24,6	1,2	20:20	310	21,6	3,3	18:47	297	65,6	3,0
42	15/12/22	19:22	333	32,6	2,2	19:32	319	33,9	2,2	19:12	308	54,7	3,3
43	30/12/22	19:58	306	29,6	2,3	20:14	302	25,3	6,4	19:42	310	71,8	16,0
MEDIA		31,5 (1,39)				27,6 (1,81)				34,6 (1,52)			
MEDIA C.		21,4 (0,43)				22,7 (0,83)				27,8 (1,04)			

¹ pioggia; ² traffico intenso e odore di smog; ³ traffico medio-alto; ⁴ poco traffico, vento; ⁵ traffico medio-alto e sabbia del Sahara; ⁶ vento; ⁷ traffico medio-alto e vento; ⁸ lieve vento e odore di fumo; ⁹ odore di fumo

Tabella 3. Dati outdoor relativi alle PM 2,5

PM 2,5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) Outdoor													
Campioni		Incrocio D'ACQUISTO - RISORGIMENTO				Incrocio DE GASPERI - PALAGIANELLO				Largo SAN NICOLA			
Prog.	Data	Ora	Rip.	Media	D.St	Ora	Rip.	Media	D.St	Ora	Rip.	Media	D.St
1	07/01/22	19:43	255	6,9	0,7 ¹	19:04	237	5,3	0,9 ¹	19:23	307	4,4	0,4
2	21/01/22	20:11	75	6,1	0,6 ¹	19:43	74	6,1	0,6 ¹	19:24	69	3,6	0,3
3	27/01/22	19:27	314	47,3	2,9 ²	19:03	308	50,9	2,3 ²	19:46	332	48,1	2,7 ⁹
4	03/02/22	19:39	307	18,8	2,6	19:23	305	14,8	3,1 ³	20:05	315	44,0	10,1 ⁹
5	10/02/22	19:14	255	6,8	0,7	18:54	322	11,0	2,7	19:43	345	32,4	9,0
6	17/02/22	18:42	312	4,9	0,7	18:28	369	35,4	19 ³	18:59	389	29,4	7,2 ⁹
7	24/02/22	18:54	359	7,2	0,9	18:21	300	12,6	2,3	18:33	307	19,5	4,2
8	03/03/22	19:31	318	13,3	1,3	18:50	320	8,1	0,9	19:15	340	38,3	7,4
9	11/03/22	19:12	311	8,1	0,6	18:43	313	8,9	0,9	18:56	375	8,7	1,4
10	17/03/22	20:10	307	31,2	1,6 ⁴	19:42	368	28,5	3,3 ³	19:59	308	31,4	2,5 ⁵
11	24/03/22	19:33	404	31,7	1,9 ³	19:18	313	26,6	1,0 ³	19:51	308	29,5	1,6
12	31/03/22	19:28	317	95,0	4,0 ³	19:17	343	64,6	6,0 ³	19:43	321	83,0	17,0 ³
13	07/04/22	20:18	357	9,5	1,7	19:58	431	6,7	1,2 ³	20:34	365	11,7	2,2 ⁸
14	14/04/22	20:02	292	4,5	0,7	19:47	338	7,0	2,9 ³	20:16	307	6,1	0,8
15	21/04/22	18:58	311	12,7	1,1 ⁶	18:43	309	12,5	1,2 ⁶	19:10	313	14,3	1,1
16	28/04/22	19:47	311	9,4	0,5 ⁶	19:30	331	8,1	0,7 ⁷	20:01	307	10,4	0,9 ⁶
17	05/05/22	20:19	319	10,9	0,7 ³	20:01	320	10,2	0,9 ³	20:33	316	13,0	0,7
18	12/05/22	20:30	295	10,9	0,6 ³	21:01	296	12,2	2,2 ³	20:11	315	11,5	1,5
19	19/05/22	20:35	305	6,9	1,3 ³	20:18	318	4,0	0,6 ³	20:49	312	8,2	2,1 ⁶
20	27/05/22	20:26	300	9,5	0,8 ³	19:45	314	12,5	1,0 ³	20:42	433	8,3	0,5
21	03/06/22	21:29	314	4,2	0,5	21:17	314	21,1	3,1 ⁸	21:43	314	5,6	0,9 ⁶
22	09/06/22	20:17	458	12,5	5,5 ¹	20:48	312	6,1	0,8 ³	20:34	306	7,1	2,2 ⁶
23	16/06/22	20:56	369	2,7	0,6	21:24	367	5,1	2,9	21:09	307	3,8	0,5
24	24/06/22	20:53	311	10,4	1,2 ³	21:24	305	10,4	0,8	21:08	309	10,6	0,8
25	30/06/22	20:52	305	16,1	0,8 ³	22:01	318	17,2	1,4	21:08	315	17,4	1,8
26	14/07/22	20:06	305	3,1	0,7 ⁶	19:04	393	4,4	0,6 ⁷	20:23	305	2,9	0,5
27	22/07/22	19:30	314	5,9	0,4	19:43	307	9,4	1,4 ³	19:44	315	6,0	0,5
28	30/07/22	21:19	318	13,6	1,2 ⁶	19:03	321	20,5	3,2 ⁷	21:32	319	15,5	0,7
29	08/09/22	20:44	311	14,6	1,3 ⁶	19:23	310	16,6	2,2 ³	20:53	317	13,2	0,4
30	15/09/22	20:08	311	22,6	8,0 ³	18:54	311	13,9	0,5 ³	20:26	307	15,7	1,5 ⁶
31	23/09/22	21:23	308	5,6	1,1	18:28	309	9,6	1,8	21:12	309	5,4	1,1 ⁶
32	30/09/22	20:36	325	14,6	1,3 ³	19:33	316	5,1	0,7 ⁷	20:20	329	8,9	3,1
33	14/10/22	20:48	307	66,1	2,1	18:50	305	62,3	1,9	21:02	329	71,0	3,2
34	20/10/22	19:14	279	10,6	0,6	19:22	315	11,2	1,1	19:40	309	13,3	0,5
35	28/10/22	20:43	299	54,5	4,0	18:25	305	25,9	1,8	20:59	302	58,4	0,5
36	03/11/22	20:38	332	7,7	0,6	20:25	309	11,1	1,3	20:48	340	11,1	1,1
37	07/11/22	20:01	312	8,8	1,2	19:17	211	14,4	1,4	19:34	311	15,8	3,8
37	10/11/22	11:59	325	17,3	1,0	18:52	286	17,9	2,3	18:47	287	21,1	1,6
38	18/11/22	19:40	312	11,6	2,2	19:05	135	17,0	3,9	19:59	329	5,3	0,6
40	24/11/22	19:46	306	9,0	1,3	11:32	317	23,1	1,8	20:05	325	5,5	0,5
41	01/12/22	20:04	294	18,2	1,0	20:20	310	16,6	2,3	18:47	297	47,4	1,7
42	15/12/22	19:22	333	24,5	1,0	19:32	319	25,9	0,9	19:12	308	40,7	1,8
43	30/12/22	19:58	306	22,3	1,5	20:14	302	18,1	4,8	19:42	310	49,6	0,6
MEDIA		16,9 (0,32)		16,3 – 17,5		17,0 (0,55)		15,9 – 18,1		21,1 (0,61)		19,9 – 22,3	
MEDIA C.		15,1 (0,31)		14,5 – 15,7		15,8 (0,54)		14,7 – 16,9		19,6 (0,48)		18,6 – 20,6	
RPM2,5-10 C.		0,71 (0,03)		0,65 – 0,76		0,70 (0,05)		0,60 – 0,80		0,71 (0,04)		0,62 – 0,79	

¹ pioggia; ² traffico intenso e odore di smog; ³ traffico medio-alto; ⁴ poco traffico, vento; ⁵ traffico medio-alto e sabbia del Sahara; ⁶ vento; ⁷ traffico medio-alto e vento; ⁸ lieve vento e odore di fumo; ⁹ odore di fumo

Un primo esame complessivo delle tabelle evidenzia la presenza in tutti i siti di tre chiari picchi, con valori elevati di particolato, esattamente il 27.01.22, il 31.03.22 e il 14.10.22. In altre date si notano concentrazioni sopra la media solo per alcuni siti esattamente il 28.10.22 per l'incrocio D'Acquisto - Risorgimento e Largo S. Nicola, il 03.02.22 e 01.12.22, 15.12.22, 30.12.22 per Largo S. Nicola.

Le misure fatte dal nostro gruppo di lavoro, ovviamente, non possono essere confrontate obiettivamente con i limiti della legislazione italiana e con le indicazioni dell'OMS, sia perché queste prevedono procedure e strumenti più complessi per la raccolta dei dati, sia per l'intervallo di tempo che coprono, circa il 12% dei giorni dell'anno, anche se distribuiti con una certa uniformità nel tempo. Il raffronto, riportato di seguito, consente comunque di ottenere utili indicazioni sulla situazione del territorio per l'inquinamento.

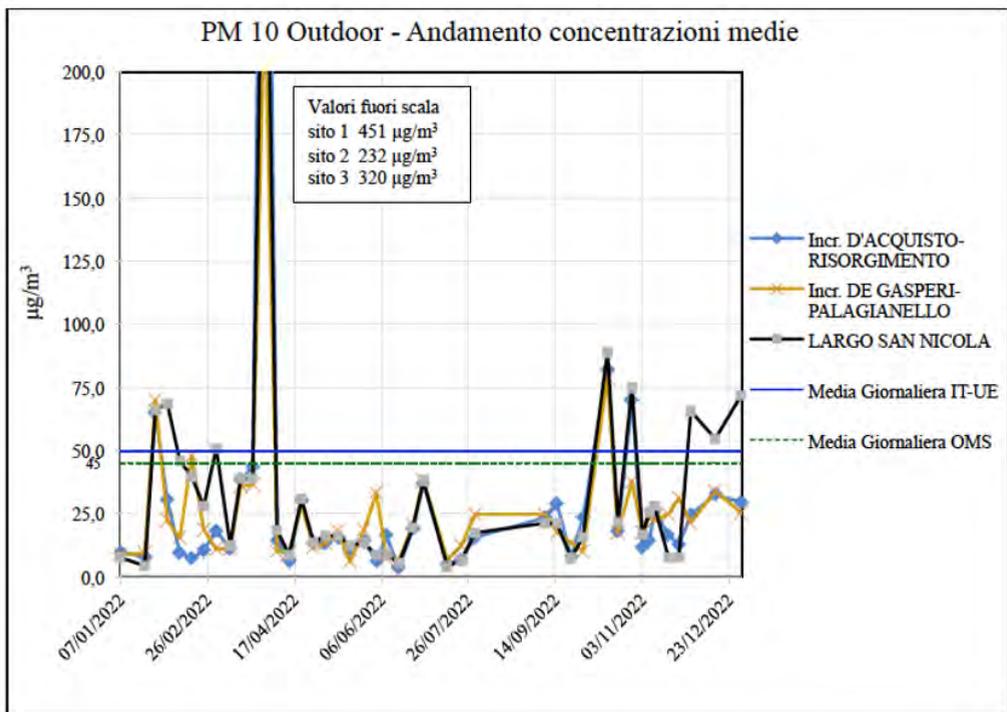


Grafico 1. Dati outdoor relativi alle PM 10

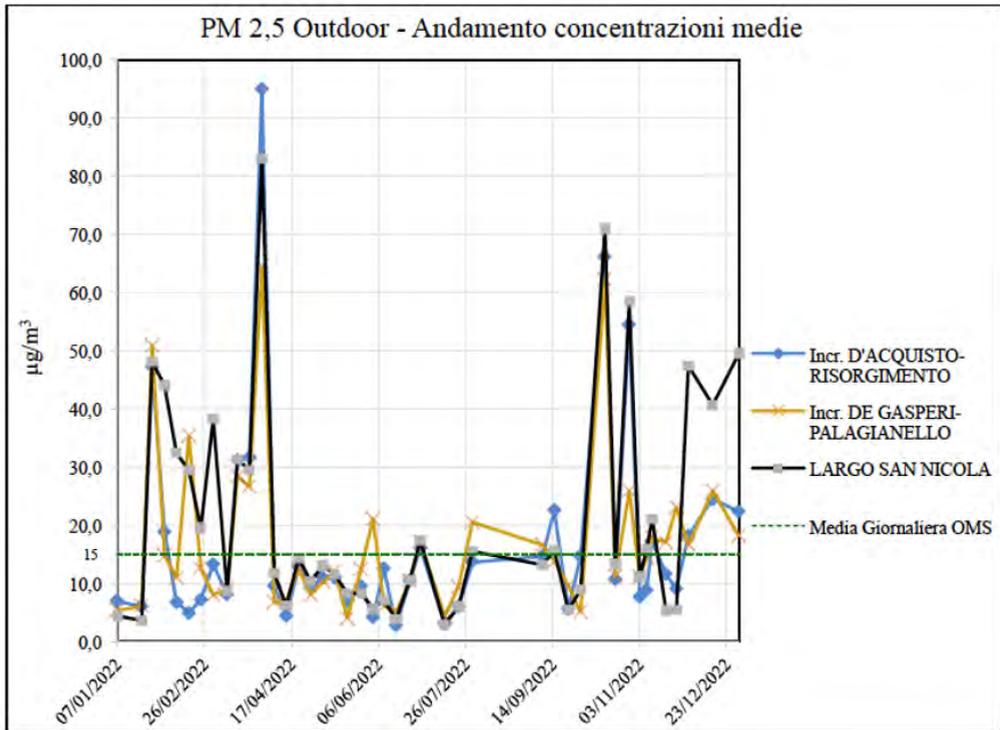


Grafico 2. Dati outdoor relativi alle PM 2,5

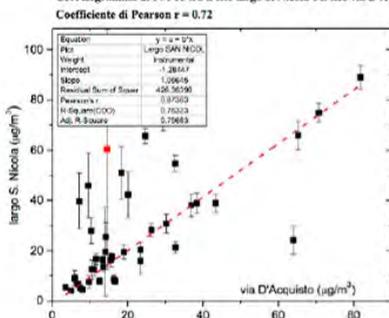
La comparazione dei dati delle PM 10 con i limiti di legge Italia-UE ci consente di affermare che le medie annuali per i tre siti rientrano nel limite previsto di $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mentre il numero di superamenti del limite giornaliero di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ -massimo 35 giorni- varia per i tre siti. Si registrano 4 superamenti per l'incrocio vie Salvo D'acquisto/Risorgimento (sito 1), 3 per l'incrocio vie De Gasperi/Palagianello (sito 2) e 9 per il Largo S. Nicola (sito 3). Per quanto riguarda il confronto con i dati delle PM 2,5, emerge che il solo limite medio annuale previsto di $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ non è mai stato oltrepassato nei siti analizzati.

Prendendo in esame i limiti delle raccomandazioni OMS, per le PM 10 la media annuale di $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ è stata sempre superata (anche se non di molto), mentre la media giornaliera di $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superare per più di 4 giorni, è stata oltrepassata 3 volte (circa il 7% delle misure) per il sito 1, 4 volte per il sito 2 (circa 9%) e 10 volte per il sito 3 (circa il 23%). Per le PM 2,5, invece, il limite annuale di $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ è sempre stato superato, così come il limite giornaliero di $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ -massimo 4 giorni-, superato 13 volte nel sito 1, 17 nel sito 2 e 19 nel sito 3.

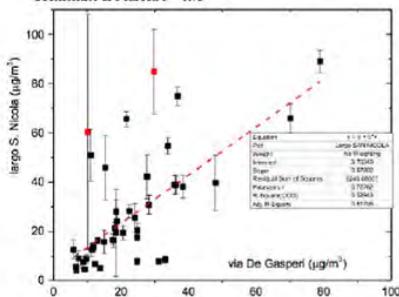
Queste osservazioni sono in linea con il confronto tra i valori medi dei tre siti, confronto avvalorato dall'esame dei rispettivi intervalli fiduciarci che, sia per le PM 10 che per le PM 2,5, evidenziano una differenza significativa al 95%, tra i

primi due siti e il terzo. Lo studio della correlazione attraverso la valutazione del coefficiente di Pearson r ($\alpha < 0,01$), per il PM 10, conferma quanto asserito. I siti 1 e 2, legati da un inquinamento da sorgenti specifiche simili, quali il traffico veicolare, hanno un'ottima correlazione con $r = 0,91$, mentre i siti 1 e 3, come quelli 2 e 3 danno un valore di r minore, esattamente $r = 0,72$ e $r = 0,73$, confermando che la sorgente specifica preminente per Largo San Nicola è il riscaldamento, evidente anche attraverso l'osservazione dei valori registrati in inverno. Nel grafico 3 è riportato lo studio delle correlazioni citate.

Correlogramma di PM 10 tra il sito largo S. Nicola e il sito via D'Acquisto



Correlogramma di PM 10 tra il sito largo S. Nicola e il sito via De Gasperi



Correlogramma di PM 10 tra il sito via D'Acquisto e il sito via De Gasperi

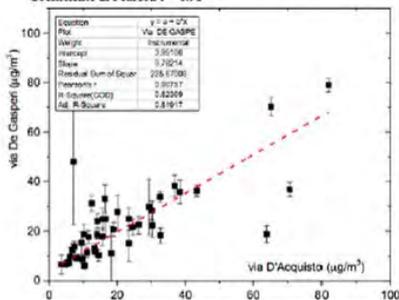


Grafico 3. Studio delle correlazioni tra i diversi siti per le PM 10

Valutando la situazione meteo, nelle date dove si hanno i picchi di concentrazione di particolato, si nota che i venti d'intensità molto debole o assenti provengono generalmente dal nord (si passa dal NW a NE), le temperature sono tendenzialmente basse, tra 11 °C e 19 °C, la pioggia è minima o assente e la pressione e l'umidità sono normalmente elevate. Possiamo affermare in generale che tali condizioni sfavoriscono il rimescolamento degli inquinanti, generando una stagnazione e, quindi, assecondando un incremento di valori. Osserviamo, infine, che dal 7 aprile, fino al 30 settembre, le quantità di particolato nei tre siti sono state costantemente sotto il limite previsto dalla normativa italiana; pertanto, i superamenti registrati nel periodo autunnale e invernale sono legati alla stagionalità.

È stato poi analizzato il rapporto tra i valori delle PM 2,5 e quelli delle PM10, indicato come $RPM_{2,5/10}$, un parametro che in prima approssimazione caratterizza un determinato particolato, in base alle dimensioni delle particelle, anche se soggetto a variare in relazione alle condizioni meteorologiche e termodinamiche dell'atmosfera [16]. I dati delle medie complessive del parametro per i tre siti, tenendo conto degli intervalli fiduciali, si possono considerare sovrapponibili. Questa condizione è confermata dalle analisi delle correlazioni tra i dati PM 2,5 e PM 10 per ogni singolo sito, i cui valori del coefficiente di Pearson risultano essere alti e tutti pari a $r = 0,98$ ($\alpha < 0,01$). I valori giornalieri evidenziano la presenza di una variabilità legata alle stagioni, con variazioni minime in estate, quando non si hanno fenomeni di risospensione e di trasporto a lunga distanza, in particolare delle particelle della frazione coarse (grossolana), compresa tra PM 10 e PM 2,5. In inverno la variazione è consistente anche per la maggiore stabilità dell'aria che favorisce ristagno e accumulo [17].

Una particolare attenzione va attribuita, infine, all'interpretazione dei valori elevati registrati il 31 marzo 2022, quando si è verificato l'arrivo di polveri del Sahara, come riportato dall'Ispra [18], e il rapporto $RPM_{2,5/10}$ presenta valori molto bassi per i tre siti, compresi tra 0,21 e 0,28, in linea con il tipo di inquinamento particellare in atto.

Una valutazione complessiva di quanto esposto indica che, in base alla legislazione nazionale non vi sono state situazioni di allarme; inoltre, i dati delle medie complessive non sono molto lontani da quella di $17 \mu\text{g}/\text{m}^3$ riscontrata dall'ARPA nella ricerca fatta a Mottola. Resta da rilevare il superamento dei limiti raccomandati dall'OMS.

I dati medi del rapporto PM 10 e PM 2,5 ($RPM_{2,5/10}$) si attestano intorno a 0,70 e sono confrontabili con quelli riscontrati in altre realtà [16, 17]. Si sono osservati solo tre valori medi bassi per i siti analizzati, uno di 0,25, il giorno delle polveri sahariane, e altri due, pari a 0,44, il 21 aprile e il 30 giugno, probabilmente per un sollevamento di polveri.

Per quanto riguarda i valori di particolato riportati dal sito delle applicazioni meteo AccuWeather, non vi è una buona corrispondenza con le misure fatte.

3.2 Misure indoor

Le misure indoor per le scuole sono state eseguite di solito dopo la ricreazione degli studenti, mentre per le farmacie si è utilizzata una fascia oraria più ampia che va dalla tarda mattinata sino a sera. L'ipotesi di lettura dei dati utilizzata è che la qualità e la concentrazione di particolato dipendono dalle fonti presenti nell'ambiente e dall'intrusione del particolato outdoor, in seguito al generarsi di un gradiente di concentrazione. Gli effetti attesi, in merito alle condizioni ambiente, sono che i climatizzatori efficienti dovrebbero ridurre il particolato, la ventilazione naturale dovrebbe generare una condizione stazionaria e l'ambiente chiuso dovrebbe mantenere la situazione pregressa. La presenza di persone potrebbe avere effetti diversi generando, ad esempio, una ventilazione e un sollevamento di polveri in seguito al movimento.

I dati raccolti, separatamente per le PM 10 e le PM 2,5, sono stati riportati nelle Tabelle 4 e 5 per quanto riguarda le scuole e nelle Tabelle 6 e 7 per le farmacie.

Tabella 4. Dati indoor per le scuole relativamente alle PM 10

PM 10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) Indoor Scuole													
Campioni		IST. TECNICO				LICEO SCIENTIFICO				IST. COMPRENSIVO			
Prog.	Data	Ora	Rip.	Media	D.St	Ora	Rip.	Media	D.St	Ora	Rip.	Media	D.St
1	27/01/22	11:58	336	33,8	2,2 ¹	11:18	317	22,5	2,2 ⁸	11:39	316	27,2	2,0 ¹
2	10/02/22	12:12	304	6,0	1,1	11:38	337	7,1	1,5	11:55	324	5,8	1,7
3	24/02/22	11:48	335	6,2	0,2	12:11	336	13,6	0,8 ²	11:23	315	10,7	3,3
4	11/03/22	11:15	297	9,6	1,7 ¹	12:03	308	9,5	1,4 ¹	11:48	316	15,6	2,0
5	25/03/22	11:04	308	19,7	2,2 ¹	12:32	301	16,4	1,8 ³	12:12	306	15,2	1,4
6	08/04/22	12:06	300	11,7	1,7 ¹	11:25	364	5,6	1,8 ^{6,2}	11:42	302	5,9	1,8 ¹
7	21/04/22	12:19	334	22,9	3,1 ⁶	11:18	308	24,4	2,7 ¹	11:36	305	23,0	3,4 ²
8	20/05/22	12:27	312	6,5	1,1 ⁹	10:11	384	9,0	4,3 ¹	12:42	295	4,9	1,0 ²
9	03/06/22	12:01	309	8,6	2,1	11:27	312	8,6	1,8	11:42	310	8,7	1,4
10	16/09/22	12:21	305	27,2	3,7 ⁴	11:41	309	17,5	1,7 ¹⁰	12:06	330	25,2	2,7 ³
11	30/09/22	12:16	311	14,7	2,1 ³	11:43	311	7,5	1,9 ¹	11:59	324	9,5	2,0 ³
12	14/10/22	12:58	306	48,4	2,6 ¹	12:26	304	45,4	3,0 ¹	12:43	305	48,8	3,2 ³
13	28/10/22	12:41	321	16,9	1,9 ³	12:08	320	19,5	2,5 ¹	12:26	305	18,8	2,0 ¹
14	18/11/22	12:36	325	6,7	0,9 ³	12:02	303	5,9	1,3 ³	12:17	291	7,0	1,3 ⁸
15	02/12/22	09:29	305	14,1	2,4 ¹	08:59	305	12,9	2,4 ¹	09:15	303	21,3	2,2 ¹
MEDIA		16,8 (0,55)		15,6 – 18,0		15,0 (0,68)		13,5 – 16,5		16,5 (0,57)		15,3 - 17,7	

¹ solo ventilazione esterna; ² solo ventilazione interna; ³ ventilazione interna ed esterna; ⁴ gli studenti non sono in classe, ventilazione interna ed esterna; ⁵ gli studenti non sono in classe, ambiente chiuso; ⁶ studenti in movimento; ⁷ studenti seduti, nessuna ventilazione; ⁸ gli studenti non sono in classe, solo ventilazione interna; ⁹ gli studenti non sono in classe, vi è vento che giunge dall'esterno; le misure presentano una deriva, come si evidenzia dalla distribuzione dei dati, si fa riferimento al cenno iniziale di gaussiana; ¹⁰ finestre aperte, pochi alunni

Tabella 5. Dati indoor per le scuole relativamente alle PM 2,5

PM 2,5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) Indoor Scuole													
Campioni		IST. TECNICO				LICEO SCIENTIFICO				IST. COMPRENSIVO			
Prog.	Data	Ora	Rip.	Media	D.St	Ora	Rip.	Media	D.St	Ora	Rip.	Media	D.St
1	27/01/22	11:58	336	24,7	1,0 ¹	11:18	317	15,2	1,1 ⁸	11:39	316	20,1	1,0 ¹
2	10/02/22	12:12	304	3,8	0,4	11:38	337	4,5	0,6	11:55	324	3,3	0,5
3	24/02/22	11:48	335	3,2	0,4	12:11	336	5,9	0,6 ²	11:23	315	5,0	1,1
4	11/03/22	11:15	297	6,2	0,5 ¹	12:03	308	6,7	0,6 ²	11:48	316	10,7	0,9
5	25/03/22	11:04	308	14,3	1,1 ¹	12:32	301	14,0	1,0 ³	12:12	306	11,3	0,8
6	08/04/22	12:06	300	6,9	0,6 ¹	11:25	364	2,6	2,0 ^{6,2}	11:42	302	3,1	0,6 ¹
7	21/04/22	12:19	334	10,4	0,8 ⁶	11:18	308	11,0	0,9 ¹	11:36	305	9,7	1,2 ²
8	20/05/22	12:27	312	3,5	0,2 ⁹	10:11	384	3,8	1,0 ¹	12:42	295	3,4	0,4 ²
9	03/06/22	12:01	309	5,4	0,7	11:27	312	5,4	0,5	11:42	310	5,5	0,5
10	16/09/22	12:21	305	17,4	1,2 ⁴	11:41	309	11,1	1,2 ¹⁰	12:00	330	16,3	0,8 ³
11	30/09/22	12:16	311	7,0	0,5 ³	11:43	311	4,2	0,5 ¹	11:59	324	5,1	0,6 ³
12	14/10/22	12:58	306	39,7	1,5 ¹	12:26	304	37,6	1,6 ¹	12:43	305	40,8	1,4 ³
13	28/10/22	12:41	321	12,0	0,8 ³	12:08	320	14,2	1,1 ¹	12:26	305	13,3	0,7 ¹
14	18/11/22	12:36	325	3,6	0,8 ⁵	12:02	303	2,8	0,4 ⁵	12:17	291	3,4	0,5 ⁸
15	02/12/22	09:29	305	9,4	0,8 ²	08:59	305	8,0	0,9 ²	09:15	303	13,3	0,6 ²
MEDIA		11,2 (0,21)		10,7 – 11,7		9,8 (0,26)		9,2 – 10,4		11,0 (0,21)		10,5 – 11,5	
RPM2,5-10		0,67 (0,03)		0,59 – 0,74		0,65 (0,05)		0,55 – 0,75		0,67 (0,04)		0,59 – 0,74	

¹ solo ventilazione esterna; ² solo ventilazione interna; ³ ventilazione interna ed esterna; ⁴ gli studenti non sono in classe, ventilazione interna ed esterna; ⁵ gli studenti non sono in classe, ambiente chiuso; ⁶ studenti in movimento; ⁷ studenti seduti, nessuna ventilazione; ⁸ gli studenti non sono in classe, solo ventilazione interna; ⁹ gli studenti non sono in classe, vi è vento che giunge dall'esterno; le misure presentano una deriva, come si evidenzia dalla distribuzione dei dati, si fa riferimento al cenno iniziale di gaussiana; ¹⁰ finestre aperte, pochi alunni

Nelle prime due colonne è indicato il numero progressivo delle misure eseguite e la data, nelle colonne successive, per le scuole e poi per le farmacie, l'ora, il numero di ripetizioni, il valore medio e la deviazione standard, con un apice che rinvia a una nota sulle condizioni in cui sono state fatte le misure. Nell'ultima riga è indicato il valore medio complessivo, Medie. Insieme alle medie, in parentesi, è indicata la deviazione standard e di seguito l'intervallo fiduciale calcolato con $t_{0,05} = 2,08$ per le farmacie ($N = 22$) e $t_{0,05} = 2,15$ per le scuole ($N = 15$).

Nelle Tabella 5 e 7, dopo le medie è riportata un'altra riga relativa al valore medio del $\text{RPM}_{2,5/10}$ con la deviazione standard e l'intervallo fiduciale.

Tabella 6. Dati indoor per le farmacie relativamente alle PM 10

PM 10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) Indoor Farmacie													
Campioni		FARMACIA LASALVIA				FARMACIA LADISI				FARMACIA ROMANO			
Prog.	Data	Ora	Rip.	Media	D.St	Ora	Rip.	Media	D.St	Ora	Rip.	Media	D.St
1	13/01/22	10:55	139	15,5	1,6	11:02	172	17,3	1,9	11:20	111	14,2	1,4
2	27/01/22	12:38	315	25,0	3,0	12:28	309	30,5	2,8 ²	12:14	310	14,2	1,4 ²
3	10/02/22	12:49	309	9,6	1,4	12:39	309	16,7	2,1	12:27	298	14,3	1,5
4	24/02/22	12:30	300	9,4	0,8	12:41	315	5,4	1,6	18:44	313	25,8	1,4
5	11/03/22	12:31	305	8,5	1,2	12:21	306	7,9	0,9 ²	11:30	298	13,3	1,6
6	25/03/22	11:59	304	16,2	1,8	11:49	315	19,7	4,1	11:25	304	21,5	2,1 ^{1,4}
7	08/04/22	11:53	303	7,1	1,4	12:20	321	7,6	1,9 ¹	12:37	320	11,7	2,2 ¹
8	21/04/22	11:48	304	19,2	3,3	11:57	353	21,4	3,4	12:34	298	32,2	4,0
9	20/05/22	19:52	305	16,4	2,1 ¹	20:06	304	17,4	0,5	12:12	302	7,2	1,9
10	03/06/22	12:46	310	7,8	1,8	12:36	320	8,6	1,7	12:20	312	11,1	1,8
11	17/06/22	12:51	306	18,6	1,9 ²	12:41	307	20,2	2,0	12:24	307	26,4	3,3 ²
12	15/07/22	18:33	310	3,9	2,5	18:23	311	3,3	0,7 ²	17:55	312	5,0	1,4
13	22/07/22	20:19	306	9,0	1,4	20:29	309	10,5	1,6 ²	19:15	303	8,6	1,2
14	09/09/22	18:19	311	15,5	1,7	18:08	322	16,9	0,8	17:39	310	21,8	2,7
15	16/09/22	11:35	311	7,7	1,9	12:49	319	6,0	1,8	13:02	311	4,5	1,3
16	30/09/22	19:40	309	12,0	2,0	20:00	322	10,7	2,0	20:28	307	5,7	1,5
17	14/10/22	19:53	397	52,6	4,1	20:11	311	42,2	2,3	20:01	313	72,8	3,1
18	28/10/22	18:32	308	26,0	2,9	18:42	252	26,2	3,3	18:55	305	30,0	2,4
19	04/11/22	19:12	307	11,9	1,2	19:25	306	11,1	2,0	19:46	343	12,4	1,5
20	18/11/22	11:19	306	17,3	2,2 ⁵	10:57	321	17,3	2,1 ⁵	10:37	385	17,7	0,9 ⁵
21	02/12/22	18:38	312	8,4	1,7	18:52	291	6,8	1,0	18:00	297	14,2	1,4
22	30/12/22	10:11	308	26,3	1,8	10:35	348	23,7	1,7	11:34	305	24,7	2,0
MEDIA		15,6 (0,45)		14,7 -16,5		15,8 (0,45)		14,9 -16,7		18,6 (0,44)		17,7 - 19,5	

¹ porte aperte; ² aria condizionata; ³ locale diverso; ⁴ le misure presentano una deriva, come si evidenzia dalla distribuzione dei dati, si fa riferimento all'iniziale gaussiana

Tabella 7. Dati indoor per le farmacie relativamente alle PM 2,5

PM 2,5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) Indoor Farmacie													
Campioni		FARMACIA LASALVIA				FARMACIA LADISI				FARMACIA ROMANO			
Prog.	Data	Ora	Rip.	Media	D.St	Ora	Rip.	Media	D.St	Ora	Rip.	Media	D.St
1	13/01/22	10:55	139	10,6	0,5	11:02	172	11,8	0,6	11:20	111	8,6	0,8
2	27/01/22	12:38	315	17,5	1,2	12:28	309	21,1	1,3 ²	12:14	310	8,6	0,8 ²
3	10/02/22	12:49	309	6,5	0,7	12:39	309	11,9	1,0	12:27	298	10,2	0,8
4	24/02/22	12:30	300	6,3	0,5	12:41	315	3,4	0,6	18:44	313	17,8	2,5
5	11/03/22	12:31	305	5,7	0,5 ²	12:21	306	6,0	0,6 ²	11:30	298	9,4	0,6
6	25/03/22	11:59	304	12,6	0,7	11:49	315	13,3	1,4	11:25	304	14,9	0,9 ^{1,4}
7	08/04/22	11:53	303	3,5	0,5	12:20	321	4,0	0,7 ¹	12:37	320	5,6	0,7 ¹
8	21/04/22	11:48	304	8,5	0,8	11:57	353	9,5	0,5	12:34	298	11,5	1,1
9	20/05/22	19:52	305	11,0	0,7 ¹	20:06	304	12,0	0,3	12:12	302	4,2	0,3
10	03/06/22	12:46	310	5,3	0,6	12:36	320	5,6	0,5	12:20	312	6,6	0,5
11	17/06/22	12:51	306	13,2	0,6 ²	12:41	307	13,8	0,7	12:24	307	16,0	1,0 ²
12	15/07/22	18:33	310	2,4	0,4	18:23	311	2,4	0,3 ²	17:55	312	3,2	0,3
13	22/07/22	20:19	306	7,0	0,7	20:29	309	8,4	0,6 ²	19:15	303	7,0	0,5
14	09/09/22	18:19	311	7,5	0,5	18:08	322	8,0	0,8	17:39	310	12,1	0,9
15	16/09/22	11:35	311	3,8	0,5	12:49	319	2,7	0,5	13:02	311	2,0	0,4
16	30/09/22	19:40	309	5,7	0,7	20:00	322	4,6	0,5	20:28	307	2,8	0,5
17	14/10/22	19:53	397	44,0	1,7	20:11	311	34,4	1,2	20:01	313	59,1	1,9
18	28/10/22	18:32	308	19,4	1,3	18:42	252	20,0	1,3	18:55	305	22,2	1,4
19	04/11/22	19:12	307	9,8	0,6	19:25	306	8,8	0,9	19:46	343	9,6	0,8
20	18/11/22	11:19	306	12,6	0,5	10:57	321	12,5	0,6	10:37	385	14,7	0,4
21	02/12/22	18:38	312	6,2	0,8	18:52	291	5,4	0,6	18:00	297	11,0	0,8
22	30/12/22	10:11	308	19,9	1,0	10:35	348	18,6	1,1	11:34	305	19,5	0,9
MEDIA		10,9 (0,17)		10,5 – 11,3		10,8 (0,17)		10,4 – 11,2		12,6 (0,21)		12,2 – 13,0	
RPM2,5-10		0,70 (0,03)		0,63 – 0,76		0,68 (0,03)		0,62 – 0,75		0,68 (0,03)		0,62 – 0,73	

¹ porte aperte; ² aria condizionata; ³ locale diverso; ⁴ le misure presentano una deriva, come si evidenzia dalla distribuzione dei dati, si fa riferimento all'iniziale gaussiana

Si allegano anche i grafici 4, 5, 6 e 7 ottenuti dalle rispettive Tabelle, per rendere immediatamente evidenti le variazioni dei valori riscontrate nel tempo e la relazione con i valori limite giornalieri della legislazione italiana e dell'OMS.

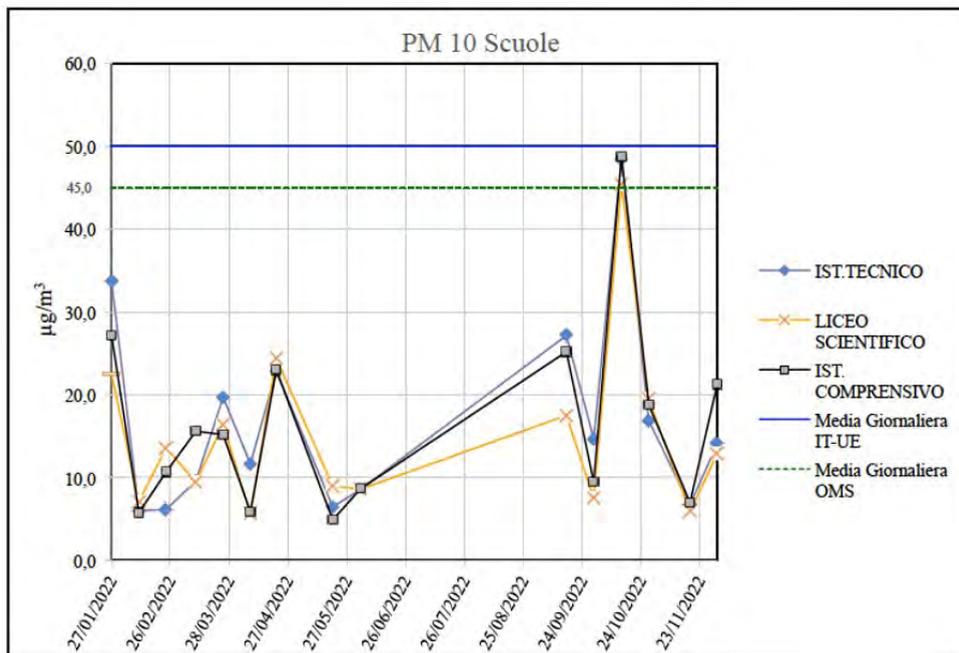


Grafico 4. Dati indoor per le scuole relativamente alle PM 10

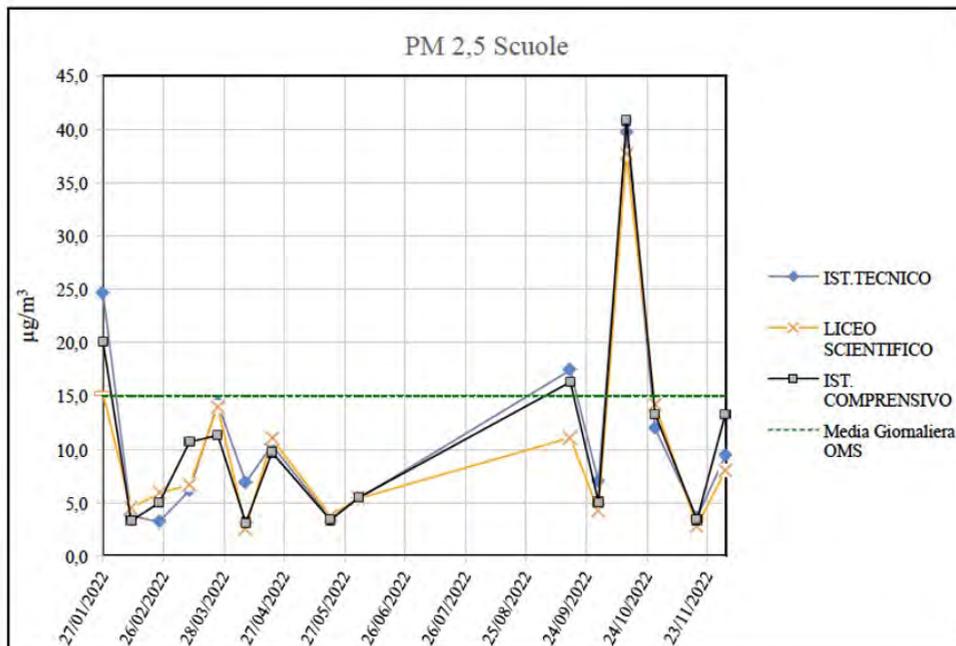


Grafico 5. Dati indoor per le scuole relativamente alle PM 2,5

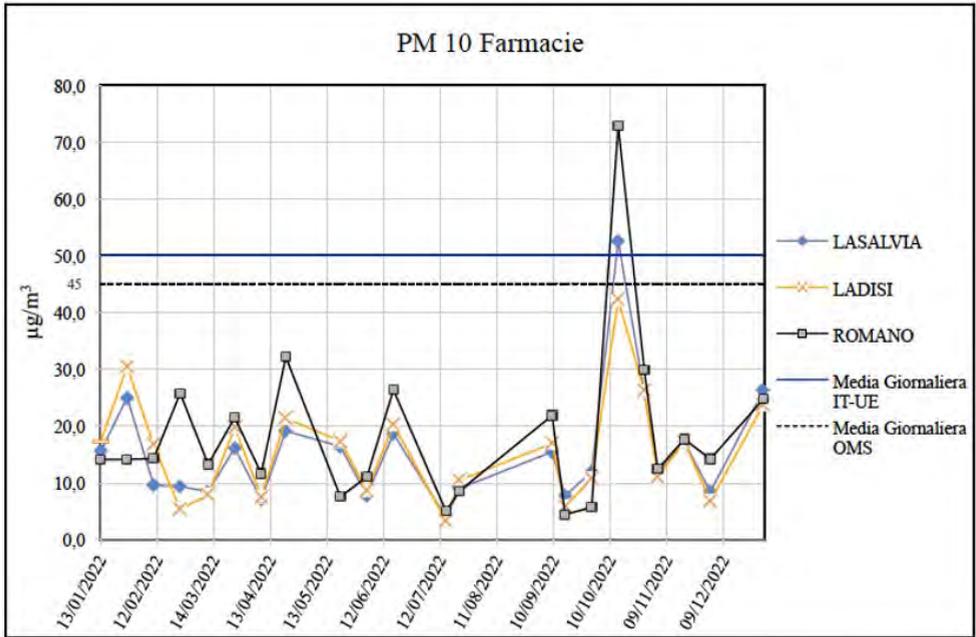


Grafico 6. Dati indoor per le farmacie relativamente alle PM 10

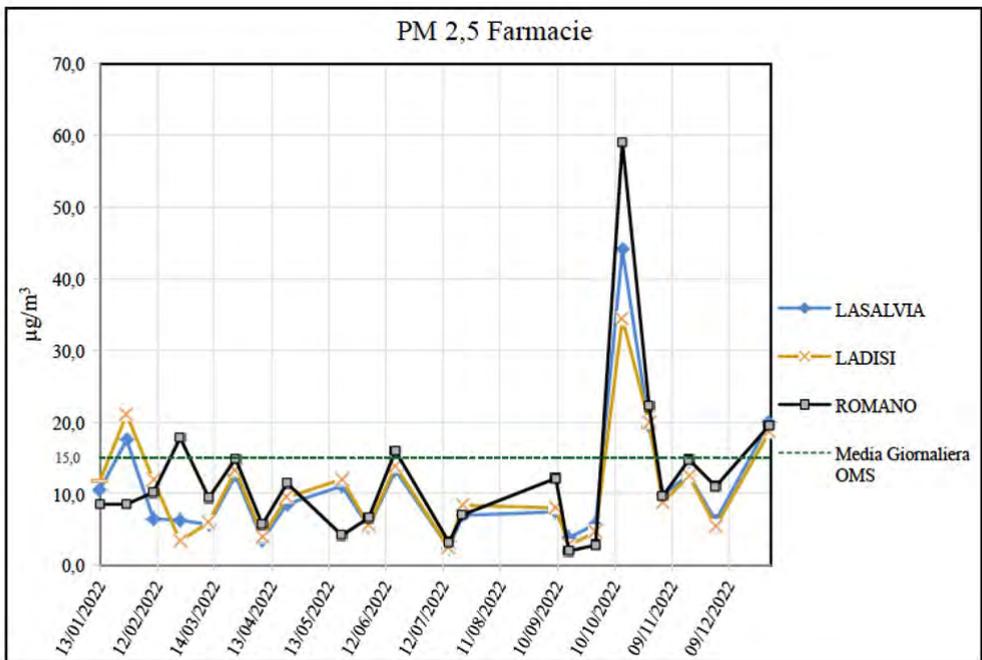


Grafico 7. Dati indoor per le farmacie relativamente alle PM 2,5

Prendendo in esame complessivamente i dati delle scuole e delle farmacie, emerge che vi è un chiaro picco dei valori il 14.10.22, corrispondente a una simile situazione outdoor, quindi da probabile intrusione dall'esterno. Valori tendenzialmente più alti, rispetto alle medie dell'anno, registrati quasi per tutte le scuole il 27.01.22, 21.04.22, 16.09.22 e 02.12.22, e per buona parte delle farmacie il 27.01.22, 21.04.22, il 28.10.22 e 30.12.22, sembrano dovuti a particolari situazioni dei siti, riportate nelle note, per quello che è stato possibile evidenziare.

Per le scuole, con riferimento ai limiti di legge, tenendo conto che si possono avere solo delle indicazioni, trattandosi di misure limitate, si rileva che le PM 10 non hanno superato mai la media annuale e giornaliera della normativa italiana, rispettivamente di $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ -massimo 35 giorni-, lo stesso si osserva per le PM 2,5, la cui media annuale stabilita è di $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Prendendo in esame i valori raccomandati dall'OMS, le PM 10 sono andate sempre oltre il limite annuale di $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mentre il limite giornaliero di $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (massimo 4 giorni) è stato superato una sola volta per le tre scuole il 14.10.2022. Anche le PM 2,5, per tutti i siti, hanno superato la media annuale di $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mentre in merito alla media giornaliera di $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ -massimo 4 giorni- si nota il superamento solo di 3 volte per il Tecnico, 2 volte per il Liceo e ancora 3 volte per l'Istituto Comprensivo. Analizziamo ora i valori delle medie complessive, alla luce degli intervalli fiduciali che ci consentono una prima valutazione statistica. Per le PM 10 non emergono differenze significative per le tre scuole, viceversa per il PM 2,5 il Liceo presenta una media che differisce in modo significativo dall'Istituto Comprensivo e dal Tecnico.

I valori del $\text{RPM}_{2,5/10}$ oscillano tra 0,65 e 0,67 e per le diverse scuole non si riscontrano differenze significative a livello degli intervalli fiduciali.

Per quanto riguarda le farmacie, considerando i limiti stabiliti dalla legislazione italiana, le PM 10 sono rimaste ampiamente nel limite annuale, mentre quello giornaliero è stato superato appena una volta per le farmacie *Lasalvia* e *Romano*, sempre il 14.10.2022. I dati relativi alle PM 2,5 indicano che non si è andati oltre la media annuale. Considerando le raccomandazioni dell'OMS, la media delle PM 10 è risultata sempre superiore della media annuale stabilita, mentre la media giornaliera è stata superata una volta sola, ancora il 14.10.2022 per le farmacie *Lasalvia* e *Romano*. Esaminando le PM 2,5, la media annuale è stata superata per tutte le farmacie, mentre il limite giornaliero è stato superato per 5 giorni nella farmacia *Romano* e per 4 giorni nelle farmacie *Ladisi* e *Lasalvia*.

Complessivamente, i valori di particolato trovato rientrano nella norma per la legislazione italiana ed europea, mentre in generale non rientrano nei limiti posti dall'OMS, anche se possiamo considerarli al limite.

Esaminiamo ora i valori delle medie complessive alla luce dei rispettivi inter-

valli fiduciarie. In prima approssimazione, per le PM 10, emerge una differenza significativa tra le medie della farmacia *Romano* e quelle delle altre due, differenza che si conferma decisamente con i dati delle PM 2,5.

I valori del $RPM_{2,5/10}$ si situano tra 0,68 e 0,70 e, considerando gli intervalli fiduciali, non si hanno differenze significative tra le farmacie.

Viene ora considerata la possibile intrusione nelle scuole e nelle farmacie del particolato outdoor del 14.10.2022, escludendo dall'indagine il 27.01.22, perché da una iniziale valutazione risulta essere un fenomeno poco vistoso e vi sono condizioni ambientali, tempi e eventi atmosferici non ben definiti.

In tale data, per i tre siti outdoor, si è trovato $RPM_{2,5/10} = 0,80 \pm 0,04$, sovrapponibile con quello indoor medio delle farmacie e delle scuole che è rispettivamente $0,82 \pm 0,04$ e $0,83 \pm 0,05$, per cui è possibile ipotizzare la diffusione dello stesso inquinante tra l'esterno e l'interno degli ambienti, dovuta a un gradiente di concentrazione. Prima di valutarne gli effetti è necessario puntualizzare alcuni aspetti importanti. Esaminando gli orari nei quali sono state fatte le misure, si nota che per le scuole la rilevazione è avvenuta intorno alle 13, per le farmacie intorno alle 20, e che le misure outdoor sono state effettuate tra le 20:35 e le 21:02, pertanto la situazione di particolare inquinamento esterno è da ritenere pregressa a quella della valutazione. Ciò è avvalorato dai dati meteo, dai quali si evidenzia un'umidità percentuale del 96%, una pressione alta e, solo in serata, una ridotta ventilazione da nord-ovest. Questo scenario suggerisce un possibile periodo di stagnazione avvalorato dai dati meteo del 13.10.22, confermando l'interpretazione dei valori di $RPM_{2,5/10}$ riportati.

Queste precisazioni ci consentono di dare valore al calcolo di massima dell'entità della diffusione il 14.10.2022, dal rapporto percentuale del valore medio delle PM 10 per le scuole e le farmacie, rispettivamente di $47,5 \pm 1,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e $55,9 \pm 1,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ con il valore medio dei tre siti outdoor pari a $83,3 \pm 2,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$:

Intrusione scuole = 57%

Intrusione farmacie = 67%

Un calcolo simile si può ovviamente fare anche considerando i dati delle PM 2,5, essendo legati alle PM 10 da un rapporto definito.

L'esame delle percentuali ci consente, inoltre, di dire che la diffusione ha condotto, negli ambienti scolastici e nelle farmacie (trascurando la minima incidenza del particolato proprio del sito), all'ingresso di una quantità del particolato esterno intorno al 60%, con un effetto medio maggiore per le seconde, probabilmente a causa del loro diretto accesso alle strade.

Una lettura complessiva dei dati indoor permette di concludere che i valori di particolato sono relativamente bassi e molto simili tra le scuole e le farmacie, ambienti dove è ridotto l'apporto degli inquinanti. Sono, infatti,

da escludere il fumo di sigarette e la cottura dei cibi, sorgenti interne che hanno un peso decisivo sull'entità del particolato. Infine, il raffronto dei valori medi dell'RPM_{2,5/10} outdoor e indoor, che praticamente sono sovrapponibili, porta a ipotizzare un condizionamento dei siti interni presi in esame dalla situazione di inquinamento esterno; ciò è evidenziato anche dalla tendenza a un andamento dei dati che, come quelli outdoor, tiene conto della stagionalità.

Infine, è da sottolineare che questo tipo d'inquinamento atmosferico è a volte più pericoloso di quello outdoor. Si calcola che circa 9 persone su 10 in tutto il mondo respirano aria indoor inquinata e che l'aria delle abitazioni, insieme a quella dei mezzi di trasporto, dove si stima che si trascorra il 94% del tempo, per effetto di fonti interne, giunge a essere fino a 5 volte più inquinata di quella esterna [19].

3.3 Broncodilatatori e infezioni da Covid-19

I dati dei broncodilatatori utilizzati a Mottola mostrano una variazione rilevante da farmacia a farmacia, rendendo poco significato il calcolo della deviazione standard. Una visione d'insieme si ha dal grafico 8, dove si riportano i valori medi delle confezioni di farmaci acquistati, i valori massimi e minimi e il numero di confezioni utilizzati dalla cittadina, ottenuti per estrapolazione, tenendo conto del numero delle farmacie che operano a Mottola.

Dall'esame dei dati appare un andamento stagionale dell'utilizzo dei farmaci; se si considerano quattro periodi dell'anno, corrispondenti in linea di massima alle stagioni, si evidenzia come l'inverno e l'autunno siano i momenti più impegnativi per le patologie respiratorie, come asma e BPCO, mentre in primavera si ha un massimo per i sintomi dell'allergia da pollini. Il calcolo dei valori medi dei broncodilatatori utilizzati nei citati periodi è eloquente:

- periodo gennaio - marzo (rilevazioni 1 - 7): media 104
- periodo aprile - maggio (rilevazioni 8 - 12): media 89
- periodo giugno - settembre (rilevazioni 13 - 20): media 73
- periodo ottobre - dicembre (rilevazioni 21 - 27): media 105

Si nota, infine, che tra fine 2021 e inizio 2022 vi è un picco dei consumi.

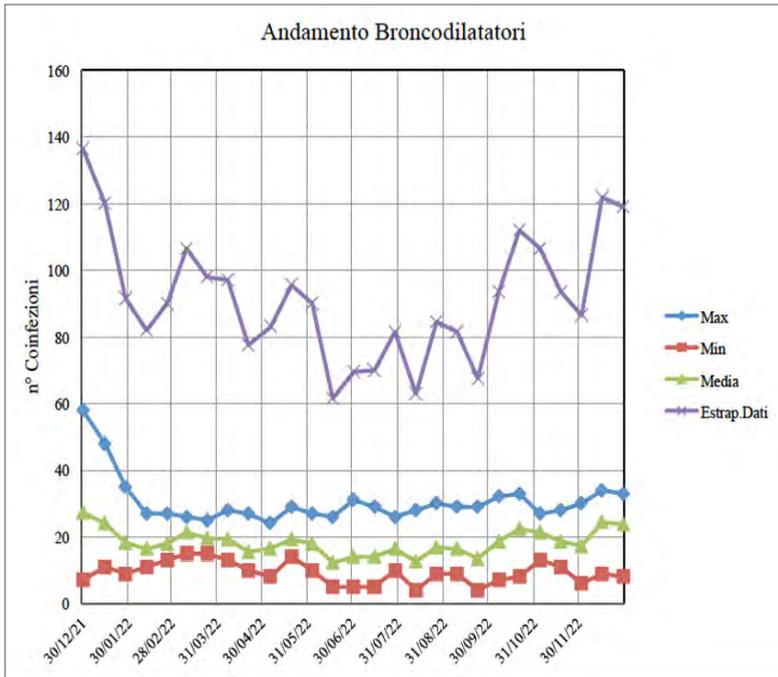


Grafico 8. Broncodilatatori utilizzati nel tempo

I valori relativi ai diversi principi attivi indagati, espressi in % sul totale degli stessi, sono riportati nel grafico 9.

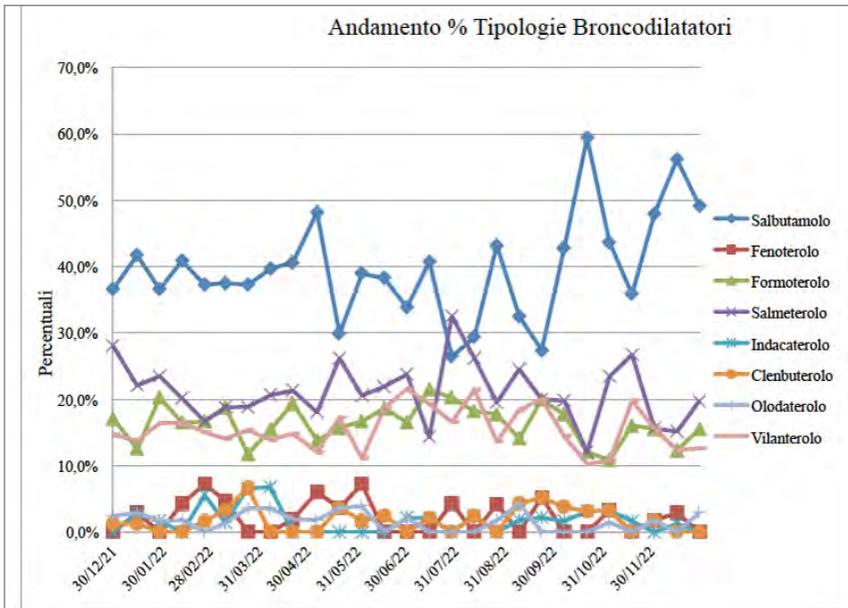


Grafico 9. Percentuale dei diversi broncodilatatori utilizzati nel tempo

Emerge immediatamente che il salbutamolo è la molecola più utilizzata con una media complessiva annuale del 39,7%; si tratta, infatti, di un principio attivo impiegato da diverso tempo e costituisce il farmaco di prima scelta in tutto il mondo nel trattamento delle crisi d'asma. A notevole distanza si trovano il salmeterolo (21,1%), il formoterolo (16,4%), il vilanterolo (15,6%) e, con una percentuale intorno al 2%, il fenoterolo, l'indacaterolo, il clenbuterolo e l'olodaterolo.

Una riflessione su questi dati impone un confronto con quelli della Regione Puglia e di tutto il territorio nazionale. Per eseguire la comparazione, si sono raccolti i dati del Servizio Sanitario Nazionale per la Puglia e l'Italia in toto, in merito ai farmaci classificati R03 (Dati Dott. Cataldo Procacci Dirigente Farmacista- Dipartimento Farmaceutico ASL BT Regione Puglia - database IQVIA), e si è calcolata la percentuale delle confezioni prescritte (come sommatoria delle confezioni utilizzate da ogni cittadino con patologie respiratorie) rispetto al numero complessivo di abitanti del luogo in esame (Tabella 8). Si precisa che al totale dei farmaci relativi alle singole molecole, ottenuti per estrapolazione a Mottola, sono stati sottratti quelli utilizzati a fine 2021 (relativi alla rilevazione del 30.12.2021) per limitare l'analisi al solo anno solare 2022.

I dati della popolazione di Mottola, della Regione Puglia e dell'Italia, presi dal sito dell'ISTAT [20], al 31.12.2022, sono:

popolazione di Mottola = 15.320 (di cui 7469 maschi e 7851 femmine)

popolazione della Regione Puglia = 3.902.692

popolazione dell'Italia = 58.850.717

Broncodilatatori	Mottola	% Mottola	Puglia	% Puglia	Italia	% Italia
Salbutamolo	952,5	6,2	237659	6,1	3687791	6,3
Fenoterolo	54,0	0,4	4.061	0,1	56294	0,1
Formoterolo	374,5	2,4	339.053	8,7	5175631	8,8
Salmeterolo	483,5	3,2	88.103	2,3	1482203	2,5
Indacaterolo	43,5	0,3	31.383	0,8	381186	0,6
Clenbuterolo	41,5	0,3	1	0,0	112	0,0
Olodaterolo	38,0	0,2	12.190	0,3	203479	0,3
Vilanterolo	355,5	2,3	242209	6,2	3347589	5,7

Tabella 8. Confronto dei dati di broncodilatatori utilizzati a Mottola, nella Regione Puglia e in Italia

L'esame della Tabella fa emergere che il salbutamolo è utilizzato a Mottola in una quantità pari al 6,2%, sovrapponibile con il dato regionale e nazionale, e ciò, tenendo conto che questo principio attivo rappresenta quasi il 40% di tutti i broncodilatatori utilizzati, può essere una plausibile conferma della bontà dei dati raccolti. L'olodaterolo è adoperato in percentuale lievemente inferiore, mentre per il clenbuterolo non è possibile un raffronto perché in fascia C e solo

in casi particolari è ammessa la dispensazione a carico del SSN. Il fenoterolo e, in particolare, il salmeterolo appaiono impiegati in quantità superiori rispetto a quanto indicato per la Regione Puglia e l'Italia, viceversa il formoterolo e il vilanterolo (adoperato nella pratica clinica in associazione con corticosteroidi e/o antimuscarinici) presentano percentuali significativamente minori.

Le differenze riscontrate non sono facilmente interpretabili e richiederebbero un approfondimento; comunque, in prima approssimazione, quanto osservato potrebbe essere dovuto a una diversa incidenza delle patologie respiratorie o a un diverso approccio terapeutico (durata della terapia e/o impiego di differenti principi attivi).

L'andamento dell'infezione da Covid-19 a Mottola nel 2022 è mostrato nel grafico 10, in cui sono riportati, mediante istogrammi, i dati mensili, suddivisi per maschi e femmine, forniti dalla ASL TA02 (*Dati Sistema Regionale Covid, Elaborazione Servizio Igiene Massafra - ASL TA02*).

Nel grafico si evidenziano tre picchi, uno molto elevato a gennaio, con 1093 casi totali dichiarati, un secondo e un terzo ad aprile e a luglio, rispettivamente con 573 e 704 casi. Occorre precisare che diverse indicazioni, alcune provenienti dagli stessi medici di base del territorio, evidenziano che i valori ufficiali sono sottostimati.

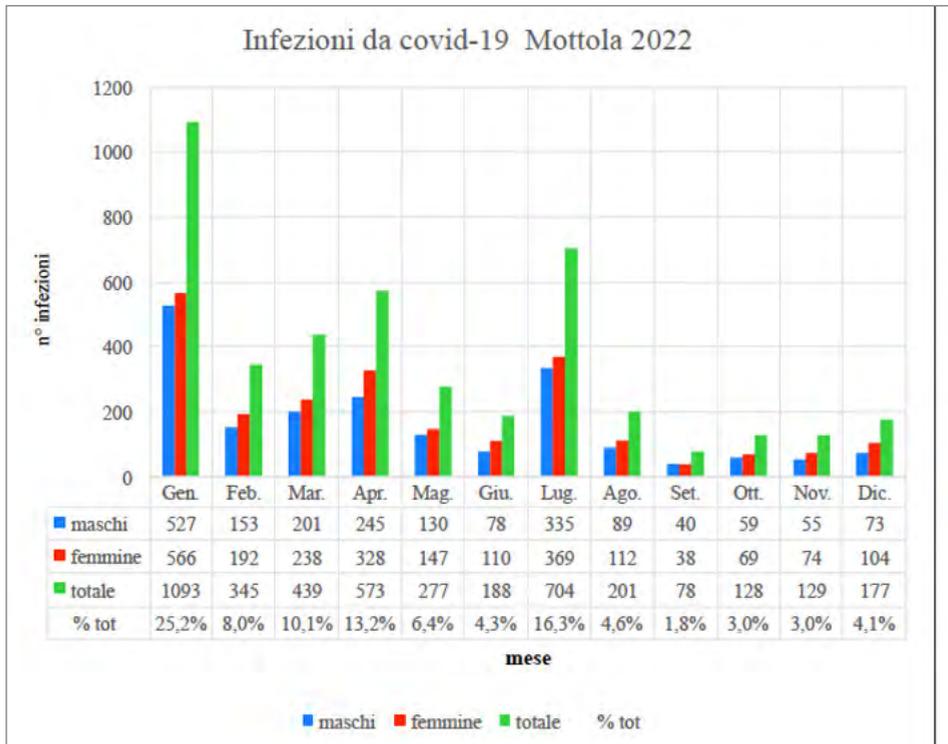


Grafico 10. Infezioni da Covid-19 riscontrate a Mottola nel 2022

Si completa la presentazione dei dati con il confronto tra la percentuale della popolazione contagiata di Mottola, che è pari al 28,3% (maschi 26,6% - femmine 29,9%), e quella riscontrata nella regione Puglia che risulta essere del 33%, con un numero totale di casi pari a 1.286.800 (dato preso dal sito istituzionale) [21]. I contagi nella nostra cittadina, anche se in linea con la regione, sono lievemente ridotti; va comunque detto che i valori riportati non tengono conto delle reinfezioni.

Terminiamo con un'analisi dei possibili legami tra l'andamento nel tempo dell'uso dei broncodilatatori, delle infezioni da Covid-19 e delle PM 10.

Dall'osservazione dei grafici 8 e 10 si evidenzia che non c'è una corrispondenza tra la variazione nel tempo del totale dei broncodilatatori utilizzati e l'evoluzione delle infezioni da Covid-19. Unica eccezione per il primo punto, al 30.12.2021, dove al valore massimo di broncodilatatori corrisponde, a gennaio 2022, il massimo del numero d'infezioni; si tratta, tuttavia, di una situazione particolare perché coincide anche con la maggiore differenza osservata tra i valori massimo e minimo.

Un'accurata riflessione porta a evidenziare le possibili cause che hanno portato, a fine 2021, all'incremento di principi attivi a maggiore durata d'azione:

- ✓ migliore aderenza dell'utilizzo dei farmaci nei pazienti con diagnosi accertata di asma e BPCO, o maggiori riacutizzazioni di tali patologie indotte da infezione virale Covid, non-Covid, o inquinamento ambientale;
- ✓ maggiore frequenza del sintomo dispnea nella fase post-Covid sia in pazienti che avevano contratto polmonite, che in pazienti che avevano contratto l'infezione con sintomi influenzali, e relativa prescrizione di broncodilatatori senza esecuzione di indagini funzionali;
- ✓ prescrizioni senza verifiche funzionali in pazienti con sintomatologia naive (ingenua, che non ha mai assunto broncodilatatori) e in pazienti con diagnosi accertata in precedenza (rinnovo automatico dei piani terapeutici per limitare la mobilità dei pazienti).

Crediamo si possa pensare che l'evoluzione nell'uso dei broncodilatatori venga da una sovrapposizione di effetti, non distinguibili, dove prevale l'andamento stagionale. Nella nostra realtà probabilmente non ci sono le condizioni atmosferiche e di concentrazione tali che le micro-goccioline infettate contenenti il Coronavirus possano stabilizzarsi sulle particelle e creare un cluster con il particolato, aumentando la persistenza del virus nell'atmosfera. La correlazione tra PM e Covid risulta evidente nelle zone ad alta intensità abitativa.

4. Conclusioni

4.1 Risultati della ricerca

La qualità dell'aria a Mottola, con riferimento alle polveri sottili che costituiscono il particolato studiato, risulta essere accettabile per le norme italiane e UE, tenendo conto dello strumento utilizzato e delle condizioni in cui sono state fatte le misure, mentre risultano superati i limiti raccomandati dall'OMS che considerano esclusivamente gli effetti del particolato sulla salute.

I dati riportati nel lavoro sono in linea con le caratteristiche dell'aria in Italia, monitorata dal Sistema Nazionale per la Protezione Ambiente (Snpa) nel 2022 [19]. I livelli delle PM 10 e delle PM 2,5 confermano l'andamento decrescente degli inquinanti negli ultimi 10 anni e sottolineano che la situazione risulta sfavorevole quando si hanno frequenti e intensi periodi di stagnazione atmosferica in zone molto industrializzate. I superamenti del limite annuale e giornaliero delle PM 10 sono stati evidenziati nella pianura padana e in altre zone che presentano, in genere, condizioni climatiche simili. Al sud, dove i superamenti sono legati essenzialmente all'emissione diretta di sorgenti locali, sono state interessate la pianura di Venafro in Molise, la zona di Napoli e Caserta, la provincia di Brindisi e Ragusa. Per le PM 2,5 il limite annuale è stato rispettato in 98,7 stazioni di rilevamento sparse in tutto il territorio nazionale.

Infine, lo studio dei dati riguardanti le variazioni nel tempo dell'entità di particolato e delle infezioni da Covid-19 ha evidenziato che non vi è una relazione tra loro, non essendoci del resto le condizioni meteo e di densità di popolazione verificate in altre situazioni. L'assenza di un rapporto diretto si osserva anche dal numero di confezioni di broncodilatatori b_2 -agonisti acquistati e dalla concentrazione di particolato, responsabile di problemi respiratori o di un loro peggioramento, quali asma e BPCO, che richiedono l'utilizzo di questi farmaci.

Si conclude il lavoro precisando che la valutazione dell'entità del particolato e della sua distribuzione nelle varie aree del territorio non completa lo studio sui conseguenti rischi sanitari, mancando la caratterizzazione della sua composizione, che richiede una strumentazione di alto profilo. Restano aperte le tematiche relative alla valutazione dell'entità di rischio da inquinamento del particolato atmosferico nelle abitazioni civili e il deposito di particolato secco.

I dati raccolti consentono, comunque, di trarre utili indicazioni rivolte agli abitanti del territorio per ridurre gli effetti dell'inquinamento atmosferico, suggerite in buona parte anche dal Ministero della Salute [3], che si riportano di seguito.

Inquinamento outdoor:

1. Verificare, in qualità di ente pubblico, il possibile decongestionamento del traffico nelle zone ad alto rischio per la concentrazione del particolato. Favorire il monitoraggio periodico della qualità dell'aria e utilizzare canali social istituzionali o un'apposita app, per sensibilizzare e indirizzare comportamenti adeguati.

2. Sostare il meno possibile in zone a traffico intenso, o scegliere percorsi alternativi, in particolare se le condizioni atmosferiche sono negative (umidità elevata, nebbia, bassa ventilazione naturale, alta pressione, indice di qualità dell'aria sfavorevole – vedi siti meteo). Tenere presente che il periodo in cui la concentrazione di particolato risulta elevato è quello invernale e va da ottobre a marzo.
3. Prestare la massima attenzione per le persone che presentano problemi respiratori, favorendo l'uso di dpi (dispositivi protezione individuale, es. uso delle mascherine) a scopo preventivo nei momenti e nei luoghi sensibili.

Inquinamento indoor:

1. Mantenere gli ambienti ben ventilati, aumentando la ventilazione naturale durante le ore della giornata in cui l'inquinamento dell'aria esterna è basso. Prevedere eventuali sistemi di ventilazione meccanica dotati d'idonei filtri, regolarmente controllati e sanificati.
2. Non arieggiare gli ambienti se le condizioni atmosferiche sono negative (umidità elevata, nebbia, bassa ventilazione naturale, indice di qualità dell'aria sfavorevole -vedi siti meteo-), o se l'abitazione si trova in zona prospiciente a vie con traffico veicolare elevato, nelle ore di punta.
3. Effettuare regolare controllo e pulizia dei sistemi di riscaldamento (caldaie, canne fumarie, camini) e dei climatizzatori.
4. Scegliere stufe a legna di dimensioni adeguate, che soddisfino i requisiti per le emissioni standard; accertare che tutti gli sportelli sulle stufe a legna siano a tenuta stagna.
5. Munire tutte le fonti di riscaldamento di areazione verso l'esterno. Mantenere aperte le porte delle altre stanze quando si utilizzano radiatori portatili privi di scarico. Usare l'estrattore d'aria con scarico all'esterno quando si cucina. Non fumare negli ambienti chiusi. Tenere sotto controllo il microclima nelle abitazioni, in particolare la temperatura, mediamente 20°C in inverno e 25°C in estate, e l'umidità relativa che deve essere del 35-40%. In situazioni particolari, eseguire, con specifici sensori, la misura delle concentrazioni di alcuni inquinanti chimici.
6. Tener presente che in spazi chiusi e alla presenza di persone già infette asintomatiche o lievemente sintomatiche è più facile per batteri e virus diffondersi, rimanere vitali e infettare altri soggetti.

4.2 Punto di arrivo del lavoro socioeducativo

L'associazione, nel suo lavoro socioeducativo, ha condiviso l'invito di Edgar Morin, manifesto nel testo *Cambiamo Strada* [22], a costruire, nelle realtà locali, una collettività in grado di elaborare un comune progetto educativo che aiuti a trasfor-

mare positivamente il modo di percepirsi dinanzi alle sfide del mondo. Su questa linea, i percorsi elaborati per il nostro territorio, tra cui il presente sul particolare, hanno assunto una rinnovata impostazione d'impegno educativo. È stato consolidato il valore della rete di relazioni costruita nel tempo attraverso la condivisione di attività sociali, puntando a catturare l'interesse di giovani studenti, e in particolare per questo lavoro, di giovani universitari iscritti alle facoltà scientifiche.

Il punto di arrivo, a nostro avviso rilevante per l'aspetto socioeducativo, è la costituzione di un gruppo di ricerca concretamente orientato e motivato, costituito dalla giovane borsista universitaria e dal nucleo storico dell'associazione, da alcuni docenti di discipline scientifiche dell'Istituto Superiore locale, da ricercatori del Dipartimento di Chimica e del Dipartimento di Farmacia-Scienze del Farmaco dell'Università di Bari e, in modo informale, da diversi professionisti del settore sanitario, alcuni dei quali con ruolo istituzionale. Si tratta di una modalità di intervento partecipativo alla vita di comunità, che ci pone sfide non più procrastinabili. Costruire un gruppo di lavoro eterogeneo di professionalità, acquisire strumenti d'indagine per migliorare le condizioni di vita a livello locale, porre obiettivi di governance sostenibile, prevenire e dare risposte a modelli di crescita sfavorevoli, arginare criticità per la salute indirizzando a buone prassi, definiscono la sintesi del lavoro proposto e una visione di futuro. Un passo in avanti nell'incremento del capitale sociale del territorio.

Riferimenti e sitografia

- [1] G. Pansini, G. Lentini, D. Potenz, Dotazione familiare di farmaci e presidi sanitari nella cittadina di Mottola, *Giornale italiano di farmacia clinica*, 2015, **1**, 33.
- [2] G. Pansini, D. Potenz, Ricerca sul disagio vissuto dagli studenti delle scuole secondarie di Mottola durante la pandemia, *Orientamenti Pedagogici*, 2023, **70**(2), 33.
- [3] https://www.salute.gov.it/imgs/C_17_opuscoliPoster_283_ulterioriallegati_ulterioreallegato_7_alleg.pdf
- [4] A. Marconi, Materiale particellare aerodisperso: definizioni, effetti sanitari, misura e sintesi delle indagini ambientali effettuate a Roma, *Ann. Ist. Sup. Sanità*, Roma, 2003, **39**, 329.
- [5] SCI e IAS, *Particelle in atmosfera* (a cura di G. De Gennaro e S. Petraccone), Villaggio Globale, Valenzano (BA), 2009.
- [6] S. Vardoulakis, et al., Exposure to selected air pollutants in the home environment: A systematic review, environmental research and public health review indoor, *J. Environ. Res. Public Health*, 2020, **17**, 8972.
- [7] S. Canzini, *Stima del deposito di particolato atmosferico nell'apparato respiratorio nei percorsi pedonali a Milano*, Tesi di laurea, Politecnico di Milano, A.A. 2012/13.
- [8] M. C. Turner, et al., Outdoor Air Pollution and Cancer: An Overview of the Current evidence and public health recommendations, *CA Cancer J. Clin.*, 2020, **70**, 460.

- [9] D. Potenz, G. Pansini, Inquinamento da idrocarburi policiclici aromatici (IPA). Prima valutazione degli IPA a Mottola e approccio educativo al lavoro scientifico, *CnS - La Chimica nella Scuola*, 2012, **1**, 38.
- [10] ARPA Puglia, Monitoraggio di benzo(a)pirene e metalli normati nel PM10 ex D. Leg. n. 155/10 nel Comune di Mottola – TA, *Centro Regionale Aria (ufficio Qualità dell'aria di BR-LE-TA)*. (https://www.arpa.puglia.it/index.php?id_sezione=3073).
- [11] Documento di sintesi della Società Italiana di Medicina Ambientale (SIMA) sulla materia particellare e Covid-19 (https://www.simaitalia.org/wp-content/uploads/2022/03/COVID19_Position-Paper-SIMA_Relazione-circa-leffetto-dellinquinamento-da-particolato-atmosferico-e-la-difusione-di-virus-nella-popolazione.pdf).
- [12] Progetto PULVIRUS (<https://www.snpambiente.it/snpa/ecoscienza-5-6-2022-i-risultati-del-progetto-pulvirus/>).
- [13] V. Tortorella, E. Novellino, V. Iadevaia, *Tirocinio professionale in farmacia*, Mercurio Editore, Napoli, 2001, **1**, 233.
- [14] F. P. Lombardi, Farmacoutilizzazione della terapia inalatoria nella Medicina Generale Italiana, *Rivista società Italiana di Medicina Generale*, 2019, **26**, 58.
- [15] S. Cagliano, A. Cuzzoli, *100 Farmaci per il pronto soccorso*, Il Pensiero Scientifico Editore, Roma, 2009.
- [16] L. Bardi, et al., Analisi del rapporto tra PM10 e PM2,5 nel Piemonte sud-occidentale, ARPA Piemonte - Sesto Convegno sul particolato atmosferico, Genova 20-23 maggio 2014, Sessione WG2 Id. 43.
- [17] G. Cattani, et al., Misure di materiale particellare PM10 e PM2,5 a Roma: confronti indoor/outdoor, *Ann. Ist. Sup. Sanità*, 2003, **39**(3), 357.
- [18] <https://www.isprambiente.gov.it/it/archivio/notizie-e-novita-normative/notizie-ispra/2022/03/sabbia-provteniente-direttamente-dal-sahara-sta-colpendo-parte-dellitalia>
- [19] *Ambiente Informa n. 498 del 23.02.2023 - Snpa* (Sistema Nazionale per la Protezione Ambiente).
- [20] www.demo.istat.it
- [21] <https://www.salute.gov.it/portale/nuovocoronavirus/archivioMonitoraggiNuovoCoronavirus.jsp>
- [22] E. Morin, *Cambiamo Strada*, Cortina Ed., Milano, 2020.

Ringraziamenti

Gli autori ringraziano:

- i responsabili/Titolari delle farmacie: dr. Fortunato Lasalvia, dr. Carlo Romano, dr. Pasquale Ladisi e le dr.sse Chiara Romanelli e Maria Sole Lasalvia
- i Dirigenti delle Scuole Statali: dr. Antonia Lentino, dr. Luigi Sportelli
- il personale delle scuole che ha favorito l'esecuzione delle misure
- il dr. Alessandro Faino, Dirigente Medico ASL TA 2 Regione Puglia
- il dr. Cataldo Procacci, Dirigente Farmacista- Dipartimento Farmaceutico ASL BT Regione Puglia
- il dr. Luigi Pinto, pneumologo presso l'Ospedale Miulli di Acquaviva delle Fonti
- il dr. Giuseppe Notaristefano, medico di famiglia a Mottola
- il prof. Giovanni Lentini, Dipartimento di Farmacia – Scienze del Farmaco, Università di Bari
- il prof. Giovanni Fanelli, ex docente dell'ISSS di Mottola
- i vari cittadini, come il signore Pierluigi Rota e la signora Rosaria Semeraro, che a diverso titolo hanno dato un contributo per il buon esito del progetto di ricerca.

Quanto è “verde” il PNRR? Le parole e i fatti

Fabio Olmi

e-mail: fabio.olmi@gmail.com

Abstract. The article examines the “green” *Mission 2* of the PNRR which concerns the energy aspects of the ecological transition with the aim of verifying the progress of its development. In particular, the essential elements of the *Component 2* of this Mission are examined. It emerges that the promotion of renewable energy is heavily penalised, whereas research and development of hydrogen and development of charging station installations for electric cars are taken in consideration. The rapid progress in biomethane production, which however does not solve the problem of decarbonization, is also considered.

Keywords: Energie rinnovabili; produzione dell'idrogeno “verde”; biometano; installazioni di infrastrutture di ricarica elettrica; bilancio complessivo

1. Il PNRR

Com'è largamente noto l'Europa ha creato nel 2020 un fondo speciale di 750 miliardi di euro per la ripresa economica nell'UE dopo la pandemia, denominato Next Generation EU. Il programma Fondo di Ripresa e Resilienza è dotato di 675 miliardi di euro, parte da assegnare in prestito e parte a fondo perduto. Di questo fondo spettano all'Italia 192 miliardi (circa il 30%), la percentuale più elevata fra tutti i Paesi europei, di cui 123 in prestito e 69 di sovvenzioni a fondo perduto. Il secondo programma europeo React-Eu è di 50 miliardi euro di cui 14 assegnati all'Italia. Dei 7 programmi che compongono questo stanziamento, i primi due interessano l'Italia e su questi il Paese ha elaborato il PNRR, Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza.

Il PNRR italiano fu approvato l'11 febbraio del 2021 dal governo Conte due, un giorno prima che si aprisse la crisi di governo. *Fu deciso di prendere l'intera cifra fissata per l'Italia senza avere ancora l'idea di come sarebbe stata spesa.* In

un recente libro, “La grande abbuffata”,¹ si fa un dettagliato esame di come è stato gestito il nostro PNRR.²

La versione definitiva del PNRR fu presentata alla Commissione Europea dal governo Draghi a fine aprile 2021 con un aggiornamento a luglio dello stesso anno. L'attuale Piano si compone delle seguenti Missioni:

- *Missione 1* - Digitalizzazione, innovazione, competitività, cultura e turismo
- *Missione 2* - Rivoluzione verde e transizione ecologica
- *Missione 3* - Infrastrutture per una mobilità sostenibile
- *Missione 4* - Istruzione e ricerca
- *Missione 5* - Coesione e inclusione
- *Missione 6* - Salute
- *Missione 7* - REPowerEU

I fondi maggiori vengono assegnati alla *Missione 2, Rivoluzione verde e Transizione ecologica*, che dovrebbe costituire il “piatto forte” del PNRR. Ad essa vengono assegnati complessivamente 55,53 miliardi di euro, di cui 36,67 miliardi in prestito e 18,86 miliardi in sovvenzioni a fondo perduto.

Le varie Missioni vengono poi articolate in componenti a soggetto univoco. Per la Missione 2, quella che qui ci interessa, sono presenti le seguenti componenti:

Componente 1 (M2C1) - Agricoltura sostenibile ed economia circolare

Componente 2 (M2C2) - Energia rinnovabile, idrogeno, rete e mobilità sostenibile

Componente 3 (M2C3) - Efficienza energetica e riqualificazione degli edifici

Componente 4 (M2C4) - Tutela del territorio e della risorsa idrica

Concentrandosi sul tema dell'energia e, quindi, sulla Componente 2, quali sono i punti nevralgici di cui si deve occupare? Nel PNRR si legge:

- ***Semplificazione delle procedure di autorizzazione per gli impianti rinnovabili onshore e offshore, nuovo quadro giuridico per sostenere la produzione da fonti rinnovabili e proroga dei tempi e dell'ammissibilità degli attuali regimi di sostegno, incluso l'agri-voltaico e la promozione delle comunità energetiche e dell'auto-consumo***

¹ Tito Boeri, Roberto Perotti, *La grande abbuffata*, Feltrinelli editore, ottobre 2023.

² Gli autori denunciano molti errori, in sintesi: le dimensioni erano troppo grandi da affrontare in poco tempo; sono stati posti obiettivi irrealistici; non si è tenuto conto della scarsa capacità di spesa del Paese; la PA è da sempre incapace di monitoraggio e rendicontazione; mancanza di un controllo sostanziale (le spese che si fanno sono veramente utili?); difettosa comunicazione e scarsa trasparenza; mancanza di una governance adeguata; il PNRR, infatti, richiede il coinvolgimento di diversi livelli di governo: era necessaria una governance articolata e plurale oltre che competente e, invece, smontata quella messa in campo da Draghi, Meloni ha accentrato la governance a Palazzo Chigi, affidandola a un'unica persona, Raffaele Fitto, e sottraendola al Ministero dell'Economia e delle Finanze; si sarà in grado di attuare le riforme previste dal PNRR?

- **Potenziare e digitalizzare le infrastrutture di rete con il rafforzamento delle smart-grid**
- **Nuova normativa per promuovere la produzione e il consumo di gas rinnovabile, incluso lo sviluppo del biometano secondo criteri in accordo con l'economia circolare**
- **Promuovere la produzione, la distribuzione e gli usi finali dell'idrogeno, nonché la ricerca e lo sviluppo in quest'ambito**
- **Sviluppare un trasporto locale più sostenibile con l'installazione di infrastrutture di ricarica elettrica**

Prima di esaminare come sta andando la realizzazione dei diversi aspetti della M2C2, vediamo chi ha gestito e gestisce la Missione 2 (Rivoluzione verde e transizione ecologica). Nel dicembre del 2021 Draghi chiamò a dirigere il settore Roberto Cingolani, ordinario di Fisica Sperimentale e Direttore dell'Istituto Italiano di Tecnologia di Genova. Ben presto il prescelto si rivelò poco sensibile ai problemi ambientali e del tutto inadatto all'incarico: non ha dimostrato, ad esempio, alcuna propensione per spingere le energie rinnovabili verso la transizione ecologica,³ sostenendo che la loro intermittenza era chiara evidenza della loro inaffidabilità, come se da tempo il problema non fosse stato risolto sia sul terreno contingente (integrazione con l'idroelettrico o connessione a sistemi di accumulo ormai ben collaudati di grandi, medie e piccole dimensioni), che su quello delle strutture con impianti di accumulo.

Poi, con il Governo Meloni è stato messo a capo del Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica, che ha in carico la Missione 2 del PNRR, Gilberto Pichetto Fratin che, dottore commercialista e consulente di impresa, dichiarato sostenitore dello sviluppo del nucleare, ha continuato la tradizione di Cingolani, incompetente e per niente propenso all'esigenza di puntare su un sempre maggior potenziamento delle fonti energetiche rinnovabili.⁴

Naturalmente siamo di fronte alla solita questione italiana: per occupare un

³ Ha impiegato più di un anno per emanare le regole delle cosiddette Comunità Energetiche Rinnovabili (più volte stigmatizzato da Nuova Ecologia) e non ha approvato alcun parco eolico in mare, nonostante i numerosi progetti avanzati (vedi avanti).

⁴ Eppure, a mio parere le competenze in questo campo non mancherebbero nel nostro Paese, basta pensare alla persona che sarebbe stata davvero adatta al Ministero “verde” e a rivestire la direzione della Missione 2 del PNRR: il prof. Enrico Giovannini, che è stato Ministro delle Infrastrutture e della Mobilità Sostenibile nel governo Draghi, è professore ordinario di Statistica Economica all'Università di Roma Tor Vergata e docente di Sviluppo Sostenibile alla LUISS. È fondatore e portavoce dell'Alleanza italiana per lo Sviluppo Sostenibile (AISS), Presidente dell'European Statistical Governance Advisory Board, membro del Consiglio Direttivo del Club di Roma e di numerosi board di Fondazioni e di Organizzazioni nazionali e internazionali. È autore del famoso libro “L'Utopia sostenibile” di cui ho ampiamente trattato nel mio libro “Salviamo il pianeta”. Va ricordato anche che Giovannini è anche autore di un nuovo indice di sviluppo di un Paese, denominato Bes (Benessere sostenibile).

certo posto nel settore pubblico non occorre la competenza, ma si guarda solo all'appartenenza.

Per renderci conto della mancanza di una strategia guida nell'operare dello staff decisionale e della confusione che regna al suo interno basti pensare, ad esempio, che per la Toscana in una prima bozza del decreto di idoneità del territorio agli impianti rinnovabili era stato indicato che il 97% del territorio era "inidoneo" ad accoglierli, mentre nella seconda, di pochi giorni dopo, questa quota è diventata soltanto del 15% (Figura 1).

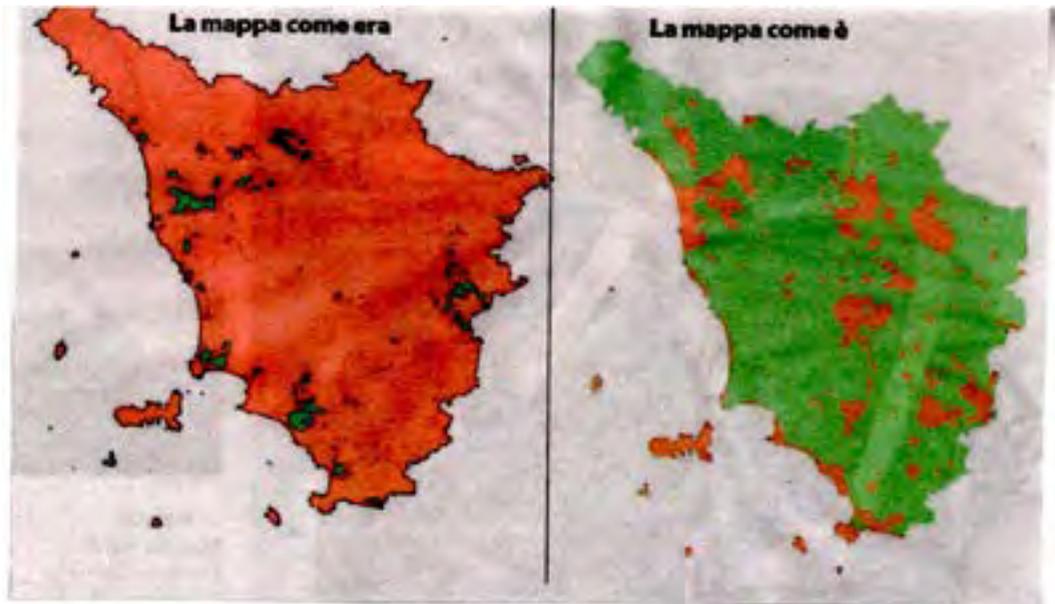


Figura 1. Il clamoroso "caso" delle mappe della Toscana

Oltre a questo, c'è da ricordare che è stato approvato il DL che riguarda le rinnovabili e l'agricoltura (6 maggio 2024),⁵ dove si limita fortemente la possibilità di installare pannelli fotovoltaici sul terreno, anche incolto. Non solo, è stato anche varato il decreto atteso da anni dagli operatori delle rinnovabili sulle "aree idonee": il via libera definitivo della Conferenza Stato-Regioni, in cui si fissano nuovi paletti per le rinnovabili,⁶ è del 7 giugno 2024. Senza entrare nei dettagli riporto il commento fatto su Legambiente:⁷ *Altro che corsie preferenziali per le rinnovabili, il decreto aree idonee si configura come un'ulteriore barriera per lo sviluppo delle rinnovabili in Italia e, quindi, non solo per le politiche climatiche, ma anche per l'indipendenza e la sicurezza energetica.*

⁵ Luca Pagni, *Solare, compromesso sui pannelli nei campi*, La Repubblica, 7 maggio 2024.

⁶ Luca Pagni, *Il governo fissa nuovi paletti alle rinnovabili*, La Repubblica, 8 giugno 2024.

⁷ Redazione Legambiente, *Decreto Aree idonee: ulteriori barriere per le rinnovabili*, 12 giugno 2024.

2. La revisione del PNRR

Già con il governo Draghi era emersa la necessità di rivedere il PNRR, ma Draghi non attuò nessuna modifica per non scontentare nessuno. Il nuovo governo Meloni ha peggiorato la governance del Piano politicizzandola a scapito della continuità amministrativa e della competenza e concentrandola in mano a una sola persona, Raffaele Fitto, molto vicino a Palazzo Chigi. Più tardi ci si è resi conto che certi obiettivi non potevano essere raggiunti entro il 2026 e si è attuata una serie di modifiche sulla base di considerazioni di realismo e di pragmatismo: sono stati tolti alcuni obiettivi o ridimensionati altri con un difficile e contrastato lavoro, evidenziando cosa non è stato fatto fino ad ora e rivedendo i tempi di attuazione di quello che resta da fare. Senza entrare qui nei dettagli che la revisione ha interessato, sottolineo solo che l’ambito della Missione 2 ha visto un aumento del finanziamento a fronte di una diminuzione di varie altre missioni.

Venerdì 24 novembre 2023 il Ministro agli Affari Europei, il Sud, le Politiche di Coesione e il PNRR, Raffaele Fitto, ha presentato in conferenza stampa il **nuovo Piano** che è stato rivisto e integrato dopo la proposta di modifica, comprensiva del nuovo capitolo REPowerEU, e approvata dalla Cabina di regia il 27 luglio 2023.

La proposta di modifica è stata poi approvata anche dal Parlamento italiano con due distinte risoluzioni: l’1 agosto e il 4 settembre 2023 è stato avviato formalmente il negoziato per l’approvazione con la Commissione Europea. La stessa Commissione, il 19 settembre, ha dato parere positivo alla proposta di revisione, incluso il capitolo dedicato al REPowerEU. Il Piano ha ora un valore di 194,4 miliardi di euro e copre 66 riforme e 150 investimenti.

3. Esame dello stato di avanzamento di alcuni punti qualificanti della Missione 2 del PNRR

3.1 *Semplificazione delle procedure di autorizzazione per gli impianti rinnovabili onshore e offshore*

Come abbiamo visto sopra è stata messa a punto la normativa che regola la localizzazione a terra degli impianti fotovoltaici e le loro caratteristiche, ma questa ha suscitato un’ampia gamma di osservazioni per la necessaria precisazione di diversi aspetti. Non è stato, invece, fatto niente per promuovere la realizzazione di impianti eolici offshore in alto mare.⁸ Eppure i progetti presentati da molte im-

⁸ A fronte di uno studio condotto da Floating Offshore Wind Community (costituita da Fincantieri e altri partner industriali) che dimostra come l’Italia e il Mediterraneo siano luoghi ideali per la produzione di energia eolica tramite turbine galleggianti in acque profonde lontane dalla costa e, quindi, praticamente invisibili da terra, in grado di dare un contributo decisivo agli obiettivi di decarbonizzazione del Paese (<https://www.economiadelmare.org/eolico-offshore-galleggiante-opportunita-nel-percorso-di-decarbonizzazione-e-ricadute-industriali-per-litalia-pubblicato-lo-studio/>), dobbiamo registrare l’ennesima uscita sgangherata del Ministro Lollobrigida che, dopo il discusso DL sull’agricoltura, in un’intervista ha dichiarato che “gli impianti in mare impediscono ai pescatori di fare il loro lavoro e farò di tutto per impedire che questi impianti ostacolino la produzione di un asset qualificante della nostra nazione [la pesca].”

prese private, soprattutto offshore, al largo di Sicilia e Sardegna sarebbero più che sufficienti a dare all'Italia l'indipendenza energetica.⁹ Attualmente progetti di questo genere per entrare in esercizio aspettano almeno 3-4 anni, per cui varie società preferiscono investire all'estero, dove le procedure sono molto più spedite.

Quindi, è stata completamente disattesa la Missione 2 che prevede la "semplificazione delle procedure di autorizzazione" degli impianti eolici offshore.

La realizzazione dell'impianto offshore al largo del porto di Taranto, che è stato inaugurato pochi mesi fa, ha atteso quasi 14 anni per la sua realizzazione!!!¹⁰

I progetti degli impianti offshore esistenti sono di grossa taglia e potrebbero costituire decisivi apporti di energia rinnovabile al Paese con grande risparmio di fossili e di emissioni di CO₂.¹¹ Assistiamo ad un paradosso, con i ritmi attuali di autorizzazione, pari a circa 3 GW l'anno, in sette anni non riusciremo a soddisfare le richieste europee (80 GW al 2030) e ci vorrebbero più di cento anni per soddisfare le richieste dei privati! Ecco il paradosso: importiamo ogni anno il 74% dell'energia di cui abbiamo bisogno e teniamo in lista d'attesa enormi richieste di produzione di energia.¹²

Vedremo, ad esempio, cosa succederà di tre parchi eolici al largo della Sardegna, progettati da Renantis e in attesa della valutazione di impatto ambientale, che sarebbero in grado di produrre energia per 2 milioni e trecentomila famiglie. Parliamo del parco galleggiante Tibula Energia nel nord dell'isola, costituito da 64 pale eoliche, situato a oltre 25 chilometri dalla costa e capace di fornire energia per 900 mila utenze domestiche e di due impianti a sud dell'isola, Nora 1, con 53 pale eoliche e una produzione energetica per circa 700 mila utenze domestiche, e Nora 2, con 40 pale eoliche poste a 18-22 chilometri dalla costa e capace di soddisfare circa 650 mila utenze. I dati forniti dalla società progettatrice comportano 1300 unità lavorative per le fasi di fabbricazione, assemblaggio e costruzione degli impianti e 180 unità per la manutenzione degli impianti stessi.

L'iniziativa privata per l'installazione di impianti domestici o piccole attività commerciali o industriali è indipendente dal PNRR, ma costituisce un'importante parte del fotovoltaico attuale e comporta aiuti di stato che vengono però pagati in bolletta.¹³ Il rapporto "Il solare fotovoltaico in Italia, stato di sviluppo e trend di settore", pubblicato dal Gestore dei Servizi Energetici (GSE) nel luglio 2022, sostiene che alla fine del 2021 erano installati nel Paese 1.016.063

⁹ Vito de Ceglia, *Eolico offshore al rallentatore: 70 progetti in attesa del via libera*, La Repubblica, 17 luglio 2023; Vito de Ceglia, *Rinnovabili, 5 mila pratiche in coda*, La Repubblica A&F, 22 aprile 2024.

¹⁰ È stato inaugurato il 21 aprile 2023 a Taranto il primo parco eolico offshore del Mediterraneo. A realizzarlo, 14 anni dopo la presentazione del progetto, è stata la società del gruppo Toto Renexia.

¹¹ Davide Madeddu, *Renantis: tre parchi eolici pronti per la valutazione di impatto ambientale*, Il Sole 24 Ore, 29 febbraio, 2024.

¹² Santolo Meo, *Il paradosso dell'energia*, La Repubblica, 4 gennaio 2024.

¹³ Luca Pagni, *Per le rinnovabili aiuti di Stato pagati in bolletta*, La Repubblica, 5 giugno 2024.

impianti fotovoltaici, 80.000 in più rispetto all’anno precedente e con un incremento della capacità installata di 940 MW.¹⁴

Il solare ha coperto nel 2023 il 22% dell’energia elettrica prodotta da rinnovabili e ha una potenza complessiva di 22,6 GW. Le installazioni si concentrano per il 45% nelle regioni settentrionali, per il 37% in quelle meridionali e per il 18% in quelle centrali.¹⁵ Tra gli impianti rilevati dal Rapporto ci sono anche grandi impianti fotovoltaici offshore, come i 94 parchi eolici del Gruppo Iren per un totale di 140 MW di potenza.

Per quanto riguarda la promozione delle rinnovabili si parla anche di *comunità energetiche e di auto-consumo*. Le Comunità Energetiche Rinnovabili (CER) rappresentano uno strumento rivoluzionario del modello energetico introdotte con il decreto Milleproroghe 2019. Con questo strumento i cittadini possono diventare produttori e consumatori di energia rinnovabile costruendo delle comunità. Ma a dimostrazione della insensibilità da parte del Ministero dell’Ambiente e della Sicurezza Energetica (MASE) e della Missione 2 del PNRR per lo sviluppo delle rinnovabili, ci sono voluti 19 mesi per pubblicare il DL contenente i decreti applicativi per le CER: è stato il 23 gennaio 2024 che il MASE ha finalmente pubblicato il decreto attuativo delle Comunità Energetiche Rinnovabili. Si stima che questo ritardo sia costato la mancata costituzione di almeno 400 CER; oggi ne sono operative, registrate al GSE, solo 150.¹⁶

Le prospettive sono, però, quelle di un forte sviluppo delle CER e Italia Solare, l’associazione che si occupa di fotovoltaico, stima che al 2030 si raggiungeranno i 12 GW di impianti CER. Da un paio d’anni, grazie a un regime transitorio voluto per accelerare il processo alcune realtà sono partite.¹⁷ Il raggio d’azione delle CER coinvolge i piccoli comuni, quartieri residenziali e aree industriali. Ci si aspetta che il 2024 sia l’anno in cui si avranno risultati interessanti e negli anni successivi si vedranno importanti, concreti risultati.

3.2 Produzione dell’idrogeno: ricerca e sviluppo

Il PNRR stanZIA 160 milioni di euro per lo sviluppo di 4 filoni di ricerca e sviluppo sull’idrogeno:

1. produzione di idrogeno verde
2. tecnologie innovative per lo stoccaggio e il trasporto dell’idrogeno
3. celle a combustibile per applicazioni stazionarie e di mobilità

¹⁴ <https://www.gruppoiren.it/it/everyday.html>

¹⁵ La Lombardia è la regione con il maggior numero di impianti (oltre 160.000), seguono Veneto (con circa 148.000 impianti), Emilia-Romagna (con 105.000), Piemonte (con 70.400) e Lazio (con 67.900).

¹⁶ Sergio Ferraris, Sara Casna, *Scusate il ritardo*, Nuova Ecologia, marzo 2024.

¹⁷ Tra queste ricordiamo la CER “storica” di Campo Tures, centro di poco più di 5.000 abitanti in provincia di Bolzano, che copre l’intero fabbisogno energetico con un mix di rinnovabili (fotovoltaico, eolico e idroelettrico e biogas) e che ha anche 22 km di condotte per il teleriscaldamento.

4. sistemi intelligenti di gestione integrata per migliorare la resilienza e l'affidabilità delle infrastrutture relative all'idrogeno

Due nuovi bandi sono stati emanati nel novembre 2023 per complessivi 450 milioni di euro, parte dei quali (200 milioni) per la realizzazione di elettrolizzatori. Gli investimenti possono essere agganciati a progetti di ricerca industriale e/o sviluppo sperimentale entro i limiti del 25% del costo dell'investimento produttivo e del 5% per la formazione del personale.¹⁸ Anche in questo caso il 40% dei fondi disponibili va a finanziare progetti da realizzare nelle regioni del Mezzogiorno.

Il primo elettrolizzatore industriale costruito in Italia è stato realizzato nel 2023 a Pizzighettone (Cremona) da parte della H₂Energy ed esposto alla Fiera della Tecnologia industriale di Hannover nel 2023. Si tratta di un'apparecchiatura per la produzione di idrogeno attraverso l'elettrolisi dell'acqua alimentata da energia verde di dimensioni contenute (Figura 2) e di potenza di 1 MW realizzata con tecnologia innovativa. Saro Capozzoli, uno dei tre soci della srl, ha dichiarato che è stato realizzato l'elettrolizzatore per produrre idrogeno verde italiano e per non dipendere, anche in questo campo, da strutture e fornitori esteri. Per questo, ha continuato, abbiamo costituito un importante laboratorio di Ricerca & Sviluppo con un team di esperti chimici, ingegneri dei materiali e ricercatori puri di prim'ordine.



Figura 2. Apparecchiatura per la produzione di idrogeno per elettrolisi dell'acqua

¹⁸ <https://www.confindustriabergamo.it/aree-di-interesse/credito-finanza-e-confidi/news?id=174351>

L'ENI, il più grande produttore e consumatore di idrogeno (grigio, ottenuto dalla deidrogenazione del metano) in Italia, in collaborazione con Enel Green Power, intende investire nell'ambito dell'idrogeno verde. Infatti, nella bioraffineria di Gela sarà installato un elettrolizzatore da 20 MW e nella raffineria di Taranto uno da 10 MW alimentato da energia derivante da fonte green.¹⁹

Naturalmente nel PNRR non si fa cenno all'idrogeno “bianco” (H₂ come tale) che può essere estratto da giacimenti sotterranei, perché l'individuazione e le potenzialità delle riserve sono relative agli ultimi mesi del 2023.²⁰ Il giacimento individuato nella Lorena (Francia), sotto una miniera esaurita di carbone, si stima abbia una riserva di 46 miliardi di metri cubi di idrogeno, oltre la metà della produzione mondiale di H₂ grigio. I geologi interpretano l'origine di questa miniera lorenese con il fatto che nel sottosuolo si trova acqua che, a contatto con minerali costituiti anche da ferro (carbonati di ferroII), reagisce decomponendo le molecole dell'acqua in idrogeno e ossigeno; l'ossigeno viene sottratto per combinazione con i minerali di ferro che passano da Fe⁺² a Fe⁺³. Un giacimento simile è stato scoperto anche in Albania, a Bulkise, in un'area prossima alla capitale Tirana. Certamente queste scoperte potranno accelerare la transizione energetica anche perché, dai calcoli fatti, è emerso che l'idrogeno “naturale” verrebbe a essere assai più *conveniente di quello “verde”* e paragonabile al costo dell'idrogeno “grigio”.

3.3 Nuova normativa per promuovere la produzione e il consumo di gas rinnovabile. Sviluppo del biometano secondo criteri per promuovere l'economia circolare

Com'è noto la Commissione Europea, nonostante forti tensioni interne, ha approvato l'inserimento del gas e del nucleare nella tassonomia “verde”, come attività compatibili con la transizione ecologica. La normativa per il gas è stata recepita dal nostro PNRR che prevede la produzione di biogas e la promozione dello sviluppo del biometano.

Il biogas è un gas combustibile prodotto dalla decomposizione di materiale organico tramite un processo chiamato digestione anaerobica. Questo materiale organico può essere di varia natura, come ad esempio scarti agricoli, alimentari o effluenti zootecnici. Durante la digestione anaerobica, i batteri decompongono la materia organica producendo principalmente metano (CH₄) e diossido di carbonio (CO₂), insieme ad altri gas e composti.

Il biogas è considerato una fonte di energia rinnovabile perché il suo proces-

¹⁹ <https://www.industriaitaliana.it/eni-idrogeno-bioraffinera-elettrolizzatore-rinnovabili/>

²⁰ Luca Pagni, *Idrogeno, in Europa un tesoro sottoterra*, La Repubblica, A & F, 26 febbraio 2024.

so di produzione, come ricordato, si basa su materiali organici naturali e rinnovabili. Questa miscela di gas viene utilizzata localmente come combustibile per generare energia elettrica e termica.

Può essere superfluo ricordare, ma lo facciamo ugualmente, che il gas metano, pur potendo essere prodotto in maniera “bio”, per combustione, in quanto idrocarburo, genera comunque CO₂ e, quindi, può essere tollerato solo in una fase iniziale di transizione energetica, se ottenuto per economia circolare (non fossile), ma non successivamente.

Si sono molto sviluppati in questi anni gli impianti di produzione di biogas. Francia, Italia e Danimarca sono i Paesi con il più alto tasso di crescita dei nuovi impianti. Nel 2020 in Italia sono entrati in funzione 11 nuovi impianti e a fine 2021 gli impianti di produzione tra biogas e biometano erano circa 20.000,²¹ concentrati soprattutto nelle regioni settentrionali.

Mentre la produzione di biogas interessa un gran numero di piccoli produttori agricoli, la produzione di biometano, ottenuto depurando il biogas, riguarda grosse concentrazioni di imprese e il gas metano prodotto viene immesso nella rete di distribuzione nazionale (Figura 3).



Figura 3. Impianto per la produzione di biometano di Schiavon (VI)

Le aziende che producono biometano rientrano nel settore che viene sostenuto dai finanziamenti del PNRR: per la filiera del biometano il PNRR destina 1,92 miliardi di euro e prevede di raggiungere nel 2026 una produzione di 4 miliardi di metri cubi.

²¹ <https://www.assogasmetano.it/biometano-mappa-impianti-italia-e-europa/>

È a Contarina che è stato inaugurato il primo impianto di compostaggio con produzione di biometano dal trattamento di umido e vegetale, raccolti porta a porta nei 49 comuni del bacino Priula (Figura 4). Lo stabilimento produrrà a regime 4,5 milioni di metri cubi di biometano all’anno.



Figura 4. Impianto di produzione di biogas e compostaggio di Contarina

3.4 Installazione di infrastrutture di ricarica elettrica

Il PNRR prevede, sempre nel capitolo M2C2, l’installazione di colonnine di ricarica per auto elettriche e ha l’obiettivo di sostenere gli investimenti per la realizzazione di nuove infrastrutture di ricarica realizzate nei centri urbani e sulle autostrade. L’obiettivo è la costruzione di oltre 21.000 stazioni di ricarica entro il 2025, favorendo la mobilità sostenibile. Il MASE ha pubblicato le graduatorie per centri urbani e superstrade relative al primo bando del PNRR che stanziava per il progetto oltre 741 milioni di euro e che a metà 2023 ha sbloccato i primi 713 milioni sotto forma di contributi a fondo perduto, di cui 360 milioni sono previsti per i punti di ricarica in superstrada e 353 milioni per quelli dei centri urbani.

Sono stati 4.718 i progetti presentati per l’installazione di punti di ricarica da parte di aziende ed enti interessati ai centri urbani per un totale di 70 milioni di euro. L’adesione al bando PNRR del 2023, in accordo con il MASE, si riferisce a una prima fase di installazioni di 4.000 colonnine in centri urbani, mentre non è stato ammesso nessun progetto per l’installazione di colonnine da almeno 750 kW sulle superstrade, perché non aderenti ai requisiti posti dal MASE, ma il Ministero estenderà la durata del bando per le infrastrutture extraurbane a tutto il 2024. Le attuali colonnine di ricarica sono concentrate soprattutto nel nord Italia come mostra la cartina di (Figura 5).



Figura 6. Un punto di ricarica privato

Com'è noto le batterie funzionano in corrente continua (DC) e si ricaricano in DC. Ci sono colonnine a corrente alternata (AC) e colonnine a DC.²⁴ L'auto elettrica porta al suo interno un particolare caricatore che possiede un convertitore che trasforma la AC in DC per trasmetterla alle batterie; questo dispositivo, però, rende lenta la ricarica.

4. Riassumendo

Da quanto abbiamo detto si comprende che il nostro PNRR è green solo sulla carta perché, quando si tratta di passare alla concreta realizzazione di ciò che prevede, le cose non vanno come dovrebbero: alle parole non seguono generalmente i fatti.

La Missione 2, come si è visto, riguarda essenzialmente aspetti della transizione energetica e la Componente 2 si concentra sugli aspetti di maggiore importanza: gli impianti eolici onshore e offshore e le comunità energetiche. Ebbene, in entrambi questi ambiti si avvertono le più forti carenze. Da una parte la promozione delle comunità energetiche ha dovuto aspettare 19 mesi per vedere pubblicati i decreti applicativi che ne definiscono i contorni giuridici, determinando un grande ritardo al loro sviluppo. Dall'altra, la lunghezza ancora esasperante delle procedure autorizzative degli impianti offshore di grande potenza (per i quali è prevista l'autorizzazione unica statale da parte del Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica)²⁵ e i frequenti pareri negativi per impianti di media potenza²⁶ bloccano di fatto il loro sviluppo. Vo-

²⁴ Colonnina di ricarica elettrica pubblica in CA.

²⁵ Nonostante la Direttiva europea n. 2018 dell'UE preveda di concedere autorizzazione al massimo di 2 anni (ridotta a 1 anno per il potenziamento degli impianti esistenti), gli impianti eolici italiani, se autorizzati, superano quasi sempre i 3 anni.

²⁶ Normativa statale per la realizzazione di impianti da fonti elettriche rinnovabili-Documentazione n. 47, 27 giugno 2023 (<http://documenti.camera.it/leg19/dossier/pdf/AP0055.pdf>)

glio sperare che i tre campi eolici offshore progettati al largo della Sardegna, di cui abbiamo accennato sopra, possano essere autorizzati in tempi ragionevoli e avere una rapida realizzazione per contribuire in modo importante al nostro fabbisogno energetico rinnovabile.

Va un po' meglio nel caso della ricerca e sviluppo dell'idrogeno: a novembre 2023 sono stati emanati due bandi per finanziamenti e si stanno realizzando varie iniziative, pur procedendo sempre con calma. Il primo elettrolizzatore industriale per produrre idrogeno verde è stato inaugurato nell'autunno del 2023. Naturalmente tutto tace sulla scoperta recente dell'idrogeno "bianco" e c'è ancora confusione sui campi di applicazione razionale dell'idrogeno che non può essere sostitutivo delle rinnovabili, ma le può validamente affiancarle là dove sono necessarie combustioni (ad esempio, in siderurgia).

Ha avuto, invece, particolare attenzione la promozione di biometano e biogas dal momento che la Commissione Europea ha inserito il gas nella tassonomia "verde", ma dobbiamo ancora una volta ricordare che il biometano di "bio" ha solo la sua produzione, perché il suo impiego (combustione) non produce "bio-CO₂", ma semplicemente CO₂!

Inoltre, ci si sta muovendo abbastanza bene sulla promozione di infrastrutture per la ricarica elettrica e unitamente alle iniziative di privati si sta raggiungendo uno standard che può essere definito accettabile.

Infine, come procede nel tempo l'attuazione del PNRR?

È stata trasmessa alla Commissione Europea la richiesta di pagamento della sesta rata del nuovo PNRR pari a 8,5 miliardi di euro. Tale richiesta è emersa dai lavori della Cabina di Regia il 24 giugno scorso a Palazzo Chigi, presieduta dal Presidente del Consiglio dei Ministri, Giorgia Meloni, per il conseguimento dei 37 obiettivi connessi. Il versamento della rata avverrà al termine del consueto iter di valutazione previsto dalle procedure europee, finalizzato a verificare l'effettivo raggiungimento dei target e delle Missioni previste. Nell'elenco di questi obiettivi, la stragrande maggioranza afferenti a molte missioni diverse, per quanto riguarda la Missione 2 è presente *un investimento strategico legato alla realizzazione di infrastrutture per il potenziamento del trasporto del gas (Linea Adriatica)*: si tratta cioè del secondo gasdotto dell'Italia centrale che la SNAM (ENI) sta realizzando. Nemmeno una parola sullo sblocco dei tanti progetti sospesi di eolico offshore che, come abbiamo detto precedentemente, sarebbero decisivi per la sostenibilità dello sviluppo energetico del nostro Paese.

Da tutto questo si comprende molto bene quale sia l'orientamento della Cabina di Regia nello sviluppo del PNRR: si devono seguire le linee promosse da ENI, le rinnovabili possono aspettare.

Gli obiettivi posti dall'Europa di avere 80 GW di rinnovabili entro il 2030 non potranno essere raggiunti se continuiamo a mettere in esercizio 3-4 GW l'anno, come sta avvenendo ora. Non solo, perché in questo settore non esi-

stano indicazioni parziali da raggiungere passo, passo, ma si fa solo riferimento all’obiettivo finale del 2030: tutto viene rimandato alla gestione dei singoli Paesi. Ma è possibile che si possa spendere denaro pubblico da parte di ENI per spingere ancora sul gas contro gli obiettivi fondamentali della transizione energetica?

Concludendo, che giudizio è possibile dare sull’azione svolta dal PNRR “verde”?

Siamo ancora molto carenti circa la promozione delle rinnovabili che rappresentano il capitolo più importante per raggiungere la sostenibilità del Paese nel settore energetico. Anche se in qualche ambito della Missione 2 qualcosa si sta muovendo, il giudizio complessivo finora non può essere certo positivo.

La falsa identificazione del Santolinenone, componente fondamentale dell'olio essenziale di *Santolina chamaecyparissus*

Maurizio D'Auria

Dipartimento di Scienze dell'Università della Basilicata

e-mail: maurizio.dauria@unibas.it

Abstract. Luigi Francesconi published several articles on the identification of the main components of *Santolina chamaecyparissus* L. essential oil. He identified three ketones into the essence, giving the structure of santolinenone α and β . These compounds do not exist, and the erroneous identification derives from a wrong interpretation of the experimental available data as well as from the fact that he did not carry out decisive experiments for the identification of the structure.

Keywords: Luigi Francesconi; olio essenziale della *Santolina chamaecyparissus*; componenti dell'olio essenziale; la falsa identificazione del santolinenone α e β

1. Introduzione

Qualche tempo fa, leggendo un articolo su *CnS* ho conosciuto l'esperienza di una scuola di Acquapendente (Viterbo) che aveva prodotto l'olio essenziale della *Santolina etrusca* [1]. Prendo contatto con la scuola e mi offro di aiutarli a portare avanti il loro progetto, ammesso che potessi essere utile. Il mio aiuto si è concretizzato nell'analisi dell'olio essenziale utilizzando tecniche gascromatografiche [2].

Il componente principale dell'olio essenziale era il viridiflorolo, un sesquiterpene (Figura 1, sinistra), come si evince bene guardando il gascromatogramma dell'olio essenziale stesso (Figura 1, destra).

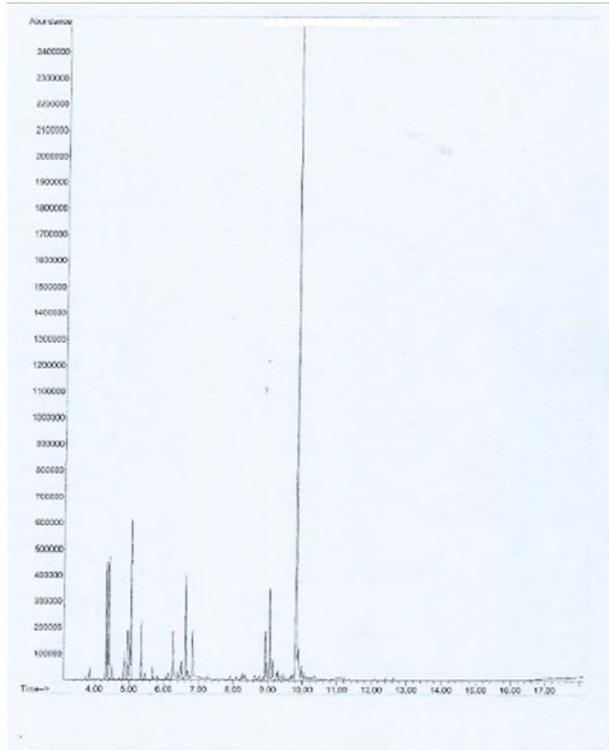
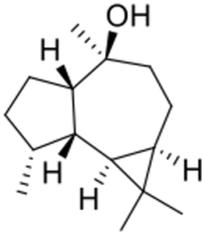


Figura 1. Struttura del viridiflorolo (destra) e gascromatogramma dell'olio essenziale di *Santolina etrusca*

Cerco di sapere qualche cosa di più su questa specie e le sue consimili e nella mia ricerca mi imbatto in un articolo molto datato, un articolo del 1911 scritto da Francesconi [3] sull'olio essenziale di una specie analoga, cioè *Santolina chamaecyparissus* L. (Figura 2).



Figura 2. *Santolina chamaecyparissus*

2. Luigi Francesconi e l'olio essenziale di *Santolina chamaecyparissus*

Nato a Tolentino nel 1864, Luigi Francesconi studia chimica a Roma, dove si laurea ed entra nel gruppo di Cannizzaro, nel quale si occupa insieme ad altri delle ricerche volte alla determinazione della struttura della santonina e dei suoi prodotti di degradazione. Ricerca di lunga durata, che, però, non si conclude con un successo: il gruppo non riuscirà a dare la struttura corretta della santonina che verrà chiarita solo dopo diversi anni [4, 5]. Nel 1905 Francesconi vince il concorso per la cattedra di chimica farmaceutica a Cagliari, dove inizia a dedicarsi allo studio delle essenze locali. Si occupa anche del rapporto fra struttura chimica e fluorescenza. Nel 1915 si trasferisce a Messina e nel 1917 a Genova, dove rimarrà per il resto della sua carriera fino al 1935. In questa sede si occuperà di radioattività naturale, del comportamento sotto irradiazione UV di acidi grassi e del comportamento chimico della vitamina D2. Divenuto professore emerito continua a occuparsi di ricerca scientifica in un laboratorio costruito nella sua abitazione fino alla morte avvenuta il 30 dicembre del 1939.

Proprio studiando le piante autoctone della Sardegna, Francesconi si imbatte nella *Santolina chamaecyparissus*. Prima di affrontare quello che Francesconi scriverà sulla composizione dell'olio essenziale è bene cercare di definire cosa si conosce sulla composizione del suo olio essenziale. Quello che appare evidente è che si osserva una grande variabilità della composizione in funzione del luogo in cui la pianta è stata raccolta (Tabella 1) [6-13]. In tutti i casi i componenti principali sono mono- e sesquiterpeni (Figura 3).

Tabella 1. Componenti principali identificati nell'olio di *Santolina chamaecyparissus* in luoghi differenti

Composti	Paese di origine/quantità %						
	Turchia	Francia	Spagna	Algeria	Tunisia	Siria	Italia (Sardegna) ^a
Artemisia chetone	38	40				16	13
Canfora	12		8		5		2
β -Fellandrene	9	15				11	6
Mircene		15					
Timolo			35 - 42				
ρ -Cimene			29 - 35				
Linalolo			2 - 3				
1,8-Cineolo				11	13		9
Spatulenolo				8	6		8
Camfene				7			
Copaneolo		3 - 15					
Borneolo		2 - 28					4
Bornil acetato							6
Isobornil acetato							4
Terpinen-4-olo					7		
δ -Cadinene					7		
Germacrene D						12	
Alloaromadendrene			19				13

^a *Santolina chamaecyparissus* var. *insularis* (Genn. Ex Fiori) Arrigoni

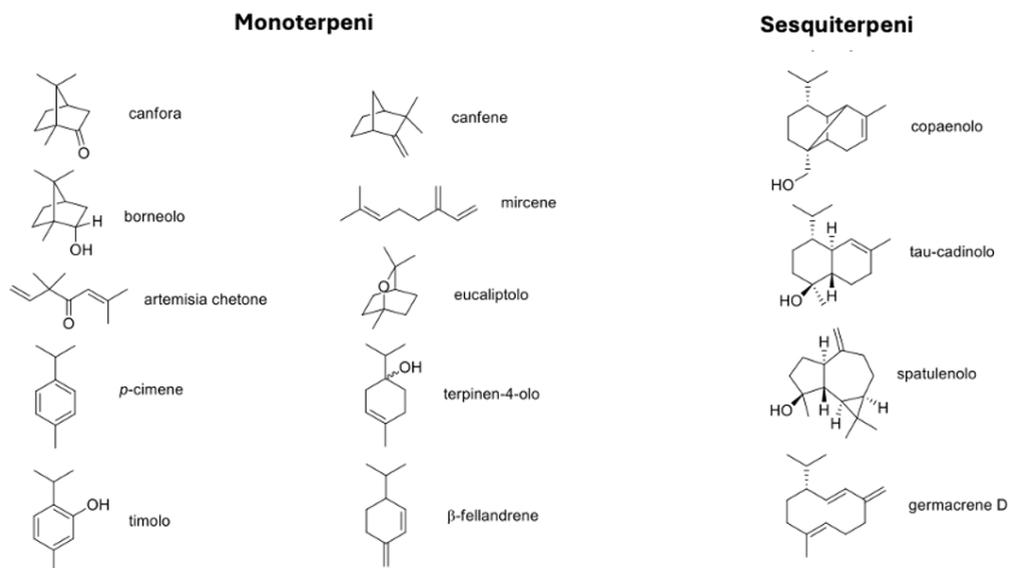


Figura 3. Monoterpeni e sesquiterpeni trovati come componenti principali nell'olio essenziale di *Santolina chamaecyparissus*

A questo punto, sapendo cosa cercare, vediamo quello che a suo tempo scrisse Francesconi. Nell'articolo sopra citato [3], viene descritta la procedura per ottenere l'olio essenziale (una distillazione in corrente di vapore) e il frazionamento dell'olio essenziale così ottenuto per distillazione in corrente di vapore. Le frazioni ottenute per distillazione sono state sottoposte ad analisi elementare ottenendo risultati come quelli mostrati nella Tabella 2.

Tabella 2. Analisi elementare delle frazioni di distillazione

Elemento	Frazione distillata a 94-98 °C	Frazione distillata a 98-101 °C
C	83,28	79,78
H	11,52	10,96
O	5,20	9,26

Francesconi non riesce a isolare sostanze pure, tuttavia le analisi sembrano essere in accordo con una composizione in cui prevalgono specie con formula bruta $C_{10}H_{16}O$. Il numero di atomi di carbonio fa pensare a monoterpeni contenenti ossigeno.

Francesconi non si ferma qui. Negli anni successivi continuerà a occuparsi del problema cercando di risolvere la questione dell'identificazione del componente principale presente nell'olio essenziale. Le frazioni distillate non contengono le funzioni alcolica, fenolica e acida. La presenza dell'ossigeno sembra

legata alla presenza di un gruppo carbonilico. Il gruppo carbonilico appartiene a un chetone dato per il quale non si ha reazione nei saggi relativi alla presenza di aldeidi. Non riuscendo a isolare una sostanza pura, Francesconi tratta il gruppo carbonilico con idrossilammina in ambiente basico così da ottenere la corrispondente ossima. Da questa reazione in un primo momento isola la idrossilamminossima di un chetone (ossima del chetone dove l'idrossilammina ha dato anche un'addizione coniugata al doppio legame), l'ossima dello stesso chetone, l'ossima di un altro chetone e un'idrossilammina derivante dal secondo chetone. Questi dati gli fanno ritenere che il composto contenga un solo doppio legame [14].

Da queste informazioni Francesconi deduce che [15]:

1. *Nell'essenza ... è contenuto un composto carbonilico, probabilmente un chetone con formula C₁₀H₁₆O*
2. *Detto chetone ha almeno un doppio legame e quindi è a catena aperta con due doppi legami, o a catena chiusa, monociclico non saturo con un solo doppio legame*
3. *Il doppio legame sta fra due atomi di carbonio in posizione βγ rispetto al carbonile (α)*

Dato che si ottiene un solo prodotto di addizione dell'idrossilammina a un doppio legame, Francesconi si convince che nella molecola c'è solo un doppio legame. Dal comportamento chimico dell'idrossilamminossima deriva che la struttura del chetone deve contenere la sequenza strutturale descritta nella figura 4.

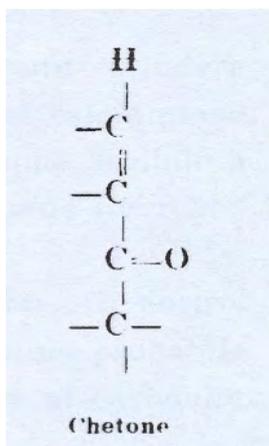


Figura 4. Sequenza strutturale identificata da Francesconi

Questa sequenza, sapendo cosa può contenere l'olio essenziale, fa pensare immediatamente all'artemisia chetone. Francesconi, invece, non considerando possibile la presenza di un altro doppio legame non coniugato, opta per una struttura ciclica e propone [16] la struttura del santolinenone α (Figura 5).

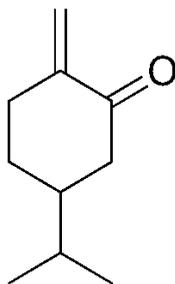


Figura 5. Santolinenone α

Continuando lo studio dei componenti dell'olio essenziale Francesconi trova un terzo chetone, sempre con formula $C_{10}H_{16}O$, che non sembra essere correlato al santolinenone, ma alla canfora [16]. Oggi è noto che la canfora può essere presente nell'olio essenziale.

Se la miscela delle ossime viene trattata con acidi si ottiene il chetone di partenza la cui analisi elementare è in accordo con la formula $C_{10}H_{16}O$ [17]. Inoltre, prendendo in considerazione la idrossilamminossima del santolinenone α , sulla base della struttura assegnata questa contiene due atomi di carbonio asimmetrici (Figura 6).

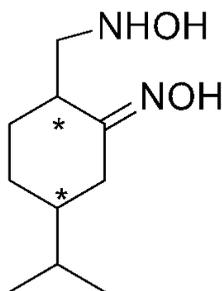


Figura 6. Atomi di carbonio asimmetrico nell'idrossilamminossima del santolinenone α

Anche l'ossima del santolinenone α ha un atomo di carbonio asimmetrico e dovrebbe essere risolubile nei suoi enantiomeri. Francesconi, però, inspiegabilmente, tenta la risoluzione con acido canforsolfonico chirale della sola idrossilamminossima, riuscendo a separare un sale con attività ottica [18].

L'ultimo passo da parte Francesconi è quello di assegnare una struttura al santolinenone β . Sulla base in gran parte della considerazione che questo composto, se trattato con idrossilammina, non dà l'idrossilamminossima ma solo un derivato idrossilamminico e l'ossima, vengono proposte [19] due possibili strutture (Figura 7).

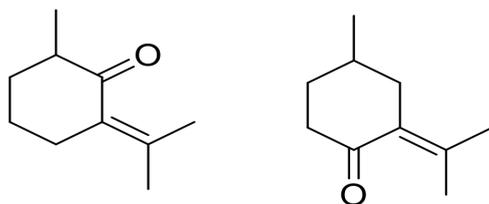


Figura 7. Strutture proposte per il santolinone β

Questi risultati non collimano per nulla con quello che oggi è noto sulla composizione dell'olio essenziale della *Santolina chamaecyparissus*. Già nel 1964, un lavoro statunitense ha messo in dubbio le formule proposte da Francesconi e rianalizzando l'olio essenziale ha identificato solo l'artemisia chetone [20].

È possibile, quindi, che Francesconi abbia sottovalutato la possibilità che nell'olio essenziale ci fosse un composto a catena aperta contenente due doppi legami per sposare la tesi del composto ciclico. A questo punto le due ossime che Francesconi osserva dovrebbero essere gli isomeri *sin* e *anti* delle ossime dello stesso composto, l'artemisia chetone. L'artemisia chetone, per dare una possibile giustificazione al suo operato, non era noto all'epoca di Francesconi. La struttura del 3,3,6-trimetilepta-1,5-dien-4-one, isolato da *Artemisia annua* L., inusuale per la sua struttura che presenta una giunzione isoprenica irregolare, è stata proposta solo nel 1920, dando, peraltro, una struttura sbagliata dato che è priva di un doppio legame coniugato [21], mentre la struttura corretta è stata stabilita nel 1964 in un articolo già citato [20].

Quella che qui si avanza è anch'essa solo un'ipotesi. Di fatti, un mio tentativo di capire se le ossime dell'artemisia chetone fossero state preparate e isolate ha dato un esito quasi fallimentare. In un solo articolo ho trovato la preparazione dell'ossima e questa è risultata un solido basso fondente di cui non veniva riportata l'isomeria geometrica delle ossime [22].

3. Conclusioni

Si possono trarre delle conclusioni da quanto detto? Francesconi è arrivato a un passo dal determinare la struttura corretta del componente principale dell'olio essenziale di *Santolina chamaecyparissus*. Se non si fosse basato solo sul comportamento chimico verso il cloridrato di idrossilammina dell'estratto, ma avesse fatto qualche esperimento aggiuntivo (per esempio un'idrogenazione) avrebbe capito che la molecola con cui aveva a che fare ha due doppi legami e, quindi, deve essere a catena aperta. L'errore fa parte dell'esperienza del ricercatore; solo una grande prudenza nell'asseverazio-

ne dei risultati ci può proteggere dal commettere errori. Ma chi non li ha fatti?

Feyerabend, nel suo *Contro il metodo*, nota che i disegni della superficie lunare fatti da Galileo erano sbagliati e che, probabilmente, derivavano più dalle aberrazioni delle lenti del suo cannocchiale primordiale che da un'osservazione non corretta [23].

Di Trocchio ha ampiamente dimostrato come l'errore ha accompagnato gran parte delle scoperte scientifiche [24]. Tutti i chimici organici, qualche anno fa, rimasero colpiti dalla pubblicazione di un articolo su *Angewandte Chemie* dove una reazione veniva realizzata in maniera stereoselettiva se eseguita in presenza di un forte campo magnetico [25]. Anche questi risultati risultarono poi completamente falsi [26].

Tutti possono sbagliare, la scienza ha, però, un antidoto all'errore: gli esperimenti possono essere rifatti e questo può portare a scoprire l'errore e a correggerlo. Questo è il grande vantaggio del fare scienza.

Riferimenti

- [1] A. Adami, et al., "Le essenze della Tuscia" ovvero estrazione, analisi e attività antibatterica dell'olio essenziale di Santolina etrusca, *CnS*, 2019, **1**, 21- 52.
- [2] M. D'Auria, et al., Composition and seasonal variation of volatile organic compounds in *Santolina etrusca* (Lacaita) Marchi & D'Amato found at Acquapendente (Viterbo, Central Italy), *Nat. Prod. Res.*, 2023, **37**, 3310-3313.
- [3] L. Francesconi, P. Scarafia, L'essenza della Santolina *Chamaecyparissus* L., *Gazz. Chim. Ital.*, 1911, **41**(II), 185-203.
- [4] M. D'Auria, Alle origini della fotochimica in Italia. Cannizzaro e l'isomerizzazione fotochimica della santonina, *Rendiconti della Accademia Nazionale delle Scienze detta dei XL, Memorie di Scienze Fisiche e Naturali*, Serie V, 2015, **39**, Parte II, Tomo II, 199-206.
- [5] M. D'Auria, La lunga storia della santonina gialla, *La Chimica e l'Industria Newsletter*, 2017, **4**(7), 17-23.
- [6] M. J. Pérez-Alonso, A. Velasco-Negueruela, Essential oil components of *Santolina chamaecyparissus* L., *Flav. Fragr. J.*, 1992, **7**, 37-41.
- [7] G. Grosso, et al., Supercritical fluid extraction of the volatile oil from *Santolina chamaecyparissus*, *J. Sep. Sci.*, 2009, **32**, 3215-3222.
- [8] L. Zaiter, et al., Essential oil of *Santolina africana* Jord. & Fourr. and *Santolina chamaecyparissus* L., *J. Essent. Oil Bearing Plants*, 2015, **18**, 1338-1342.
- [9] K. B. H. Salah-Fatnassi, et al., Chemical composition, antibacterial and antifungal activities of flowerhead and root essential oils of *Santolina chamaecyparissus* L., growing wild in Tunisia, *Saudi J. Biol. Sci.*, 2017, **24**, 875-882.
- [10] B. Demirci, T. Özek, K. H. C. Baser, Chemical composition of *Santolina chamaecyparissus* L. essential oil, *J. Essent. Oil Res.*, 2000, **12**, 625-627.

- [11] M. Derbesy, J. Touche, A. Zola, The essential oil of *Santolina chamaecyparissus* L., *J. Essent. Oil Res.*, 1989, **1**, 269-275.
- [12] M. J. Khubeiz, G. Mansoui, In vitro antifungal, antimicrobial properties and chemical composition of *Santolina chamaecyparissus* essential oil in Syria, *Int. J. Toxicol. Pharmacol. Res.*, 2016, **8**, 372-378.
- [13] F. Poli, et al., Comparison between the essential oils of *Santolina insularis* (Genn. ex Fiori) Arrigoni and *Santolina corsica* Jord. Et Fourr. from the island of Sardinia (Italy), *J. Ethnopharmacol.*, 1997, **56**, 201-208.
- [14] L. Francesconi, P. Scarafia, Essenza della Santolina Chamaecyparissus (azione dell'idrossilammina), *Gazz. Chim. Ital.*, 1912, **42**(I), 297-304.
- [15] L. Francesconi, P. Scarafia, Essenza della Santolina Chamaecyparissus. Formula del Santolinen-one C¹⁰H¹⁶O, *Gazz. Chim. Ital.*, 1913, **43**(I), 90-95.
- [16] L. Francesconi, N. Granata, La formula del Santolinenone α , *Gazz. Chim. Ital.*, 1915, **45**(I), 167-181.
- [17] L. Francesconi, N. Granata, I componenti della essenza di santolina CH, *Gazz. Chim. Ital.*, 1914, **44**(II), 150-162.
- [18] L. Francesconi, N. Granata, A. Sanna, α -Santolinenone. Formula e inattività ottica. Scissione del composto idrossilamminossimico, *Gazz. Chim. Ital.*, 1914, **44**(II), 354-366.
- [19] L. Francesconi, N. Granata, La formula del santolinenone β , *Gazz. Chim. Ital.*, 1916, **46**(II), 251-256.
- [20] L. H. Zalkov, D. R. Brannon, J. W. Uecke, On the occurrence of the Santolinenones, *J. Org. Chem.*, 1964, **29**, 2786-2787.
- [21] W. A. Jacobs, R. C. Elderfield, The terpenes, saponins, and closely related compounds, *Ann. Rev. Biochem.*, 1938, **7**, 449-472.
- [22] G. A. Atazhanova, et al., Synthesis and crystal structure of a pyrazole derivative of artemisia ketone, *Chem. Nat. Compd.*, 2000, **36**, 152-155.
- [23] P. K. Feyerabend, *Contro il metodo*, Feltrinelli, Milano, 1979, pp. 101-115.
- [24] F. Di Trocchio, *Le bugie della scienza*, Mondadori, Milano, 1993.
- [25] G. Zadel, et al., Enantioselective reactions in a static magnetic field, *Angew. Chem. Int. Ed.*, 1994, **33**, 454-456.
- [26] P. Gölitz, Enantioselective reactions in a static magnetic field - A false alarm!, *Angew. Chem. Int. Ed.*, 1994, **33**, 1457.

Caos e ordine nella scienza moderna

Giovanni Villani

Istituto di Chimica dei Composti Organometallici (ICCOM-CNR),

Area della Ricerca di Pisa

e-mail: giovanni.villani@cnr.it

I due concetti di caos e di ordine descrivono, a prima vista, due situazioni opposte. In realtà i due aspetti coesistono: esiste dell'ordine nel caos e del disordine nell'ordine. È questo che viene fuori dall'analisi di questi due concetti come sono utilizzati dalla scienza moderna.

Nelle mitologie antiche il Caos è quasi sempre contrapposto al Cosmo, nel senso di universo disordinato il primo e ordinato il secondo. Nella mitologia greca il Caos è la personificazione dello stato primordiale di vuoto, buio, anteriore alla creazione. Per Platone il Caos è il luogo primigenio della materia informe e rozza a cui attinge il Demiurgo per la formazione del mondo ordinato, il Cosmo. Secondo la cosmogonia egiziana, dal Caos esistente nacque il Cosmo, inteso come forza positiva in grado di contrastarlo nella sua casualità indifferenziata e distruttrice. Anche i miti cinesi e indiani della creazione dell'universo si muovono sulla stessa linea (Figura 1).



Figura 1. L'ordine fuoriesce dal caos

I concetti di caos e di ordine strutturato erano avulsi dalla fisica Ottocentesca. Il primo era considerato “intrattabile” e, quindi, eliminato. Il concetto di ordine permeava tutta la meccanica, ma nella forma semplice di un solo tipo di ordine: l’ordine delle ripetizioni periodiche. La Terra che ruota intorno al Sole o il pendolo ideale che oscilla *in eterno*, ne sono i classici esempi. Se alla meccanica Ottocentesca si aggiunge la Termodinamica, con il suo Secondo Principio, una vera e propria legge di degradazione dell’ordine dei sistemi e di “morte” di qualunque differenza, il quadro è chiaro: la fisica Ottocentesca non era in grado di spiegare da dove venissero fuori le strutture ordinate, e a volte vive, che ci circondano.

La situazione cambiò notevolmente nel Novecento. Dapprima la Meccanica Quantistica ci spiegò e giustificò le “proprietà globali” dei sistemi microscopici;¹ poi, nella seconda parte del secolo, le Scienze della Complessità e la Sistemica modificano radicalmente l’ottica da cui guardare questi problemi.

Dagli studi sul caos venne fuori che, mentre i veri dati casuali rimangono dispersi in una confusione indefinita, il caos (deterministico) attrae i dati in un ordine invisibile che attiva solo alcune possibilità, delle molte del disordine. Svariati scienziati studiando il caos si accorsero che forse lo stesso nome non era adeguato. Il termine “caos”, a livello etimologico, è legato a “casualità”, ma tali processi caotici producono splendidi edifici complessi senza casualità, strutture ricche, nonché belle (Figura 2).



Figura 2. Frattali e ordine nel caos

¹ G. Villani, *Complesso e organizzato. Sistemi strutturati in fisica, chimica, biologia ed oltre*, FrancoAngeli, Milano, 2008, pp. 110-114.

D'altra parte, nei nuovi sviluppi della Termodinamica, di cui Prigogine è l'iniziatore, ci si accorse che l'ordine poteva e doveva coesistere con il disordine, essere a lui complementare, per arrivare ai concetti di *order from noise* (ordine dal rumore)² e al *caso organizzatore*. Morin ci dice che tutto ciò che è fisico, dagli atomi agli astri, dai batteri gli uomini, ha bisogno del disordine per organizzarsi, per diventare sistema. È l'organizzazione che dà forma, nello spazio e nel tempo, a una realtà nuova: il sistema.³ L'organizzazione produce ordine che conserva l'organizzazione che l'ha prodotta. In pratica la relazione ordine/organizzazione è di tipo circolare. Il disordine, tuttavia, non è eliminato dall'organizzazione, permane nel sistema e, quindi, accanto a un "principio d'organizzazione", esiste un "principio di disorganizzazione"; questo principio ci ricorda che nessun oggetto organizzato, nessun essere vivente possono sfuggire alla degradazione, alla disorganizzazione, alla dispersione, alla morte e che ogni creazione, ogni generazione, ogni sviluppo e ogni informazione devono essere pagati in energia.

Nella scienza del XXI secolo questi due concetti dovrebbero svolgere un ruolo determinante portando al superamento della fisica classica e della sua immagine "semplice" della Natura (Figura 3).



Figura 3. La complessità di uno stormo di uccelli

² H. Atlan, Sul rumore come principio di autoorganizzazione, in *Teorie dell'evento*, Bompiani, Milano, 1972, p. 35.

³ E. Morin, *Il Metodo 1. La natura della natura*, Raffaello Cortina Editore, Milano, 2001, Capitolo 2.

La nascita e il valore del Gruppo Interdivisionale di “Epistemologia e Storia della Chimica” della Società Chimica Italiana

**Eleonora Aquilini, Matteo Chioccioli, Renato Lombardo, Laura Orian,
Antonio Testoni, Giovanni Villani, Vincenzo Villani**

e-mail: giovanni.villani@pi.iccom.cnr.it

La Società Chimica Italiana (<https://www.soc.chim.it/>) è la più antica delle società scientifiche disciplinari italiane. Con circa cinquemila soci rappresenta buona parte dei chimici italiani impegnati nell’insegnamento e nella ricerca in questa disciplina. Essa è articolata in Sezioni territoriali, Divisioni tematiche e Gruppi Interdivisionali. La nascita del Gruppo Interdivisionale di “Epistemologia e Storia della Chimica” (<http://www.soc.chim.it/it/gruppi/epistemologia/home>) è, sicuramente, un evento di una certa rilevanza per la chimica italiana.

A conclusione del percorso formale di attivazione, l’Assemblea costituente di tale Gruppo ha eletto Giovanni Villani come Coordinatore e Matteo Chioccioli, Renato Lombardo, Laura Orian, Antonio Testoni e Vincenzo Villani come Consiglieri del Direttivo. Eleonora Aquilini, Presidente della Divisione di Didattica Chimica della SCI (divisione di riferimento per tale Gruppo), completa il Direttivo. Tale Direttivo è composto da chimici provenienti da esperienze e ambiti diversi della disciplina, dalla ricerca all’insegnamento universitario e a quello secondario, ma tutti accomunati da una profonda convinzione dell’importanza che un approccio storico-epistemologico può avere per un proficuo sviluppo della Chimica e per una sua efficace divulgazione.

La nascita di questo Gruppo vuole promuovere il valore delle riflessioni epistemologiche e storiche nella scienza in generale e in chimica in particolare. Lo scopo è duplice: da un lato stimolare tutti gli operatori scientifici a rivendicare l’importanza degli aspetti storici ed epistemologici, dall’altro valorizzare i risvolti generali e culturali della scienza nella società. Va sottolineato che i due propositi sono fortemente connessi e la figura dello scienziato sarà capace di contribuire in modo positivo e incisivo nella società tanto più quanto, oltre alle competenze, avrà la conoscenza e la coscienza dei fondamenti storico-filosofici della sua disciplina.

Riguardo alla problematica interna alle discipline scientifiche, spesso si ritiene che l’ambito epistemologico e storico non serva al ricercatore. Così pure, dal

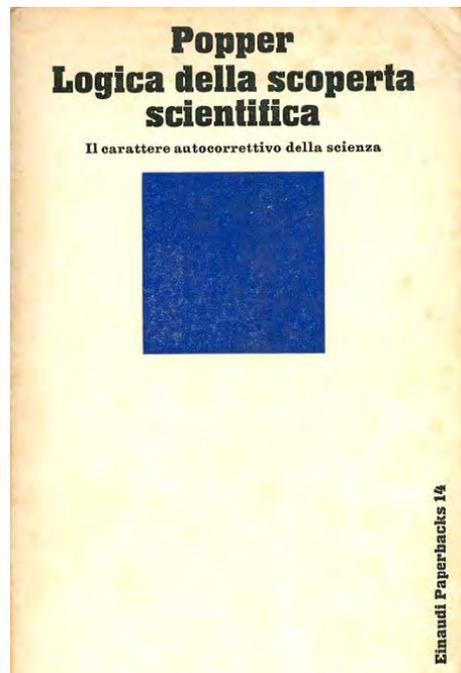
punto di vista didattico, è invalsa l'opinione di ritenere che le idee e i risultati più importanti siano soprattutto gli "ultimi", come se il significato di un concetto scientifico fosse assoluto e definito una volta per tutte. Troppo spesso non ci si rende conto che impostare un insegnamento scientifico poco incline a guardare anche al passato comporta inevitabilmente tagliare le radici del tronco secolare della storia, con le sue straordinarie ricchezze di cultura e di esperienza.

Alcuni insegnanti sono disposti a concedere del tempo alle problematiche storico-epistemologiche nell'insegnamento scolastico delle scienze, ma solo con lo scopo di motivare gli studenti, raccontando loro qualche "fatto" relativo agli scienziati e alle loro scoperte scientifiche, con il rischio di ridurre l'approccio storico-epistemologico a note biografiche o a curiosità simpatiche associate agli eventi. *Il sapere scientifico è, invece, storicamente determinato: i fatti, i modelli hanno senso e significato solo rispetto a un determinato sistema di pensiero, a una teoria preesistente.* Per cui, decontestualizzando il sapere dall'ambito storico, dai paradigmi scientifici dominanti all'epoca e dagli esperimenti che hanno supportato lo scienziato, si perde la potenzialità che l'approccio storico-epistemologico ha nel chiarire e consolidare concetti fondamentali da trasmettere agli studenti.

Questa posizione generale sull'epistemologia e la storia delle scienze è il portato culturale di una visione filosofica della scienza che viene chiamata "ingenuamente realista". Essa si basa sull'idea che lo scienziato non è, e non deve essere, "creativo", ma deve solo trovare e riportare dei "fatti" oggettivi, delle verità sperimentali.

Al contrario, come fa osservare Popper nella *Logica della scoperta scientifica* del 1934, la "scoperta" presuppone una creatività non minore dell'atto poetico. In qualche modo, la ricerca si sviluppa su un terreno culturale aperto e fruttuoso, a partire da intuizioni o ipotesi di lavoro che vengono lungamente elaborate dal "crivello" della sperimentazione e deduzione logica, fino a una forma coerente pronta per il lungo processo di "corroborazione" e, ci picca dire, d'immaginazione, per essere adeguatamente compresa e comunicata.

Una volta posta la verità scientifica in una veste "ingenuamente realista", del resto, ha poca importanza allargare il campo dei fatti sperimentali e inserirli in una cornice storico-epistemologica; queste "aggiunte" divengono delle "curiosità", un'informazio-



ne in più da fornire se c'è tempo. La storia e l'epistemologia della scienza che si chiede quando, in che contesto e perché è stata fatta una specifica ricerca scientifica perde, in questo caso, un suo valore oggettivo.

D'altra parte, questa posizione filosofica è già implicita nel termine "scoperta" scientifica. Le verità scientifiche non sono un'invenzione (quelle, in questo ambito, si lasciano alla tecnica), ma un "portare fuori", un "disvelare" una realtà oggettiva.

La posizione ingenuamente realistica è largamente diffusa nella società ed è figlia di un insegnamento scientifico nozionistico. Non dobbiamo, infatti, mai dimenticarci che i cittadini di oggi (studenti di ieri) hanno tutti studiato materie scientifiche per tanto tempo. Se il risultato ottenuto è "l'analfabetismo scientifico", spesso riscontrato nei sondaggi, e una visione distorta della reale pratica scientifica, qualche domanda sul metodo di insegnamento delle discipline scientifiche dovremmo pure farcela.

Aderiscono, purtroppo, alla posizione ingenuamente oggettivista della verità scientifica anche molti scienziati che, così facendo, svisiscono il loro stesso lavoro, rendendolo esclusivamente "tecnico" e senza valore culturale. Essi si occupano di "un atomo di verità", slegato da tutto il resto. Un'ovvia conseguenza di ciò è la difficoltà di molti scienziati a "comunicare" la loro ricerca a un pubblico generalista. Questo aspetto è particolarmente insidioso perché, in una società fortemente tecnologica come la nostra, la comunicazione e la spiegazione non possono essere delegate a non-esperti con il rischio di far circolare concetti sbagliati e pratiche addirittura pericolose, fondati su false giustificazioni scientifiche.

Qui arriviamo alla seconda problematica, quella verso l'esterno della scienza, quella di valorizzare nella società gli aspetti generali e culturali della ricerca scientifica e dare di essa una corretta immagine. Che la società moderna sia impregnata di problematiche scientifiche conseguenti alle applicazioni tecnologiche è un dato di fatto difficilmente controvertibile. Non passa giorno che non sentiamo parlare di sostenibilità ambientale, di cambiamento climatico o delle leopardiane "magnifiche sorti e progressive" dell'Intelligenza Artificiale. Quali siano i termini specifici di tali problematiche è, ovviamente, al di fuori della portata del pubblico generalista. Poter riempire queste problematiche di concetti generali e di immagini corrette, riuscire a seguire i ragionamenti degli "esperti", poter esprimere un parere critico/informato su queste problematiche che modellano anche la nostra vita è, invece, una competenza generale che dovrebbe avere il cittadino dopo anni di studi scolastici scientifici, dopo la lettura di tanti libri pubblicati e la crescente attenzione dei media a tali problematiche. Questo scopo si può raggiungere con un duplice sforzo: quello dei cittadini, ovviamente, a informarsi e a riconoscere le fonti di informazioni attendibili e quello dei "tecnici" a ritrovare e valorizzare il substrato culturale che muove e direziona la loro specifica ricerca scientifica.

In conclusione, vogliamo sottolineare che la nascita all'interno della Società Chimica Italiana del Gruppo Interdivisionale "Epistemologia e Storia della Chimica" è, ovviamente, un'operazione pratica dalla quale ci si aspetta iniziative concrete, ma è anche un'operazione culturale per la Chimica e la scienza in generale. Non esiste, infatti, un analogo gruppo nelle altre società scientifiche. Certamente gli aspetti storici sono considerati con interesse anche nelle altre discipline scientifiche, ma un termine come "epistemologia" (in questo contesto, sinonimo di "filosofia della scienza") è generalmente *off limits*.

In ricordo di Ermanno Niccoli

Pasquale Fetto

e-mail: pasquale.fetto@didichim.org

Il 29 aprile 2024 è venuto a mancare Ermanno Niccoli; ricordare il professor Ermanno Niccoli come didatta e delinearne la personalità in poche righe non è facile. Ho avuto la fortuna di conoscerlo quando ero redattore di CnS - la Chimica nella Scuola; fu in questa occasione che imparai ad apprezzarlo come acuto e appassionato insegnante, modesto e allo stesso tempo rigoroso e intransigente. Nacque un'amicizia sincera e così conobbi la sua grande bontà d'animo. Ero affascinato dalla sua semplicità che suscitava rispetto e ammirazione. In lui era presente l'amore per le scienze umanistiche che traspariva in ogni istante della sua attività divulgativa. Alla rigidità del linguaggio univa la correttezza scientifica che era alla base della sua attività di docente e di divulgatore.

Come insegnante si è sempre interessato alle problematiche connesse alla didattica della Chimica sia a livello universitario che di scuola superiore.

Fino al 2010 ha collaborato al CnS facendo parte del Comitato di Redazione e curando le rubriche "In Laboratorio", "Uno sguardo dalla Cattedra", "Lettera al lettore" e "Chimica e Poesia", quest'ultima si deve proprio all'amore di Ermanno per la poesia.

Table of contents for 'LA CHIMICA NELLA SCUOLA' magazine, including sections like EDITORIALE, DIVULGAZIONE E AGGIORNAMENTO, ESPERIENZE E RICERCHE, COMUNICAZIONI BREVI, LABORATORIO E DIDATTICA, and RUBRICHE.

In lui, infatti, la frequentazione della letteratura e soprattutto della poesia si è unita saldamente con la formazione scientifica del chimico, cosa che si capisce molto bene da queste sue parole:

Non finiamo mai di stupirci del fatto che a partire da parole apparentemente aride, quali sono i termini chimici, si possano costruire immagini ed evocare atmosfere così intensamente emotive. È come aprire uno spiraglio sulla fucina che opera in fondo al nostro subconscio. Continuo ad essere convinto che si tratta dello stesso luogo da dove scaturiscono anche le invenzioni e le scoperte scientifiche. Vuoi vedere, mi sono detto, che, come ha ipotizzato Hadamard, la matrice estetica gioca un ruolo fondamentale anche nella scelta delle ipotesi scientifiche?

Poiché, come ho detto all'inizio, è difficile in poche righe delineare la personalità di Niccoli, ho pensato di riportare un suo contributo estratto dalla rubrica "Uno Sguardo dalla Cattedra", che permette di capire e conoscere la sua professionalità, il suo amore per la chimica e la sua passione nel trasmetterne i fondamenti didattici "senza se e senza ma".

Alziamoci in piedi!

Con una punta di snobismo intellettuale di tanto in tanto amo rimettere in discussione i miei modi abituali di fare insegnamento e verificare le cose che ho dato per scontate. Cerco un antidoto contro la routine professionale, contro la tendenza, molto forte in un lavoro pieno di incertezze e psicologicamente logorante, ad attestarsi su false sicurezze ed a calcificarsi in procedure consolidate. Non posso ignorare le penose figure di alcuni colleghi, fortunatamente dei casi limite, i quali all'inizio della loro vita di insegnanti si aggrappano ai loro appunti di studenti universitari e con quelli navigano per una intera vita professionale. Quando vanno in pensione, quei quadernetti sono consunti e ingialliti e loro poveretti recano sul viso i segni devastanti della depressione. Viceversa, bisogna prevedere di non rimanere sempre timidamente rannicchiati dietro la nostra



cattedra, di alzarci in piedi affinché gli altri riconoscano la fondamentale importanza del nostro lavoro. Si richiede uno scatto di orgoglio. In didattica nessuno è depositario del Verbo e le intelligenti elaborazioni di alcuni ricercatori stentano a confrontarsi con l'esperienza diretta sul campo. Mi ha molto colpito l'affermazione di J. Brunner, già citata in questa rubrica, quando dice che "... è sorprendente, in una certa misura scoraggiante notare come i dibattiti sull'educazione, che si sono susseguiti a ritmo incalzante, ... siano sostanzialmente disattenti all'intima natura dell'insegnamento e dell'apprendimento scolastico ...". Molti di noi sono viceversa depositari di un importante patrimonio di conoscenze, ma non hanno mai trovato il vigore mentale necessario a condurre, dopo essersi impadroniti dei linguaggi e dei fondamenti della didattica, una analisi approfondita. Insomma, l'insegnante-ricercatore potrebbe essere una figura centrale per il mondo della didattica, anche perché la Didattica Generale, analogamente alla Chimica Generale, rischia di peccare di genericità e, se vogliamo entrare nella carne viva dei processi di insegnamento-apprendimento, dobbiamo attestarci sul versante della didattica disciplinare, nella fattispecie della Didattica Chimica. L'insegnante-ricercatore deve prendersi le sue responsabilità, sulla base della sua insostituibile esperienza deve, dopo adeguato studio, saper scegliere. A partire da questa riflessione mi sembra di poter rifiutare qualunque affermazione assolutistica nel campo della didattica, soprattutto perché l'interazione interpersonale scatena un tale turbinio di variabili che sarebbe semplicistico pensare di poter ingabbiare questi processi mediante delle semplici regolette; molte delle teorie, che sono state avanzate, contengono verità importanti ma parziali, verità che vanno temperate alla luce dell'esperienza didattica. Qualunque insegnante esperto può rilevare come le teorie piagetiane, pur nella loro monumentale omnicomprensività, soffrono di un eccesso di mentalismo che non tiene nel dovuto conto l'influenza del contesto e sono carenti sul piano dei riscontri. Questo non toglie che siamo di fronte a una pietra miliare della psicologia cognitiva e dell'analisi dei processi di apprendimento. In ultima analisi bisogna bandire le mode didattiche per lavorare sulle teorie di cui disponiamo e cercare di trarne il massimo profitto. Siamo destinati a influire, si spera in modo positivo, sulla mente delle persone per cui dobbiamo fare i conti con la vertiginosa complessità del cervello, un misterioso computer rigorosamente analogico il quale, pur di mantenere un funzionamento flessibile, si permette il lusso di compiere molti errori, salvo poi correggerli in modo assolutamente creativo. Questo non significa che dobbiamo rinunciare ad intervenire: come sempre, di fronte a sistemi complessi, dobbiamo capire i modi che hanno di auto-organizzarsi, dobbiamo cogliere certe invarianti del processo, dobbiamo intervenire in ambito ristretto e con tecniche sperimentali, ogni volta osservandone gli effetti, dobbiamo capire che noi stessi facciamo parte del processo che mettiamo in moto. Non dimentichiamoci inoltre che la scienza non esiste in natura, esiste dentro di noi come strumento della mente, così come esistono, tanto per usurpare le

parole di Brunner, infiniti modi diversi per apprendere. Il discente raggiunge la conoscenza solamente nei suoi termini, per lui conoscere è una avventura che porta a spiegare nel modo più semplice ed elegante le cose più complicate e il nostro compito più precipuo consiste nell'aiutarlo e nell'incitarlo a intraprendere questa sorta di viaggio nell'intelletto. Nascono a questo punto una serie di domande. Come può fare tutto questo un docente che ha smarrito curiosità ed entusiasmo? Come può essere convincente un docente che non si identifica nella propria cultura? Con quali strumenti possiamo efficacemente aiutare i nostri discepoli nella loro avventura intellettuale? Qualche insegnante, di quelli che grondano certezze, mi risponderebbe: il curricolo!

Bene, sentite che cosa ne scrive Brunner: Lo strumento che consente di aiutare e incoraggiare un discente viene chiamato "curricolo"; abbiamo ormai imparato che il curricolo per antonomasia non esiste. Perché in realtà il curricolo è simile a una conversazione animata su di un argomento che, per quanto si possano porre dei limiti, non può mai essere definito fino in fondo. In sostanza il curricolo esiste innanzitutto come atto formale, un documento di indirizzo, una cornice che delimita il campo della nostra azione, che impedisce d'improvvisare, di disperdersi in mille rivoli e di inseguire futili momenti di entusiasmo. Ma il curricolo per mettere in moto i meccanismi psicologici dell'apprendimento richiede di essere animato, di essere tradotto in atto vitale, proprio come un copione teatrale richiede di essere tradotto in rappresentazione. Rimane la fondamentale importanza dei tradizionali strumenti di animazione cioè immagini, film, dimostrazioni, attività di laboratorio, programmi interattivi al computer, ma tutto questo fa da contorno al raccontare, al conversare oltre che alla lettura dei testi da parte del discente. È importante non confondere i supporti didattici con l'arte della comunicazione. A conferma di quanto detto sopra sta il fatto che, dopo fiumi di retorica sulle ricerche da parte dell'alunno e nonostante la moda imperante della multimedialità, continua a prosperare come fondamentale il metodo socratico del conversare, ossia la maieutica che aiuta lo studente a prendere coscienza delle conoscenze che si vanno formando nella sua mente. In ogni caso le metodologie didattiche, oltre che da supporto, agiscono anche da correttivo, temperando gli eccessi di soggettivismo, così come il contesto concorre a connotare e a dare spessore all'apprendimento. Ogni nostra comunicazione è ricchissima di messaggi di natura diversa, il pensiero è una conversazione interiore e, raccontando i fatti, noi raccontiamo noi stessi, esplicitando appunto quella conversazione interiore. Noi raccontiamo le nostre immagini mentali, i nostri modelli e, facendo questo, continuiamo a essere, con buona pace di Bill Gates, lo strumento fondamentale di comunicazione didattica. Se sapremo condurre con efficacia il nostro racconto, i nostri allievi più intelligenti sapranno perdonare le nostre *défaillance* o i malumori di una mattinata.

Ermanno Niccoli

CnS - La Chimica nella Scuola, 2000, 3, 107-108

Botte e risposte con un lettore

Cara Margherita,

ho letto con interesse il numero speciale del CnS, il terzo di quest'anno, intitolato "Come contrastare l'anti-scienza: didattica e non solo"; vorrei, però, esprimere alcune considerazioni personali sui due interventi di Silvano Fuso e di Rollini-Tortorella.

Fuso intitola il suo intervento "Perché l'anti-scienza ha successo?" e fa due esempi: Einstein, per dire che anche un grande scienziato può essere vittima di un atteggiamento "psicologico", e Lovelock, accusandolo di appoggiare una visione "teleologica" della Natura.

La frase di Einstein (non unica fra gli scienziati dell'epoca), scritta privatamente a Born nel dicembre 1926, culminò nel 1935 con la pubblicazione di un famoso lavoro sul cosiddetto "paradosso EPR", scritto insieme a Podolski e Rosen, in cui Einstein e co-autori concludono che: *Pur avendo così dimostrato che la funzione d'onda non fornisce una descrizione completa della realtà fisica, abbiamo lasciato aperta la questione se tale descrizione esista o meno. Riteniamo, tuttavia, che tale teoria sia possibile.*

Le cose rimasero così non risolte fino al 1964, ben dopo la morte di Einstein. Fu solo allora che una risposta tecnica fu data ai dubbi di Einstein con la pubblicazione del

lavoro di J. S. Bell che dimostrava, tramite le sue famose disuguaglianze, la conflittualità fra teorie a variabili nascoste locali e la Meccanica Quantistica. Gli esperimenti di A. Aspect, realizzati a partire dal 1981, dunque quasi 60 anni



dopo la frase di Einstein, risolsero definitivamente la questione introducendo però la realtà dell'entanglement. Dunque, non atteggiamento "psicologico" di Einstein, ma un problema irrisolto della fisica fino a lavori teorici e sperimentali, che arrivarono dopo molti anni.

Una situazione analoga riguarda Lovelock, citato in una parte successiva dell'articolo, quando si parla di deep ecology; l'autore dice: *Secondo quest'ipotesi, la Terra è un enorme organismo vivente, in cui ogni parte è strettamente connessa a tutte le altre. Il nome Gaia, attribuito da Lovelock a questo organismo, deriva da quello dell'antica dea della Terra.*

James Lovelock è certamente una figura controversa, ma più per le sue posizioni sul cambiamento climatico e i modi di reagire a esso piuttosto che per la teoria di Gaia che Lovelock non ha mai rinnegato o modificato. La polemica citata da Fusco non è con il suo modello Gaia, una teoria che aveva sviluppato insieme con la biologa Lynn Margulis, ma sulle misure di adattamento.

Gaia è un modello che considera la Ecosfera terrestre come un unico "sistema", descrivendone in dettaglio alcuni dei meccanismi di retroazione, esprimibili tramite equazioni differenziali non-lineari; questa parte matematica costituisce il cuore della teoria e fu presentata la prima volta proprio con il famoso modello del "pianeta delle margherite" la cui estensione controlla l'albedo planetaria. Nulla di divino o religioso, ma la scoperta di come un sistema complesso e lontano dall'equilibrio reagisce alle sollecitazioni esterne; il sistema ha quel comportamento che è effettivamente teleologico, ossia finalizzato, con un fine ben preciso perché è "fatto così", è costruito in un certo modo con determinati meccanismi interni automatici; come è automatico il comportamento omeostatico dei mammiferi, i quali non "vogliono" controllare la temperatura, ma sono fatti in modo da farlo, da realizzare un controllo omeotermo.

E veniamo ora all'articolo firmato da Rollini e Tortorella; la prima parte dell'articolo mi è piaciuta perché sottolinea che *la chemofobia è la paura irrazionale delle sostanze chimiche (di sintesi)*, introducendo il concetto che la reazione negativa delle persone è riguardo alle sostanze chimiche di sintesi; questo è un buon punto di partenza. Tuttavia, subito dopo l'articolo prende una piega a mio avviso discutibile; a proposito dell'origine della chemofobia gli autori scrivono: *L'ipotesi che però riscuote maggiori consensi ha identificato una data simbolica molto precisa: il 1962, con l'uscita del libro Primavera Silenziosa di Rachel Carson. Curiosamente è lo stesso libro con cui si fa nascere l'ambientalismo moderno.*

Il libro della Carson denunciò l'uso e l'abuso del DDT, un pesticida che era allora usato in modo generale e le cui conseguenze ambientali erano drammatiche, talmente pesanti che l'accordo di Stoccolma lo ha escluso dall'uso generale, insieme alle diossine e ai PCB; dunque, il "curiosamente" lo capisco poco.

Come non capisco come mai la descrizione dei problemi di grossi incidenti o di pesanti inquinamenti di origine industriale si fermi al 1984, quasi che quella stagione "delle origini della chemofobia" si fosse chiusa per sempre. Dopo si è

aperta la stagione delle microplastiche e dei PFAS, dei pesticidi ed erbicidi pericolosi per le api, quella che stiamo vivendo adesso e che non mi appare meno grave della precedente. Non si tratta più di “incidenti di percorso”, ma di strategie vere e proprie che purtroppo ci coinvolgono pesantemente. L'industria chimica si è dotata di progetti efficaci di sicurezza interna come il Responsible care, ma, nel contempo, non ha cambiato le proprie strategie ambientali complessive.

Si parla di “eroi” nell'articolo, ma non vengono nominati gli eroi per antonomasia della chimica moderna, i premi Nobel Crutzen, Sherwood Rowland e Molina che scoprirono il buco dell'ozono causato dai CFC e ne diffusero la conoscenza e l'importanza; né si nomina l'iniziativa, tardiva ma positiva, che la sola Europa ha messo in campo per contrastare i problemi di origine chimico-ambientale, ossia il REACH.

Sarebbe stato interessante parlare della chimica “verde”, ossia una serie di criteri da usare nelle nuove sintesi, e di etica del chimico, un problema ampiamente sottovalutato, ma estremamente importante sul quale la SCI ha attivo un gruppo di lavoro, e forse dovuto al fatto che il chimico non ha un giuramento equivalente a quello di Ippocrate per i medici.

Ecco questo è il problema! Il chimico dovrebbe essere un attento guardiano della qualità ambientale e non lasciare questo compito ai movimenti ambientalisti, dovrebbe essere il primo, come fecero Crutzen e colleghi, a denunciare i problemi; questa è una delle basi materiali della chemofobia, la causa dell'immagine contraddittoria che la Chimica dà di sé al mondo; dobbiamo guardarci allo specchio e riprendere la tradizione di Crutzen, *I care*: il mondo in cui viviamo è nella nostra responsabilità, Gaia è il ramo su cui siamo seduti.

Claudio Della Volpe

*docente di Chimica Fisica Applicata e coordinatore del blog
La Chimica e la Società*

La risposta di Silvano Fusco

Ringrazio il Prof. Della Volpe per le sue osservazioni, alle quali replico brevemente.

Riguardo a Einstein, è vero che fino al 1981 non vi è stata la possibilità di chiarire sperimentalmente se le obiezioni alla Meccanica Quantistica di Einstein, espresse attraverso il paradosso EPR, fossero o no fondate. Però i tentativi di Einstein di dimostrare l'incompletezza della Meccanica Quantistica erano già iniziati prima del 1935, fin dalle Conferenze Solvay del 1927 e del 1930. In quelle occasioni



Einstein si era concentrato sulle relazioni di indeterminazione di Heisenberg con la speranza di poterle eludere. Ma Niels Bohr riuscì efficacemente a confutare le sue argomentazioni. Questo indusse Einstein a cambiare strategia e a proporre il cosiddetto paradosso EPR. Mi sembra si possa ravvisare in Einstein un'ostinatezza che, come sottolineato da diversi autori, denota un atteggiamento psicologico legato a una sua certa visione "classica" della realtà fisica.

Riguardo a Lovelock, è indubbio che vi sia stato un dibattito scientifico sull'ipotesi di Gaia e, in una nota del mio articolo, indico anche un volume di approfondimento. In ogni caso ho citato Lovelock non per discutere la sua ipotesi di Gaia, bensì perché egli stesso denunciò una deriva ideologica di stampo religioso di un certo tipo di ambientalismo che lui stesso aveva contribuito ad alimentare, mostrando capacità autocritiche e notevole onestà intellettuale.

La risposta di Ruggero Rollini e Sara Tortorella

Quello che abbiamo riportato nella review e poi nell'articolo è ciò che si trova in letteratura: c'è una soverchiante quantità di articoli (va detto, di basso valore storico e sociologico) che individua come data simbolo la pubblicazione di Primavera Silenziosa. Forse non abbiamo chiarito il concetto di "curiosamente". La parte curiosa è che la pubblicazione abbia causato una cosa preziosissima come la nascita dell'ambientalismo moderno (ha giustamente denunciato gli enormi impatti che l'abuso della chimica stavano causando) e al tempo stesso la chemofobia, che – se vogliamo – può essere intesa come l'estremo opposto.

Quel periodo (che è vero, non è mai del tutto finito) serve a indicare un punto di rottura: una frattura tra società civile e industria chimica, mai più ricucita. Ci serviva anche a dire che la chemofobia è sì una paura irrazionale delle sostanze chimiche (di sintesi), ma che ha basi razionali più che giustificabili. Una sana titubanza nei confronti dei prodotti dell'industria chimica è doverosa: il contrario della chemofobia non è una fiducia cieca.

