

RICERCA @ UNIPV



DICEMBRE 2017 • NUMERO 2

QUADRIMESTRALE

La scienza under 40

In questo numero gli obiettivi ed i risultati di 14 ricerche guidate da giovani in ambito scientifico



RICERCA @ UNIPV

supplemento alla testata unipv.news il Magazine dell'Università di Pavia

Quadrimestrale, anno 1

Numero 2, dicembre 2017

Direttore Responsabile: Fabio Muzzio
Editore: Università degli Studi di Pavia
Strada Nuova, 65 – 27100 Pavia
Autorizzazione Tribunale di Pavia n.694/08

Tutti i diritti riservati

Contatti Redazione:
Servizio Comunicazione Unipv
redazione@unipv.it – tel. 0382 984154

Impaginazione e grafica:
Servizio Comunicazione Unipv

Stampa:
Grafiche Ponzio Editoria



L'editoriale

Sono orgoglioso di presentare questo numero. Nell'orizzonte della ricerca realizzata in Unipv, quella illustrata in queste pagine è particolarmente importante. È a questa ricerca che sono principalmente affidate le sorti del nostro Ateneo.

Una Università deve saper allevare nuove generazioni di studiosi. Deve loro offrire opportunità materiali e spirituali di lavoro. Deve credere nei loro risultati e averli specialmente a cuore. Per un Ateneo che non sappia fare questo, la prognosi è riservata.

Sono lieto dunque di quello che insieme possiamo leggere in queste pagine. Esse dimostrano vitalità e capacità progettuale. Parlano di un grande lavoro e di una grande impresa comune.

Fabio Rugge
Rettore dell'Università di Pavia

DIPARTIMENTO DI BIOLOGIA E BIOTECNOLOGIE
L. SPALLANZANI

p. 6

Il collagene: una proteina fondamentale per la nostra salute

p. 8

Un sistema non convenzionale per studiare le molecole salvavita

p. 10

Metodi alternativi per combattere le zanzare

p. 12

Un nuovo strumento per comprendere il mitocondrio

DIPARTIMENTO DI CHIMICA

p. 14

La fotochimica al servizio della medicina per curare la depressione

p. 16

Uno studio "green" per una chimica ecosostenibile

p. 18

Batterie innovative per la salvaguardia dell'ambiente

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA INDUSTRIALE E
DELL'INFORMAZIONE

p. 20

Scoperto un nuovo metodo per monitorare le valanghe



DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE E
ARCHITETTURA

**È possibile predire in modo accurato
il comportamento di strutture complesse?
Ed è possibile farlo in tempi rapidi?**

p. 22

DIPARTIMENTO DI MEDICINA MOLECOLARE

**Dall'ambiente extracellulare alla cellula:
cambiare per trovare nuove cure**

p. 24

DIPARTIMENTO DI SCIENZE DEL SISTEMA
NERVOSO E DEL COMPORTAMENTO

Le abilità comunicative della mente umana

p. 26

DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA TERRA E
DELL'AMBIENTE

**Ambiente: la salvaguardia di farfalle e anfibi in
alta quota**

p. 28

**Una scuola europea per lo studio dei semi delle
piante**

p. 30

**Un laboratorio per la tutela dell'ecosistema
alpino**

p. 32

Il collagene: una proteina fondamentale per la nostra salute



Principal Investigator:
Antonella Chiapparino

COTETHERS: Molecular Characterization of Vesicle Tethering Complexes as Novel Regulators of Collagen Trafficking è il progetto biennale finanziato dall'Unione Europea ad **Antonella Chiapparino**, assegnista di ricerca del *Dipartimento di Biologia e Biotecnologie "L. Spallanzani" dell'Università di Pavia*, per una borsa di studio individuale *Marie Skłodowska Curie* del programma *Horizon 2020*, che sostiene la mobilità e la ricerca d'avanguardia dei giovani ricercatori.

Antonella Chiapparino, rientrata nel 2015 dopo aver conseguito un dottorato all'European Molecular Biology Laboratory (EMBL) di Heidelberg, si è specializzata in **biochimica** dei **sistemi viventi** e **spettrometria di massa** e sta perfezionando il suo progetto di ricerca nel laboratorio del Prof. **Federico Forneris** (*Armenise-Harvard Laboratory for Structural Biology - Dip. Biologia e Biotecnologie dell'Ateneo pavese*) dove sta affinando le competenze in tecniche biofisiche e biologia strutturale.

Il progetto di ricerca *COTETHERS* si pone l'obiettivo di investigare il trasporto vescicolare del collagene in contesti fisio-patologici, tutto questo ben si integra nel più ampio filone di ricerca del laboratorio Armenise-Harvard che studia i meccanismi molecolari alla base dell'omeostasi della matrice extracellulare, di cui il collagene è un componente fondamentale.

Grazie al finanziamento di **168.277 euro** ottenuto con questo progetto Antonella Chiapparino avrà la possibilità di condurre parte delle sue ricerche alla London's Global University nel laboratorio del Prof. **Paul Gissen**, che da qualche anno collabora con il Prof. Forneris.

Cosa è il collagene?

Come la parola stessa suggerisce, il *collagene* è una proteina che fa da collante per le cellule che compongono i tessuti del corpo umano garantendone la funzionalità. In natura esistono oltre venti tipi di collagene che, prima di raggiungere lo spazio extracellulare vengono modificati all'interno della cellula ed assemblati in una struttura a tripla elica, attraverso meccanismi che sono ad oggi ancora

in fase di studio.

Cosa succede quando i meccanismi che controllano l'omeostasi del collagene non funzionano?

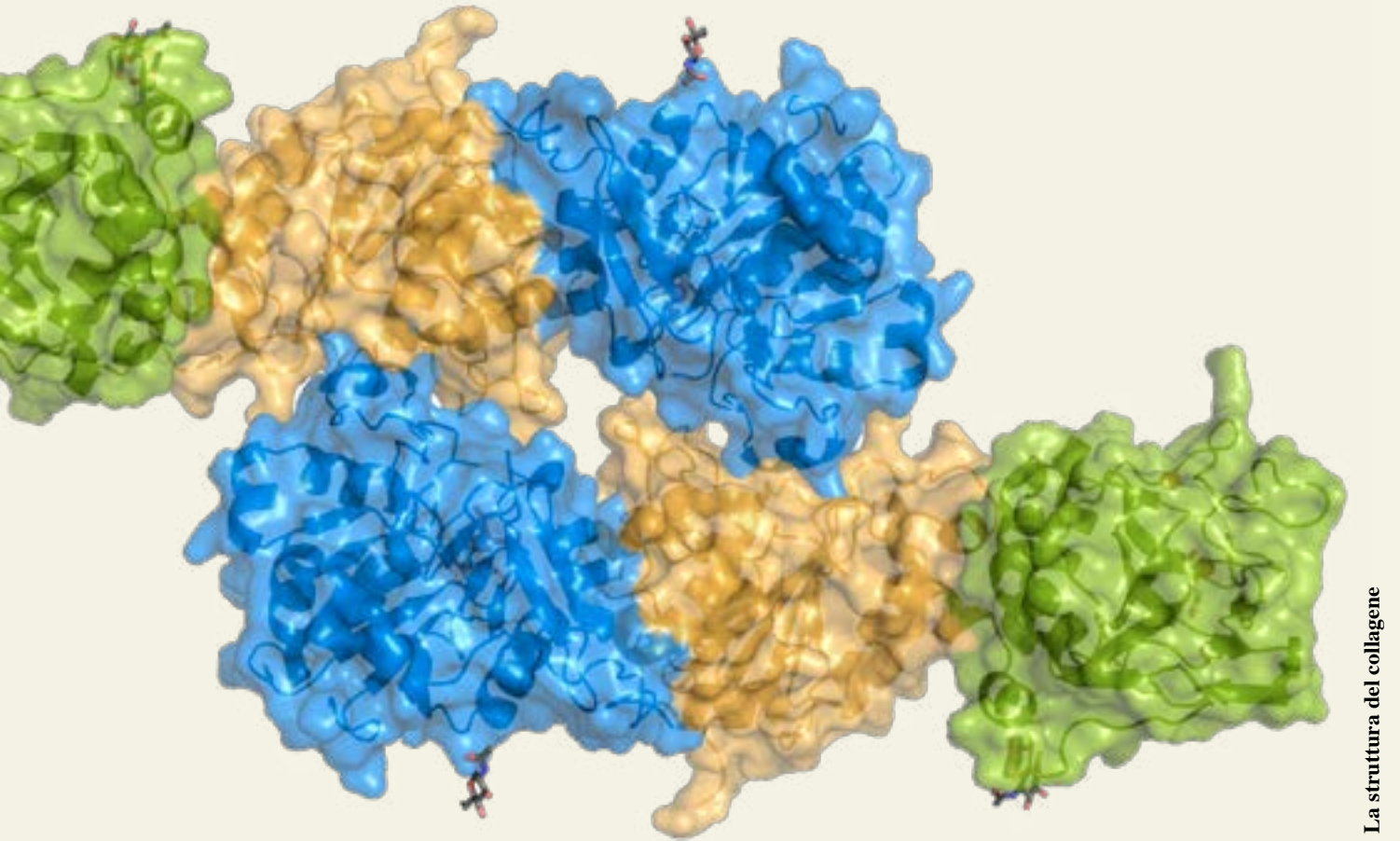
Alterazioni nella sintesi, modificazione o degradazione del collagene possono comprometterne la corretta distribuzione e causare sindromi multisistemiche, ossia malattie degenerative durante lo sviluppo, quali la **artrogriposi-disfunzione renale-colestasi** (ARC), altro argomento di studio del laboratorio Forneris.

I pazienti affetti da ARC sono anche soggetti allo sviluppo di infezioni e disturbi piastrinici, che portano alla morte nei primi anni di vita.

La sindrome ARC è causata da mutazioni nei geni *VSP33B* e *VIPAR*. Il laboratorio pavese, in collaborazione con il team del Prof. Gissen, ha pubblicato il primo studio al mondo che identifica i meccanismi molecolari alla base della sindrome ARC, partendo da studi epidemiologici su pazienti affetti da ARC. La ricerca spiega che le proteine *VPS33B* e *VIPAR* regolano il trasporto in vescicole di almeno uno degli oltre venti tipi di collagene insieme ad un enzima essenziale per la loro biosintesi, mai messo in relazione in precedenza con questi geni.

Questo studio suggerisce inoltre l'implicazione di molteplici proteine, molte delle quali ancora ignote, che interagendo in momenti diversi con il complesso *VPS33B-VIPAR* ne





determinano la funzione.

Perché COTETHERS?

Il progetto ha l'ambizione di identificare i componenti del collagene, e la loro organizzazione nello spazio tridimensionale, quelli che Antonella Chiapparino definisce i “**COLlagen TETHERing COMplexes**”, ossia quell'insieme di proteine che, incontrandosi in momenti ben definiti della vita del collagene, fanno sì che esso venga impacchettato all'interno di vescicole, modificato e trasportato nella matrice extracellulare, utilizzando un approccio multidisciplinare.

L'impatto sociale

I risultati che saranno generati all'interno della ricerca porteranno alla scoperta di proteine da utilizzare come **marcatori diagnostici** e/o **prognostici** o come nuovi target farmacologici di patologie in cui il trasporto vescicolare risulta alterato, siano esse patologie a carattere infiammatorio o a carico dell'omeostasi del collagene. Gli studi di biologia strutturale, d'altro canto, forniranno basi imprescindibili per lo sviluppo di nuovi farmaci diretti in maniera specifica verso uno o più componenti di questo sistema complesso che, come sempre più ricerche dimostrano, controlla più aspetti della vita cellulare.

“ L'obiettivo è formare ricercatori che siano in grado di gestire un progetto di ricerca in maniera indipendente, in un contesto dinamico in cui ci sia un reciproco trasferimento di conoscenze da e verso il ricercatore.
Antonella Chiapparino ”

Attivo dal 2014, il **Laboratorio Armenise-Harvard** di Biologia Strutturale è uno dei più recenti gruppi di ricerca del *Dipartimento di Biologia e Biotecnologie "Lazzaro Spallanzani" (DBB) dell'Università di Pavia*. Principal Investigator è **Federico Forneris**, attualmente Professore Associato in Biologia Molecolare, che ha scelto Pavia e il DBB per svolgere le sue ricerche, finanziate con **1.000.000 di dollari** dal *Career Development Award della Fondazione Giovanni Armenise-Harvard* per un progetto intitolato **"Molecular Recognition at the Neuromuscular Synapse"**.

Il progetto si pone come obiettivo l'indagine molecolare e strutturale di interazioni che stanno alla base di molti dei processi indispensabili per la vita, come muoversi e respirare. Le giunzioni (o sinapsi) neuromuscolari, i punti di contatto tra nervi e muscoli nel sistema nervoso periferico, sono state studiate per diversi decenni attraverso metodologie che hanno permesso la comprensione di molti meccanismi alla base del loro funzionamento (come ad esempio i processi di trasduzione del segnale attraverso il neurotrasmettitore acetilcolina, primo responsabile della contrazione muscolare). Grazie a questi studi è stato possibile approfondire molti meccanismi essenziali per la formazione e la stabilizzazione nel tempo delle giunzioni stesse.

Questi dispositivi sono fondamentali anche per comprendere che cosa accade quando avvengono malfunzionamenti, causati ad esempio da **mutazioni genetiche** (es., miastenie congenite), **malattie neurodegenerative** (es., SLA e sarcopenia) ed **autoimmuni** (es., miastenia *gravis*). Si tratta di patologie fortemente invalidanti per le quali non esistono al momento soluzioni terapeutiche definitive. Il problema fondamentale è dato dalla carenza di conoscenze su come le varie molecole che agiscono da recettori e ligandi nelle sinapsi interagiscono tra di loro. Per alcune di queste molecole, al momento manca persino una precisa identificazione (ossia sappiamo che sono presenti, abbiamo idea di che cosa fanno, ma non conosciamo neppure la loro identità precisa e quindi ci è impossibile studiarle in dettaglio).

Si tratta di un sistema non convenzionale per affrontare studi molecolari su proteine, un sistema più complesso dei "tradizionali" approcci mediante colture batteriche, ma che offre il grande vantaggio di ottenere proteine anche molto complesse in qualità e quantità adatte a studi molecolari. Con questo materiale, il team sta ottenendo risultati promettenti, mediante **studi multidisciplinari di biochimica** (*enzimologia e proteomica*), **biofisica** (studi di *interazioni tra proteine e di stabilità proteica*) e **biologia strutturale** (*cristallografia e criomicroscopia elettronica*).

Quest'ultima tecnica negli ultimi 5 anni ha rivoluzionato la biologia strutturale; basti pensare che il premio Nobel per la chimica 2017 è stato assegnato di recente proprio agli inventori di questo metodo. A questo proposito, Federico Forneris è stato organizzatore della prima scuola italiana di **criomicroscopia elettronica**, che nel settembre 2017 ha portato a Pavia oltre 100 scienziati da 20 Paesi del mondo per approfondire queste moderne metodiche di indagine molecolare.

L'implementazione di questi nuovi metodi per la produzione di proteine ha aperto la strada a **nuove collaborazioni**, che hanno permesso al gruppo pavese di estendere l'attività di ricerca su diversi bersagli molecolari coinvolti non solo nella formazione delle sinapsi, ma anche in altri processi essenziali per la vita. L'anno scorso l'équipe Unipv, in collaborazione con lo University College di Londra, ha contribuito alla **comprensione dei meccanismi** alla base di una **malattia genetica rara** (sindrome ARC, Banushi *et al*, 2016), chiarendo perché alcune mutazioni genetiche sono responsabili delle disfunzioni causate dalla malattia e offrendo quindi spunti per futuri approcci terapeutici.

Il gruppo di ricerca del Dipartimento di Biologia e Biotecnologie, Università di Pavia



Principal Investigator:
Federico Forneris

UN SISTEMA NON CONVENZIONALE PER STUDIARE LE MOLECOLE SALVAVITA

“ Tramite il finanziamento della Fondazione Giovanni Armenise-Harvard si aprono le porte agli studi molecolari su alcune classi di recettori considerati pressoché “impossibili” da definire a livello molecolare.

Si tratta di proteine complesse, che interagiscono in network ancora poco caratterizzati. Per riuscire in questa attività, il mio laboratorio ha messo a punto a Pavia nuove strategie per la produzione su larga scala di proteine ricombinanti utilizzando cellule umane.

Federico Forneris ”

La Fondazione Giovanni Armenise-Harvard è una realtà filantropica unica nel suo genere: fondata da un italiano emigrato in USA, attraverso il programma *Career Development Award* ha permesso la creazione di oltre 20 laboratori in Italia (tra cui quello del Prof. Forneris) attirando talenti italiani ed esteri.

Requisito essenziale è la mobilità

internazionale: possono partecipare alla selezione solo candidati impiegati stabilmente all'estero.

Il processo di selezione, basato sulla competizione fra progetti di ricerca e un colloquio di fronte ad una commissione di scienziati di altissimo profilo internazionale, porta all'assegnazione di non più di 1-2 finanziamenti ogni anno.

“

La ricerca ha ricadute applicative, consente di affrontare problemi di biologia ed ecologia delle zanzare, di capire meglio questo mondo e come questi insetti siano coevoluti con i patogeni per migliaia di anni, portando alla formazione di uno dei più sofisticati ed efficienti sistemi di trasmissione di malattie.

Paolo Gabrieli

”

**Insettari**

**Dipartimento di Biologia e Biotecnologie
“L. Spallanzani”, Università di Pavia**

Metodi alternativi per combattere le zanzare



Principal Investigator:
Paolo Gabrieli

Nel 2016 **“SAVE: studio del ruolo delle proteine delle ghiandole Salivari di *Anopheles gambiae* nella Virulenza del *Plasmodium* della malaria”**, progetto di cui **Paolo Gabrieli** è Principal Investigator, ha ricevuto un finanziamento di **100.000 euro** della *Fondazione Cariplo* grazie alla proposta congiunta *Fondazione Cariplo-Regione Lombardia* per candidati a bandi *European Research Council*.

Non tutti forse sanno che solo le zanzare femmina pungono l'uomo: il ricco pasto di sangue è infatti necessario per la riproduzione. Quando una zanzara ci punge, inserisce la sua proboscide sotto la nostra pelle alla ricerca di un capillare. Per facilitare il pasto, inietta anche un po' della sua saliva, allo scopo di prevenire la coagulazione del sangue e favorire l'inserimento della proboscide. È la nostra risposta immunitaria alla saliva che causa l'insorgenza delle caratteristiche reazioni cutanee che provocano tanto prurito. Alcune persone sono o possono diventare allergiche alla saliva e sviluppare forti reazioni, una condizione conosciuta come *Skeeter Syndrome*. Inoltre, se infette, le zanzare iniettando la loro saliva possono inoculare virus e altri patogeni all'uomo. Zanzare del genere *Anopheles* (tra cui troviamo anche specie che vivono da sempre in Italia) possono trasmettere il *Plasmodium* della malaria, mentre zanzare del genere *Aedes*, come la zanzara tigre, possono introdurre numerosi virus, come **Dengue, Chikungunya e Zika**.

Per molte di queste malattie non esistono vaccini efficaci e/o trattamenti e il metodo più efficiente per contrastarne la diffusione è l'uso di insetticidi. Sfortunatamente, però, il team di ricerca sta individuando superzanzare, capaci di resistere all'azione di uno o di più tipi di insetticidi, si tratta della stessa diffusione di batteri resistenti ad antibiotici.

L'uso estensivo di composti che uccidono gli organismi porta inevitabilmente a scegliere e a

diffondere quegli individui che sono ad essi resistenti.

L'attività di ricerca condotta da **Paolo Gabrieli** presso il *Dipartimento di Biologia e Biotecnologie “L. Spallanzani” dell'Università di Pavia* in collaborazione con **Jessica Dittmer** (PhD nel medesimo Dipartimento), ha come obiettivo primario proprio la scoperta di metodi alternativi per il controllo delle zanzare.

Insieme alla Prof. **Alessandra Albertini**, al Prof. **Giuliano Gasperi** e alla Dr.a **Giulia Barbieri**, grazie ad un finanziamento della *Fondazione Bussolera-Branca*, Paolo Gabrieli è impegnato in un progetto volto all'esplorazione di nuove specie di microorganismi in grado di produrre molecole tossiche per le larve di zanzara tigre.

Queste nuove molecole potrebbero essere usate in futuro per sviluppare nuovi bioinsetticidi.

Gabrieli nel febbraio 2015 ha vinto anche un assegno di ricerca di tipo A, istituito proprio dal suo Dipartimento, che gli permette di portare avanti contemporaneamente l'identificazione e lo studio delle molecole presenti nella saliva delle zanzare.

Questa linea di ricerca ha visto il sostegno di molti gruppi all'interno del Dipartimento, tra cui quelli di *Genomica e Biotecnologie* degli insetti (Proff. **Gomulski** e **Gasperi**), *Genomica di popolazioni umane e animali* (Proff. **Torroni**, **Semino**, **Achilli**, Dr.a **Olivieri**, Dr.a **Battaglia**), *Proteomica/Metabolomica* nello studio di malattie gravi (Prof. **Iadarola**, Dr. **Fumagalli**), di *Biologia Strutturale*

(Prof. **Forneris**) e di *Genetica, Genomica e Biotecnologie microbiche* (Prof. **Albertini**).

Grazie a questo sforzo multidisciplinare, è stato possibile esaminare come la Zanzara Tigre si sia diffusa nel mondo e sono state identificate le proteine che l'insetto trasferisce durante la puntura. L'analisi approfondita della struttura e delle funzioni di questi insetti sarà alla base dello sviluppo di metodi volti a comprendere cosa succede sotto la nostra pelle dopo le loro punture e come reagisce la risposta immunitaria nell'uomo.

Obiettivo del progetto è quello di indagare la stretta relazione che esiste tra le zanzare *Anopheles* e le malattie che esse trasmettono.

Uno degli aspetti più intriganti di questa relazione è che il *Plasmodium*, ovvero un parassita endocellulare del sangue di diversi vertebrati compreso l'uomo, deve passare attraverso le ghiandole salivari della zanzara per essere infettivo nella specie umana. Il motivo non è chiaro e necessita di approfondimenti per capire cosa sia presente nelle ghiandole salivari che rende il patogeno della malaria infettivo.

Questi insetti malati cercano inoltre di fare tanti pasti di sangue, più numerosi di quelli consumati dagli stessi non avvelenati, in modo tale da intossicare un numero maggiore di persone.

Cosa induca queste zanzare a nutrirsi di sangue e come il *Plasmodium* sia in grado di modificare questi meccanismi non è ancora noto ed è uno degli obiettivi principali dell'attività di ricerca in corso.

“Midichloria mitochondrii” il batterio intramitocondriale: un nuovo strumento per comprendere il mitocondrio



Principal Investigator:
Davide Sassera

I mitocondri sono considerati la centrale elettrica della cellula: sono responsabili della respirazione cellulare, della generazione di energia e sono coinvolti in vari processi biosintetici. I mitocondri inoltre, svolgono un ruolo chiave in altre importanti funzioni cellulari, prima tra tutti nella morte cellulare programmata (PCD, *programmed cell death*).

Grazie al progetto “**Midichloria mitochondrii**” **Davide Sassera**, Ricercatore a tempo determinato del Dipartimento di Biologia e Biotecnologie “L. Spallanzani” dell’Università di Pavia, ha ottenuto un prestigioso finanziamento dallo *Human Frontier Science Program (HFSP)*. L’importanza del ruolo mitocondriale all’interno del complesso *network* cellulare risulta palesata, come spesso accade in biologia, dalle pesanti conseguenze che le disfunzioni mitocondriali hanno a livello cellulare e sull’intero organismo. Molte **patologie** vedono un coinvolgimento fondamentale di questi organelli, fra le quali **cancro**, **disordini metabolici**, e **malattie cardiache**. Nonostante la grande importanza dei mitocondri e il lavoro di molti ricercatori, diversi aspetti della biologia mitocondriale risultano ancora oggi poco chiari. Si rende quindi necessario lo sviluppo di nuovi approcci per lo studio di questi processi.

È in questo contesto che si inserisce l’eccezionale scoperta di “**Candidatus Midichloria mitochondrii**” (da qui in avanti, *M. mitochondrii*), un batterio appartenente all’ordine **Rickettsiales** (classe *α-proteobacteria*). Tutti i batteri membri di tale ordine sono organismi intracellulari che interagiscono con una grande varietà di ospiti (dai parameci agli insetti, fino ad importanti patogeni umani). La peculiarità di *M. mitochondrii* sta nella sua capacità di invadere non solo le cellule, ma di poter entrare anche all’interno dei mitocondri. Questa caratteristica lo rende unico tra tutti i batteri intracellulari. Proprio per questo, il sistema costituito da *M. mitochondrii* ed il suo ospite, la zecca *Ixodes ricinus*, potrebbe divenire un importante **strumento** per lo **studio** della **biologia mitocondriale**, poiché la perturbazione di uno stato fisiologico può essere la chiave per comprenderlo. Con un approccio simile, in passato lo studio dei cicli di infezione virali ha collateralmente portato alla comprensione dei meccanismi di secrezione nelle cellule eucariotiche.

D’altra parte, questo sistema è interessante anche da un punto di vista **evolutivo** (considerando la teoria endosimbiotica dell’origine dei mitocondri), **ecologico** (la famiglia delle “*Candidatus Midichloriaceae*”, di cui *M. mitochondrii* è membro, è estremamente diffusa in una grande varietà di ospiti e ambienti) e **sanitario** (essendo le zecche vettori di importanti patogeni).

Questo consentirà di investigare il sistema biologico attraverso

“ *M. mitochondrii* può essere quindi considerato un oggetto di studio unico e peculiare, perfetto per un progetto di ricerca ‘di frontiera’ su sistemi biologici complessi. È questa la tipologia di ricerca che lo Human Frontier Science Program (HFSP) finanzia: da dicembre 2017 lo studio di *M. mitochondrii* sarà supportato dall’HFSP con un finanziamento di **1.350.000 dollari**.
Davide Sassera ”



un approccio sperimentale integrato, in cui convergono **bioinformatica**, **imaging**, **discipline -omiche** (genomica, trascrittomica, proteomica), **biochimica** e **biologia cellulare**.

A questo scopo è stato costituito un **team multidisciplinare** che gestirà i vari aspetti della ricerca: il Dr. Davide Sassera, coordinatore del progetto, si occuperà delle analisi ultrastrutturali (microscopia elettronica a trasmissione) e della genomica; il Prof. **Aaron Jex** (*The Walter and Eliza Hall Institute, Melbourne, Australia*) effettuerà le analisi di systems biology; il Prof. **Jan Riemer** (*Universität zu Köln, Germania*) studierà la biochimica del sistema, focalizzandosi sulla biochimica mitocondriale; la Dr.a **Fabrizia Stavru** (*Institut Pasteur, Paris, Francia*) si focalizzerà su analisi di biologia cellulare nell’ambito dell’interazione batterio – mitocondrio.

Questo progetto di ricerca punta a comprendere l’evoluzione e i dettagli dell’interagire fra *M. mitochondrii* ed il suo ospite, a livello organismico, cellulare e molecolare.

Le informazioni ottenute verranno utilizzate per sviluppare un sistema in vitro attraverso cui monitorare e manipolare l’azione tra *M. mitochondrii* e il mitocondrio.

Si auspica che questo approccio possa portare, in un futuro, allo sviluppo di nuovi strumenti per caratterizzare i meccanismi mitocondriali, inclusi la fissione/fusione mitocondriale, la riparazione delle membrane interna ed esterna, il metabolismo energetico e i meccanismi di *signaling* coinvolti nell’apoptosi.



La fotochimica al servizio della medicina per curare la depressione



Principal Investigator:
Stefano Protti

Grazie al bando *per l'incremento dell'attrattività del sistema della ricerca lombardo e della competitività dei giovani ricercatori su strumenti dell'European Research Council Sottomisura B*, **Stefano Protti**, Ricercatore del Dipartimento di Chimica dell'Università di Pavia, ha ottenuto per il suo progetto di ricerca **143.157 euro**.

Visible Light Generation of Reactive Intermediates from Azosulfones

(Fotogenerazione di intermedi reattivi a partire da azosolfoni via luce visibile), è il titolo del progetto di cui **Stefano Protti** è Principal Investigator.

Lo sviluppo di procedure efficaci per la **generazione** di composti chimici aggressivi come ad esempio i **radicali** e gli **ioni**, in condizioni deboli, è considerato un obiettivo fondamentale della sintesi, ossia l'esecuzione della reazione chimica. La possibilità di avere un facile accesso a queste entità molecolari permetterebbe infatti la messa a punto di **processi efficienti, economici ed ecosostenibili** di cui beneficerebbero campi di ricerca multidisciplinari come la *chimica farmaceutica* e la *medicina*.

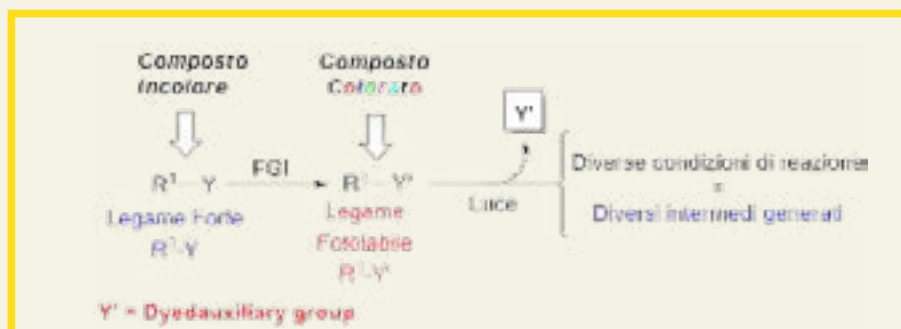
Da questo punto di vista, la **fotochimica** offre un approccio unico al raggiungimento di questo obiettivo in quanto la luce permette l'attivazione della molecola (non sono quindi necessari catalizzatori metallici o reagenti aggressivi), senza poi lasciare traccia alla fine del processo. La fotochimica è inoltre considerata un **approccio complementare** alla più tradizionale chimica termica, in quanto consente spesso l'accesso a composti difficilmente ottenibili per altre vie.

Le potenzialità della fotochimica

emergono pienamente quando, ad attivare i reagenti chimici, è impiegata la **luce solare**. Tuttavia, in questo campo le possibilità di azioni sono spesso limitate, in quanto le molecole normalmente impiegate sono raramente colorate.

Lo scopo del progetto è la **fotogenerazione diretta** (e modulabile) di una vasta gamma di intermedi chimici ottenuta senza l'impiego di elementi stimolatori o altri ausiliari chimici, ma incorporando (attraverso una semplice procedura di funzionalizzazione, **FGI** nello schema **1**) una funzione chimica (Y') all'interno della molecola da attivare. Questa funzione può essere definita "dydauxiliarygroup" (letteralmente: gruppo colorante ausiliario).

Lo studio è principalmente focalizzato sulla possibilità di studiare ed impiegare nuovi gruppi "dydauxiliary" che, legati a composti aromatici, siano in grado di foto generare una vasta gamma di intermedi (cationi, radicali, diradicali), in condizioni blande. La prima categoria attualmente studiata è quella degli **arilazosolfoni**. Sulla base dell'esperienza del gruppo di ricerca pavese, è stato possibile impiegare questi trattamenti (i cui vantaggi sono riassunti nello schema due) nella sintesi fotoindotta di diverse classi di **composti** di interesse **farmaceutico e cosmetico** quali ammidi aromatiche (tra cui un composto comunemente impiegato nel trattamento dell'ansia e della depressione) ed allilareni.



Schema 1



Schema 2



Laboratorio del Dipartimento di Chimica, Università di Pavia

Il gruppo di ricerca:

Dr. Stefano Protti, RTD-B, PI Unipv, Dr.a Carlotta Raviola, Post-Doc Unipv, Dr. Mattia Fredditori, Post-Doc Unipv.



Reazione fotocatalizzata promossa dalla luce solare

unipv.it/photogreenlab/



@PGLunipv



@PhotogreenLab



Il gruppo di ricerca:

Davide Ravelli (Ricercatore e Principal Investigator Unipv), Carlotta Raviola (Assegnista Unipv), Silvia Garbarino (Assegnista Unipv), Luca Capaldo (Dottorando Unipv), Sara Corsico (Laureanda Unipv), Matteo C. Quattrini (Laureando Unipv), G. Knör (Collaboratore, Johannes Kepler University, Linz, Austria).

Uno studio green per una chimica ecosostenibile



Principal Investigator:
Davide Ravelli

“Organic Synthesis via Visible Light Photocatalytic Hydrogen Transfer” è il titolo del progetto con cui **Davide Ravelli**, Principal Investigator e Ricercatore del *Dipartimento di Chimica dell’Università di Pavia*, ha ottenuto un finanziamento di **423.500 euro** attraverso un bando **Scientific Independence of Young Researcher**, SIR.

La reputazione della chimica nella nostra società è a livelli molto bassi da ormai alcuni anni.

Nel tempo, la parola chimica ha assunto un’accezione negativa, senza tenere conto, tuttavia, dell’evoluzione recente di questa materia. A partire dagli anni ‘90, infatti, la nascita della **“Chimica Verde”** ha dato il via ad una vera e propria rivoluzione del settore, grazie alla quale svariati processi chimici sono stati rivisitati e ripensati all’insegna della **sostenibilità**.

La tematica dello studio affrontato in questo progetto, intitolato **“Organic Synthesis via Visible Light Photocatalytic Hydrogen Transfer”**, rientra esattamente nell’area di ricerca dedicata alla realizzazione dei processi sintetici efficienti e prende ispirazione dalla lunga tradizione nel campo della **fotochimica** del gruppo di Pavia. La “chimica verde” prevede l’impiego della radiazione luminosa per promuovere i processi chimici desiderati, esattamente come accade in natura tramite la fotosintesi clorofilliana. Da un punto di vista della chimica di laboratorio, il ruolo della luce è quello di introdurre un grande quantitativo di energia all’interno della miscela di reazione, evitando così la necessità di ricorrere a riscaldamento o all’aggiunta di altri additivi aggressivi, con una conseguente diminuzione dei costi e una ridotta formazione di rifiuti da smaltire.

Uno dei punti di forza di questa chimica è ‘fare tanto, con poco’, ovvero la possibilità di **effettuare reazioni** molto **complesse** con un

investimento minimo in termini di materie prime, siano esse composti chimici o energia per promuovere il processo stesso.

Questo è reso possibile grazie allo sfruttamento di un particolare approccio fotochimico, denominato “fotocatalisi”, che prevede l’azione combinata di un catalizzatore (chiamato, appunto, fotocatalizzatore) e della radiazione luminosa. L’azione sinergica di questi due elementi permette di generare in condizioni blande degli intermedi di reazione molto aggressivi, quali i radicali, che vengono poi sfruttati nella formazione di nuove molecole.

Uno dei campi di applicazione più interessanti della fotocatalisi consiste nello studio dell’attivazione diretta del **legame C-H**, un legame molto comune nelle molecole organiche, ma altrettanto difficile da funzionalizzare, a causa della sua elevata forza. La maggior parte delle soluzioni disponibili oggi in letteratura prevede l’impiego di fotocatalizzatori che necessitano l’utilizzo di radiazioni luminose molto energetiche, spesso nel campo della luce ultravioletta (UV). Lo scopo di questo progetto consiste quindi nella messa a punto di una nuova famiglia di fotocatalizzatori in grado di promuovere lo stesso processo di attivazione del legame C-H tramite l’impiego della radiazione visibile, meno energetica e meno pericolosa.

Un ulteriore vantaggio di questa strategia consiste nella possibilità di **sfruttare la luce solare**, una fonte energetica ricca di componenti nel campo della radiazione visibile, completamente pulita e rinnovabile. In questo modo, il processo risultante

non richiede l’utilizzo di alcuna fonte energetica artificiale e le reazioni possono essere realizzate semplicemente esponendo la miscela contenente i reagenti alla luce solare sul davanzale di una finestra.

Come accennato, il progetto prevede l’iniziale studio del comportamento di nuove famiglie di fotocatalizzatori, con lo scopo di individuare i candidati più promettenti per l’attivazione di legami C-H. Successivamente, questi fotocatalizzatori verranno impiegati all’interno di nuove sequenze sintetiche. Per finire, si passerà ad un’ottimizzazione delle condizioni di reazione sotto il profilo della sostenibilità, con particolare attenzione alla possibilità di impiegare direttamente la radiazione solare diretta.

Questo progetto ha portato allo sviluppo di nuove collaborazioni, in particolare quella con il Prof. **Günther Knör**, docente presso la *Johannes Kepler University* (Linz, Austria). Il gruppo del prof. Knör ha infatti un’esperienza decennale nel campo dello **studio di derivati porfirinici**, gli stessi derivati che danno la colorazione alle foglie delle piante. In particolare, questa collaborazione prevede la sintesi e lo studio di una particolare famiglia di porfirine, quella dei derivati di tipo metallo-osso porfirinico, nel ruolo di fotocatalizzatori attivati dalla luce visibile.

I risultati preliminari sono molto promettenti e stanno fornendo indicazioni molto importanti per proseguire questo studio verso la realizzazione di **processi chimici** sempre più **puliti ed ecosostenibili**.



Principal Investigator:
Cristina Tealdi

Materiali e dispositivi flessibili a stato solido per batterie ricaricabili post-Li ione

Il titolo del progetto con cui Cristina Tealdi, Ricercatore del Dipartimento di Chimica dell'Università di Pavia, ha ottenuto un finanziamento di 143.157 euro da *Fondazione Cariplo* e *Regione Lombardia*.

Il progetto è stato finanziato nell'ambito del sistema di ricerca lombardo per l'incremento dell'attrattività della ricerca e della competitività dei giovani ricercatori basato sui criteri istituiti dell'*European Research Council (ERC)*.

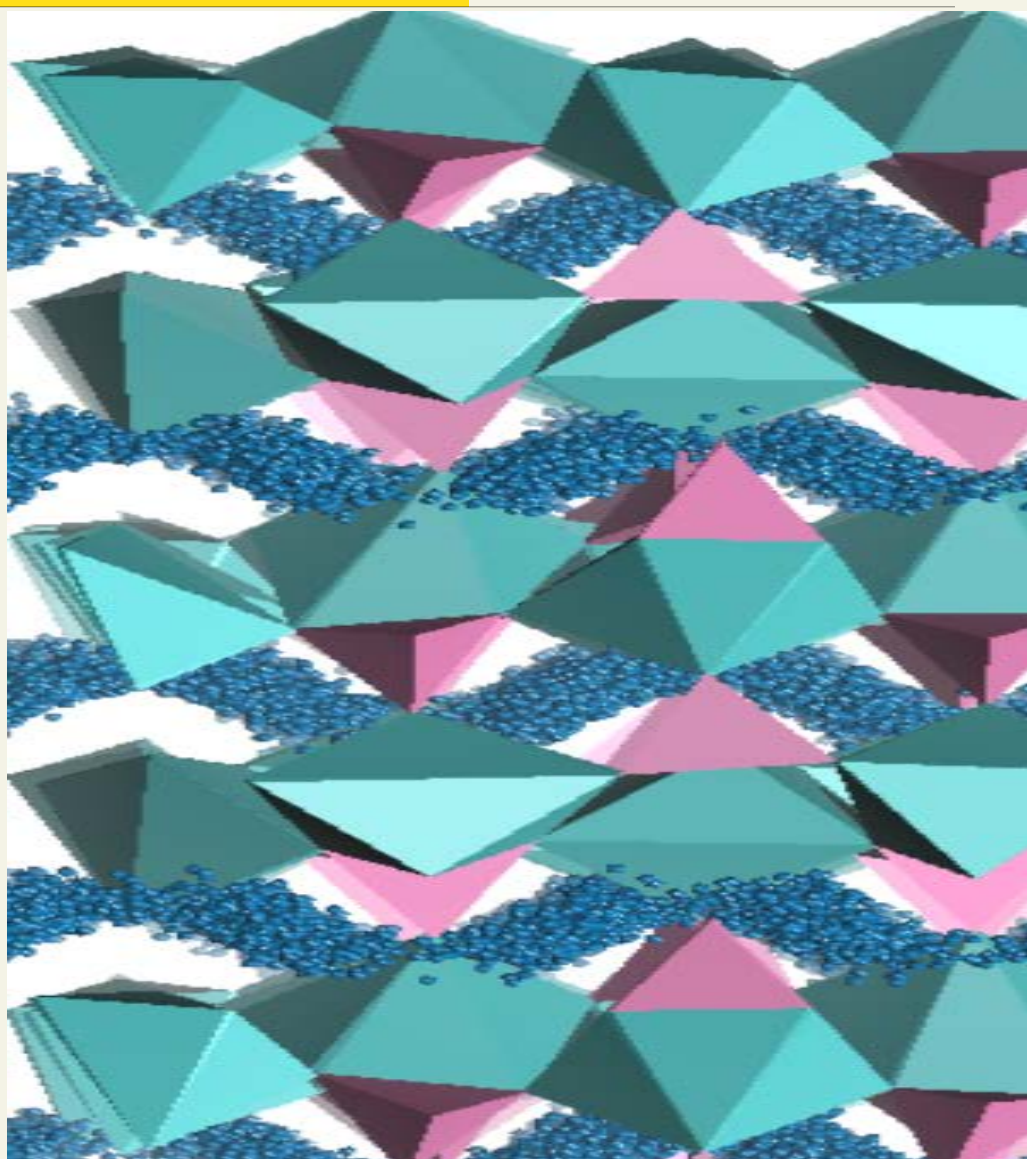
L'immagazzinamento di energia rappresenta una sfida attuale. Da un lato, si considera scontata la possibilità di restare costantemente connessi a dispositivi mobili; dall'altro, si devono affrontare **problematiche ambientali**, relative all'utilizzo di combustibili fossili, sia per quanto riguarda il mercato automobilistico, sia per quanto concerne il fabbisogno energetico globale. Si guarda pertanto con speranza al crescente peso che le fonti rinnovabili potranno rivestire nell'**economia globale**. D'altra parte, per loro stessa natura, le fonti rinnovabili (es. solare, eolico) sono generalmente intermittenti; l'energia prodotta deve quindi poter essere accumulata in modo efficiente per essere poi utilizzata al momento opportuno. Le batterie ricaricabili a **ioni di Litio** rappresentano, allo stato attuale, la migliore tecnologia disponibile in termini di densità di energia, efficienza e durata. Tuttavia,

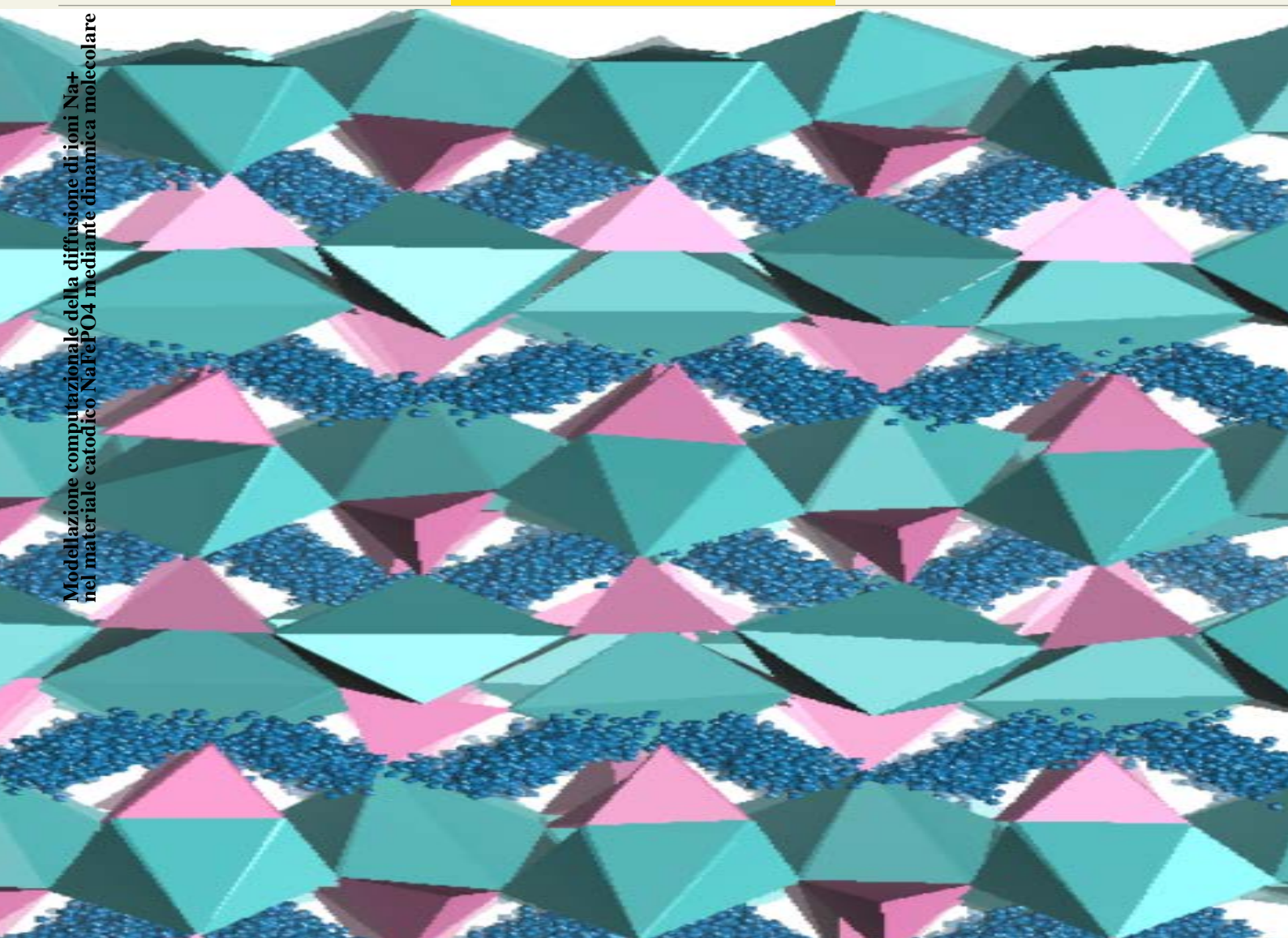
esse presentano aspetti critici, come l'alto impatto ambientale, l'impiego di materiali rari e/o strategici, il costo elevato e la stessa sicurezza del consumatore, da cui non si può assolutamente prescindere per un loro impiego massiccio.

La tecnologia a ioni di Litio deve poter essere affiancata, e in prospettiva sostituita, da valide alternative basate su elementi chimici abbondanti, più disponibili ovunque sulla Terra ed economici (ad es. Na, Mg). Inoltre, per aumentare la sicurezza dei dispositivi, è necessario migliorare la stabilità degli elettroliti, attualmente basati su liquidi organici altamente infiammabili, che hanno causato numerosi incidenti nei settori dell'elettronica di consumo (ad es. telefoni cellulari, computer portatili) e, più recentemente, in campo automobilistico. L'alternativa sicura è rappresentata dall'impiego di

elettroliti a stato solido.

In linea con tali priorità, l'**obiettivo** del progetto è stato quello di **esplorare** possibili **strategie** per **migliorare** le caratteristiche e il funzionamento di **materiali catodici** ed **elettrolitici** per batterie ricaricabili basate su elementi alternativi al Litio in dispositivi a stato solido, eventualmente flessibili. Il funzionamento di dispositivi elettrochimici a stato solido dipende in modo cruciale dalle caratteristiche dei **materiali cristallini** che li compongono. L'attività di ricerca ha coinvolto **studi sperimentali** e **computazionali**, mirati principalmente alla comprensione delle relazioni fra proprietà di trasporto e struttura cristallina in alcune famiglie di conduttori ionici e misti ionico/elettronici. Nel corso del progetto sono state investigate





Batterie innovative per la salvaguardia dell'ambiente

le proprietà di intercalazione di alcune classi di materiali catodici, ponendo attenzione alla possibilità di migliorarle attraverso il controllo della microstruttura e dei difetti cristallini. Una linea di ricerca innovativa in questo campo ha riguardato lo studio della possibilità di modulare le proprietà di intercalazione degli ioni alcalini in funzione delle deformazioni reticolari indotte all'interfaccia fra solidi cristallini. Il principale lavoro scientifico frutto di tale ricerca è stato pubblicato come articolo su invito nel fascicolo speciale *"Emerging Investigators 2016: novel design strategies*

for new functional materials" della rivista **Journal of Materials Chemistry A – Materials for Energy and Sustainability**.

Per quanto riguarda il comparto elettrolitico, il progetto si è concentrato sulla possibilità di sviluppare metodologie innovative per la realizzazione di materiali vetrosi e/o compositi (costituiti da una matrice polimerica e da una fase inorganica conduttrice) con l'obiettivo di semplificare l'assemblaggio di dispositivi a stato solido, garantendo elevata compatibilità meccanica fra i vari strati della batteria.

La ricerca scientifica è frutto del lavoro di persone motivate e di collaborazioni internazionali. Alle attività del programma hanno contribuito, oltre alla responsabile, un'assegnista di ricerca e una dottoranda. Il lavoro ha beneficiato di collaborazioni con i gruppi del Prof. **Saiful Islam**, (*Bath, UK*) e del Prof. **Stefano Passerini** (*Ulm, Germania*). Mentre il lavoro è da poco ufficialmente concluso, le attività di ricerca su questo argomento proseguono e i risultati preliminari acquisiti serviranno a supportare una futura proposta scientifica nell'ambito del bando *ERC - Consolidator grant*.

Scoperto un nuovo metodo per monitorare le valanghe



Monitoraggio del manto nevoso



Principal Investigator:

Marco Pasian

Le **valanghe** rappresentano una costante minaccia per le infrastrutture montane. Sulle **Alpi**, caratterizzate da 20 milioni di residenti e 20 milioni di turisti all'anno, con un traffico commerciale di 100 milioni di tonnellate annuali, durante il periodo invernale e primaverile il rischio di valanghe interessa paesi e comprensori sciistici, strade, ferrovie e linee elettriche. In periodi di riscaldamento globale tale rischio è paradossalmente aumentato a causa della maggiore imprevedibilità delle precipitazioni nevose, che sempre più spesso si esprimono in nevicate intense seguite da consistenti rialzi termici, condizioni sfavorevoli per la stabilità del manto nevoso.

Il progetto **“An Innovative Microwave-based Solution for Real-Time Monitoring of Snow Cover and Avalanches Enabling Novel Risk Mitigation Strategies for Mountain Communities and Roads - SNOWAVE”** è stato pensato da **Marco Pasian** Ricercatore del *Dipartimento di Ingegneria Industriale e dell'Informazione dell'Università di Pavia*, proprio per proporre un elemento di novità rilevante in tema di **monitoraggio** del **manto nevoso** e previsione del pericolo valanghe. Utilizzando un **sistema** di tipo **radar**, totalmente innovativo rispetto a quanto proposto finora, **SNOWAVE** è in grado di determinare diversi parametri della distesa innevata, tra cui spessore, densità e contenuto d'acqua liquida.

La misura avviene in pochi secondi, ed il sistema proposto da **SNOWAVE** può indifferentemente essere usato in configurazione **upward-looking**, per installazioni sepolte a filo del terreno prima della stagione invernale, ideale per il monitoraggio in remoto di pendii particolarmente critici, oppure in configurazione **downward-looking**, per l'utilizzo portatile, ideale per il monitoraggio rapido di ampie porzioni di territorio.

Ad oggi, uno strumento essenziale per la gestione di questo pericolo è la capacità di analizzare una serie di parametri del manto nevoso, formulando quindi una previsione sulla probabilità di distacco della valanga e programmando tempestivamente misure di salvaguardia quali la chiusura di strade o l'evacuazione di paesi. Le opere di difesa strutturali, ad esempio paravalanghe e terrapieni, sono infatti molto costose e applicabili di fatto solo in particolari contesti.

SNOWAVE è reso possibile grazie ad un finanziamento del Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca attraverso il programma **Scientific Independence of Young Researchers (SIR)**. Con una dote di **312.000 euro** su 3 anni, **SNOWAVE** ha permesso di formare una squadra interdisciplinare composta da me come Principal Investigator, **Fabio Dell'Acqua**, del Dip. di Ingegneria Industriale e dell'Informazione, e da **Massimiliano Barbolini**, del Dip. di Ingegneria Civile ed Architettura.

La squadra è completata da diversi collaboratori, tra cui **Pedro Fidel Espín López**.

Marco Pasian



Tecniche SNOWAVE

Il metodo più usato per l'analisi della distesa di neve è basato su rilievi di campo, attuati mediante lo scavo manuale di un sito. L'**escavazione** consente di mettere a nudo la struttura interna del manto nevoso e di procedere alla misura dei diversi parametri, tra cui numero e spessore degli strati, forma dei cristalli, densità e contenuto d'acqua della neve. Questo metodo, molto preciso, presenta anche limitazioni in quanto richiede la presenza sul posto di tecnici e, per questo motivo, oltre a comportare un notevole impegno di mezzi, personale e tempo, non può essere applicato per ovvie ragioni di sicurezza proprio laddove e nel momento in cui servirebbe maggiormente, cioè sui pendii più a rischio durante condizioni di maltempo.

L'**attività** di *SNOWAVE* è articolata in diverse fasi di **studio teorico** e **sperimentazione pratica**, svolte in collaborazione con la società di ingegneria *Flow-Ing srl*, ditta leader in ambito nazionale nel settore della mitigazione dei rischi idrogeologici in ambito montano, e *Ticinum Aerospace*, **spin-off dell'Ateneo pavese** specializzata nell'elaborazione dei dati telerilevati in contesti di analisi di rischio. Inoltre, le attività sul campo, realizzate nella stagione invernale principalmente a quote superiori ai **2500 metri**, si giovano della collaborazione della Regione Autonoma *Valle d'Aosta* e della *Fondazione Montagna Sicura di Courmayeur*. Le ricadute di *SNOWAVE* riguardano anche il monitoraggio delle **risorse**

idriche. Infatti, il principio di funzionamento del radar progettato per *SNOWAVE*, del tutto diverso rispetto a quanto presente sul mercato, permette di determinare l'equivalente idrico della neve (*Snow Water Equivalent*). Tale parametro è di importanza decisiva per la stima delle disponibilità idriche durante i mesi estivi ed autunnali, in particolare per le attività agricole e idroelettriche. Inoltre, è allo studio l'applicabilità di *SNOWAVE* per l'**analisi** della copertura nevosa dei **ghiacciai alpini**, aspetto fondamentale per comprendere gli effetti del riscaldamento globale sull'evoluzione dei ghiacciai e per valutare il rischio latente di valanghe in caso di grosse frane e smottamenti, ormai frequenti anche durante il periodo estivo.



Alessandro Reali



Guillermo Lorenzo



John-Eric Dufour



Alessia Patton



Laura Mazzocchi

È possibile predire in modo accurato il comportamento di strutture complesse? Ed è possibile farlo in tempi rapidi?



Principal Investigator:
Alessandro Reali

È possibile progettare un nuovo modello di automobile in grado di preservare la sicurezza dei passeggeri in caso di impatto frontale ad alta velocità, limitandosi a effettuare costosi test distruttivi solo sul prototipo semi-definitivo e demandando a test virtuali la scelta fra più prototipi?

È possibile valutare l'effetto di modifiche all'aerodinamica di un aeroplano o dell'utilizzo di materiali innovativi, prima di realizzare effettivamente solo le scelte che sembrano più promettenti e testarle in galleria del vento?

O, ancora, è possibile aiutare un chirurgo a valutare le conseguenze dell'operazione che intende effettuare prima di entrare in sala operatoria e quindi a scegliere la procedura ideale per un paziente specifico?

Queste sono solo alcune delle sfide più avvincenti della **Meccanica computazionale**, la branca della Meccanica che si pone all'intersezione tra l'Ingegneria, la Matematica e l'Informatica (spesso coinvolgendo altre scienze di base come la Fisica e la Chimica) e che si occupa di simulare al computer il comportamento di strutture, di fluidi e delle loro interazioni. L'obiettivo principale della Meccanica computazionale è quello di creare strumenti in grado di effettuare **esperimenti virtuali** ma **affidabili**, che aiutino a fare scelte in modo più consapevole, sicuro e/o economico. Infatti, con il sempre crescente sviluppo tecnologico, l'esigenza di poter contare su efficienti strumenti computazionali è diventata di primaria importanza in molti campi anche parecchio

distanti tra loro, che vanno dalle varie discipline dell'Ingegneria alla Medicina. Per massimizzare l'apporto di tali strumenti è fondamentale che essi siano in grado di dare risposte molto accurate in tempi estremamente rapidi e il progetto finanziato da *Fondazione Cariplo* e *Regione Lombardia* intitolato **“Verso nuovi strumenti di simulazione super veloci ed accurati basati sull'analisi isogeometrica”** ha esattamente questa finalità.

Il coordinatore del progetto è il Prof. **Alessandro Reali**, del *Dipartimento di Ingegneria Civile e Architettura dell'Università di Pavia*, riconosciuto esperto a livello internazionale di Meccanica computazionale, già vincitore nel 2010 del prestigioso finanziamento dello *European Research Council (ERC)*, pari a **1.200.000 euro**, per sviluppare uno dei metodi più promettenti della Meccanica computazionale moderna, l'Analisi isogeometrica, e renderlo un'opzione concreta al servizio dei chirurghi che si trovano ad affrontare decisioni cliniche complesse.

Tale progetto (identificato con l'acronimo **ISOBIO**) si è concluso alla fine del 2015 con importanti risultati scientifici, come quello riportato in **Figura 1**.

Il progetto finanziato da *Fondazione Cariplo* e *Regione Lombardia*, di durata biennale, è di fatto la continuazione di **ISOBIO** e va visto come un “ponte” verso un altro grosso finanziamento europeo che permetta di dare continuità a questo importante e strategico filone di ricerca.

L'idea è di estendere in modo significativo i risultati già ottenuti dal progetto **ISOBIO**, migliorando

ulteriormente l'accuratezza e la velocità di simulazione dell'Analisi isogeometrica, ampliandone così le possibilità di applicazione con particolare riferimento anche ai complessi problemi di progettazione tipici dell'industria automobilistica e aerospaziale. Questo nuovo progetto, del valore complessivo di **125.000 euro**, contribuisce a finanziare la ricerca di un team di giovani brillanti provenienti dall'Italia, dalla Francia e dalla Spagna, al momento composto da **John-Eric Dufour, Guillermo Lorenzo, Laura Mazzocchi e Alessia Patton**. Sono già stati raggiunti esiti molto interessanti e promettenti, in particolare riguardo allo sviluppo di nuovi metodi per la simulazione veloce ed accurata di strutture laminate (composte cioè da vari strati caratterizzati da diverse proprietà meccaniche), che possono trovare applicazione in tutti i problemi sopra descritti.

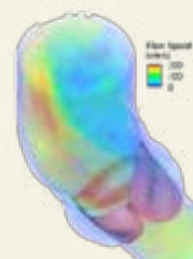


Figura 1. Simulazione dell'interazione fluido-struttura all'interno di una valvola aortica reale (risultati ottenuti in collaborazione con il gruppo del Prof. M.C. Hsu della Iowa State University e coi gruppi del Prof. T.J.R. Hughes e del Prof. M.S. Sacks della University of Texas at Austin).

Dall'ambiente extracellulare alla cellula: cambiare per trovare nuove cure



Principal Investigator:
Roberta Besio

Pathogenesis of Osteogenesis Imperfecta: the Emerging Role of Intracellular Collagen Retention, è il titolo del progetto con cui Roberta Besio, Assegnista del *Dipartimento di Medicina Molecolare dell'Università di Pavia*, ha ottenuto un finanziamento dalla *Fondazione Cariplo*.

La perdita di massa ossea e la suscettibilità alle fratture tipiche dell'**osteoporosi** non sono solo un problema per la popolazione anziana, ma possono affliggere anche individui in età infantile ed addirittura prenatale.

Un tessuto osseo sano è sintetizzato grazie a una bilanciata attività di **osteoblasti** e **osteoclasti**, le cellule che compongono l'osso. Gli osteoblasti sono i produttori del **collagene di tipo I**, il componente principale dell'osso che si organizza per formare la matrice extracellulare, cioè una rete di supporto per tutte le cellule. Gli osteoclasti degradano questa matrice riassorbendo l'osso. Se gli osteoblasti non lavorano bene l'osso si deteriora.

Questo è ciò che purtroppo si verifica in pazienti affetti da *osteogenesis imperfecta* (OI), anche detta malattia delle ossa di vetro, una rara e grave patologia genetica causata per lo più da mutazioni nei geni che codificano per il **collagene di tipo I** e considerata il prototipo dell'osteoporosi giovanile. Le cellule di pazienti con *osteogenesis imperfecta* producono molecole di collagene mutato con una struttura alterata che formano una matrice extracellulare instabile, cioè un supporto scadente per le altre proteine e per le cellule dell'osso. Nelle forme più gravi/letali di OI i feti si fratturano in utero, nonostante l'ambiente protettivo del grembo materno. Nelle forme moderatamente severe le fratture si verificano già nei primi anni di vita anche in assenza di traumi e la colonna vertebrale è soggetta a progressiva deformazione. I pazienti quindi spesso non sono più in grado di muoversi autonomamente.

Ad oggi non esiste una cura risolutiva, ma viene utilizzata una categoria di farmaci, i **bifosfonati**, che inibisce il riassorbimento osseo. Lo scopo è quello di cercare di aumentare la massa ossea così da ridurre deformazioni e fratture. Questa terapia però impedisce il rinnovo fisiologico dell'osso e potrebbe avere conseguenze a lungo termine soprattutto quando ad essere trattati sono i bambini in fase di crescita.

Grazie al finanziamento ottenuto dalla *Fondazione Cariplo* il team pavese si sta occupando di cambiare prospettiva per lo studio di questa malattia e **spostare** l'attenzione dal **collagene** della matrice **extracellulare** all'ambiente **intracellulare**. Nei pazienti affetti da *osteogenesis imperfecta* gli osteoblasti secernono solo una parte del collagene mutato, trattenendo il restante al loro interno e andando



incontro, come recentemente dimostrato, a stress cellulare. Le cellule dei pazienti osteogenetici sono ingolfate dalla presenza di questa grossa proteina mal strutturata e non riescono a svolgere normalmente le loro funzioni. I dati già pubblicati e nuove indagini preliminari dimostrano che è fondamentale come la cellula risponde a questo stress. Infatti esistono cellule di pazienti/topi transgenici per la malattia che rispondono bene e in cui la patologia è sotto controllo mentre altre cellule/topi transgenici non riescono a gestire lo stress e vanno incontro a morte. In presenza dello stesso difetto molecolare e della stessa matrice extracellulare alterata la risposta della cellula diventa decisiva nel determinare il suo destino e quindi anche quello del paziente. Per la realizzazione del progetto è essenziale l'ausilio sia di una banca di materiale biologico di ammalati sia la disponibilità di modelli murini transgenici (cavie utilizzate per esperimenti di laboratorio) per la malattia. Una volta identificato il bersaglio per la cura, i modelli a disposizione permetteranno anche di testare in vivo le terapie.

**Il gruppo di ricerca:**

Silvia Cotti (studentessa laurea magistrale), Antonella Forlino (Prof. Associato Dip. di Medicina Molecolare, Unità di Biochimica Unipv), Chiara Paganini (dottoranda in Scienze Biomolecolari e Biotecnologie, IUSS), Francesca Tonelli (dottoranda in Scienze Biomediche, Unipv), Laura Leoni (dottoranda in Scienze Biomediche, UNIPV), Roberta Besio Principal Investigator (Unipv), Rossella Costantini (dottoranda in Scienze Biomediche, Unipv), Nadia Garibaldi (dottoranda in Scienze Biomolecolari e Biotecnologie, IUSS finanziata dal progetto), Antonio Rossi (Prof. Associato Dip. di Medicina Molecolare, Unità di biochimica Unipv).

“Grazie al finanziamento della durata di 3 anni di **210.000 euro**, ottenuto grazie al Bando Giovani, ci poniamo come obiettivo primario quello di studiare in dettaglio gli eventi intracellulari causati dalla ritenzione del collagene mutato e di “copiare” la strategia delle cellule vincenti per sviluppare nuove terapie.

Roberta Besio ”

Le abilità comunicative della mente umana



Principal Investigator:
Serena Lecce

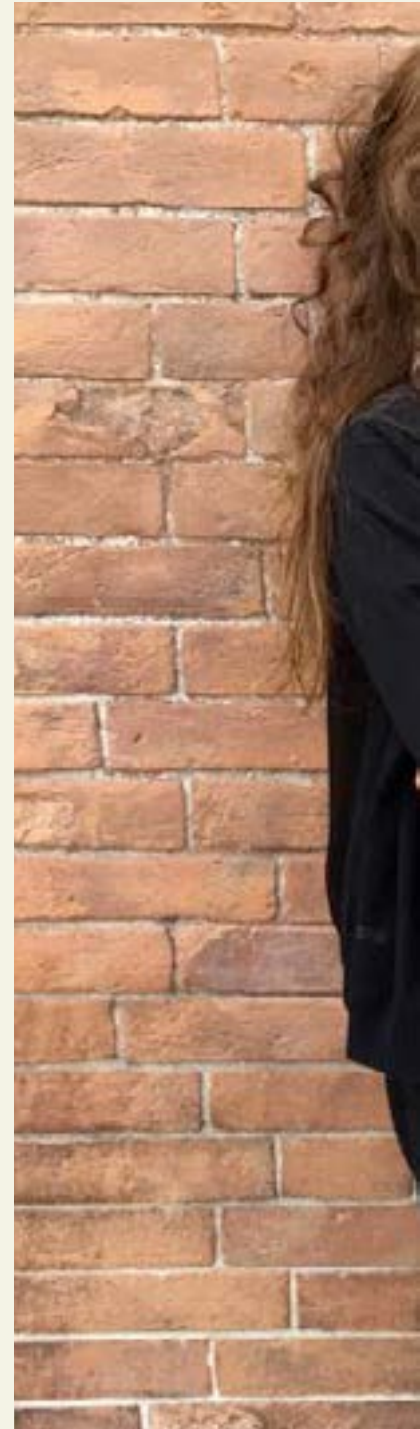
The Interpretative Brain: Understanding and Promoting Pragmatic Abilities Across Lifespan and in Mental Illness

è il titolo del progetto coordinato da **Serena Lecce**, Professore Associato del *Dipartimento di Scienze del Sistema Nervoso e del Comportamento dell'Università di Pavia*. Lo studio si pone l'obiettivo di indagare i **meccanismi neurocognitivi** legati alle abilità comunicative di tipo pragmatico, cioè quelle abilità che consentono di usare il linguaggio all'interno della comunicazione, interpretando le parole in maniera adeguata al contesto d'uso. Per fare un esempio, le abilità pragmatiche sono quelle che ci consentono di selezionare un argomento appropriato all'interno di una conversazione, di rispondere in modo coerente ai vari interlocutori, di comprendere le intenzioni comunicative andando oltre il senso letterale delle parole, di interpretare richieste indirette, metafore e battute ironiche. Grazie alla **pragmatica**, quindi, siamo in grado di capire il discorso dell'altro e intrattenere conversazioni socialmente adeguate. Vari studi hanno dimostrato che le abilità pragmatiche arrivano tardi nello sviluppo, sono estremamente vulnerabili nella patologia e soggette a declino nell'anziano, con ricadute negative sul benessere dell'individuo e sulla sua competenza sociale.

In particolare il progetto si focalizza sullo studio della relazione tra la pragmatica e un'altra abilità, anch'essa centrale per

la competenza sociale: la **teoria della mente**. Con questo termine ci si riferisce alla capacità di attribuire stati mentali (credenze, emozioni, desideri, intenzioni) a sé stessi e agli altri al fine di comprenderne il comportamento. Grazie alla teoria della mente riusciamo a metterci nei panni degli altri e a capire quello che gli altri pensano, vogliono o intendono dire e fare. Secondo alcuni, la teoria della mente sarebbe il tratto distintivo delle competenze sociali dell'essere umano, e le abilità pragmatiche sarebbero una "sottoparte" della capacità più generale di attribuire stati mentali. In altre parole, interpretare correttamente il senso delle parole dell'altro sarebbe sostanzialmente una questione di riconoscimento di intenzioni.

Per capire meglio l'architettura neurocognitiva che consente la comunicazione tra individui, il progetto analizza il rapporto tra pragmatica e teoria della mente muovendosi su due binari. Da un lato, viene studiato il **sostrato neurale** della capacità di comprendere le intenzioni comunicative di un'altra persona con tecniche di registrazione della risposta neurofisiologica (*EEG*) e di risonanza magnetica funzionale (*fMRI*). Dall'altro lato, vengono condotti studi su **bambini, anziani e pazienti** affetti da **schizofrenia**, per capire come il rapporto tra queste due abilità si sviluppa e cambia nell'arco di vita e nella patologia. I ricercatori stanno inoltre approfondendo programmi di intervento con esercizi mirati a potenziare o riabilitare le



“ Grazie ad un finanziamento di **495.000 euro** ottenuto nel 2015 attraverso un bando **PRIN** del **Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca**, della durata di 3 anni 2017-2020, è stato possibile formare il team necessario allo sviluppo del progetto. **Serena Lecce** ”



Valentina Bambini e Serena Lecce

abilità comunicative dell'individuo, allenando i soggetti a prestare attenzione al contesto, ai significati impliciti, alle intenzioni comunicative. Lo studio si sta sviluppando in stretta collaborazione con la Prof. **Valentina Bambini**, docente della *Scuola Universitaria Superiore IUSS* e Principal Investigator (under 40) del progetto a livello nazionale.

Il team Unipv con a capo Serena Lecce si sta occupando di condurre ricerche longitudinali e di sviluppare e testare l'efficacia di programmi di intervento su bambini in età scolare e anziani sani. Questo consentirà di affrontare il tema del rapporto tra teoria della mente e pragmatica in una dimensione di ciclo di vita e di evidenziare relazioni di natura causale con una metodologia ad elevato controllo sperimentale che non è mai stata applicata al tema della pragmatica. I programmi di intervento, poi, porteranno a potenziare le abilità comunicative dell'individuo soprattutto dell'anziano e in ultima analisi la sua qualità di vita. Ulteriori linee di ricerca all'interno del progetto nazionale sono coordinate dalla Dr.a **Marta Bosia** (*Università Vita-Salute S. Raffaele, Milano*) e dalla Prof. **Francesca Bosco** (*Università di Torino*).

Nel complesso, il progetto ha una forte caratterizzazione **interdisciplinare**, mettendo insieme *psicologia, linguistica e neuroscienze*, per dare una prospettiva nuova su un problema complesso come l'origine delle abilità comunicative dell'essere umano.

L'impatto della ricerca sarà misurabile sia in termini scientifici di crescita della conoscenza, sia in termini pratici, con applicazioni che si estendono all'ambito sociale e a quello clinico.

Il gruppo di ricerca:

Serena Lecce, Professore Associato di Psicologia dello Sviluppo e dell'Educazione, responsabile dell'Unità di ricerca Unipv; Dr.a Elena Cavallini, ricercatore; Dr.a Federica Bianco, assegnista di ricerca; Dr.a Irene Ceccato, borsista di ricerca; Dr.a Alessia Rosi, borsista di ricerca; Dr. Luca Ronchi, dottorando.

Ambiente: la salvaguardia di farfalle e anfibi in alta quota



Principal Investigator:
Thomas Abeli

Il progetto **WetFlyAmphibia** è finanziato dal programma **LIFE** “Natura & Biodiversità” dell’Unione Europea, che ha stanziato **1.596.342 euro**, e terminerà nel 2021. L’Università di Pavia ha ricevuto un finanziamento di **144.075 euro** per partecipare allo studio. Altre collaborazioni sono rappresentate dai Carabinieri (ex Corpo Forestale dello Stato), la Dimensione Ricerca Ecologia Ambiente D.R.E.Am. Italia, l’Unione dei Comuni Montani del Casentino e l’Università di Bologna. **Capofila** del programma è il **Parco Nazionale delle Foreste Casentinesi Monte Falterona e Campigna**.



Euplagia quadripunctaria - Falena dell'edera - Una delle specie di farfalle target del progetto



Trollius europaeus - Botton d'oro - Specie tra quelle utilizzate nel ripristino della vegetazione

WetFlyAmphibia “Conservazione di anfibi e farfalle di aree umide e loro habitat nel Parco Nazionale delle Foreste Casentinesi” è il titolo del progetto di cui **Thomas Abeli**, Assegnista del Dipartimento di Scienze della Terra e dell’Ambiente dell’Università di Pavia, è Principal Investigator e che vede la partecipazione del prof. **Graziano Rossi** e del Dr. **Andrea Mondoni**

del medesimo Dipartimento. Il gruppo di ricerca dell’Ateneo pavese si pone come obiettivo primario quello di **migliorare** lo stato di **conservazione di anfibi e farfalle** nel *Parco Nazionale delle Foreste Casentinesi Monte Falterona e Campigna*. Il Parco Nazionale comprende circa **37.000 ettari** lungo l’Appennino Tosco-Romagnolo tra le province di Forlì-Cesena e Arezzo. Nel complesso

si tratta di un’**area di enorme pregio naturalistico**, soprattutto per la presenza di foreste note per essere tra le meglio conservate d’Europa. Qui, la secolare presenza umana ha alterato il paesaggio boschivo creando aree aperte come prati, pascoli ed aree umide ad essi associate. Pur essendo di **origine antropica**, questi nuovi ambienti hanno rappresentato un’**opportunità** per



Area destinata ad ospitare nuove pozze per anfibi in Val di sparviere

molte specie di **animali e piante** che non sono in grado di vivere in foresta. Tra questi si trovano i generi target del progetto, ovvero tra gli **anfibi**, l'ululone appenninico, la salamandrina dagli occhiali e il tritone crestato; tra le farfalle il bombice del prugnolo e la falena dell'edera.

Paradossalmente, l'odierno abbandono dell'area appenninica da parte dell'uomo sta compromettendo la sopravvivenza di queste specie. Dal 2015, anno di approvazione di *WetFlyAmphibia*, si stanno effettuando **interventi di creazione o ricostruzione di aree** umide aperte come pozze, laghetti ed abbeveratoi, dove anfibi e farfalle potranno trovare condizioni ottimali per la riproduzione. La creazione o il ripristino di aree umide per la riproduzione di anfibi e farfalle non può prescindere dalla ricostruzione degli habitat vegetali da cui queste specie dipendono (per proteggersi dai predatori, per nutrirsi, ecc.).

Un particolare habitat è studiato nel progetto: si tratta di un luogo di interesse comunitario conosciuto come **6430** definito "**Bordure planiziali, montane e alpine di megaforbie idrofile**". In questa fase entra in gioco il team pavese, l'esperienza maturata in anni di ricerca nel **campo della conservazione di specie rare**

e nella cosiddetta **Restoration Ecology** (il ripristino di ambienti naturali degradati) costituisce uno dei punti saldi del programma.

Il gruppo di Pavia si occupa in particolare di 2 aspetti molto importanti:

- 1)** la messa a dimora della vegetazione nelle aree umide di nuova costruzione;
- 2)** la produzione delle specie vegetali che vengono impiegate nella ricostruzione degli ambienti umidi.

La ricostituzione della vegetazione in prossimità delle aree umide ripristinate deve tenere conto sia delle esigenze ecologiche degli anfibi e/o farfalle cui un'area è destinata, sia delle esigenze ecologiche delle specie vegetali. Ad esempio, alcune categorie di piante necessitano della costante presenza d'acqua, altre prediligono zone più aride.

Allo stesso tempo, la falena dell'edera si nutre prevalentemente di nettare di canapa acquatica *Eupatorium cannabinum*; l'ululone appenninico necessita di una vegetazione acquatica a foglie strette onde evitare un eccessivo ombreggiamento delle uova, e così via. Tutto questo rappresenta una sfida particolarmente difficile, che può essere vinta esclusivamente attraverso un'approfondita conoscenza degli ambienti naturali e delle specie esaminate.

La produzione del materiale vegetale per la delimitazione degli habitat costituisce un altro tipo di sfida. Per riorganizzare l'intero habitat 6430 in prossimità delle aree umide di nuova costruzione è necessario un numero elevato di piante, anche per compensare le inevitabili inesattezze del post-trapianto.

Per la produzione su larga scala del materiale vegetale il team si è affidato ad una ditta **florovivaistica** (*Flora Conservation*), nata alcuni anni fa come **spin-off universitario**, specializzato in specie autoctone.

Il gruppo di ricerca dell'Università di Pavia ha fornito il *know-how* per la **produzione di diverse piante**, sviluppando protocolli di **germinazione e coltivazione** mediante studi sulle singole specie effettuati nei laboratori della *Banca del Germoplasma Vegetale* dell'Ateneo pavese.

Ad oggi, grazie al connubio tra la ricerca effettuata in Unipv e l'esperienza florovivaistica di *Flora Conservation*, sono state **prodotte** oltre **12.000 piante** appartenenti a circa **50 specie**, che verranno impiegate nel progetto *LIFE* negli anni a seguire. Questa è una chiara dimostrazione di come ricerca e impresa possano trovare reciproco beneficio da strette collaborazioni.

Una scuola europea per lo studio dei semi delle piante



Principal Investigator:
Andrea Mondoni

The Native Seed Science, Technology and Conservation (NASSTEC) è il titolo del progetto multidisciplinare europeo del quale fa parte **Andrea Mondoni**, Ricercatore del *Dipartimento di Scienze della Terra e dell'Ambiente dell'Università di Pavia*, come Principal Investigator del team italiano.

NASSTEC nasce con lo scopo di specializzare 11 studenti di dottorato e 1 ricercatore allo **studio** dei **semi** delle **specie spontanee**, facendo particolare attenzione alle problematiche di conservazione e uso in azioni di recupero e mitigazione ambientale.

Il progetto presenta una forte **connessione** tra **settore pubblico** e **privato**, includendo tra i partner aziende private, università e centri di ricerca. Tra i punti chiave dello studio vi è lo **sviluppo** di una **scuola europea multidisciplinare** di dottorato, che ha l'intento di integrare conoscenze di *botanica, genetica, biologia molecolare, tassonomia, ecologia, biologia dei semi, conservazione delle piante, scienze agronomiche e orticoltura*.

Queste competenze verranno trasferite alle industrie, contribuendo pertanto alla **EU bio-economy**.

L'uso di specie vegetali spontanee in azioni di riqualificazione ambientale è una pratica oggi riconosciuta cruciale per la conservazione della biodiversità. Tuttavia, alcuni problemi legati, per esempio, alla variabilità delle risposte

germinative e di vitalità dei semi delle piante spontanee, rendono difficile l'uso di questo materiale.

La ricerca sviluppata in *NASSTEC* contribuirà a colmare queste lacune, producendo dati sugli aspetti biologici ed ecologici più critici delle piante spontanee e suggerendo le strategie migliori per ottimizzarne l'uso e la diffusione.

Contemporaneamente, i partner industriali metteranno a disposizione la loro esperienza in ambito produttivo, intervenendo sugli aspetti più tecnici e pratici. La sfida di questo progetto è quella di facilitare il dialogo e il trasferimento di conoscenze tra industrie e mondo accademico, al fine di superare gli ostacoli che fin ora impediscono l'uso e la produzione a larga scala di sementi selvatiche di alta qualità per il recupero degli ecosistemi degradati.

Tutto questo è realizzato attraverso attività di ricerca e divulgazione, ma soprattutto creando una rete europea dove i soggetti interessati ai semi delle piante spontanee possano trovarsi ed interagire. *NASSTEC* include **7 membri** (più 8 membri associati) da **4 Paesi Europei**.

Il programma scientifico presenta **12 argomenti di ricerca**, articolati in 3 sottoprogrammi:

- a)** scelta delle specie;
- b)** caratterizzazione biologica ed ecologica dei semi;
- c)** produzione e distribuzione dei semi.

Il gruppo di ricerca:

Museo delle scienze di Trento (MUSE), Coordinatore del progetto (responsabile: dr. Costantino Bonomi; dottorandi: Holly Abbandonato, Emma Ladoucer);
Università degli Studi di Pavia (responsabile: dr. Andrea Mondoni; dottorandi: Malaka Wijayasinghe, Maria Tudela Isanta);
Royal Botanic Gardens, Kew, UK (responsabile: dr. Hugh Pritchard; dottorandi: Cristina Blandino, António da Costa Teixeira);
James Hutton Institute, UK (responsabile: dr. Pietro Iannetta; dottoranda: Erica dello Jacovo);
Scotia Seeds, UK (responsabile: Giles Laverack; dottoranda: Maria Marin);
Semillas Silvestres (responsabile: Candido Galvez; dottoranda: Stephanie Frischie, Matias Hernández González);
Syngenta (responsabile: Frank Lanfermeijer; dottoranda: Laura López del Egido).



“ Ho ottenuto un finanziamento di **486.611 euro** grazie al VII Programma Quadro dell'Unione Europea 2007/2013 – programma specifico Marie Curie Multi-partner Initial Training Network (ITN).
Andrea Mondoni ”

Un laboratorio per la tutela dell'ecosistema alpino



Principal Investigator:
Rocco Tiberti

High-altitude lakes: natural laboratories for the study of eco-evolutionary response to global and local stressors è il titolo del progetto di cui **Rocco Tiberti**, del Dipartimento di Scienze della Terra e dell'Ambiente dell'Università di Pavia, è Principal Investigator e per il quale ha ottenuto per il secondo anno consecutivo un assegno di ricerca premiale e rinnovabile di **25.000 euro** dall'*Ateneo pavese* oltre ad un contributo fornito dall'*Ente Parco Nazionale Gran Paradiso*.

L'acqua proveniente dalle aree montane fornisce molteplici prestazioni ecosistemiche. Tra queste, il rifornimento di **acqua potabile** è certamente un servizio vitale per il **benessere dell'umanità**: la salvaguardia delle quantità di fornitura idrica e delle loro qualità chimiche è un tema prioritario per garantire la salute pubblica. Tuttavia l'utilizzo delle risorse idriche montane come accorgimento economico include importanti **attività finanziarie** come lo sfruttamento idroelettrico e l'allevamento di bestiame in quota, che possono mettere a rischio la fornitura di acqua e la sua qualità.

L'impatto globale delle attività **antropiche** che consistono nell'insieme degli interventi dell'uomo sull'ambiente naturale, con lo scopo di trasformarlo o adattarlo, o anche alterarlo, come nel caso del **cambio climatico** e degli **inquinanti atmosferici**, possono ulteriormente danneggiare la capacità delle aree montane di fornire quantità sufficienti di acqua potabile. Infine, gli ambienti acquatici montani ospitano comunità biotiche, che si riferiscono agli organismi che agiscono sulla vegetazione o su altri processi, con un altissimo valore naturalistico, che devono essere protette da uno sfruttamento eccessivo/non-ecocompatibile delle risorse idriche. In questo contesto, lo studio dell'ecologia dei laghi d'alta quota permette di quantificare l'impatto antropico e di pianificare opportune misure di conservazione/gestione, per tutelare la qualità idrica e la biodiversità di questi ecosistemi.

I laghi d'alta quota sono modelli eccellenti per comprendere la gravità dell'inquinamento causato dalle persone sugli ecosistemi naturali. Spesso i laghi alpini sono ambienti remoti, cioè sono lontani dai molteplici fattori di influenza locale che interagiscono a quote minori, ad esempio in aree agricole, urbane o industriali. Grazie a questa peculiarità, nei laghi montani è spesso possibile studiare gli effetti dei cambiamenti globali in corso senza dover tener conto di contatti locali concomitanti e legati alla presenza umana. Ad esempio, gli effetti dei **cambiamenti climatici** e del **ritiro dei ghiacciai**, o del trasporto di **inquinanti industriali** a lungo raggio possono essere studiati con maggiore facilità in questi ambienti remoti. Inoltre, l'ambiente montano può generare condizioni di isolamento geografico che facilitano i processi micro e macroevolutivi in grado di promuovere la creazione di nuova biodiversità. Per questo motivo i laghi d'alta quota possono ospitare organismi acquatici peculiari come i microcrostacei, con distribuzione localizzata o puntiforme, specializzati per sopravvivere a condizioni climatiche estreme. La presenza documentata o potenziale di tali organismi conferisce ai laghi alpini un alto valore conservazionistico.

In particolare i **laghi** delle **Alpi**, sono minacciati da vari fattori di rischio che agiscono su scala globale con cambio climatico o locale. L'introduzione di pesci (i laghi d'alta quota ne sono naturalmente privi), lo sfruttamento idroelettrico, la fruizione turistica e le attività pastorali sono i principali fattori di rischio locale in grado di alterare il funzionamento degli ecosistemi lacustri montani, di impoverire le comunità biotiche, quindi vitali, presenti e di intaccare la qualità chimica dei laghi (come riserve di acqua potabile).





©Antonello Provenzale - Parco Naturale Mont Avic

La ricerca intrapresa da Rocco Tiberti si propone di **comprendere** il **funzionamento** degli **ecosistemi lacustri d'alta quota** direttamente in natura e di descrivere quanto le attività antropiche siano in grado di alterare il funzionamento e la biodiversità di questi luoghi. Gli studi si svolgono soprattutto all'interno di aree protette come il *Parco Nazionale Gran Paradiso* e il *Parco Naturale Mont Avic*. Tale indirizzo riflette il background scientifico del progetto che comprende numerosi anni di monitoraggio e, in particolare, le conoscenze acquisite nel corso di un grande disegno di conservazione recentemente concluso e promosso dall'Ente Parco Nazionale Gran Paradiso - *PNGP (LIFE+ BIOAQUAE – Biodiversity Improvement Of Aquatic Alpine Ecosystems)*. Il *PNGP* è tuttora uno dei principali partner scientifici del progetto di ricerca e i dati raccolti nel corso del programma *BIOAQUAE* costituiscono una parte significativa del vasto **database** di dati ecologici raccolti durante una campagna di osservazione a lungo termine (2006-2018) sui numerosi laghi d'alta quota.

Il database include *dati geografici, morfometrici, chimico-fisici e biologici* (microbiologici, produzione primaria, comunità planctoniche e di macroinvertebrati, popolazioni di anfibi e di pesci, ecc.). Gli ambiti di ricerca specifici hanno un carattere multidisciplinare e includono sia linee di ricerca applicative che di base:

- **Invasioni Biologiche:** **i)** impatto ecologico dei pesci introdotti nei laghi d'alta quota; **ii)** distribuzione dei pesci introdotti; **iii)** tecniche di eradicazione dei pesci introdotti; **iv)** resilienza ecologica dopo l'eradicazione dei pesci introdotti; **v)** strategie di gestione dei pesci introdotti in alta quota; **vi)** auto-ecologia delle specie invasive; **vii)** risposte eco-evolutive delle prede alla presenza di predatori introdotti; **viii)** indicatori biologici dell'impatto delle specie invasive.
- **Eutrofizzazione:** **i)** impatto delle attività pastorali (transumanza alpina) sugli ecosistemi lacustri d'alta quota (qualità dell'acqua, stato trofico, produzione primaria e batterica); **ii)** impatto della fruizione turistica (i.e. rifugi alpini) sulla qualità dell'acqua.
- **Impatto dello sfruttamento idroelettrico** sulle comunità biotiche e uso dei macroinvertebrati acquatici come bioindicatori di impatto ambientale.
- **Dinamiche a lungo termine:** **i)** variazione a medio-lungo termine delle proprietà chimiche dei laghi d'alta quota; **ii)** variazione a medio-lungo termine delle comunità biologiche dei laghi d'alta quota.
- **Filogenesi e tassonomia dei crostacei planctonici.**
- **Distribuzione verticale delle comunità planctoniche nella colonna d'acqua.**
- **Ritiro dei ghiacciai, ecologia dei laghi proglaciali di neoformazione e successioni ecologiche nei processi di colonizzazione.**

Il gruppo di ricerca:

Rocco Tiberti PI e Phd assegnista; Supervisor: Giuseppe Bogliani (Prof. Unipv); Tesisti: Francesco Buscaglia (MSc, Unipv), Marco Armodi (MSc, Università di Genova), Fabio Ribelli (BSc, Unipv), Federica Manassero (BSc).

Principali collaborazioni esterne:

Parco Nazionale Gran Paradiso (Dr. Bruno Bassano) e Parco Naturale Mont Avic (Dr. Massimo Bocca): supporto logistico durante i campionamenti; Istituto per lo Studio degli Ecosistemi ISE-CNR: analisi chimico-fisiche (laboratorio di Chimica; Dr.a Michela Rogora, Dr. Gabriele Tartari, Dr. Aldo Marchetto), analisi microbiologiche (laboratorio di microbiologia; Dr.a Cristiana Callieri); University of Innsbruck, Austria (Prof. Ruben Sommaruga): studio dell'ecologia dei laghi d'alta quota in connessione con ghiacciai; CEAB-CSIC Blanes, Cataluña, SpVentura): analisi filogenetiche e studio delle invasioni biologiche.







RICERCA
@UNIPV

Università di Pavia
Servizio Comunicazione
Strada Nuova, 65 - Pavia Italy
www.unipv.eu

*in collaborazione con il
Servizio Ricerca e Terza Missione*

Segui @unipavia

