

Università di Cagliari e Fondazione di Sardegna: un percorso comune nella ricerca

UNICApress/ateneo



La Fondazione di Sardegna persegue finalità di interesse pubblico e di utilità sociale. In particolare, promuove lo sviluppo socio-economico della Regione Sardegna. Persegue i suoi scopi, nell'ambito di prestabiliti settori d'intervento, mediante l'assegnazione di contributi o finanziamenti a progetti e iniziative altrui, oppure mediante la promozione di progetti propri e proprie iniziative, anche in collaborazione con altri soggetti.

UNICApres/ateneo

**Università di Cagliari
e Fondazione di Sardegna:
un percorso comune nella ricerca**



Cagliari
UNICApres
2020



Università degli Studi di Cagliari



**Fondazione
di Sardegna**



**REGIONE AUTONOMA
DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA
DELLA SARDEGNA**

La presente pubblicazione è stata realizzata a cura della Direzione per la Ricerca e il Territorio, con la collaborazione di Nives Bertarione e Maria Teresa Scalas. Editing dei testi a cura di Ignazio Sanna. Grafica della copertina a cura di Aldo Vanini.

© Autori dei rispettivi contributi, 2020

Licenza CC-BY-SA 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>)

Questo volume è pubblicato con il contributo della Fondazione di Sardegna.

Cagliari, UNICApres, 2020 (<http://unicapress.unica.it>)

ISBN 978-88-3312-010-2 (versione online)
978-88-3312-011-9 (versione cartacea)

Sommario

Prefazione del Rettore e Prorettore alla Ricerca dell'Università degli Studi di Cagliari <i>Maria Del Zompo e Micaela Morelli</i>	13
Prefazione del Presidente della Fondazione di Sardegna <i>Antonello Cabras</i>	15
Scienze matematiche e informatiche	
GESTA – GEometry, STatistics and Applications <i>Beniamino Cappelletti Montano</i>	17
Equazioni integro-differenziali e problemi non locali <i>Antonio Iannizzotto</i>	22
Algoritmi di approssimazione e applicazioni <i>Luisa Fermo</i>	27
EmILIE - rilevazione di input implicito e di emozioni <i>Lucio Davide Spano</i>	31
Scienze fisiche	
Emissione di luce efficiente da perovskiti ibride organiche-inorganiche <i>Giovanni Bongiovanni</i>	35
Studio di sistemi di accumulo dell'energia termica integrati con processi innovativi di accumulo di energia mediante produzione di metanolo da CO ₂ riciclata e H ₂ da fonti rinnovabili <i>Luciano Burderi</i>	39
Produzione di Quarkonio alle energie di LHC <i>Umberto D'Alesio</i>	41
Approccio multiscala alla fisica della termoelettricità <i>Vincenzo Fiorentini</i>	45
Scienze chimiche	
Materiali molecolari funzionali innovativi per applicazioni in campo ambientale e biomedico <i>Vito Lippolis</i>	49

Materiali funzionali nanostrutturati intelligenti: sintesi, caratterizzazione e interazioni specifiche tra superfici solide e biomacromolecole <i>Maura Monduzzi</i>	56
Complessi di metalli non nobili quali catalizzatori per la riduzione della CO ₂ <i>Luca Pilia</i>	60
Molecole antiossidanti innovative per il settore alimentare e salutistico <i>Carlo Ignazio Giovanni Tuberoso</i>	64
 Scienze della Terra	
Strumenti geologici per l'analisi e la gestione del territorio: approccio multiscala, raccolta di dati integrati e loro rappresentazione cartografica <i>Giovanni De Giudici</i>	67
Caratterizzazione delle risorse geotermiche nella Sardegna meridionale <i>Paolo Valera</i>	72
 Scienze biologiche	
Modifiche nelle funzioni cardiovascolari e nella perfusione cerebrale durante stress combinato da esercizio fisico e da attività mentale in soggetti con patologie metaboliche e rischi cardiovascolari <i>Antonio Crisafulli</i>	77
I neurosteroidi come nuovo biomarcatore predittivo associato ai disturbi del sonno nella malattia di Parkinson <i>Roberto Frau</i>	82
Impatto di specie aliene invasive sugli ecosistemi della Sardegna <i>Antonio Pusceddu</i>	86
Studio del ruolo della neuroinfiammazione nelle patologie psichiatriche: un approccio multidisciplinare <i>Nicola Simola</i>	91
Approccio multidisciplinare per lo studio delle malattie mentali: la lunghezza dei telomeri e l'infiammazione sono parte di uno stesso network? <i>Alessio Squassina</i>	95
Identificazione, progettazione e sviluppo di agonisti di STING come immunomodulanti con attività antivirali ed antitumorali <i>Enzo Tramontano</i>	99
 Scienze mediche	
Studio pilota sugli aspetti omici dell'endometriosi infiltrante <i>Stefano Angioni</i>	103
Ruolo dell'asse TR/T3 nello sviluppo del carcinoma epatocellulare <i>Amedeo Columbano</i>	107
Analisi integrativa dell'impatto dei fattori pre-, peri- e post-natali sul microbiota intestinale e sul metaboloma del neonato <i>Vassilios Fanos</i>	111

Le masse annessiali indeterminate alla valutazione ecografica con l'uso delle IOTA simple rules <i>Stefano Guerriero</i>	114
Approccio integrato con tecniche di imaging e biologiche per la diagnosi precoce del danno cardiovascolare nelle malattie acute e croniche <i>Luca Saba</i>	118
Ingegneria civile ed Architettura	
Città sane e territori intelligenti: il caso della camminabilità urbana <i>Ivan Blečić</i>	123
Interventi di recupero e mitigazione degli impatti ambientali nei siti minerari dismessi (RE-MINE: REstoration and remediation of abandoned MINE sites) <i>Giovanna Cappai</i>	127
(A)PRIS(ON). Proposte per il riuso del patrimonio carcerario dismesso della Sardegna <i>Caterina Giannattasio</i>	133
Impacts of climate change on water resources and floods <i>Francesco Viola</i>	138
Ingegneria industriale e dell'informazione	
Studio di sistemi di accumulo dell'energia termica integrati con processi innovativi di accumulo di energia mediante produzione di metano da CO ₂ riciclata e H ₂ da fonti rinnovabili <i>Roberto Baratti</i>	142
Realizzazione, caratterizzazione e simulazione modellistica di schiume metalliche nanoporose <i>Giacomo Cao</i>	146
Sistemi distribuiti per la gestione ottimizzata delle città e delle reti energetiche intelligenti <i>Alessandro Pisano</i>	151
SUM ² GRIDS, Soluzioni tramite approccio multidisciplinare per il monitoraggio e la gestione intelligente delle reti elettriche di distribuzione <i>Paolo Attilio Pegoraro</i>	156
Scienze dell'antichità filologico-letterarie e storico-artistiche	
Trasmettere il sapere, orientare il comportamento: tipologia linguistica, generi testuali, modelli culturali della prosa educativa <i>Rita Fresu</i>	160
Conoscere il mare per vivere il mare <i>Rossana Martorelli</i>	165
Paesaggi e territorio nella modernità letteraria <i>Mauro Pala</i>	170
Isole <i>Maria Elena Ruggerini</i>	172

Scienze storiche, filosofiche, pedagogiche e psicologiche

- Tracce di cosmopolitismo: migrazioni, memorie e attualità fra Mediterraneo ed Europa 177
Raffaele Cattedra
- Studio prospettico delle basi psicologiche dello sviluppo del bambino e del suo benessere, dall'infanzia all'età prescolare: il ruolo della salute mentale dei genitori 185
Roberta Fadda
- La scienza e le sue logiche, il dilemma della rappresentazione 188
Antonio Ledda
- Strategie e tecnologie per la didattica e la divulgazione scientifica 193
Giuseppe Sergioli
- Oralità, scrittura e potere nell'antichità classica e nell'età medievale e moderna 197
Lorenzo Tanzini

Scienze giuridiche

- Profili giuridici dell'automazione e delle nuove tecnologie. Teoria e pratica dei diritti soggettivi nei nuovi scenari tecnologici 201
Anna Pintore
- Verso la parità di genere: donne nella storia, nelle istituzioni, nel diritto e nella società 205
Maria Virginia Sanna
- Le Agenzie di Rating nel diritto interno, europeo e internazionale 209
Francesco Seatzu

Scienze economiche e statistiche

- Corporate governance, informazione esterna d'impresa e rapporti con i mercati finanziari: un'analisi empirica comparata 211
Andrea Melis
- Fiducia e resilienza in presenza di corruzione 213
Vittorio Pelligra
- La misurazione delle *performance* nelle destinazioni turistiche 217
Romano Piras
- Strategie di hedging per la massimizzazione delle energie rinnovabili 220
Stefano Zedda

Scienze politiche e sociali

- Aree Rurali in Transizione oltre la Crisi Economica. Nuove Imprenditorialità, Agency Giovanile ed Empowerment Comunitario nelle Aree Interne Sarde 223
Ester Cois
- Potere soft della stampa, dei media e di internet nelle politiche nazionali e internazionali degli Stati 228
Barbara Onnis



Questo volume vuole raccontare gli studi condotti dai ricercatori dell'Università degli Studi di Cagliari e finanziati dalla Fondazione di Sardegna, su progetti di ricerca di base. La sua realizzazione nasce dal desiderio di condividere questa proficua collaborazione con un più vasto pubblico, a testimonianza dell'importanza che il sostegno della Fondazione di Sardegna ha per l'Ateneo Cagliaritano.

La politica della Fondazione di Sardegna di riservare una quota delle sue erogazioni alla ricerca di base, che coinvolga tutte le discipline, è lungimirante perché questa ricerca rappresenta la linfa dell'intero sistema della ricerca italiana. Il primo strumento che permette di ottenere i dati preliminari allo sviluppo delle idee più brillanti. Un paese evoluto, oggi, non può permettersi di trascurare la ricerca di base, che ha sempre svolto un ruolo di stimolo per quella orientata ai bisogni dell'industria e da cui derivano le scoperte scientifiche più rilevanti per il suo sviluppo e la sua crescita. La scelta fatta dalla Fondazione di Sardegna è particolarmente illuminata perché riferita alla cenerentola degli investimenti in Italia. Il futuro appartiene ai paesi che garantiscono risorse finanziarie per lo sviluppo della ricerca, libera e creativa, la sola che nel tempo è in grado di assicurare, assieme al progresso scientifico, anche lo sviluppo socio-economico della Società.

I progetti di ricerca presenti in questo volume, selezionati attraverso una valutazione operata da referee esterni, hanno anche favorito, tramite lo stanziamento di assegni e borse di ricerca, la crescita di ricercatori con un livello di conoscenza e di competenza sempre più alto ed hanno aiutato, attraverso seminari e conferenze, la disseminazione della cultura umanistica e scientifica nel territorio sardo. Nel nostro Ateneo operano molte intelligenze che meritano di essere aiutate a coltivare e ad accrescere le loro potenzialità.

Sono presentate inoltre alcune ricerche che hanno goduto di un finanziamento aggiuntivo da parte della Regione Sardegna, che ringraziamo per l'attenzione sempre viva nei confronti dell'Ateneo cagliaritano. L'augurio è che questa sinergia tra Università degli studi di Cagliari, Fondazione di Sardegna e Regione Sardegna possa continuare negli anni, per sostenere con sempre maggior vigore lo sviluppo di questa terra.

Maria Del Zompo, Rettore dell'Università degli studi di Cagliari
Micaela Morelli, Prorettore alla Ricerca dell'Università degli studi di Cagliari

Sono trascorsi oltre venti anni dal primo impegno finanziario della Fondazione in direzione della ricerca scientifica sviluppata in ambito universitario in Sardegna. Oggi siamo giunti a valori che sfiorano un terzo dell'ammontare complessivo delle erogazioni annuali rivolte all'intero territorio regionale. Dal 2015 tutto si svolge in base ad una convenzione Fondazione-Università che regola la dimensione finanziaria, le modalità di individuazione dei progetti meritevoli, le linee guida per settori ed ambiti prioritari. La scelta di pubblicare gli esiti delle ricerche finanziate in un'unica raccolta è quanto mai utile a consentire una valutazione d'insieme dei risultati sia definitivi che parziali degli studi in corso nelle varie discipline. Inoltre con la convenzione si è attribuita alla Università la responsabilità della selezione dei progetti meritevoli di contributo, innovando rispetto al metodo precedente anche in relazione al più importante impegno di risorse raggiunto, e al conseguente ampliamento della base dei candidati beneficiari del sostegno finanziario. In un ambito così ricco di interessi e sollecitazioni, di sensibilità differenti, non è scontato trovare una sintesi capace di ricomprendere tutto. L'accademia ha le sue complessità e non ammette facilmente incursioni del mondo esterno, tuttavia nel corso delle attività che hanno interessato i progetti finanziati si è sempre riusciti, non senza discussioni, a trovare un punto di equilibrio.

Come siamo soliti ripetere non esiste un sistema o una modalità perfetta, ancor più nel campo della ricerca di base, occorre avere una costante disponibilità a migliorare meccanismi e criteri per accrescere la qualità dei risultati. Da un lato sarà il percorso interno al mondo accademico a migliorare ciò che richiede miglioramenti sulla base dell'esperienza fin qui maturata, dall'altro la Fondazione cercherà di procedere con lo stesso spirito con l'obiettivo di rafforzare l'impegno finanziario. La scelta di privilegiare la ricerca di base inoltre ha reso ancora più importante il valore del ruolo svolto dalla Fondazione e dalla Regione per la parte relativa ai suoi contributi. La Sardegna non è ricca di potenziali sostenitori in questo campo, lo Stato svolge il suo compito assicurando purtroppo non quanto servirebbe, il mondo privato come sappiamo in Italia non dedica risorse come gli altri Paesi sviluppati alla ricerca, il ruolo della Regione unito a quello della Fondazione costituisce oggi, e ancor più in futuro una leva decisiva e fondamentale per sostenere e sollevare le sorti della ricerca universitaria sarda. L'auspicio, ma confidiamo nella certezza, è consolidare la collaborazione pluriennale Università-Fondazione negli anni che ci attendono.

Antonello Cabras, Presidente della Fondazione di Sardegna

GESTA – GEometry, STatistics and Applications

Responsabile scientifico: **Beniamino Cappelletti Montano**

Gruppo di ricerca: Gianluca Bande, Beniamino Cappelletti Montano, Andrea Loi, Salvatore Mignemi, Stefano Montaldo, Monica Musio, Sebastiano Pennisi, Maria Paola Piu, Maria Polo, Andrea Ratto, Fabio Zuddas

La storia scientifica dell'ultimo secolo è ricca di interazioni tra la Geometria e altre discipline. Un esempio classico è dato dalla teoria della relatività generale, che ha rivoluzionato la fisica moderna. Nell'elaborarla Einstein ebbe la geniale intuizione che la gravità non fosse il risultato di una azione a distanza tra due corpi (per esempio tra un corpo lasciato cadere e il pianeta Terra), ma, per così dire, della "forma geometrica" dell'universo. Infatti la massa dei corpi tende ad incurvare lo spazio-tempo, proprio come una sfera di piombo farebbe incresparsi un lenzuolo teso alle estremità su cui venga fatto rotolare. In tal modo la curva di minima distanza che unisce due punti non sarà necessariamente rettilinea.

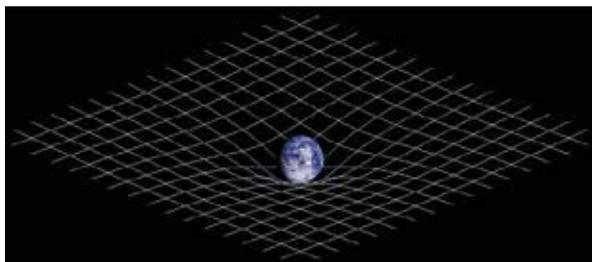
Tale intuizione trovò nella Geometria Riemanniana, in quegli anni sviluppata da eminenti matematici italiani (Luigi Bianchi, Gregorio Ricci-Curbastro, Tullio Levi-Civita, etc.), il linguaggio naturale per la sua formalizzazione. In quest'ottica lo "spazio-tempo" è visto come una varietà 4-dimensionale, munita di una "metrica

pseudo-riemanniana", la cui forma è determinata da un oggetto matematico molto raffinato, chiamato "curvatura". Le equazioni di campo di Einstein non sono altro che equazioni che mettono in relazione la materia, l'energia e la curvatura dello spazio-tempo.

Un altro esempio, ancora più recente, dell'influenza della geometria nella scienza è dato dalle "teorie di gauge" (si veda per esempio [4]), alcune teorie di campo tra cui rientrano come casi particolari il Modello Standard e l'Elettrodinamica Quantistica. Tali teorie non sono altro che la versione "fisica" dello studio della geometria delle connessioni su fibrati principali, oggetti matematici molto profondi, studiati nella geometria differenziale contemporanea.

In questo progetto, finanziato dalla Fondazione di Sardegna e dalla Regione Autonoma della Sardegna, abbiamo esplorato i legami tra due discipline apparentemente molto lontane: Geometria Differenziale e Statistica. Proprio come nella relatività generale lo spazio-tempo viene modellizzato da una varietà (pseudo) riemanniana, nella "Information Geometry" [(1)] si considerano spazi a n -dimensioni i cui punti sono le distribuzioni di probabilità dipendenti da n parametri.

I problemi dell'inferenza statistica trovano la loro formalizzazione naturale nell'ambito della teoria delle probabilità.



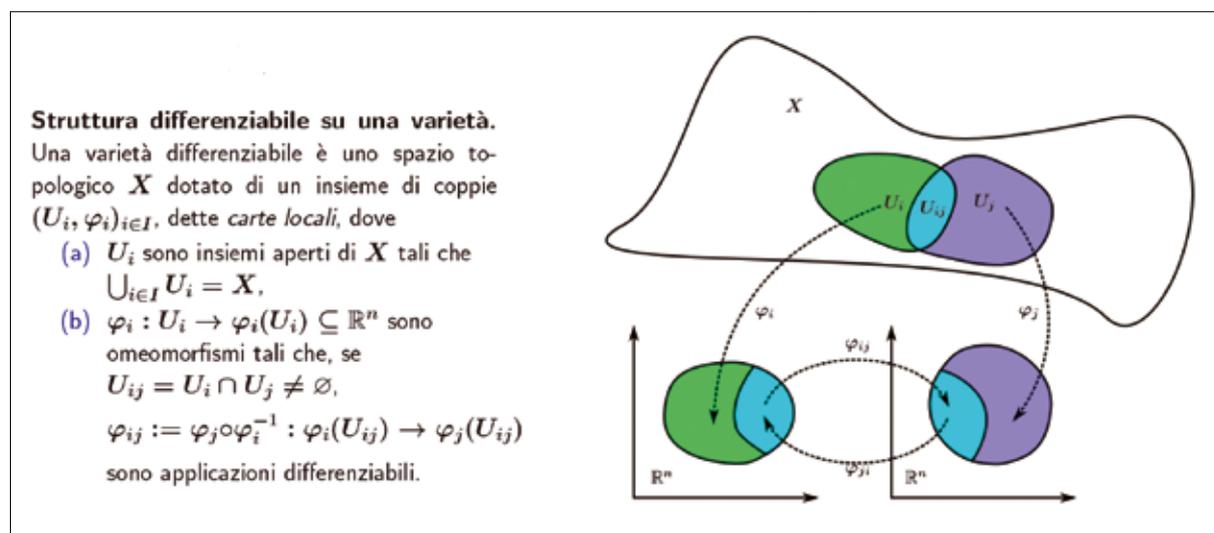
In generale il fenomeno d'interesse è modellizzato come una variabile aleatoria X , che segue una determinata legge di probabilità, la quale è il meccanismo generatore da cui discendono le nostre osservazioni. Nell'inferenza parametrica si suppone di conoscere la forma funzionale di tale meccanismo, ma di non conoscere i valori dei parametri che in essa compaiono. Si ha dunque una intera famiglia di distribuzioni di probabilità, al variare dei valori assunti dai parametri, che definisce il modello statistico di riferimento. L'obiettivo dell'inferenza è dunque quello di risalire da un campione osservato alla distribuzione che lo ha generato, problema che si riconduce alla determinazione della stima (e quindi di uno stimatore) dei parametri incogniti. Per studiare le proprietà di un certo modello statistico parametrico può essere importante conoscerne la "forma", cioè la sua geometria. Questa può essere di aiuto per esempio se si studiano problemi di robustezza che riguardano le variazioni di un modello, o delle sue proprietà (e quindi anche della sua forma) al variare dei valori assunti dai parametri.

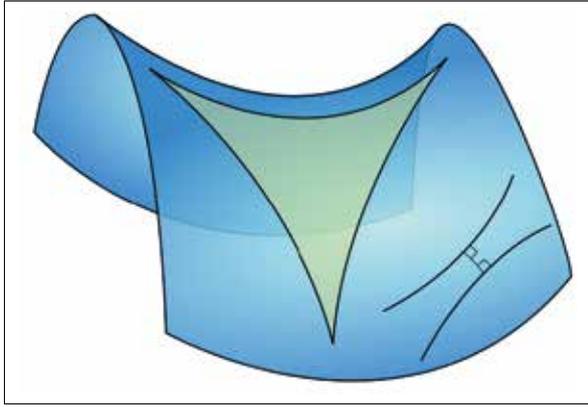
La Geometria dell'Informazione è una branca della Matematica che applica le tecniche della Geometria Differenziale al campo dell'Inferenza Statistica. L'idea è di considerare le distribuzioni di probabilità di un modello statistico come i punti di uno spazio che, nel linguaggio della geo-

metria, si chiama "varietà Riemanniana". Questo tipo di approccio fornisce degli strumenti per trovare una chiave di lettura diversa per lo studio dei modelli statistici, semplicemente considerandoli come oggetti geometrici.

In Geometria Differenziale il concetto di varietà differenziabile (*smooth manifold*) è una generalizzazione del concetto di curva e di superficie in dimensione arbitraria. Così come una curva differenziabile è un oggetto che localmente assomiglia a una retta, o una superficie differenziabile localmente assomiglia a un piano, una varietà n -dimensionale è un oggetto che localmente somiglia allo spazio euclideo. L'aggettivo differenziabile (*smooth*) indica il fatto che questa "somiglianza" locale è definita mediante parametrizzazioni che garantiscono la possibilità di associare univocamente in ogni punto uno *spazio tangente* della stessa dimensione della varietà (come ad esempio una retta tangente a una curva o un piano tangente a una superficie).

Una *varietà Riemanniana* è una varietà differenziabile in cui lo spazio tangente di ciascun punto è dotato di un prodotto scalare che varia in modo liscio al variare del punto. Tale prodotto scalare si chiama *metrica Riemanniana*. Analogamente a quanto accade per gli spazi Euclidei, la presenza di questa metrica permette di parlare di distanza fra punti, lunghezze di curve, angoli e volumi.

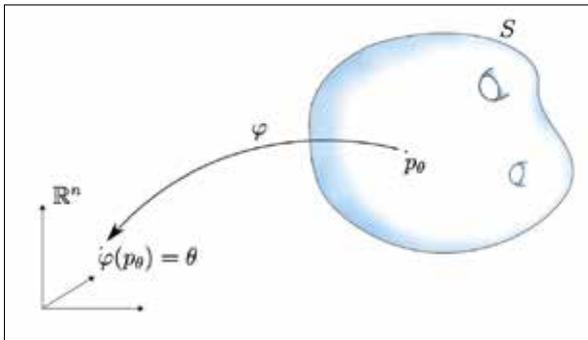




Dato un modello statistico parametrico

$$S = \{p_\theta = p(x|\theta) : \theta = (\vartheta_1, \dots, \vartheta_n) \in \Theta\},$$

dove $x \in \mathcal{X}$ (spazio campionario) e $\Theta \subseteq \mathbb{R}^n$, sia $\varphi: S \rightarrow \mathbb{R}^n$ un'applicazione tale che $\varphi(p_\theta) = \theta$. L'insieme di tali applicazioni $\varphi = (\vartheta_1, \dots, \vartheta_n)$ può essere riguardato come un sistema di coordinate su S , che con tale struttura geometrica è detta *varietà statistica*.



Per esempio, sia $S = \{N(\mu, \sigma^2)\}$ la famiglia di distribuzioni di probabilità normali

$$p(x|\theta) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$$

In questo caso $\mathcal{X} = \mathbb{R}$, $\vartheta_1 = \mu$, $\vartheta_2 = \sigma$ e lo spazio dei parametri è

$\Theta = \{(\mu, \sigma) : \mu \in \mathbb{R}, \sigma > 0\} \subseteq \mathbb{R}^2$. Identificando l'insieme S con Θ mediante l'applicazione $\varphi: S \rightarrow \Theta, N(\mu, \sigma^2) \mapsto (\mu, \sigma)$, si induce su S una struttura di varietà differenziabile bi-dimensionale. Più in generale,

$$p_{\mu, \sigma}(x) = \frac{1}{\sqrt{(2\pi\sigma)^n}} \exp\left(-\frac{1}{2\sigma^2} \sum_{i=1}^n (x_i - \mu_i)^2\right)$$

sono punti di una varietà statistica di dimensione $n+1$.

Ma in quale misura possiamo dire che una distribuzione di probabilità è più o meno distante da un'altra? Per rispondere a tale domanda si prova l'esistenza, in ogni varietà statistica, di un oggetto che in Geometria viene chiamato *metrica Riemanniana*, che svolge il ruolo in uno spazio curvo di quella che nel comune spazio tri-dimensionale comunemente chiamiamo distanza. Dato un sistema statistico parametrico S , esiste una matrice $G(\theta) = (g_{ij}(\theta))_{ij}$ con n righe e n colonne, chiamata *matrice dell'informazione di Fisher* di S in θ , le cui entrate sono data da

$$g_{ij}(\theta) = \mathbf{E}_\theta \left(\frac{\partial \log(p(x|\theta))}{\partial \vartheta_i} \frac{\partial \log(p(x|\theta))}{\partial \vartheta_j} \right)$$

La matrice $G(\theta)$ è definita positiva e quindi induce una metrica Riemanniana g sulla varietà statistica, che così si arricchisce della struttura di varietà Riemanniana.

Nel caso del modello Normale la matrice di Fisher, nel sistema di coordinate $\theta = (\mu, \sigma)$, è data da

$$\begin{pmatrix} \frac{1}{\sigma^2} & 0 \\ 0 & \frac{1}{2\sigma^2} \end{pmatrix}$$

In tal caso si può vedere che la curvatura Gaussiana di questo spazio è una costante negativa, pertanto esso si può visualizzare come un modello di geometria non Euclidea iperbolica come rappresentato in figura



La curvatura relativa alla metrica di Fisher è ampiamente utilizzata in inferenza parametrica per lo studio delle proprietà asintotiche di ordine superiore degli stimatori. L'inversa di $G(\theta)$ determina il comportamento asintotico dello stimatore di massima verosimiglianza quando il numero di campioni tende all'infinito. La metrica di Fisher permette inoltre di studiare delle *connessioni* canoniche su una varietà statistica, un oggetto geometrico in grado di fissare un concetto di parallelismo in spazi curvi, e quindi di studiare il concetto di *curvatura* e di *geodetica*. A tali concetti geometrici restano associati altrettanti concetti dal punto di vista statistico e della teoria dell'informazione. In Statistica Bayesiana, per esempio, una *distribuzione a priori* corrisponde ad una *forma di volume* della varietà Riemanniana associata. La teoria può essere estesa nell'ambito decisionale dando origine alla *Decision Geometry* [cfr. (3)]. In tale contesto la *distanza di Kullbach-Leibler* (legata alla metrica di Fisher) viene sostituita da una divergenza (la Bregman, la divergenza di Hyvarinen sono dei possibili esempi), mentre la funzione di log-verosimiglianza viene sostituita da una più generale funzione di punteggio propria. Queste *proper scoring rules* hanno importanti proprietà locali che

possono essere messe in luce dalla corrispondente struttura geometrica. Una delle linee di ricerca del progetto è stata proprio l'utilizzo di tali strumenti in statistica direzionale.

D'altra parte, la matrice dell'informazione di Fisher e la connessione canonica ad essa associata consentono di "astrarre" il concetto di varietà statistica, generalizzando la definizione come segue: una varietà statistica è una varietà Riemanniana (M,g) munita di una connessione ∇ tale che la derivata covariante della metrica ∇g sia un tensore simmetrico. Tale approccio, benché possa apparire eccessivamente astratto, presenta diversi vantaggi, tra cui l'opportunità di studiare la "geometria statistica" di importanti classi di varietà Riemanniane quali le varietà Kähleriane, Sasakiane e di Vaisman [cfr. (2)], nonché la possibilità di applicare al contesto delle varietà statistiche alcune tecniche della topologia e della teoria delle immersioni. Soffermandoci, per ragioni di spazio, su quest'ultimo aspetto, il gruppo di ricerca ha per esempio introdotto una nozione di "robustezza topologica" e dimostrato diversi risultati a riguardo. Il ben noto concetto di robustezza, in senso statistico, dunque viene accostato allo studio della "forma" geometrica della varietà statistica in questione.

Bibliografia

1. Amari S, Nagoka H. *Methods of information geometry*. Providence, RI: American Mathematical Society. Oxford: Oxford University Press, 2000.
2. Boyer C, Galicki K. *Sasakian geometry*. Oxford: Oxford University Press, 2008.
3. Dawid AP, Lauritzen SL, *The geometry* of decision theory. *Proceedings of the Second International Symposium on Information Geometry and its Applications*, University of Tokyo, 2005: 22-28.
4. Naber G. *Topology, geometry, and gauge fields: interactions*. New-York: Springer, 2011.

Beniamino Cappelletti Montano, laureato a Bari nel 2001, è dal 2014 Professore associato di Geometria presso il Dipartimento di Matematica e Informatica dell'Università degli Studi di Cagliari. Nel 2018 ha conseguito l'abilitazione scientifica nazionale alle funzioni di professore ordinario. Dal 2019 è direttore dell'Unità di Ricerca di Cagliari dell'INDAM (Istituto Nazionale di Alta Matematica). Autore di circa 40 pubblicazioni su temi riguardanti la geometria differenziale, ha trascorso vari periodi di studio e ricerca in va-

rie università e centri di ricerca esteri ed è stato invitato a tenere corsi e seminari in vari connessi internazionali (Germania, Spagna, Portogallo, ecc.). Ha svolto attività di valutazione di progetti di ricerca per conto delle agenzie di erogazione dei fondi di ricerca di vari Paesi, ed è stato revisore di tesi di dottorato e membro di commissioni giudicatrici per l'attribuzione del titolo di Dottore di Ricerca presso diversi atenei. Nel triennio 2015-2018 è stato membro del Nucleo di Valutazione dell'Università di Cagliari.

Equazioni integro-differenziali e problemi non locali

Responsabile scientifico: **Antonio Iannizzotto**

Gruppo di ricerca: Claudia Anedda, Lucio Cadeddu, Fabrizio Cuccu, Francesco Demontis, Antonio Greco, Monica Marras, Cornelis Van der Mee, Giuseppe Viglialoro

Exegi monumentum aere perennius.
(Orazio, Odi III.30.1)

Il progetto di ricerca biennale “Integro-Differential Equations and Non-Local Problems”, finanziato dalla Fondazione di Sardegna, si svolge nel periodo 2018-2019 ed è pertanto arrivato oggi circa a metà della sua realizzazione.

Il progetto coinvolge nove docenti del Dipartimento di Matematica e Informatica dell’Università degli Studi di Cagliari, incardinati nei settori scientifico-disciplinari Analisi Matematica (Claudia Anedda, Lucio Cadeddu, Fabrizio Cuccu, Antonio Greco, Antonio Iannizzotto, Monica Marras, Giuseppe Viglialoro) e Fisica Matematica (Francesco Demontis, Cornelis van der Mee) e concerne tematiche di matematica pura e i loro collegamenti con le scienze applicate.

Descrizione scientifica

Il progetto di ricerca è incentrato sui *problemi non locali*, una locuzione che in matematica indica quelle equazioni in cui la dinamica (generalmente di tipo diffusivo) della funzione incognita, in un punto della regione spaziale studiata, dipende non solo dai valori che tale funzione assume in punti “vicini” ma anche dai valori che essa assume in punti “lontani” dello spazio, o dalle caratteristiche globali della funzione.

Tipicamente, la formalizzazione matematica di un problema non locale condu-

ce a un’*equazione integro-differenziale*, in cui compaiono sia operatori differenziali (che descrivono la dinamica del problema) sia termini integrali (portatori delle informazioni sintetiche sulle caratteristiche globali del problema). Due casi di particolare interesse sono le *equazioni di tipo Kirchhoff* (con uno o più termini integrali moltiplicati per l’operatore differenziale) e le *equazioni differenziali frazionarie* (in cui la diffusione è descritta da un operatore differenziale di ordine frazionario, che combina derivate e integrali).

I problemi non locali sono di grande interesse in varie discipline, principalmente nello studio delle interazioni a lungo raggio: per esempio, in meccanica quantistica la distribuzione di probabilità che descrive il movimento delle particelle si può rappresentare mediante un’equazione di Schrödinger frazionaria; la diffusione della luce in atmosfere planetarie mediante un’equazione integro-differenziale; fenomeni chimico-biologici come la chemiotassi mediante sistemi di equazioni paraboliche con termini non locali; e anche nelle scienze sociali (finanza, teoria dei giochi) emergono modelli basati sui processi stocastici di Lévy, il cui generatore infinitesimale è il laplaciano frazionario.

Motivati da queste applicazioni, oltre che dall’intrinseco interesse matematico dei problemi non locali, i ricercatori afferen-

ti al progetto *Integro-Differential Equations and Non-Local Problems* studiano, lavorando singolarmente o in gruppi, vari tipi di equazioni integro-differenziali articolati in diverse aree, che possono essere sinteticamente descritte come segue:

1. *Esistenza e molteplicità per equazioni ellittiche non locali.* Applicazione della teoria spettrale e della teoria di Morse a equazioni integro-differenziali di ordine frazionario; equilibrio di membrane elastiche mediante equazioni ellittiche con comportamento sulla frontiera descritto da un operatore frazionario.
2. *Ottimizzazione in problemi non locali.* Ottimizzazione del funzionale dell'energia per equazioni di Poisson frazionarie su domini simmetrici; ottimizzazione dei primi autovalori del problema agli autovalori frazionario rispetto a una funzione peso.
3. *Proprietà qualitative per problemi parabolici con termini non locali.* Stabilità delle soluzioni di sistemi di Keller-Segel con termini di sorgente non locali. Comportamento asintotico delle soluzioni di equazioni paraboliche con diffusione frazionaria.
4. *'Inverse scattering' per equazioni di Schrödinger non locali.* Metodo delle perturbazioni e integrabilità per equazioni non lineari di Schrödinger con termini non locali o diffusione frazionaria.

Risultati ottenuti

I risultati già ottenuti, in questo primo anno di lavoro scientifico, dai ricercatori afferenti al progetto *Integro-Differential Equations and Non-Local Problems*, sono contenuti in 19 pubblicazioni apparse in riviste di livello internazionale, o attualmente in fase di esame, alcune delle quali scritte col contributo di collaboratori esterni.

Fra i più pertinenti al progetto, menzioniamo almeno i seguenti risultati:

1. A. Iannizzotto, in collaborazione con S. Mosconi e M. Squassina, ha dimostrato che le soluzioni di equazioni imperniate sul p -laplaciano frazionario hanno regolarità hölderiana pesata rispetto a una potenza della distanza dalla frontiera del dominio (10);

2. A. Greco, in collaborazione con V. Mascia, ha dimostrato risultati di esistenza, confronto e simmetria radiale per problemi frazionari con reazione sublineare (8);
3. C. Anedda e F. Cuccu, in collaborazione con S. Frassu, hanno dimostrato un risultato di ottimizzazione per il primo autovalore del laplaciano frazionario rispetto al peso in classi di riarrangiamento (1);
4. M. Marras e G. Viglialoro, in collaborazione con N. Pintus, hanno dimostrato una stima inferiore per il tempo di esistenza della soluzione di un'equazione dei mezzi porosi con un termine non locale (15);
5. F. Demontis e C. van der Mee hanno determinato una soluzione senza riflessione per l'equazione di Schrödinger non lineare (4).

Altri risultati, attinenti alle tematiche del progetto, sono stati ottenuti nelle pubblicazioni (2, 3, 5-7, 9, 11-14, 16-19).

Risultati attesi

La ricerca in matematica ha tempi lunghi ed esiti difficilmente prevedibili, poiché ogni congettura per quanto sensata può richiedere anni di lavoro per essere dimostrata o celare insidiose trappole logiche, e lo studio può portare a risultati del tutto diversi da quelli attesi. L'inconveniente di questo tipo di ricerca è che una dimostrazione incompleta equivale a nessuna dimostrazione, ma la ricompensa è un risultato di validità perenne.

I ricercatori afferenti al progetto *Integro-Differential Equations and Non-Local Problems* sono attualmente al lavoro su diversi temi, e per i motivi citati sopra è prematuro annunciarne i risultati finali; pertanto, il seguente elenco di risultati attesi è da considerarsi, al momento, meramente congetturale:

1. In virtù del risultato di regolarità precedentemente ottenuto, si intende dimostrare un risultato di coincidenza fra i minimi locali del funzionale dell'energia di un problema non locale in due diverse topologie, un risultato cioè tecnico ma

che consentirebbe l'applicazione a tali problemi della teoria spettrale e della teoria di Morse.

2. Il problema di Ventsel, relativo all'equilibrio di membrane sottili e usualmente associato a un operatore ellittico di tipo locale in un dominio euclideo, si può riformulare mediante un'equazione di tipo frazionario su una varietà differenziabile, conducendo così a un nuovo approccio per lo studio dell'esistenza e dell'unicità della soluzione.
3. Si è osservato che l'aggiunta di un termine non locale all'equazione di Schrödinger non lineare fa sì che il problema perda la sua caratteristica di essere integrabile, d'altra parte lo rende idoneo a descrivere il transito dei segnali lungo fibre ottiche, il che suggerisce di elaborare un nuovo approccio per la risoluzione dell'equazione.

Attività e impiego dei fondi

Un'altra caratteristica della ricerca matematica è che essa, di solito, non richiede laboratori o costose attrezzature: analogica nei mezzi e comunitaria per vocazione, questa particolare forma di lavoro intellettuale riduce quasi interamente le sue necessità economiche alla spesa necessaria per radunare i matematici in una sola stanza.

Il contributo erogato dalla Fondazione di Sardegna è stato ed è fondamentale per lo svolgimento del progetto di ricerca *Integro-Differential Equations and Non-Local Problems*.

Della somma accordata al gruppo di ricercatori, una parte minoritaria è stata destinata all'acquisto di un piccolo fondo librario (che sarà collocato presso la biblioteca del Dipartimento di Matematica e Informatica) e di un computer portatile per le necessità del gruppo, mentre la maggior parte è stata impiegata per rendere possibili l'incontro di ricercatori e lo scambio di idee.

Grazie a questo contributo, i ricercatori afferenti al progetto hanno potuto partecipare a importanti congressi internazionali quali: *12th AIMS Conference on Dynamical Systems Differential Equations and Applica-*

tions (Taipei, 5-9 luglio 2018), *UMI-SIMAI-PTM Joint Meeting* (Breslavia, 17-20 settembre 2018), *Imagine Math 7 - Mathematics and Culture* (Venezia, 29-31 marzo 2019).

Inoltre, hanno invitato diversi eminenti studiosi a visitare l'Università di Cagliari: fra questi ricordiamo V. Staicu, M. Sommacal, C. Enache (altre visite sono previste per i prossimi mesi).

Ma l'iniziativa più importante, tra quelle intraprese nell'ambito del progetto, è l'organizzazione del convegno *Partial Differential Equations in Analysis and Mathematical Physics*, che si terrà a Santa Margherita di Pula fra il 30 maggio e l'1 giugno 2019 e che radunerà in Sardegna circa cinquanta studiosi fra i quali molti giovani emergenti nel campo delle equazioni alle derivate parziali, oltre a contare sull'apporto di matematici affermati quali J.A. Carrillo de la Plata, G. Falqui, S. Lombardo, F. Pacella, S. Terracini e V. Vespri in qualità di oratori plenari.

Il convegno si avvale anche dei contributi dell'Università di Cagliari e dell'INDAM-GNAMPA.

**Partial Differential Equations
in Analysis and
Mathematical Physics**

May 30 - June 1, 2019
Santa Margherita di Pula (Hotel Flamingo), Sardinia, Italy
<http://sites.unica.it/pdeamp/>

Plenary speakers:
José Antonio Carrillo de la Plata (Imperial College of London, UK)
Gregorio Falqui (Università di Milano Bicocca, Italy)
Sara Lombardo (Loughborough University, UK)
Filomena Pacella (Università di Roma La Sapienza, Italy)
Susanna Terracini (Università di Torino, Italy)
Vincenzo Vespri (Università di Firenze, Italy)

Organizing committee:
Claudia Anedda, Lucio Cadeddu, Fabrizio Cuccu, Francesco Demontis, Antonio Greco,
Antonio Iannizzotto, Monica Marras, Cornelis Van der Mee, Giuseppe Vigliani

 Dipartimento di Matematica e Informatica
  Istituto Nazionale di Alta Matematica "Francesco Severi"

 Università degli Studi di Cagliari
  Fondazione di Sardegna

I membri del gruppo confidano che questo congresso si rivelerà una preziosa occasione per lo scambio di idee scientifiche su problemi di frontiera e un'importante

vetrina per la ricerca che si svolge in Analisi Matematica e Fisica Matematica presso l'Università di Cagliari e in Sardegna, sia ad opera dei docenti che dei giovani studiosi.

Bibliografia

1. Anedda C, Cuccu F, Frassu S. Minimization and Steiner symmetry of the first eigenvalue for a fractional eigenvalue problem with indefinite weight. Preprint, 2019.
2. Benevieri P, Iannizzotto A. Eigenvalue problems for Fredholm operators with set-valued perturbations. Preprint, 2019.
3. Cadeddu L. Mathematics and Oenology: Exploring an Unlikely Pairing. In: Sriraman B. Handbook of the Mathematics of the Arts and Sciences. New York: Springer, 2019.
4. Demontis F, van der Mee C. Reflectionless solutions for square matrix NLS with vanishing boundary conditions. *Mathematical Physics, Analysis and Geometry*, 2019.
5. Frassu S, Iannizzotto A. Strict monotonicity and unique continuation for general non-local eigenvalue problems. *Taiwanese J Math*, 2019.
6. Greco A. An overdetermined problem for the infinity-Laplacian around a set of positive reach. *Analysis, München* 2019; 38(4): 155-165.
7. Greco A. Bernoulli's problem for the infinity-Laplacian near a set with positive reach. *Symmetry*, 2019; 11: 472.
8. Greco A, Mascia V. Non-local sublinear problems: existence, comparison, and radial symmetry. *Discrete Contin Dyn Syst*, 2019; 39: 503-519.
9. Iannizzotto A, Marras M, Papageorgiou NS. Constant sign and nodal solutions for nonhomogeneous Robin boundary value problems with asymmetric reactions. *Electron. J Qual Theory*, 2018; 71: 1-22.
10. Iannizzotto A, Mosconi S, Squassina M. Fine boundary regularity for the degenerate fractional p -Laplacian. Preprint, 2018.
11. Iannizzotto A, Staicu V. Existence and multiplicity results for partial differential inclusions via non smooth local linking. Preprint, 2019.
12. Lankeit J, Viglialoro G. Global existence and boundedness of solutions to a chemotaxis consumption model with singular sensitivity. *Acta Appl Math*, 2019.
13. Li T, Pintus N, Viglialoro G. Properties of solutions to porous medium problems with different sources and boundary conditions. *Z Angew Math Phys*, 2019; 70; 3: 86.
14. Marras M, Nishino T, Viglialoro G. A refined criterion and lower bounds for the blow-up time in a parabolic-elliptic chemotaxis system with nonlinear diffusion. *Discrete Cont Dyn Syst Ser S*, 2019.
15. Marras M, Pintus N, Viglialoro G. On the lifespan of classical solutions to a non-local porous medium problem with nonlinear boundary conditions. *Discrete Cont Dyn Syst Ser S*, 2019, in stampa.
16. Viglialoro G. Global existence in a two-dimensional chemotaxis-consumption model with weakly singular sensitivity. *Appl Math Lett*, 2019; 91: 121-127.
17. Viglialoro G. Global in time and bounded solutions to a parabolic-elliptic chemotaxis system with nonlinear diffusion and signal-dependent sensitivity. *Appl Math Optim*, in stampa.
18. Viglialoro G. Explicit lower bound of blow-up time for an attraction-repulsion chemotaxis system. Preprint, 2019.
19. Viglialoro G, Woolley TE. Solvability of a Keller-Segel system with signal-dependent sensitivity and essentially sublinear production. *Appl Anal*, 2019; in stampa.

Antonio Iannizzotto (Firenze, 1977), ha conseguito la Laurea in Matematica nel 2002 e il Dottorato di Ricerca in Matematica nel 2008 presso l'Università degli Studi di Catania, sotto la supervisione del Prof. B. Ricceri. Dal 2009 al 2014 è stato titolare di diversi assegni di ricerca presso le Università di Catania e Verona. Nel 2013 ha conseguito l'abilitazione nazionale al ruolo di Professore associato, e nel 2014 ha preso servizio in questo ruolo presso il Dipartimento di Matematica e Informatica dell'Università degli Studi di Cagliari.

La sua attività di ricerca si svolge nell'area dell'analisi non lineare e comprende lo studio di equazioni differenziali ordinarie o alle derivate parziali, inclusioni differenziali, equazioni alle differenze finite, equazioni integro-diffe-

renziali con operatori frazionari (quest'ultimo è il tema principale del suo lavoro attuale). È autore di 45 pubblicazioni, sia a nome singolo che in collaborazione con studiosi italiani e stranieri.

Ha tenuto corsi di Analisi Matematica, Matematica Generale e Teoria dei Giochi presso le Università di Catania, Messina e Cagliari, ed è *tutor* di un'allieva del Dottorato di Ricerca in Matematica presso l'Università di Cagliari.

Ha partecipato a più di 30 congressi internazionali e ne ha organizzati diversi, ed è stato visitatore di varie Università in Italia e in Europa.

È responsabile dell'Unità di Ricerca di Cagliari nel progetto PRIN *Nonlinear Differential Problems via Variational, Topological and Set-Valued Methods* (coordinatore nazionale Prof. G. Bonanno).

Algoritmi di approssimazione e applicazioni

Responsabile scientifico: **Luisa Fermo**

Gruppo di ricerca: Federica Bomboi, Salvatore Carta, Anna Concas, Patricia Diaz de Alba, Massimo Di Francesco, Cecilia Di Ruberto, Gianni Fenu, Enrico Gorgone, Daniela Lera, Simona Mancini, Giuseppe Rodriguez, Roberto Tonelli, Paola Zuddas

Il progetto "Algorithms for Approximation with Applications [Acube]", finanziato dalla Fondazione di Sardegna e inquadrato nel settore ERC "PE1 Matematica", si propone il raggiungimento di due obiettivi principali. Da una parte lo sviluppo e l'approfondimento di strumenti della teoria dell'approssimazione e dell'algebra lineare; dall'altra lo sviluppo di algoritmi veloci, affidabili e di alta precisione per approssimare la soluzione dei modelli matematici che descrivono fenomeni di interessi pratici.

Per la sua natura interdisciplinare, il progetto vede la partecipazione di 11 membri strutturati di vari gruppi di ricerca del Dipartimento di Matematica e Informatica dell'Università di Cagliari: Analisi Numerica (Luisa Fermo, Daniela Lera, Giuseppe Rodriguez) Ricerca Operativa (Massimo Di Francesco, Enrico Gorgone, Simona Mancini, Paola Zuddas) e Informatica (Salvatore Carta, Cecilia Di Ruberto, Gianni Fenu, Roberto Tonelli).

Al team si aggiungono due dottorande (Federica Bomboi e Anna Concas) e la dott.ssa Patricia Diaz de Alba, vincitrice della borsa di ricerca semestrale "Numerical treatment of integral equations related to problems in applied geophysics", che è stata attivata proprio grazie al contributo della Fondazione di Sardegna.

Oltre all'attivazione di tale borsa di ricerca, a un anno dalla realizzazione del pro-

getto è stata organizzata la sesta edizione del convegno internazionale "International Workshop on Analysis and Numerical Approximation of Singular Problems (IWANASP18)", che si è svolto presso la Cittadella dei Musei di Cagliari nei giorni 4-6 settembre 2018. Sono state, inoltre, finanziate le visite di tre professori visitatori, il Prof. Yuesheng Xu della Old Dominion University (USA), la Prof.ssa Donatella Occorsio dell'Università della Basilicata e la Prof.ssa Valeria Paoletti dell'Università di Napoli.

In merito alla natura scientifica del progetto, le sue finalità specifiche si suddividono principalmente in quattro linee. I risultati ad oggi conseguiti sono contenuti in articoli scientifici pubblicati, o sottomessi per la pubblicazione, su riviste a diffusione internazionale e sono stati presentati a convegni internazionali, la partecipazione ai quali è stata possibile anche grazie al contributo della Fondazione di Sardegna.

La prima linea di ricerca riguarda lo sviluppo di algoritmi per approssimare la soluzione di specifiche equazioni integrali, ossia equazioni la cui funzione incognita compare anche sotto il segno di integrale. L'interesse verso queste equazioni è notevolmente cresciuto negli ultimi anni a causa della vastità dei problemi ingegneristici e scientifici nei quali esse intervengono, come ad esempio nei modelli integrali lineari e

non lineari tipici della diagnostica medica e della geofisica applicata. Nello specifico sono stati sviluppati metodi numerici stabili e convergenti per determinate equazioni singolari di Cauchy definite sul quadrato (8), che intervengono nella modellizzazione matematica di problemi relativi all'aerodinamica e all'elasticità; per l'equazione univariata di Love (9), che è indispensabile per descrivere la capacità di alcuni condensatori; e per delle specifiche equazioni bivariate di Volterra (7). Queste ultime intervengono nella risoluzione numerica del problema ai valori iniziali associato all'equazione di Korteweg-de-Vries che governa la propagazione delle onde in acque profonde. In merito ai modelli lineari e non lineari della geofisica applicata (4, 5), l'esperienza maturata dal gruppo nella risoluzione di problemi inversi ha portato allo sviluppo di un software per l'elaborazione di dati elettromagnetici a bassa frequenza, che vengono utilizzate per indagini non invasive del terreno. Il software è stato utilizzato per indagare sulla presenza di acqua salmastra nei terreni prospicienti lo stagno di Molentargius (Cagliari). La Figura 1 mostra una delle elaborazioni effettuate.

I partecipanti al progetto sono anche impegnati nello sviluppo di metodi di ottimizzazione in termini di formalizzazione di modelli appropriati, analisi delle loro proprietà teoriche, sviluppo di approcci algoritmici innovativi, implementazione, test e validazione. In quest'ambito da una parte si cerca di mettere a punto algoritmi per minimizzare funzioni lipschitziane e holderiane in più dimensioni; dall'altro di modellizzare e risolvere problemi di "drayage" come ad esempio quello di una flotta di camion che deve spedire carichi di container da un porto agli importatori e dagli esportatori allo stesso porto, senza separare camion e container durante il servizio clienti (6, 10).

La terza linea di ricerca ha l'obiettivo di sviluppare metodi per approssimare le dinamiche che avvengono nelle reti complesse, oggi utilizzate per modellizzare sistemi importanti del mondo reale nelle telecomunicazioni, in biologia, nei software e nelle scienze sociali. Ad oggi l'attività di ricerca ha riguardato la modellizzazione della rete complessa delle transazioni Bitcoin sulla Blockchain, ossia una infrastruttura condivisa globale, in cui le transazioni di criptovaluta tra gli indirizzi sono registra-

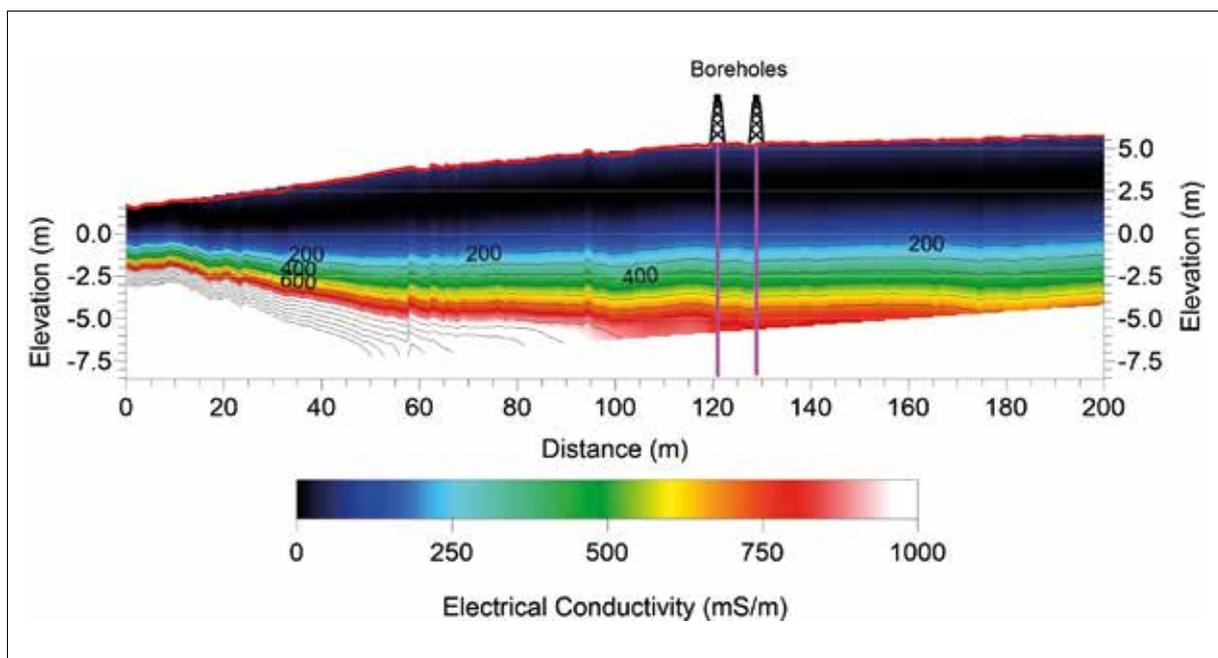


Fig. 1. Conduttività elettrica del suolo a varie profondità, ricavata da dati EMI raccolti nei terreni prospicienti lo stagno di Molentargius (Cagliari).

te, convalidate e rese disponibili in una rete peer-to-peer (14) e si sono analizzate le attività di ingegneria del software relative alle ICO (Initial Coin Offering) (11). Nell'ambito delle reti sociali si è condotta una ricerca che ha portato allo sviluppo di un algoritmo spettrale destinato ad approssimare grafi bipartiti, ma che si è mostrato efficace anche per rilevare la presenza in una rete di un'anticomunità, ossia di un gruppo di individui che comunicano prevalentemente con altri gruppi, ma non tra loro (2).

Ultima linea di ricerca è lo sviluppo di tecniche di approssimazione per la visione artificiale (nota anche come computer vision). Tra le varie finalità vi è lo studio del photometric stereo, tecnica che consente di ottenere modelli 3D virtuali a partire da immagini fotografiche. È stato studiato un algoritmo in grado di applicare tale metodologia anche in assenza di informazioni precise sulla posizione delle fonti luminose, che sono invece richieste nella tecnica tradizionale. La Figura 2 è la rappresentazione 3D di una stele Tolemaica del primo secolo prima di Cristo, ottenuta nell'ambito



Fig. 2. Ricostruzione 3D di una stele Tolemaica del primo secolo prima di Cristo, conservata presso il Museo Egizio di Torino.

di una collaborazione col Museo Egizio di Torino (3). È stato, inoltre, affrontato lo studio dell'analisi di immagini di campione di sangue periferico affetto da malaria (12,13), si è realizzato un sistema automatico per il riconoscimento di leucociti basato su tecniche di computer vision (15) e si è realizzato un plugin open source in ImageJ per l'analisi e la classificazione di immagini di semi di piante (1).

Bibliografia

1. Campanile G, Di Ruberto C, Loddo A. An Open Source Plugin for Image Analysis in Biology. In: Proceedings – 2019 IEEE 28th International Conference on Enabling Technologies: Infrastructure for Collaborative Enterprises, WETICE 2019; Napoli, 12-14 giugno 2019. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc, 2019; 162-167.
2. Concas A, Noschese S, Reichel L, et al. A spectral method for bipartizing a network and detecting a large anti-community. *J Comput Appl Math*, 2019, in stampa, doi:10.1016/j.cam.2019.06.022.
3. Concas A, Dessì R, Fenu C, et al. Identifying the lights position in photometric stereo under unknown lighting. *ArXiv*: 1809.06933, 2018.
4. Deidda GP, Díaz de Alba P, Rodriguez G, et al. Inversion of multi-configuration complex EMI data with minimum gradient support regularization. *Math. Geosci*, 2020, in stampa, doi:10.1007/s11004-020-09855-4.
5. Diaz de Alba P, Fermo L, Rodriguez G. Recovering the electrical conductivity of the soil via a linear integral model. *J Comput Appl Math*, 2019; 352: 132-145.
6. Di Francesco M, Gentile C, Schirra S, et al. An integral LP relaxation for a drayage problem. *Discrete Optim*, 2019; 31: 93-102.
7. Fermo L, Van Der Mee C, Seatzu S. A numerical method to compute the Scattering solution for the KdV equation. *Applied Numerical Mathematics*, 2020; 149: 3-16.

8. Fermo L, Russo MG, Serafini G. Numerical methods for Cauchy Bisingular Integral Equations of the first kind on the square. *J Sci Comput*, 2019; 79: 103-127.
9. Fermo L, Russo MG, Serafini G. Numerical treatment of the generalized Love integral equation. *Proposto per la stampa*, 2019.
10. Ghezelsoflu A, Di Francesco M, Zuddas P, et al. A Price-and-Branch algorithm for a drayage problem with heterogeneous trucks. *Electron Notes Discrete Math*, 2018; 69: 237-244.
11. Ibba S, Pinna A, Lunesu M, et al. Initial coin offerings and agile practices. *Future Internet*, 2018; 10: 103.
12. Loddo A, Di Ruberto C, Kocher M. Recent advances of malaria parasites detection systems based on mathematical morphology. *Sensors*, 2018; 18: 1-21.
13. Loddo A, Di Ruberto C, Kocher M, et al. MP-IDB: The Malaria Parasite image database for image processing and analysis. In: Lepore N, Brieva J, Romero E, Racoceanu D, Joskowicz L. *Processing and Analysis of Biomedical Information*. Springer, 2019; 11379: 57-65.
14. Pinna A, Tonelli R, Orrú M, et al. A Petri nets model for blockchain analysis. *The Computer Journal*, 2018; 61: 1374-1388.
15. Porcu S, Loddo A, Putzu L, et al. White Blood Cells Counting Via Vector Field Convolution Nuclei Segmentation. In: Tremeau A, Imai F, Braz, J, *Proceedings of the 13th International Joint Conference on Computer Vision, Imaging and Computer Graphics Theory and Applications*, 2018; 4: 227-234.

Luisa Fermo (Potenza, 1981), si è laureata presso l'Università della Basilicata nel 2005 con voto 110/110 con lode e ha conseguito il titolo di Dottore di Ricerca in "Metodi e Modelli Matematici per Sistemi Dinamici" nel 2009 presso la stessa università. Dopo circa tre anni di assegni di ricerca, prima presso l'Università della Basilicata e poi al Politecnico di Torino, nel 2012 è diventata ricercatrice TD A di Analisi Numerica (settore 01/A5) presso il Dipartimento di Matematica e Informatica dell'Università di Cagliari. A partire dal 2016 ricopre presso lo stesso dipartimento

la posizione di ricercatrice TD B e nel 2017 ha conseguito l'abilitazione a ricoprire il ruolo di professore di seconda fascia nel settore 01/A5. È autrice di quasi trenta articoli scientifici pubblicati su riviste internazionali i cui contenuti sono stati presentati a numerose conferenze, anche in qualità di invited speaker. I suoi studi riguardano principalmente il trattamento numerico di equazioni integrali, formule di quadratura, approssimazione polinomiale e modelli matematici relativi per lo più al traffico veicolare e a problemi di geofisica applicata.

EmILIE - rilevazione di input implicito e di emozioni

Responsabile scientifico: **Lucio Davide Spano**

Gruppo di ricerca: Barbara Pes, Daniele Riboni, Riccardo Scateni, Giovanni Puglisi, Diego Reforgiato, Maurizio Atzori, Massimo Bartoletti, Michele Pinna

Ogni giorno interagiamo con un elevato numero di dispositivi sparsi nell'ambiente che ci circonda o che indossiamo e portiamo sempre con noi (Fig. 1). Sebbene ognuno di loro sia collegato in modo autonomo alla rete internet, che consente una comunicazione con qualsiasi servizio o applicazione, di solito questi dispositivi supportano l'interazione con gli utenti in modo isolato. Ciò rende difficile la creazione di ambienti che sfruttino appieno l'interazione multi-dispositivo, anche in situazioni in cui sarebbero vantaggiose, come nei negozi, nei musei o nelle aule scolastiche.

Il progetto EmILIE ha come scopo quello di studiare delle tecniche per il rilevamento di informazioni sulle diverse entità che compongono gli ambienti interattivi, coordinando e integrando i dati provenienti da diversi dispositivi. In particolare, il progetto si è focalizzato sull'*input implicito*, cioè su quelle informazioni che possono essere raccolte sugli utenti e sull'ambiente che non sono state generate per interagire con un dispositivo in modo conscio, come la gestualità, la prossemica o il posizionamento all'interno dell'ambiente. Questo tipo di informazioni sono importanti per progettare e implementare interazioni usabili sui diversi livelli di interattività, riassunti in Figura 2.

All'interno del progetto sono stati completati diversi studi pilota, che hanno per-



Fig. 1. Un esempio di ambiente interattivo multidispositivo. Diversi utenti possono interagire con diversi dispositivi che sono sparsi all'interno dell'ambiente. Ogni utente può svolgere un compito con l'ausilio di uno o più dispositivi, anche collaborando con altri utenti.

messo di provare la possibilità di utilizzare dispositivi di livello consumer come semplici camere RGB, sensori di profondità, microfoni, o dispositivi Bluetooth per questo tipo di rilevamento.

I risultati del progetto si articolano su cinque linee di lavoro. La prima è quella della prossemica e della localizzazione indoor. All'interno del progetto è stata sviluppata un'architettura hardware e software per

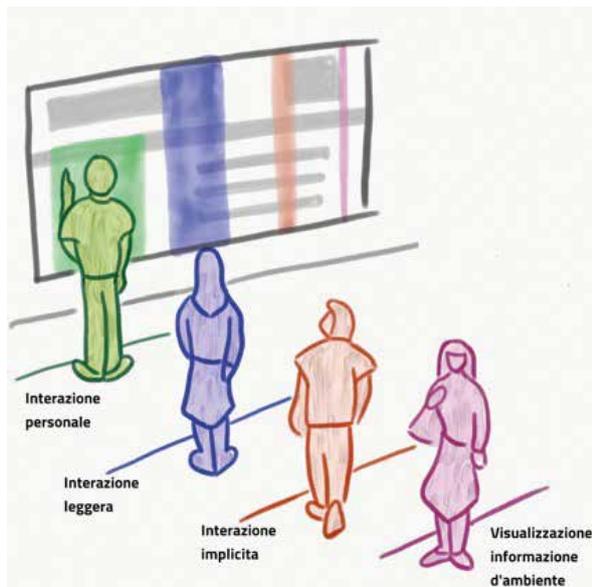


Fig. 2. Diversi livelli di interattività in base alla distanza dal dispositivo. Il primo livello prevede un'interazione personale con il dispositivo; il secondo una interazione leggera, che può essere condivisa anche fra più utenti; il terzo è quello dell'interazione implicita, nel quale il dispositivo può rilevare delle informazioni senza che l'utente le invii esplicitamente, il quarto è quello della visualizzazione di informazione ambientale, utile per l'analisi del contesto delle altre interazioni.

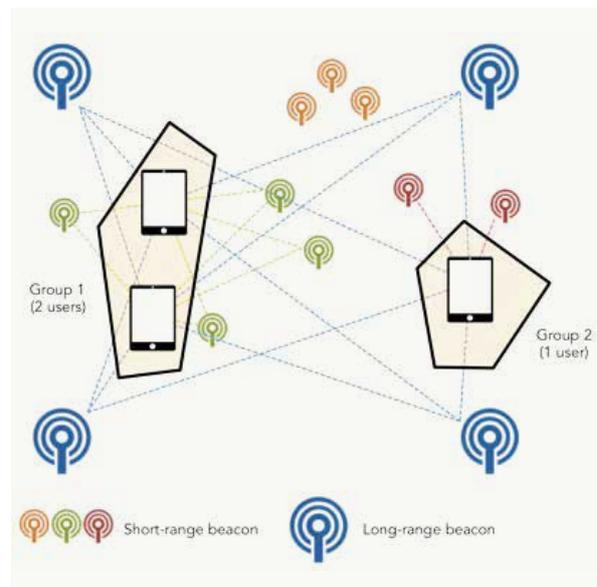


Fig. 3. Rilevazione della posizione di un utente all'interno di una stanza. I beacon a lungo raggio (long-range) permettono di stimare la posizione in modo assoluto tramite triangolazione. Questa informazione è integrata dal rilevamento dei beacon a corto raggio (short-range) che permettono di incrementare l'accuratezza del posizionamento. Un server centralizzato analizza la posizione di tutti gli utenti nell'ambiente e fornisce informazioni dinamiche sui gruppi che si formano spontaneamente nell'ambiente.

la localizzazione della posizione dell'utente all'interno di ambienti chiusi, utilizzando come scenario d'esempio un'aula scolastica. Il sistema funziona tramite l'utilizzo di due tipologie di emettitori Bluetooth (beacon), una a lungo raggio e una a corto raggio. La prima tipologia, posizionata sulle pareti, permette una stima della posizione tramite triangolazione. La seconda permette di identificare oggetti come mobili o apparecchiature che di per sé non supportano servizi digitali. Tramite un algoritmo di combinazione delle informazioni ricevute da questi emettitori su dispositivo mobile siamo in grado di fornire la posizione dei diversi alunni all'interno dell'aula e di fornire al docente una vista sui gruppi che si formano in modo autonomo. Il funzionamento del sistema è riassunto in Figura 3.

Una seconda linea di lavoro è lo sviluppo e l'applicazione di tecniche di machine learning per il **riconoscimento del-**

le attività dell'utente, sfruttando l'input implicito raccolto tramite diversi sensori. Durante lo svolgimento del progetto sono state sviluppate diverse tecniche per risolvere problemi di base nell'utilizzo dei dati raccolti in fase di analisi, come nel caso di dimensionalità elevata o nel caso di una distribuzione delle classi fortemente sbilanciata. Sono state studiate e implementate tecniche "ensemble" per il miglioramento della stabilità e l'efficacia del rilevamento, valutando sperimentalmente la robustezza di diverse tecniche di selezione degli attributi rispetto alla perturbazione dei dati in input. Queste tecniche, valide in generale per diverse tipologie di dato, sono state applicate al caso di studio del progetto per il riconoscimento delle attività utente. In particolare, le abbiamo sperimentate per la personalizzazione del riconoscimento di un insieme di attività in base alle caratteristiche e abilità fisiche dell'utente, per la personalizzazio-

ne di servizi digitali in base al contesto d'uso attraverso il riconoscimento di attività quotidiane (come ad esempio camminare, correre, lavarsi, ecc.) e per la personalizzazione della definizione dell'elenco di attività da riconoscere all'interno degli ambienti interattivi (p.es. una *smart home*) in base al feedback degli utenti, permettendo una semplice integrazione di nuovi sensori per il raffinamento delle attività riconosciute.

La terza linea di lavoro è quella dello sviluppo di **metodi e tecniche per la descrizione e il riconoscimento di gesti interattivi**. Questa particolare forma di input permette di ottenere informazioni importanti nel caso di esecuzione di azioni in modo sia conscio che inconscio. All'interno del progetto è stata sviluppata una tecnica di modellazione basata sulla composizione di elementi geometrici di base (punti, linee e archi). Ciò permette agli sviluppatori di definire gesti interattivi come evoluzioni temporali di traiettorie formate da questi elementi. La tecnica ha un duplice vantaggio: da un lato permette al programmatore di definire i gesti con un linguaggio apposito, ottenendo un riconoscitore accurato che fornisce informazioni sia sull'intero gesto che sulle sue parti. Dall'altro lato, l'approccio permette all'utente di essere guidato durante l'esecuzione del gesto, tramite il supporto al riconoscimento parziale. Questo consente una maggiore usabilità dei sistemi gestuali, poiché facilitano la scoperta e l'esecuzione dei gesti, mitigando il problema della scelta del vocabolario di interazione legata alla capacità di riconoscimento dei dispositivi di tracciamento.

La quarta linea di lavoro è stata l'**estrazione di conoscenza dal linguaggio naturale**. Abbiamo proposto un algoritmo che, a partire da un piccolo insieme di parole co-iperonime (come ad esempio Italia, Francia, Germania), restituisce una lista più lunga di elementi (ad es. Spagna, Portogallo, Polonia...) in maniera non su-

pervisionata (cioè senza l'intervento di un umano), semplicemente interpretando automaticamente dei testi forniti in input. Questo consente l'estrazione di conoscenza strutturata su un determinato dominio o attività semplicemente analizzando descrizioni in linguaggio naturale. Una evoluzione di questo sistema permette, in modalità semi-supervisionata, di rispondere autonomamente a interrogazioni degli utenti in linguaggio naturale, sfruttando le conoscenze apprese in modo automatico. Durante la sperimentazione l'approccio è stato applicato agli open data sulle spese dei governi di diversi Paesi, ottenendo dei risultati incoraggianti. Una tecnica simile è stata inoltre applicata alla documentazione e al codice di librerie software (in linguaggio Java), creando una ontologia (CodeOntology) interrogabile per vari scopi come l'ingegneria del software o il question answering computazionale.

La quinta linea di lavoro comprende le tecniche per la **dimostrazione di proprietà** sui dati raccolti, in modo da rendere più semplice, efficace e sicuro il salvataggio e l'analisi dei dati. I risultati in questa linea hanno portato allo sviluppo di tecniche per individuare analogie tra le varie informazioni, in modo da eliminare inutili duplicazioni. Questo ha consentito di comprendere come differenti alternative nelle varie evoluzioni possano essere compatte, introducendo il concetto di *merging relation* che per ora ha trovato applicazione nell'ambito delle Reti di Petri. Infine, ci si è concentrati nella definizione di modelli per la dimostrazione di proprietà formali relative alla correttezza e completezza di contratti per l'utilizzo di dati e l'esecuzione di servizi, che consente di offrire garanzie dimostrabili agli utenti dei servizi stessi.

Maggiori informazioni e un elenco completo delle pubblicazioni supportate dal progetto sono disponibili alla pagina <http://cg3hci.dmi.unica.it/lab/projects/emilie>.

Bibliografia

1. Sorrentino F, Spano LD. Post-it notes: supporting teachers in authoring vocabulary game contents. *Multimedia Tools and Applications*, 2019; 16(78): 23049-23074.
2. Carcangiu A, Spano LD, Fumera G, Roli F. DEICTIC: A compositional and declarative gesture description based on Hidden Markov Models. *Int J Hum -Comput Stud*, 2019; 122: 113-132.
3. Carcangiu A, Spano LD. Integrating declarative models and HMMs for online gesture recognition. In Leo Liu, Yukiko Nakano et al. eds. *IUI '19 Proceedings of the 24th International Conference on Intelligent User Interfaces: Companion*; Los Angeles, 16-20 marzo 2019, ACM, 2019: 87-88.
4. Serpi M, Carcangiu A, Murru A, Spano LD. Web5VR: A Flexible Framework for Integrating Virtual Reality Input and Output Devices on the Web. *Proceedings of the ACM on Human-Computer Interaction*. 2018. 2 (EICS): Art. No. 4.
5. Senis M, Atzori G, Sorrentino F, et al. Smart Furniture and Technologies for Supporting Distributed Learning Groups. In: Ardito C, Santoro C, Paternò F. et al (eds). *Proceedings of the 12th Biannual Conference of the Italian SIGCHI Chapter*; Cagliari, 18-20 settembre 2017; Art. No. 11.

Lucio Davide Spano è Professore associato del Dipartimento di Matematica e Informatica dell'Università degli Studi di Cagliari, dove insegna Interazione Uomo-Macchina e Programmazione Web. È un membro associato del laboratorio HIIS all'ISTI-CNR di Pisa dove ha lavorato dal 2008 al 2012. Ha ricevuto il suo Dottorato di Ricerca all'Università di Pisa nel 2013. Il suo interesse principale di ricerca è l'Interazione Uomo-Macchina. Ha scritto diversi articoli su tecniche innovative di interazione e visualizzazione, l'interazione gestuale, la realtà

virtuale e aumentata per i beni culturali, guide mobili per museo ed end-user development. È stato il responsabile scientifico del progetto D3P2 (creazione di ambienti virtuali per utenti non programmatori) e EmILIE (tecniche per il tracciamento di input implicito). Ha collaborato a diversi progetti finanziati dalla Commissione Europea (Serenoa FP7 STREP p.n. 258030, ServFace FP STREP 216699, Artemis Smarcos p.n. 100249). È stato membro del Model-Based User Interface Working Group del World Wide Web Consortium (W3C).

Emissione di luce efficiente da perovskiti ibride organiche-inorganiche

Responsabile scientifico: **Giovanni Bongiovanni**

Gruppo di ricerca: Riccardo Corpino, Alessandra Geddo Lehmann, Guido Mula, Antonio Andrea Mura, Michele Saba

L'avvento di nuovi materiali ha reso possibili le principali rivoluzioni tecnologiche che hanno plasmato la società moderna: la microelettronica, l'optoelettronica e le telecomunicazioni. I materiali in questione sono il silicio, i semiconduttori III-V e più recentemente i semiconduttori organici. Le perovskiti organico-inorganico a base di alogenuri organo-metallici rappresentano una nuova classe di semiconduttori al centro dell'attenzione della comunità scientifica per le loro eccellenti proprietà optoelettroniche. In pochi anni le celle solari fabbricate con questi materiali hanno raggiunto efficienze di conversione superiori al 20%. L'integrazione con pannelli fotovoltaici al silicio per la realizzazione di celle multigiunzione a basso costo ma elevatissime efficienze, intorno al 30%, rappresenterebbe una concreta rivoluzione tecnologia nel campo dei dispositivi fotovoltaici ed un importante passo verso uno sviluppo energeticamente sostenibile della nostra società. Le perovskiti sono inoltre estremamente interessanti anche come materiali elettroluminescenti nei diodi emettitori di luce (PLED). I PLED hanno tutte le caratteristiche per diventare i dispositivi di prossima generazione che accomunano i pregi degli emettitori di luce presenti oggi nel mercato: i LED, costruiti utilizzando semiconduttori inorganici; gli OLED, basati su semiconduttori organici; i QLED, che sfruttano le proprietà di emissio-

ne dei punti quantici per una migliore resa colorimetrica degli schermi dei cellulari e televisori. I motivi sono qui illustrati brevemente. Una peculiarità delle perovskiti ibride è quella di poter essere utilizzate, come i semiconduttori organici, in pannelli sottili, flessibili e di grande area. Le perovskiti ibride mostrano in aggiunta proprietà di trasporto elettrico molto superiori, e quindi, in principio, i PLED assicurerebbero consumi energetici minori e non distanti da quelli dei LED inorganici basati sui semiconduttori III-V. Nell'illuminotecnica, i PLED a grande area e su substrati flessibili offrirebbero quindi soluzioni a basso consumo ed architettoniche uniche, non ottenibili con le tecnologie oggi presenti nel mercato. Infine, l'emissione di luce dalle perovskiti ibride è in prima approssimazione monocromatica e modulabile in tutto lo spettro visibile. Questa caratteristica permetterebbe di ottenere una profondità e brillantezza di colore confrontabile a quella degli schermi con tecnologia QLED.

Le perovskiti hanno la formula chimica ABX_3 , dove A^+ è un catione organico monovalente, B^{++} uno ione metallico bivalente, e X^- un alogeno. Nelle perovskiti ibride ABX_3 , gli elettroni del semiconduttore si possono muovere in tutte e tre le direzioni dello spazio (3D). È anche possibile confinare il movimento degli elettroni in un piano, ed in questo caso si parla di perovskiti bidimen-

sionali (2D), descritte dalla formula chimica $C_2A_{n-1}B_nX_{3n+1}$ dove C è un catione organico di grosse dimensioni. Le proprietà fisiche e chimiche delle perovskiti ibride possono essere controllate in vari modi, per esempio tramite la scelta dei cationi organici, degli ioni inorganici, dei processi di sintesi e deposizione del film. Le perovskiti rappresentano quindi una famiglia di semiconduttori estremamente vasta, le cui proprietà possono essere modulate ed ingegnerizzate con grande flessibilità, ma che al momento sono solo parzialmente conosciute e sfruttate. La comprensione ed il controllo delle proprietà chimico-fisiche di questi materiali è la chiave fondamentale per il loro sviluppo ed utilizzo in dispositivi optoelettronici di nuova generazione.

I PLED e le celle fotovoltaiche con le prestazioni migliori contengono il piombo, un elemento la cui tossicità potrebbe impedire

l'impiego su larga scala. Sostituire il piombo con elementi non tossici e migliorare l'efficienza di emissione della luce nelle perovskiti ibride rappresenta l'obiettivo generale di questo progetto. Nello specifico, ci siamo concentrati sulla sintesi e sullo studio delle proprietà di emissione di i) perovskiti tridimensionali, ii) nano-cristalli di perovskiti autoassemblanti in matrici cristalline, sempre di perovskiti, ma con più alto gap, iii) perovskiti bidimensionali in cui il piombo è stato sostituito dal germanio. La scelta di questi obiettivi specifici è motivata dal fatto che il confinamento degli elettroni e buche che si realizza in nanocristalli (obiettivo ii) e cristalli bidimensionali (obiettivo iii) aumenta la probabilità di ricombinazione radiativa e quindi l'efficienza del dispositivo, mentre l'utilizzo del germanio rimuove le problematiche di tossicità inerenti alla presenza del piombo.

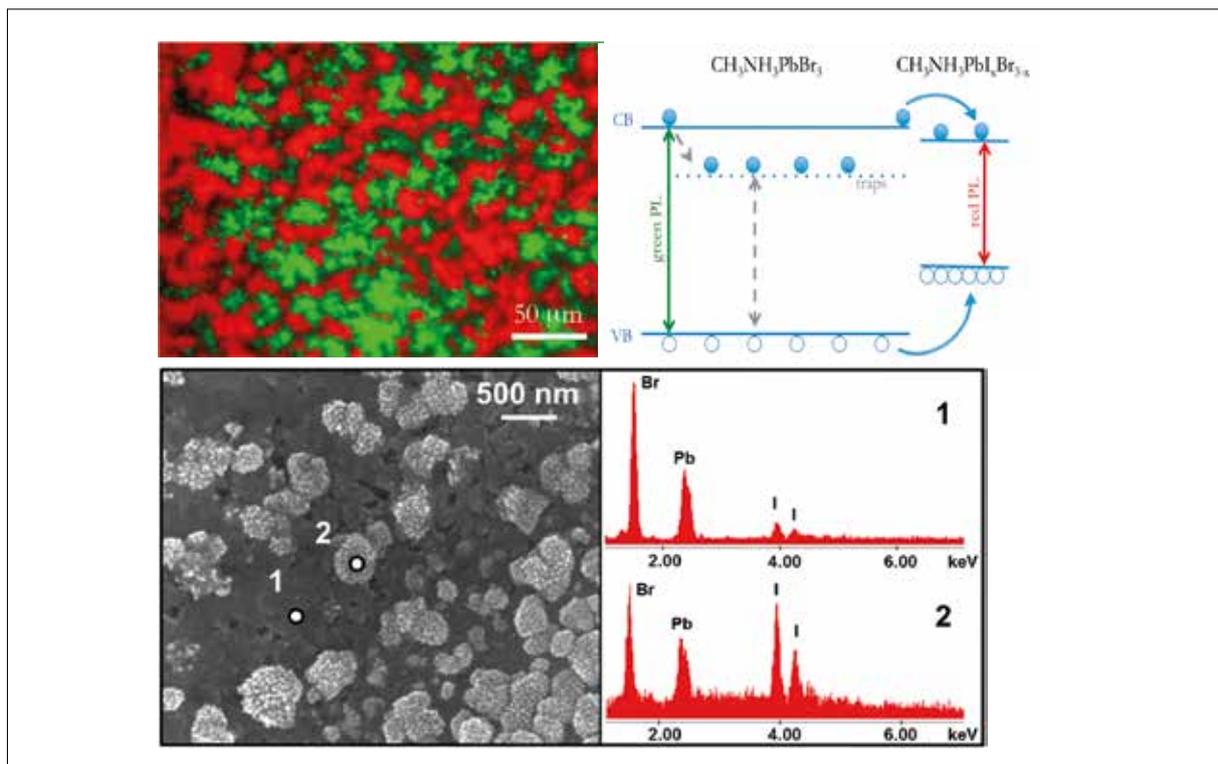


Fig. 1. Film sottile costituito da nanocristalli che si autoaggregano all'interno di una matrice cristallina. Pannello in alto a sinistra: immagine di microscopia ottica del film. La luce verde è emessa dalla matrice di $CH_3NH_3PbBr_3$, la luce rossa dai nanocristalli ($CH_3NH_3PbI_2Br_x$). Pannello in alto a destra: livelli energetici del materiale. Sia gli elettroni che le buche fotoeccitati vengono catturati dai nanocristalli, dove ricombinano emettendo luce rossa. Pannello in basso a sinistra: immagine di microscopia elettronica a scansione (SEM). Pannello in basso a destra: microanalisi elementare dei punti 1 e 2 dell'immagine SEM. Il punto 1 analizza una zona del film ricca in bromo, e quindi corrisponde alla matrice 3D; il punto 2 analizza una zona ricca in iodio dove si formano i nanocristalli.

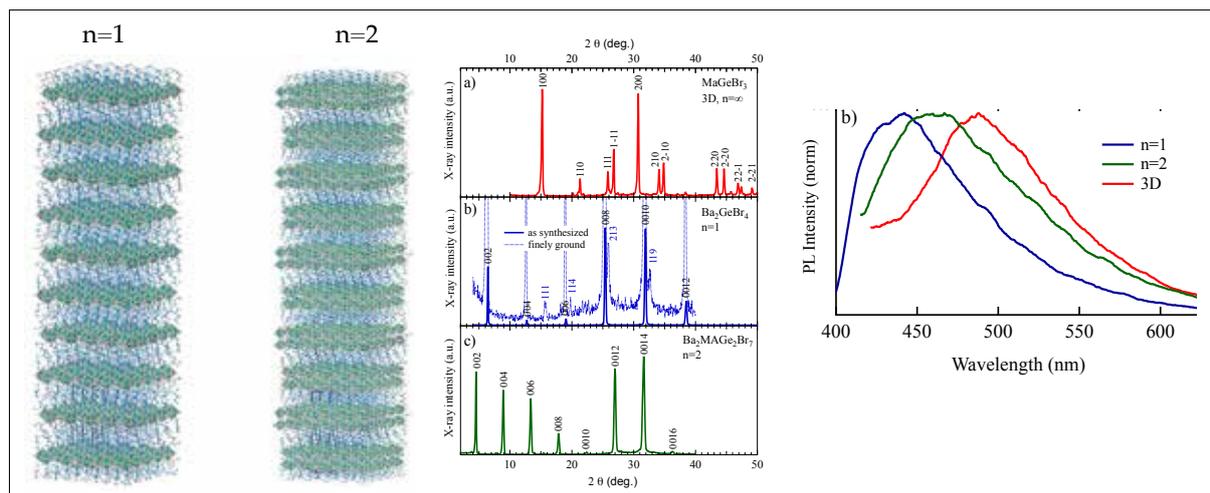


Fig. 2. Perovskiti ibride bidimensionali con il germanio al posto del piombo $(\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{NH}_3)_2(\text{CH}_3\text{NH}_3)_{n-1}\text{Ge}_n\text{Br}_{3n+1}$, con $n=1-2$. Pannello a sinistra ed in alto a destra: rispettivamente, struttura cristallina e figura di diffrazione a raggi x. Pannello in basso a destra: spettri di fotoluminescenza.

I risultati scientifici ottenuti in questo progetto sono descritti in dettaglio nelle pubblicazioni i cui riferimenti bibliografici sono riportati in calce a questo resoconto (1-8). Riportiamo sinteticamente i risultati più salienti. Abbiamo sviluppato una tecnica per la deposizione di film costituiti da nanocristalli $(\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_{3-x}\text{Br}_x)$, (8) che si autoaggregano all'interno di una matrice cristallina $(\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbBr}_3)$. La concentrazione x di bromo nei nanocristalli è di pochi per cento e l'emissione è nel rosso (700 nm). Nella matrice, l'alogeno (X) è invece il solo bromo. La sostituzione dello iodio con un alogeno più leggero nella matrice ospitante aumenta l'energia della banda proibita del semiconduttore e l'emissione di luce si sposta quindi nel verde (530 nm). La figura 1 mostra un'immagine di microscopia ottica di un tale film. L'aspetto più interessante di queste eterostrutture autoassemblanti è il fatto che l'emissione di luce dai nanocristalli è predominante sebbene rappresentino meno del 2% in volume del film, ed è molto efficiente. La configurazione dei livelli elettronici fornisce la spiegazione microscopica di queste caratteristiche di emissione. Nel nostro esperimento, gli elettroni e le buche sono generati a seguito dell'assorbimento della luce blue di un fascio laser. Entrambe le cariche diffondono

e vengono catturate dai nanocristalli, che agiscono come pozzi in quanto hanno livelli energetici inferiori. Nei nanocristalli si genera quindi un'alta concentrazione di portatori di carica, favorendo una ricombinazione radiativa più efficiente di quella che si avrebbe in un film omogeneo.

La sintesi di perovskiti ibride con il germanio ha richiesto la messa a punto di protocolli diversi da quelli comunemente utilizzati per le perovskiti contenenti il piombo. In questo progetto, abbiamo sintetizzato con successo, e per la prima volta, perovskiti 2D a base di germanio con formula chimica $(\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{NH}_3)_2(\text{CH}_3\text{NH}_3)_{n-1}\text{Ge}_n\text{Br}_{3n+1}$ con $n=1-3$. (1) In questi materiali, come mostrato in figura 2, il cristallo è formato da una successione di piani cristallini in cui gli ioni alogeni formano degli ottaedri al cui centro è situato il catione metallico, mentre il metilammonio (CH_3NH_3) riempie gli spazi tra gli ottaedri. I piani giacciono uno sopra l'altro e sono separati dal catione organico $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{NH}_3$ il quale, grazie alla sua maggiore lunghezza, funge da barriera e non permette agli elettroni di un piano di saltare su quello che sta immediatamente sopra o sotto. L'indice n determina lo spessore del singolo piano, e per $n = \infty$ si ottiene la perovskite tridimensionale. Le perovskiti con struttura bidimensionale sono particolarmente pro-

mettenti per le applicazioni perché rendono più stabile nel tempo il composto e ne aumentano la tolleranza ad agenti chimici

esterni. La luce emessa ha uno spettro che si sposta verso il blu per piccoli n a causa degli effetti di confinamento quantistico.

Bibliografia

1. Xueqing C, Marongiu D, Sarritzu V, et al. Layered germanium hybrid perovskite bromides: insights from experiments and first principles calculations. *Advanced Functional Materials*, 2019; 29: 1903528.
2. Marongiu D, Lai S, Sarritzu V, et al. Bifacial Diffuse Absorptance of Semitransparent Microstructured Perovskite Solar Cells. *ACS Applied Materials & Interfaces*, 2019; 11: 10021-10027.
3. Anelli C, Chierotti MR, Bordigon S, et al. Investigation of Dimethylammonium Solubility in MAPbBr₃ Hybrid Perovskite: Synthesis, Crystal Structure, and Optical Properties. *Inorganic Chemistry*, 2019; 58: 944-949.
4. Sarritzu V, Sestu N, Marongiu D et al. Direct or indirect bandgap in hybrid lead halide perovskites? *Advanced optical materials*, 2018; 6: 1701254.
5. Bonomi S, Marongiu D, Sestu N et al. Novel physical vapor deposition approach to hybrid perovskites: Growth of MAPbI₃ thin films by RF-magnetron sputtering. *Scientific reports*, 2018; 8: 15388.
6. Sarritzu V, Sestu N, Marongiu D, et al. Perovskite Excitonics: Primary Exciton Creation and Crossover from Free Carriers to a Secondary Exciton Phase. *Advanced optical materials*, 2018; 6: 1-8.
7. Sarritzu V, Sestu N, Marongiu D, et al. Optical determination of Shockley-Read-Hall and interface recombination currents in hybrid perovskites. *Scientific reports*, 2017; 7: 44629.
8. Marongiu D, Chang X, Sarritzu V, et al. Self-Assembled Lead Halide Perovskite Nanocrystals in a Perovskite Matrix. *ACS Energy letters*, 2017; 2: 769-775.

Giovanni Bongiovanni è Professore ordinario di Fisica della Materia Sperimentale; ha ricoperto varie cariche istituzionali e dal 2015 è Direttore del Dipartimento di Fisica dell'Università degli Studi di Cagliari. Ha completato i suoi studi presso l'Università di Cagliari ed in seguito ha passato un periodo di tre anni come post-doc al Politecnico Federale di Losanna. La

sua attività di ricerca è focalizzata sullo studio e lo sviluppo di nuovi materiali per l'optoelettronica e la fotonica, nello specifico ed in ordine temporale: semiconduttori inorganici III-V a bassa dimensionalità; semiconduttori organici; nanocristalli e semiconduttori ibridi organico-inorganico. Curriculum breve: <http://people.unica.it/giovannibongiovanni/curriculum/>.

Studio di sistemi di accumulo dell'energia termica integrati con processi innovativi di accumulo di energia mediante produzione di metanolo da CO₂ riciclata e H₂ da fonti rinnovabili

Responsabile scientifico: **Luciano Burderi**

Gruppo di ricerca: Andrea Sanna, Alessandro Riggio

Si tratta di un ambizioso progetto spaziale proposto dall'Università di Cagliari e dall'Istituto Nazionale di Astrofisica (INAF), finanziato dall'Agenzia Spaziale Italiana (ASI) e dall'Unione Europea, a cui collaborano anche il Dipartimento di Fisica e Chimica dell'Università di Palermo e diverse altre università italiane ed europee. Il progetto prevede la realizzazione e la messa in orbita intorno alla terra ad una quota di 600 km di uno sciame di sei mini-satelliti per l'osservazione astronomica, che potrebbe rivoluzionare la modalità in cui vengono effettuate le osservazioni astronomiche dallo spazio. I mini-satelliti (in configurazione 3U, cioè composti da 3 unità di 1 decimetro cubo ciascuno) saranno equipaggiati di rilevatori ad alta risoluzione temporale (inferiore al milionesimo di secondo) sensibili nella banda di energia dai raggi X (3000 elettronvolt) ai raggi Gamma (3 milioni di elettronvolt). Questi saranno in grado di registrare esplosioni cosmiche e di determinarne la posizione nel cielo tramite la tecnica della triangolazione dei ritardi temporali (la stessa tecnica attraverso cui il sistema GPS è in grado di determinare la posizione sulla superficie terrestre del navigatore di un'automobile).

Queste immani esplosioni cosmiche, note come Gamma Ray Bursts (lampi di luce Gamma), caratterizzano il momento finale della vita di una stella di massa molto maggiore di 10 volte quella del Sole allorquando, esaurito

il combustibile nucleare, la stella implode sotto il suo stesso peso emettendo il lampo di luce Gamma prima di formare un Buco Nero, in cui la concentrazione immensa di materia è in grado, secondo la Teoria della Relatività Generale di Einstein, di distorcere lo spazio al punto che nemmeno le onde luminose, le più veloci possibili in natura, sono in grado di sfuggire alla distorsione spazio-temporale per raggiungere osservatori distanti che non vedranno alcuna luce (nero, appunto) emergere da questo enigmatico oggetto. I segreti dei buchi neri e dei misteri legati alla distorsione estrema dello spazio, la cui comprensione è sicuramente una delle sfide più impegnative della Scienza del terzo millennio, sono pertanto custoditi nel loro interno insondabile, anche se è ragionevole supporre – ed è questa la speranza degli scienziati – che alcuni di questi enigmi possano essere disvelati “ascoltando l'ultimo grido” emesso dalla stella prima di morire: osservando, appunto, il Gamma Ray Burst! Ulteriormente, nel 2018, gli Astrofisici hanno scoperto che una sottoclasse di queste esplosioni cosmiche sono l'esito della coalescenza di due Stelle di Neutroni – residui di stelle di massa intermedia costituite da un agglomerato di neutroni in cui una massa pari a quella del Sole è concentrata in una sfera di 10 chilometri di raggio – che orbitando l'una intorno all'altra perdono energia emettendo onde gravitazionali per fondersi infine a formare un Buco Nero. A testimoniare l'enorme



importanza dei fenomeni testé discussi basti pensare che, nel 2017, il Premio Nobel per la fisica è stato assegnato proprio per la scoperta delle onde gravitazionali.

L'enorme vantaggio dei mini-satelliti, che saranno sincronizzati tramite la rete GPS, sta nella loro modularità che permette una sostanziale robustezza del sistema di osservazione rispetto al malfunzionamento di una singola unità, e la possibilità di ampliamento progressivo della missione attraverso la messa in orbita di ulteriori mini-satelliti e soprattutto un imponente abbattimento dei costi di realizzazione dei singoli satelliti (produzione in serie) e dei costi di lancio che, sovente, sono una delle voci principali di spesa: invero i mini-satelliti possono essere ospitati, a costi estremamente contenuti, negli spazi inuti-

lizzati delle ogive di razzi che mettono in orbita missioni di dimensioni maggiori. Il forte interesse dell'ASI nel progetto si è concretizzato, a partire dal 2016, dapprima con un finanziamento dello sviluppo dei detector nell'ambito del "Bando di ricerca per Nuove idee di strumentazione scientifica per missioni future di Osservazione ed Esplorazione dell'Universo" e poi con la partecipazione diretta come ente capofila ad un progetto "Premiale" che è stato finanziato dal MIUR per un totale di circa 2 milioni e mezzo di Euro. Nel 2018 la Comunità Europea ha finanziato il progetto con un finanziamento di più di 3 milioni di Euro, nell'ambito del bando internazionale

Horizon 2020. Nel 2019, l'ASI ha disposto un ulteriore finanziamento interno di 2 milioni di Euro.

Luciano Burderi ha conseguito a pieni voti la Laurea in Fisica presso l'Università degli Studi di Palermo nel 1989, e successivamente, sempre all'Università di Palermo, il titolo di Dottore di Ricerca in Fisica nel 1994. Ha usufruito di diverse borse di studio e contratti post-doc presso l'Università di Palermo, l'Agenzia Spaziale Italiana, l'Astronomy Group dell'Università di Leicester (Inghilterra) dove ha trascorso tre anni dal 1994 al 1996. Nel 1999 è stato assunto come Ricercatore Astronomo presso l'Osservatorio Astronomico di Roma. Il 30 dicembre 2004 è stato assunto come Professore associato presso il Dipartimento di Fisica dell'Università degli Studi di Cagliari, dove attualmente lavora:

è docente di corsi sia per la laurea triennale che per la laurea specialistica, ed è stato inoltre il coordinatore del Dottorato di Ricerca in Fisica Nucleare, Subnucleare ed Astrofisica. Ha svolto e svolge la sua attività di ricerca nell'ambito dell'astrofisica delle alte energie. In particolare si dedica allo studio di sistemi binari galattici contenenti un oggetto compatto (per oggetto compatto si intende una stella di neutroni o buco nero) che accresce materia da una stella compagna. Tale attività di ricerca è documentata da più di 180 pubblicazioni su riviste internazionali e da un numero simile di comunicazioni a congressi. Il suo Indice di Hirsch (H-INDEX) è pari a 36.

Produzione di Quarkonio alle energie di LHC

Responsabile scientifico: **Umberto D'Alesio**

Gruppo di ricerca: Alessandro De Falco, Giulia Manca, Rolf Oldeman, Gianluca Usai

Lo studio della produzione in collisioni adroniche del quarkonio, J/ψ o Υ (Fig. 1), stato legato di una coppia di quark e anti-quark massivi, rappresenta una sfida e allo stesso tempo uno strumento formidabile per la comprensione delle interazioni forti e, in ultima analisi, della CromoDinamica Quantistica (QCD), la teoria che le descrive.

Attualmente, nonostante i diversi modelli teorici sviluppati, le osservazioni sperimentali mostrano che non si dispone ancora di una teoria in grado di descrivere in maniera soddisfacente sia il meccanismo di formazione di questo stato legato sia gli stati di polarizzazione in cui può essere prodotto.

A questo si aggiunga che la produzione del quarkonio in processi adronici rappresenta un canale diretto per accedere alle funzioni di distribuzione dei gluoni che, in-

sieme ai quark, sono i costituenti dei nucleoni (protoni e neutroni). Un aspetto particolarmente significativo riveste la possibilità di estrarre informazioni sulle funzioni di distribuzione dipendenti dall'impulso trasverso partonico (note come TMD). Queste funzioni estendono le usuali distribuzioni collineari, che danno la probabilità di trovare un partone, quark o gluone, con una certa frazione di impulso longitudinale del nucleone genitore, e permettono di ottenere una descrizione più dettagliata della struttura del nucleone. Se poi consideriamo nucleoni polarizzati trasversalmente alla propria direzione di moto, le correlazioni tra impulso trasverso intrinseco e spin dei partoni e del nucleone consentono di arrivare a una mappatura tridimensionale del nucleone. Come emerso dalle osservazioni sperimentali degli ultimi 15-20 anni, affiancate da analisi teoriche e fenomenologiche sempre più accurate, queste funzioni si sono rivelate di fondamentale importanza. D'altra parte, diversamente dalle TMD dei quark, molto poco è ancora conosciuto per quanto riguarda i gluoni. La produzione di quarkonio in collisioni adroniche rappresenta quindi uno strumento unico in tal senso.

Il progetto si articola su due linee complementari, quella sperimentale e quella teorico-fenomenologica. Da un lato infatti nuovi dati alle energie accessibili al Large Hadron Collider (LHC) del CERN di Gine-

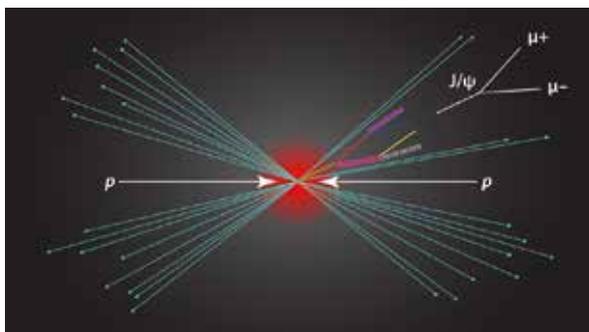


Fig. 1. Collisione protone-protone con produzione di getti di adroni, tra cui una J/ψ .

vra permettono di testare i modelli teorici, dall'altro questi ultimi richiedono un ulteriore grado di affinamento e sviluppo per comprendere appieno gli effetti osservati.

Sul versante teorico l'obiettivo principale è riconsiderare gli attuali modelli, basati sulla QCD Non Relativistica (NRQCD), nell'ambito di uno schema che include gli effetti di impulso trasverso intrinseco. In particolare sono stati studiati i meccanismi di singoletto e otetto di colore (combinazioni della carica di colore dello stato del quarkonio) sia per la produzione di quarkonio in collisioni protone-protone (pp), sia nelle asimmetrie di spin singolo nella collisione con un protone trasversalmente polarizzato. Questa seconda osservabile dà accesso ad una delle più importanti TMD: la funzione di Sivers dei gluoni, che fornisce la distribuzione azimutale dei gluoni non polarizzati all'interno di un protone polarizzato trasversalmente rispetto alla sua direzione di moto. Per la prima volta sono stati studiati anche gli effetti di non universalità, o di dipendenza dal processo, di questa TMD. La loro stima, dal confronto con i dati sperimentali (disponibili attualmente o nel prossimo futuro), rappresenta uno degli aspetti più innovativi di questo studio. La loro comprensione potrebbe infatti chiarire alcuni aspetti delle proprietà di confinamento della QCD.

Dal punto di vista sperimentale, ALICE (*A Large Ion Collider Experiment*, Fig. 2) ha effettuato misure in collisioni pp , p - Pb e Pb - Pb . Nelle collisioni pp è stata studiata la polarizzazione della J/ψ , in p - Pb gli effetti della materia nucleare in condizioni ordinarie (materia nucleare fredda) nella produzione dei quarkonia, mentre in collisioni Pb - Pb la materia adronica deconfinata, ottenibile ad altissime temperature e densità di energia. L'esperienza LHCb (Fig. 3) ha studiato la polarizzazione dei mesoni J/ψ , $\psi(nS)$ e $\Upsilon(nS)$ in collisioni pp e la loro produzione anche in collisioni p - Pb e Pb - Pb . L'uso della configurazione a bersaglio fisso (SMOG), unica a LHCb, ha permesso una stima della soppressione del quarkonio a diversi livelli di densità barionica.

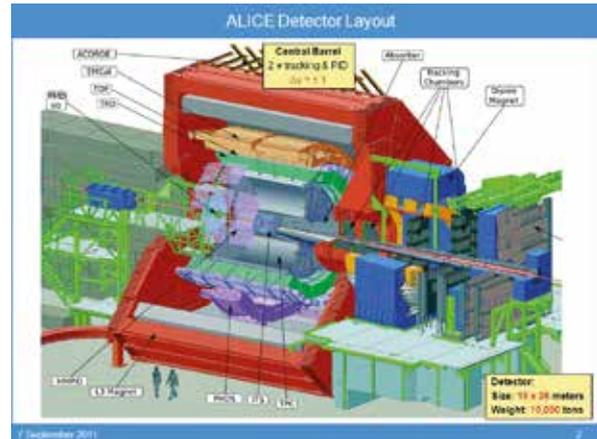


Fig. 2. Schema del rivelatore dell'esperienza ALICE.

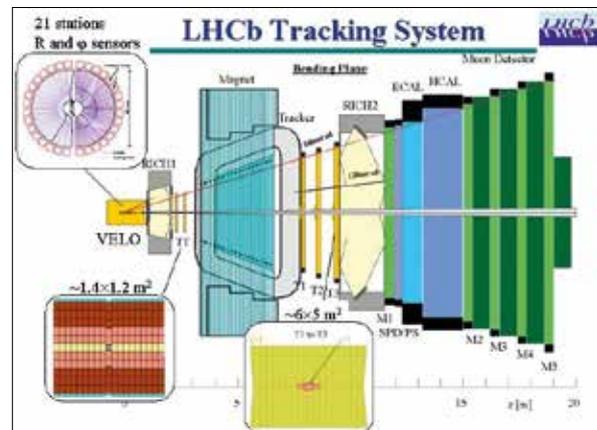


Fig. 3. Schema del sistema di tracciamento dell'esperienza LHCb.

Di seguito, alcuni risultati raggiunti nell'ambito del progetto:

1. Studio della funzione di Sivers dei gluoni per diversi processi di interesse fenomenologico, tra cui la produzione di quarkonio, adottando il modello di singoletto di colore, in collisioni pp , con inclusione di effetti di interazione di stato iniziale e finale. Le stime delle funzioni di Sivers dei gluoni così ottenute hanno permesso di dare le prime predizioni per la produzione di quarkonio nell'esperienza in fase di proposta a LHC con bersaglio fisso polarizzato trasversalmente (1-5).

2. Calcolo analitico dei contributi per il meccanismo di produzione di otetto di colore. I primi risultati nell'approccio TMD sono in fase di ultimazione e rappresenteranno un avanzamento significativo in questo ambito di ricerca (6).

3. Elaborazione di una proposta per la realizzazione di un esperimento con bersaglio fisso polarizzato a LHC, "LHCSpin" (7), sottoposta al processo di aggiornamento 2020 della "EU Strategy for Particle Physics". Il nostro gruppo è stato uno dei proponenti l'iniziativa, supportata da decine di fisici sperimentali e teorici internazionali.

4. Misura dei parametri di polarizzazione in collisioni pp all'energia di 8 TeV in ALICE (8, 9), con evidenza dell'assenza di polarizzazione per la J/ψ , entro le incertezze sperimentali, in contrasto con le previsioni teoriche basate su NRQCD e sul modello di singoletto di colore.

5. Analisi degli effetti nucleari nella produzione dei quarkonia in ALICE in collisioni p - Pb a 8 TeV (10-12) e verifica che i modelli basati su shadowing nucleare, perdita di energia partonica coerente e interazioni con le particelle comoventi prodotte descrivono i dati con sufficiente accuratezza nella regione in avanti, mentre tendono a sovra-

stimare la produzione del mesone Υ a rapidità negative (13).

6. Studio della produzione della J/ψ in collisioni Pb - Pb a 5.02 TeV in ALICE (14, 15), con osservazione della ricombinazione dei quark charm nella fase di plasma di quark e gluoni (nota di analisi).

7. Misura a LHCb della produzione e polarizzazione della Υ in collisioni pp a 7 e 8 TeV (16) che, insieme alla polarizzazione della J/ψ e $\psi(2S)$ misurate precedentemente, hanno dato importanti indicazioni sulla NRQCD.

8. Misura a LHCb della produzione di diversi stati di quarkonio, open charm e open beauty in SMOG e in collisioni p - Pb e Pb - Pb , che hanno permesso test importanti sulla NRQCD e su modelli basati sul charm intrinseco (17-19). Analisi del charmonio in collisioni Pb - Pb ultra periferiche (20).

9. Importanti misure realizzate con SMOG (21, 22) utili anche al fine dell'inserimento di un bersaglio polarizzato trasversalmente in LHCb.

Bibliografia

1. D'Alesio U, Flore C, Murgia F, et al. Unraveling the Gluon Sivers Function in Hadronic Collisions at RHIC. *Phys Rev D* 99, (2019); 036013.
2. D'Alesio U, Flore C, Murgia F, et al. Process dependence of the gluon Sivers function in inclusive pp collisions: phenomenology. 23rd International Spin Symposium (SPIN 2018); Ferrara, Italy, 10-14 Settembre 2018. *Proceedings of Science (PoS)* 049.
3. Pisano C, D'Alesio U, Flore C, et al. Process dependence of the gluon Sivers function in inclusive pp collisions: theory. 23rd International Spin Symposium (SPIN 2018); Ferrara, Italy, 10-14 Settembre 2018. *Proceedings of Science (PoS)* 048.
4. Pisano C, D'Alesio U, Flore C, et al. The gluon Sivers function and its process dependence from RHIC data. XXVII International Workshop on Deep Inelastic Scattering and Related Subjects (DIS 2019); Torino 8-12 Aprile 2019. *Proceedings of Science (PoS)* 198.
5. D'Alesio U, Murgia F, Pisano C, et al. Quarkonium production and TMDs at LHC. XXVII International Workshop on Deep Inelastic Scattering and Related Subjects (DIS 2019); Torino 8-12 Aprile 2019. *Proceedings of Science (PoS)* 230.
6. Rajesh S, D'Alesio U, Murgia F, et al. Single-Spin Asymmetry in J/ψ Production in Proton-Proton Collisions. 1st Sardinian Workshop on Spin Studies (SarWorS 2019); Cagliari 8-10 Luglio 2019.
7. Aidala C, Bacchetta A, Boglione M, et al. The LHCSpin Project. e-Print: arXiv:1901.08002.
8. Acharya S, et al. (ALICE Collab.) Measurement of the inclusive J/ψ polarization at forward rapidity in pp collisions

- at $\sqrt{s} = 8$ TeV. *Eur Phys J C* 78, 2018; 562.
9. Acharya S, et al. (ALICE Collab.) Energy dependence of forward-rapidity J/ψ and $\psi(2S)$ production in pp collisions at the LHC. *Eur Phys J C* 76, 2016; 184.
 10. Acharya S, et al. (ALICE Collab.) Preliminary Physics Summary: Inclusive J/ψ production at forward rapidity in p - Pb collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 8.16$ TeV. ALICE-PUBLIC-2017-001.
 11. Acharya S, et al. (ALICE Collab.) Inclusive J/ψ production at forward and backward rapidity in p - Pb collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 8.16$ TeV. *JHEP*, 2018; 07: 160.
 12. Acharya S, et al. (ALICE Collab.) Preliminary Physics Summary: Centrality dependence of J/ψ production in p - Pb collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 8.16$ TeV. ALICE-PUBLIC-2017-007.
 13. Acharya S, et al. (ALICE Collab.) Preliminary Physics Summary: Inclusive Υ production in p - Pb collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 8.16$ TeV. ALICE-PUBLIC-2018-008.
 14. B. Abelev, et al. (ALICE Collab.) J/ψ suppression at forward rapidity in Pb - Pb collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 5.02$ TeV. *PLB*, 2017; 766: 212-224.
 15. Acharya S, et al. (ALICE Collab.) Studies of J/ψ production at forward rapidity in Pb - Pb collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 5.02$ TeV. e-Print: arXiv:1909.03158.
 16. Aaij R, et al. (LHCb Collab.) Measurement of the Υ polarizations in pp collisions at $\sqrt{s} = 7$ and 8 TeV. *JHEP*, 2017; 12: 110.
 17. Aaij R, et al. (LHCb Collab.) Measurement of B^+ , B^0 and Λ_0^b production in pPb collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 8.16$ TeV. *Phys Rev D* 99 2019; 052011.
 18. Aaij R, et al. (LHCb Collab.) Study of Υ production in pPb collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 8.16$ TeV. *JHEP*, 2018; 11: 194.
 19. Aaij A, et al. (LHCb Collab.) Prompt Λ_c^+ production in pPb collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 5.02$ TeV. *JHEP* 2019; 02: 102.
 20. Bursche A, et al. (LHCb Collab.) Study of coherent J/ψ production in lead-lead collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 5$ TeV with the LHCb experiment. *Nucl Phys*, 2019; A982: 247-250.
 21. Aaij R, et al. (LHCb Collab.) Measurement of Antiproton Production in p - He Collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 110$ GeV. *Phys Rev Lett*, 2018; 121: 222001.
 22. Aaij R, et al. (LHCb Collab.) First Measurement of Charm Production in its Fixed-Target Configuration at the LHC. *Phys Rev Lett*, 2019; 122: 132002.

Umberto D'Alesio, Laurea e Dottorato in Fisica a Torino, è stato borsista di post-dottorato a Heidelberg (Germania) e a Cagliari, dove nel 2002 è diventato Ricercatore universitario. Dal 2014 è Professore associato in Fisica teorica delle interazioni fondamentali. Docente di corsi di base e avanzati, responsabile scientifico di laureandi, dottorandi e borsisti di ricerca, il suo interesse principale è rivolto alla fisica adronica in QCD perturbativa con particolare riguardo agli effetti di spin. Ha contribuito significativamente allo sviluppo di un modello teorico per lo studio di

asimmetrie di spin in processi adronici. Coautore di importanti lavori sulla struttura tridimensionale del nucleone, con circa 50 pubblicazioni su riviste internazionali, altrettanti contributi in atti di convegno e presentazioni a congressi, di cui oltre 30 su invito (4400 citazioni), collabora con gruppi teorici e sperimentali internazionali e dal 2017 è membro del Theory Advisory Group dell'esperimento PANDA al GSI (Germania). Organizzatore di congressi internazionali, referee di varie riviste scientifiche, partecipa a progetti nazionali ed europei da circa 20 anni.

Approccio multiscala alla fisica della termoelettricità

Responsabile scientifico: **Vincenzo Fiorentini**

Gruppo di ricerca: Andrea Bosin, Fabio Bernardini, Giancarlo Cappellini, Luciano Colombo, Vincenzo Fiorentini, Claudio Melis, Paolo Ruggerone

La termoelettricità è un fenomeno di trasporto energetico nei materiali che consiste essenzialmente nei due effetti complementari, ambedue noti da un secolo e mezzo, detti Seebeck e Peltier: un gradiente termico produce una tensione ai capi di un campione o, rispettivamente, una tensione applicata ne produce un raffreddamento. L'effetto Seebeck, in particolare, gode attualmente di un certo interesse come possibile fonte energetica secondaria, grazie al recupero dal calore di scarto prodotto da qualunque processo primario.

Dal punto di vista del teorico della materia, la termoelettricità si riassume nel problema di massimizzare il fattore di merito adimensionale ZT , dove

$$Z = \sigma S^2 / (\kappa_e + \kappa_L)$$

T è la temperatura, σ la conduttività elettrica, S il coefficiente di Seebeck, e κ_e , κ_L le conduttività termiche degli elettroni e del reticolo. In generale tutte le quantità nella relazione qui sopra sono tensori (diagonali in assenza di campo magnetico) e sono quindi influenzati dalle eventuali anisotropie spaziali del materiale. Chiaramente sono desiderabili un grande coefficiente S e una piccola conduttività termica. Il problema è estremamente complesso, sia dal lato tecnologico che teorico, e richiede previsioni quantitative in due aree molto ardue della teoria dello stato solido, il trasporto ter-

mico e il trasporto elettronico – e in cascata, la conoscenza profonda delle proprietà di elettroni e fononi, e delle loro interazioni mutue.

Conduttività termica

La conduttività termica ha due componenti: la prima è dovuta agli elettroni e quindi legata alla conduttività elettrica; la seconda, presente anche negli isolanti, è dovuta alle vibrazioni reticolari. La riduzione della componente vibrazionale è la chiave per ottenere un alto ZT , e la nostra attività non ha mancato di analizzarla (1, 2). Le due classi di approcci a questo problema (quelli basati sulla descrizione fononica delle vibrazioni, applicabile in sistemi periodici, e quelli di non-equilibrio, applicabili anche a sistemi disordinati) sono discussi in dettaglio in Ref. (2).

La prima applicazione riguarda le cosiddette fasi Zintl, e in particolare il composto Mg_3Sb_2 (1, 3) che ha ZT fino a 1.5 a 700 K. Oltre alla facilità di sintesi e al relativamente grande valore di S , la bassa κ_L è un aspetto chiave del buon ZT di Mg_3Sb_2 , con valori fino a 1.5 W/(K m). Questa è un'anomalia inattesa per un cristallo con componenti leggeri. Abbiamo perciò calcolato direttamente (Fig. 1) la conduttività reticolare tramite l'equazione di Boltzmann per i fononi, con tempi di rilassamento calcolati da principi primi con tecniche allo stato dell'arte,

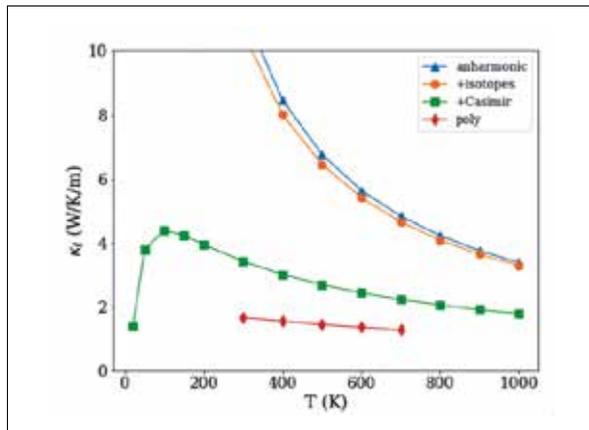


Fig. 1. Conduktivita termica in Mg_3Sb_2 vs temperatura in varie approssimazioni.

includendo l'interazione fonone-fonone, gli effetti isotopici (disordine di massa), e la finitezza del campione (scattering di Casimir). Il risultato è che per il cristallo (Fig. 1 in alto) κ_L è sostanzialmente "normale", mentre risulta soppressa (Fig. 1 in basso) fino circa al valore sperimentale dallo scattering con i bordi dei grani del materiale, che è di norma fortemente policristallino. Un effetto analogo è prodotto dal disordine di massa dovuto a difetti o formazione di soluzione solida. Se ne evince che un primo ingrediente chiave per la buona prestazione di MgSb è la sua struttura microscopica disordinata (ulteriori dettagli nella prossima Sezione).

La seconda applicazione concerne le perovskity layered della classe $\text{A}_n\text{X}_n\text{O}_{3n+2}$ già note per effetti esotici quali ferroelectricità, multiferroicità e magnetoelectricità, e in particolare il $\text{La}_2\text{Ti}_2\text{O}_7$ (LTO). Un punto importante che rende questo materiale interessante per la termoelectricità è che la conduktivita termica sperimentale è bassa, apparentemente, anche nella fase cristallina. Per spiegare questa importante osservazione, abbiamo usato un approccio modellistico, data la impossibilità di un calcolo diretto: la conduktivita di BaTiO_3 , il composto più vicino a LTO in termini di bonding locale e masse ioniche, è stata calcolata per la fase cristallina e per uno strato sottile, con spessore pari a quello delle unità impilate nella struttura

layered, ottenendo una riduzione nel caso layered fino circa al valore sperimentale. Di nuovo, quindi, la κ_L è effettivamente limitata da un effetto di bordo (stavolta intrinseco al materiale) che realizza un waveguiding dei fononi nei singoli layer della struttura.

La terza applicazione, ancora in corso, riguarda gli effetti dei termini relativistici vettoriali (spin-orbita) sugli spettri vibrazionali delle perovskiti di alogeni, in particolare CnSnI_3 , rilevanti (oltre che in fotovoltaica) anche in termoelectricità per la loro bassa κ_L (questi composti sono detti anche *rattlers* a causa del moto di tipo oscillatore quasi indipendente di certi gradi di libertà). Gli spettri sono effettivamente piuttosto sensibili ai termini relativistici, e stiamo attualmente studiando la stabilità relativa delle diverse fasi.

ZT e modelli di interazione elettrone-fonone

Il fattore di merito, come detto, dipende dai coefficienti di trasporto elettronico. Anche questi vengono studiati tramite l'equazione di trasporto di Bloch-Boltzmann in approssimazione di tempo di rilassamento. Tale tempo τ può essere scelto costante, oppure dipendente dall'energia e temperatura. Abbiamo usato diversi modelli fenomenologici per τ nel calcolo (3) di ZT per MgSb , usando la conduktivita termica ottenuta in precedenza, e velocità ed energie elettroniche calcolate ab initio. Troviamo (Fig. 2) che l'andamento osservato è spiegabile solo dalla combinazione di τ dipendente dall'energia e conduktivita termica del policristallo (quadrati pieni in Figura 2). Un po' controintuitivamente, risulta che la policristallinità non danneggia lo ZT, ma anzi lo aumenta leggermente, almeno entro i limiti di un semplice modello di Snyder et al., a causa dell'aumento di S. Inoltre, come mostrato in Figura 2 in alto, la piccola conduktivita elettronica è paragonabile a quella reticolare, e quindi sufficientemente importante da non poter essere trascurarla senza causare un forte disaccordo con l'esperimento.

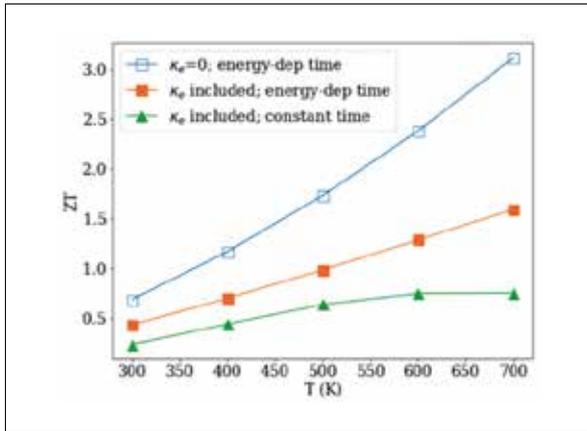


Fig. 2. ZT in MgSb in approssimazione di t costante ed E-dependent. Pure incluso, solo per confronto, uno ZT ipotetico senza conduttività elettronica.

Confortati dai buoni risultati per MgSb e dall'aver chiarito il motivo della bassa conduttività termica sia in MgSb che in LTO, abbiamo studiato il trasporto elettronico in LTO, adottando un tempo di rilassamento semplificato, dipendente dalla sola T e mediato in energia (uno sketch delle due dipendenze combinate è in Figura 3). L'equazione di Bloch-Boltzmann, in questo caso, è risolta su un set di bande di energia interpolate sia direttamente sia usando i gradienti delle bande stesse (con risultati quasi identici). Anche qui, come in MgSb, il tempo di rilassamento è dominato dall'interazione con i fononi polari longitudinali e decresce rapidamente con la temperatura. Nonostante questa rapida discesa del

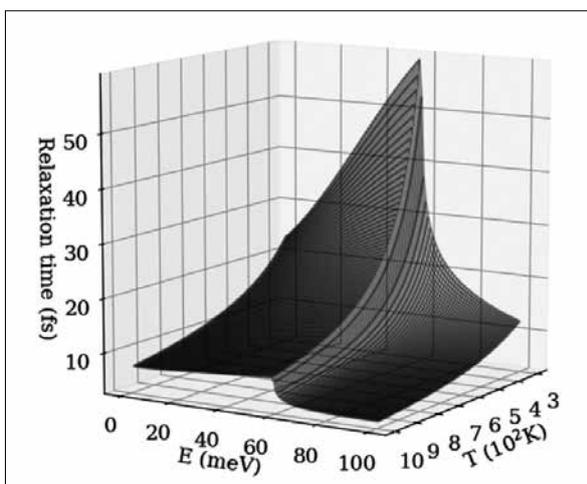


Fig. 3. Tempo di rilassamento τ in LTO vs energia e temperatura.

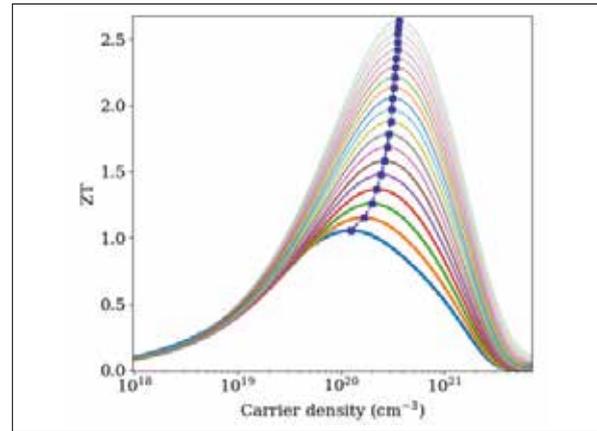


Fig. 4. Fattore di merito ZT (componente a) in LTO vs densità e T (quadrati blu: massimi a doping ottimale). per densità di portatori accessibili, il fattore di merito è superiore ai valori tipici (~ 1).

tempo di rilassamento con T , il calcolo mostra un aumento monotono di ZT con T . In funzione della densità di portatori, come atteso, ZT ha un massimo (dalle parti di 10^{20} cm^{-3}). L'andamento combinato è in Figura 4. I valori a doping ottimale (cioè ZT massimo) vanno da circa 1 a T ambiente fino a 2.6 a 1200 K, scelta arbitrariamente per non avvicinarsi troppo alla transizione ferroelettrica a 1700 K. (Notiamo che la dominanza dell'accoppiamento polare apre la possibilità che l'interazione elettrone-fonone cambi la conduttività termica *reticolare* in un conduttore, sia pure a bassa densità, dato che questo canale di scattering diviene significativo per la dinamica e popolazione dei fononi: dalle prime indagini, gli effetti sono oltre il 10% sulla κ_L a doping medio.)

È interessante notare che, in conseguenza della forte anisotropia del materiale, le altre componenti del tensore ZT sono molto diverse. Quella mostrata è grande, mentre le altre due sono molto minori (tra 10 e 50 volte) e hanno un comportamento diverso in temperatura. Il valore di S è invece solo moderatamente anisotropo e intorno a 0.2-0.3 mV/K a doping ottimale, ma si avvicina a 1 mV/K a basso doping.

Ringraziamenti: al progetto *Multiphysics theoretical approach to thermoelectricity*, finanziato da RAS, UniCA, Fondazione di Sardegna hanno partecipato i colleghi A. Bosin, F.

Bernardini, G. Cappellini, L. Colombo, C. Melis, e P. Ruggerone. Hanno inoltre collaborato E. Argiolas, R. Farris, A. Filippetti, M. B. Maccioni, G. Serra, e A. Urru. Li rin-

grazio per i loro contributi, pur non potendoli discutere tutti per motivi di spazio. È per me un piacere ringraziare Lorenzo Pautlatto per utili discussioni.

Bibliografia

1. Maccioni MB, Farris R, Fiorentini V. Ab initio thermal conductivity of thermoelectric Mg₃Sb₂: evidence for dominant extrinsic effects. *Phys Rev B*, 2018; 98: 220301.
2. Fugallo G, Colombo L. Calculating lattice thermal conductivity: a synopsis. *Phys Scr*, 2018; 93: 043002.
3. Farris R, Urru A, Dal Corso A, Fiorentini V. Relativistic effects on the phonon spectrum and phase transitions of low-thermal-conductivity halide perovskites. In stampa.
4. Farris R, Maccioni MB, Filippetti A, Fiorentini V. Theory of thermoelectricity in Mg₃Sb₂ with an energy- and temperature-dependent relaxation time. *J Phys Condens Matter*, 2019; 31(6): 065702.
5. Fiorentini V, Farris R, Argiolas E, Maccioni MB High thermoelectric figure of merit and thermopower in layered oxides. *Phys Rev Materials*, 2019; 3: 022401.

Vincenzo Fiorentini, sposato, tre figli, è Professore associato di Fisica della Materia presso l'Università degli Studi di Cagliari. Attivo nel campo della fisica computazionale della materia, ha pubblicato circa 150 lavori, con 10600 citazioni e h=43 in media su tre database, ed è incluso nella lista dei Top Italian Scientists. Ha tenuto oltre 50 relazioni su invito a convegni internazionali. È stato Alexander-von-Humboldt scholar, WSI Monaco (1998-2000); invited professor, IMEC Leuven (2005-07); ricercatore FhG-IAF

(1987-88), MPG-FHI (1992-93), UniCA (1993-2001); PI e direttore del Laboratorio regionale INFM-SLACS e UdR-IOM-CNR (2004-2009); valutatore per numerose istituzioni scientifiche, ministeri, ecc.; co-organizzatore di convegni di fisica computazionale dei materiali in Sardegna (1994-2005). Abilitato alla prima fascia dal 2013, insegna attualmente Fisica Computazionale a Fisica e Fisica 2 a Ingegneria Elettronica. È stato relatore di circa trenta tesi di laurea e di una dozzina di tesi di dottorato in Fisica.

Materiali molecolari funzionali innovativi per applicazioni in campo ambientale e biomedico

Responsabile scientifico: **Vito Lippolis**

Gruppo di ricerca: M. Carla Aragoni, Massimiliano Arca, Bernhard Elsener, Enzo Cadoni, Claudia Caltagirone, Guido Ennas, Angelo Frongia, M. Laura Mercuri, Francesco Isaia, Sergio Murgia, Valeria M. Nurchi, Francesco Quochi, Elisabetta Rombi

I Materiali Molecolari Funzionali (MMF) sono generalmente definiti come materiali derivati da precursori molecolari relativamente semplici che possiedono caratteristiche e funzioni completamente differenti da quelle dei loro costituenti, la cui progettazione per specifiche applicazioni non può tuttavia prescindere dalle proprietà di questi ultimi.

La ricerca svolta nell'ambito di questo progetto ha riguardato lo sviluppo di varie classi di MMF e dei precursori necessari alla loro realizzazione, aventi possibili applicazioni in campo biomedico e ambientale. I risultati scientifici ottenuti sono stati oggetto di numerose pubblicazioni (1-48) su riviste di rilevanza internazionale e solo alcuni di questi verranno di seguito evidenziati.

Al fine di sintetizzare molecole sempre più complesse per lo sviluppo di MMF con proprietà mirate ad applicazioni in campo farmacologico, lo sviluppo di nuove procedure sintetiche regio-, chemo- e stereo-selettive è fondamentale. In particolare, è stato studiato l'utilizzo del 2-idrossiciclobutanone, come precursore per la sintesi di altri sistemi ciclici o eterociclici complessi (10, 11, 33, 43).

Il 2-idrossiciclobutanone è un substrato ottimale per eseguire reazioni di condensazione organocatalizzate con ammine secondarie, portando alla formazione di 2-aminociclobutanoni otticamente attivi.

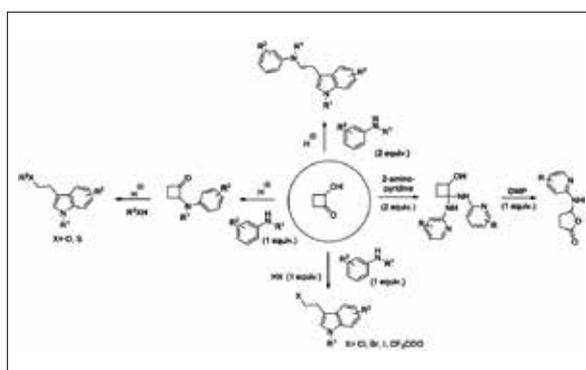


Fig. 1. Funzionalizzazioni del 2-idrossiciclobutanone.

Studi successivi hanno mostrato che in presenza di un catalizzatore acido di Brønsted, il sistema arilamminociclobutanone può comportarsi da elettrofilo in reazioni di addizione nucleofila intramolecolare, attraverso un processo tandem di scissione e successiva chiusura d'anello, con formazione di una nuova e versatile classe di sistemi triptaminici (Fig. 1). In maniera concettualmente analoga, la metodologia è stata successivamente estesa alla sintesi di derivati 2-alcossi, 2-feniltio, 2-fenossi, 2-alogenoetil-indolici con una significativa flessibilità e tolleranza nei confronti dei sostituenti presenti nei prodotti di partenza (10, 11, 33, 43).

Parallelamente sono state sviluppate le sintesi di nuovi derivati dell'acido cogico e del diferiprone con l'obiettivo di investigarne le capacità di complessazione con Al(III), Fe(III) e altri ioni essenziali quali

Cu(II) e Zn(II), per mettere a punto sistemi molecolari sempre più efficienti per il trattamento con terapia chelante di pazienti talassemici trasfusione-dipendenti e per l'escrezione di alluminio(III) in caso di patologie legate alla presenza anomala di questo metallo nei tessuti e negli organi umani (28-32, 34, 47). Uno degli obiettivi del progetto era lo sviluppo di materiali luminescenti (2, 18, 19, 41) e di chemosensori ottici per il riconoscimento e la rilevazione selettiva di analiti di importanza biologica e ambientale quali ioni metallici e anioni inorganici (5-7, 14, 15, 17, 27, 35, 36, 40, 44, 46, 48). In particolare, per quanto riguarda il riconoscimento di ioni metallici, sono stati sviluppati due sensori molecolari fluorescenti (Fig. 2a) caratterizzati da una unità difenil-ossazolica spaziatrice e due braccia coordinanti. Questi due sistemi hanno dimostrato la capacità di poter rilevare selettivamente ioni cadmio(II) in soluzioni acquose anche in presenza di ioni zinco(II). La selettività osservata è stata attribuita alle differenti dimensioni dei due ioni: infatti, a causa delle maggiori dimensioni dello ione cadmio(II), esso può essere coordinato da entrambe le

braccia azotate dei due sensori molecolari con conseguente impedimento della libera rotazione dei gruppi fenilici e sviluppo di emissione fluorescente. Lo ione zinco(II), più piccolo, risulta coordinato solo da una delle braccia azotate e questa situazione non induce nessuna emissione di fluorescenza (Fig. 2b) (15).

Per quanto riguarda il riconoscimento di anioni inorganici, di particolare rilievo è stato lo sviluppo di seleno-uree non-simmetriche che subiscono un processo di dimerizzazione con formazione di un legame Se-Se in presenza di soli ioni cianuro e solfuro con conseguente cambio di colore (Fig. 2c). Se il sensore seleno-ureidico viene introdotto all'interno di nanoparticelle di silice mesoporosa si osserva un aumento della selettività nei confronti dell'anione solfuro attraverso una risposta di tipo fluorescente (Fig. 2c) (6).

È stata inoltre sviluppata una famiglia di recettori bis-ammidici per il riconoscimento di anioni che contengono un gruppo carbossilico vicinale alla funzione ammidica (Fig. 2d). I gruppi carbossilici vengono deprotonati in presenza di ioni fluoruro e il recettore nella sua forma dianionica inte-

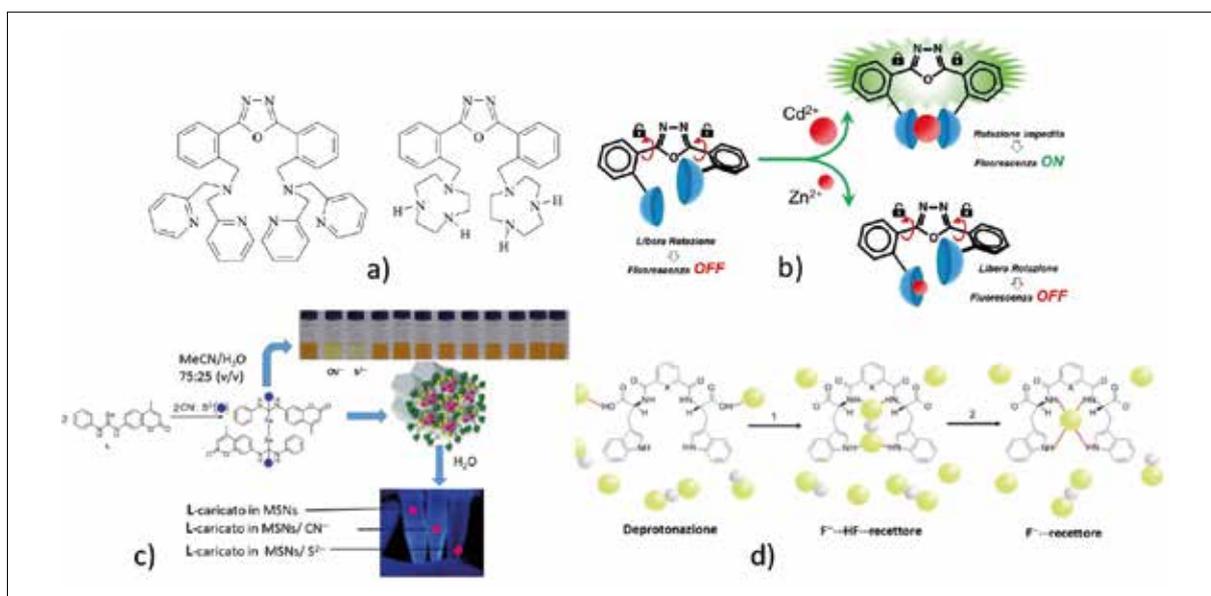


Fig. 2. a) Sensori molecolari di fluorescenza basati sull'unità difenil-ossazolica e b) loro meccanismo di funzionamento; c) sensori molecolari per anioni basati su seleno-uree e c) bis-ammidici contenenti gruppi carbossilici. Figura composta sulla base di immagini già pubblicate (15, 6, 35) con il consenso della Royal Society of Chemistry.

ragisce selettivamente con l'anione. Questo sistema rappresenta un esempio unico di recettore anionico in grado di legare selettivamente una specie anch'essa carica negativamente (35).

Per lo sviluppo di MMF nanostrutturati per applicazioni in campo biomedico o ambientale, sono stati seguiti due differenti approcci. In particolare, sono stati formulati liposomi e cubosomi quali nanoparticelle lipidiche per il trasporto efficiente attraverso le membrane cellulari non solo di opportune sonde fluorescenti per una funzione di "imaging" e "sensing" di analiti bersaglio *in vivo*, ma anche di molecole di interesse farmacologico per applicazione di teranostica (20-23, 42). I cubosomi sono nanoparticelle lipidiche aventi struttura interna cubica, tipicamente stabilizzate in acqua mediante copolimeri a blocchi noti come Pluronic, che consentono anche una funzionalizzazione superficiale per essere indirizzate verso tessuti specifici (Fig. 3a).

L'attività in questo settore si è concentrata sia su sistemi adatti per applicazioni topiche che per somministrazione endovenosa. Per quanto riguarda queste ultime, è stata sviluppata una formulazione basata su liposomi caricati con adrenalina per l'utilizzo nel caso di arresto cardiaco allo scopo di mitigare i danni neurologici associati alla somministrazione di adrenalina mediante i sistemi attualmente in commercio (42). I risultati sperimentali hanno mostrato che la formulazione proposta è dotata di ottima stabilità, è capace di contenere e rilasciare in maniera adeguata all'applicazione proposta il farmaco, ed è biocompatibile, come dimostrato da test di tossicità su cellule endoteliali umane. La formulazione è protetta da brevetto internazionale (numero di domanda brevetto: 102017000086879). Relativamente alle applicazioni topiche, è stato formulato un nuovo sistema di cubosomi *polymer-free* caricati con un fotosensibilizzatore adatto alla terapia fotodinamica (21). Gli studi di *bioimaging* hanno mostrato la rapida internalizzazione dei cubosomi in cellule di melanoma cutaneo umane, mentre gli studi di citotossicità hanno prova-

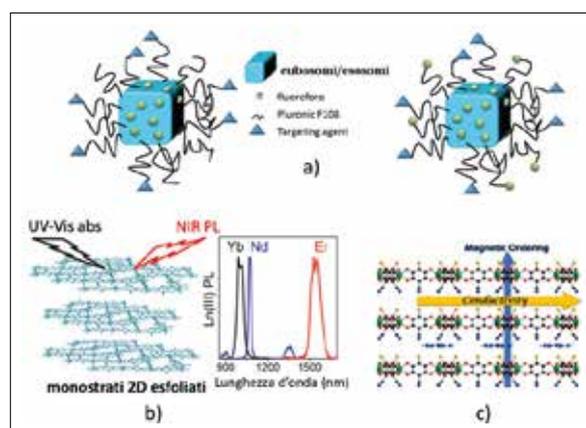


Fig. 3. a) Schema di nanoparticelle lipidiche per applicazioni di teranostica; b) struttura a strati di MOF bidimensionali (2D) neutri formati da lantanidi con emissione nel vicino infrarosso (NIR); c) struttura a strati di MOF basati su metalli di transizione con proprietà magnetiche e di conduzione. Figura composta sulla base di immagini già pubblicate (24, 25). © 2018, American Chemical Society.

to che in seguito al foto-irraggiamento la formulazione ha un'attività tossica di un ordine di grandezza superiore rispetto al fotosensibilizzatore somministrato in forma libera. Inoltre, è stato realizzato un sistema non citotossico di vescicole sia allo stato liquido che gel capace di rilasciare la 3-idrossicumarina (inibitore della tirosinasi, enzima responsabile della biosintesi della melanina) negli strati più interni della pelle, come dimostrato da studi di permeazione e penetrazione cutanea (23). È stato anche studiato un sistema lipidico innovativo stabilizzato mediante cristalli liquidi e caricato con lisozima e caffeina come farmaci modello (22). Gli esperimenti di stabilità e rilascio hanno evidenziato le potenzialità di questo sistema per applicazioni topiche. Infine, è stato caratterizzato un gel adatto al restauro delle opere d'arte (20). Il gel è stato studiato da un punto di vista reologico e strutturale ed è stato impiegato con successo per la pulizia di un frammento di stucco del XIX secolo proveniente dal teatro La Fenice (Venezia) per la rimozione di polvere e detriti depositatisi sulla sua superficie durante l'incendio del 1996.

Il secondo approccio seguito per lo sviluppo di MMF nanostrutturati è stato quello

di preparare polimeri di coordinazione (CPs) detti "Metal-Organic-Frameworks" (MOFs). Tra i MOFs sintetizzati (1, 3, 8, 9), sono di particolare interesse quelli luminescenti bi-dimensionali (2D) neutri formati da ioni di elementi lantanidi (Ln(III)= Er, Yb e Nd) con emissione nel vicino infrarosso (NIR) (12, 13, 24, 25) e aventi il clorociananilato (CICNAn) come legante capace di trasferire energia al lantanide (effetto antenna).

Questi materiali 2D presentano peculiari strutture a strati, simili al grafene, e possono essere esfoliati con metodi micromeccanici, in nanostrati formati da 1 a 4 monostrati. I materiali preparati, aventi formulazione $\{[\text{Ln}_2(\text{CICNAn})_3(\text{DMF})_6] \cdot (\text{DCM})_x\}_n$ [Ln(III) = Yb(x=0), Nd, e Er (x=2)], rappresentati in Figura 3b, sono stati caratterizzati strutturalmente e mediante studi fotofisici di spettroscopia risolta nel tempo per stimare tempi di vita e rese quantiche del Lantanide. I nanostrati sono stati ottenuti mediante sonicazione assistita in soluzione e caratterizzati mediante microscopia a forza atomica (AFM) e microscopia elettronica in trasmissione ad alta risoluzione (HR-TEM), e presentano dimensioni laterali su scala micrometrica e spessore fino al monostrato, potendosi osservare anche i piani cristallini. Questo evidenzia la peculiare stabilità dei nanostrati ottenuti rispetto a quelli riportati in letteratura.

Questi studi pionieristici sono di grande rilevanza nel campo dei materiali 2D poiché i nanostrati possono considerarsi la nuova frontiera per applicazioni in campo biomedico (i lantanidi utilizzati emettono nell'intervallo 800-1200 nm, la così detta finestra biologica) per il trasporto di farmaci antitumorali e nel campo della sensoristica come possibili sensori fluorescenti altamente efficienti di analiti di interesse ambientale. Passando dai lantanidi ai metalli di transizione, proprietà magnetiche e di conduzione estremamente rilevanti sono state ottenute nel MOF 2D $\text{Fe}^{\text{II}}\text{Fe}^{\text{III}}$ con formula $[\text{TAG}][\text{Fe}^{\text{II}}\text{Fe}^{\text{III}}(\text{CICNAn})_3] \cdot (\text{solvato})$ (TAG = tri(ammino)-guanidinio, CICNAn = clorocianoanilato), che presenta una struttura a strati ma del tipo catione/anione (Fig. 3c). Questo materiale è un ferri-magnete vetroso e semiconduttore con valori di conduttività nel piano di $2 \cdot 10^{-3}$ S/cm, tre volte maggiori rispetto a quelli misurati perpendicolarmente a valenza-mista nel metallo. Per le sue proprietà è stato utilizzato come materiale modello per uno studio teorico, effettuato su una serie di CPs 2D $\text{Fe}^{\text{II}}\text{Fe}^{\text{III}}$ con leganti del tipo ossalato, che ha permesso di spiegare alla luce del modello "small-polaron hopping", la maggiore conduttività osservata nei sistemi a base di anilati rispetto a quelli di ossalati (Fig. 3c).

Bibliografia

1. Cabras V, Aragoni MC, Coles SJ, et al. Mechanosynthesis of coordination polymers based on dithiophosphato and dithiophosphonato Ni^{II} complexes and 1,4-di(3-pyridinyl)buta-1,3-diyne ligand. *Supramol Chem*, 2017; 29: 865-874.
2. Donamaría R, Lippolis V, López-de-Luzuriaga JM, et al. Tuning $\text{Au}(\text{I}) \cdots \text{Ti}(\text{I})$ Interactions via Mixed Thia-Aza Macrocyclic Ligands: Effects on the Structural and Luminescence Properties. *Inorg Chem*, 2017; 56: 12551-1563.
3. Aragoni MC, Arca M, Cabras V, et al. Coordination polymers based on dithiophosphato/dithiophosphonato nickel complexes and linear 1,4-di(3-pyridyl)buta-1,3-diyne ligand. *Supramol Chem*, 2017; 29: 853-864.
4. Montis R, Arca M, Aragoni MC, et al. Hydrogen- and halogen-bond cooperativity in determining the crystal packing of dihalogen charge-transfer adducts: a study case from heterocyclic pentatomic chalcogenone donors. *New J Chem*, 2017; 19: 4401-4412.
5. Aragoni MC, Arca M, Bencini A, et al.

- Zn²⁺/Cd²⁺ optical discrimination by fluorescent acridine-based bis-macrocylic receptors. *Supramol Chem*, 2017; 29: 912-921.
- Casula A, Begines P, Bettoschi A, et al. Selenoureas for anion binding as molecular logic gates. *Chem Commun*, 2017; 53: 11869-11872.
 - Casula A, Fornasier M, Montis R, et al. Halogen-substituted ureas for anion binding: solid state and solution studies. *Supramol Chem*, 2017; 29: 75-886.
 - Cabras V, Pilloni M, Scano A, et al. Mechanochemical Reactivity of Square-Planar Nickel Complexes and Pyridyl-Based Spacers for the Solid-State Preparation of Coordination Polymers: The Case of Nickel Diethyldithiophosphate and 4,4'-Bipyridine. *Eur J Inorg Chem*, 2017; 13: 1908-1914.
 - Scano A, Cabras V, Marongiu F, et al. New Opportunities in the Preparation of Nanocomposites for Biomedical Applications: Revised Mechanosynthesis of Magnetite-Silica Nanocomposites. *Materials Research Express*, 2017; 4: n 25004.
 - Ghisu L, Melis N, Secci F, et al. Synthesis of 2,2-bis(pyridin-2-yl amino) cyclobutanol and their conversion into 5-(pyridin-2-ylamino)dihydrofuran-2(3H)-ones. *Org Biomol Chem*, 2017; 15: 9779-9784.
 - Piras E, Secci F, Caboni P, et al. α -Benzyloxylation of β -keto sulfides at ambient temperature. *RSC Adv*, 2017; 7: 49215-49219.
 - Monni N, Abherve' A, Auban-Senzier P, et al. Synthesis and Physical Properties of Purely Organic BEDT-TTF-Based Conductors Containing Hetero-/Homosubstituted Cl/CN-Anilate Derivatives. *Inorg Chem*, 2017; 56: 12564-12571.
 - Mercuri ML, Congiu F, Concas G, et al. Recent Advances on Anilato-Based Molecular Materials with Magnetic and/or Conducting Properties. *Magnetochemistry*, 2017; 3: 17-55.
 - Casula A, Llopis-Lorente A, Garau A, et al. A new class of silica-supported chromo-fluorogenic chemosensors for anion recognition based on a selenourea scaffold. *Chem Commun*, 2017; 53: 3729-3732.
 - Formica M, Ambrosi G, Fusi V, et al. Cd^{II}/Zn^{II} discrimination by 2,5-diphenyl[1,3,4]oxadiazole based fluorescent chemosensors. *New J Chem*, 2018; 42: 7869-7883.
 - Pintus A, Aragoni MC, Carcangiu G, et al. Density Functional Theory modeling of protection agents for carbonate stones: case study of oxalate and oxamate inorganic salts. *New J Chem*, 2018; 42: 11593-11600.
 - Lvova L, Caroleo F, Garau A, et al. A fluorescent sensor array based on heteroatomic macrocyclic fluorophores for the detection of polluting species in natural water samples. *Frontiers in Chemistry, section Analytical Chemistry*, 2018; 6: (article 258), 1-10.
 - Donamaría R, Lippolis V, López-de-Luzuriaga JM, et al. Dispersive Forces and Dipole Moment Increase as Driving Forces for the Formation of an Unprecedented Metallophilic Heterotrimetallic System. *Chem Eur J*, 2018; 24: 13740-13743.
 - Donamaría R, Lippolis V, López-de-Luzuriaga JM, et al. Influence of the number of metallophilic interactions and structures on the optical properties of heterometallic Au/Ag complexes with mixed-donor macrocyclic ligands. *Inorg Chem*, 2018; 57: 11099-11112.
 - Berlangieri C, Poggi G, Murgia S, et al. Structural, rheological and dynamics insights of hydroxypropyl guar gel-like systems. *Colloids Surf B*, 2018; 168: 178-186.
 - Bazylińska U, Kulbacka J, Schmidt J, et al. Polymer-free cubosomes for simultaneous bioimaging and photodynamic action of photosensitizers in melanoma skin cancer cells. *J Colloid Surf Sci*, 2018; 522: 163-173.
 - Lampis S, Carboni M, Steri D, et al. Lipid based liquid-crystalline stabilized formulations for the sustained release of bioactive hydrophilic molecules. *Colloids Surf B*, 2018; 168: 35-42.

23. Schlich M, Fornasier M, Nieddu M, et al. 3-hydroxycoumarin loaded vesicles for recombinant human tyrosinase inhibition in topical applications. *Colloids Surf B*, 2018; 171: 675-681.
24. Sahadevan SA, Abherve A, Monni N, et al. Conducting Anilate-Based Mixed-Valence Fe(II)Fe(III) Coordination Polymer: Small-Polaron Hopping Model for Oxalate-Type Fe(II)Fe(III) 2D Networks. *J Am Chem Soc*, 2018; 140: 12611-12621.
25. Sahadevan SA, Monni N, Abherve A, et al. Nanosheets of Two-Dimensional Neutral Coordination Polymers Based on Near-Infrared-Emitting Lanthanides and a Chlorocyananilate Ligand. *Chem Mater*, 2018; 30: 6575-6586.
26. Sahadevan SA, Cadoni E, Monni N, et al. Structural Diversity in a New Series of Halogenated Quinolyal Salicylaldimides-Based Fe^{III} Complexes Showing Solid-State Halogen-Bonding/Halogen...Halogen Interactions. *Cryst Grow Des*, 2018; 18: 4187-4199.
27. Gale PA, Caltagirone C. Fluorescent and colorimetric sensors for anionic species. *Coord. Chem Rev*, 2018; 354: 2-27.
28. Lachowicz JI, Nurchi VM, Crisponi G, et al. Para aminosalicylic acid in the treatment of manganese toxicity. Complexation of Mn²⁺ with 4-amino-2-hydroxybenzoic acid and its N-acetylated metabolite. *New J Chem*, 2018; 42: 8035-8049.
29. Cappai R, Chand K, Lachowicz JI, et al. Santos MA. A new tripodal-3-hydroxy-4-pyridinone for iron and aluminium sequestration. Synthesis, complexation and in vivo studies. *New J Chem*, 2018; 42: 8050-8061.
30. Nurchi VM, Jaraquemada-Pelaez MG, Lachowicz JI, et al. Looking at new ligands for chelation therapy. *New J Chem*, 2018; 42: 8021-8034.
31. Nurchi M, Crisponi G, Lachowicz JI, et al. Equilibrium studies of new bis-hydroxypyrrone derivatives with Fe³⁺, Al³⁺, Cu²⁺ and Zn²⁺. *J Inorg Biochem*, 2018; 189: 103-114.
32. Lachowicz JI, Crespo-Alonso M, Caltagirone C, et al. Salicylamide derivatives for iron and aluminium sequestration. From synthesis to complexation studies. *J Trace Elem Med Biol*, 2018; 50: 580-588.
33. Serusi L, Bonnans M, Luridiana A, et al. Brønsted acid Catalysed Synthesis of 3-(2-Alkoxyethyl)indoles from α -Arylamino-cyclobutanones and Alcohols. *Adv Synth Catal*, 2019; 361(8): 1908-1912.
34. Nurchi VM, Jaraquemada-Pelaez MG, Crisponi G, et al. A new tripodal kojic acid derivative for iron sequestration: synthesis, protonation and complex formation studies with Fe³⁺, Al³⁺, Cu²⁺ and Zn²⁺. *J Inorg Biochem*, 2019; 193: 152-165.
35. Montis R, Bencini A, Coles SJ, et al. Fluoride binding by an anionic receptor: tuning the acidity of amide NH groups for basic anion hydrogen bonding and recognition. *Chem Commun*, 2019; 55: 2745-2748.
36. Garau A, Bencini A, Blake AJ, et al. [9] aneN₃-based fluorescent receptors for metal ion sensing featuring urea and amide functional groups. *Dalton Trans*, 2019; 48: 4949-4960.
37. Monni N, Mameli V, Ashoka Sahadevan S, et al. Raman Spectroscopy as a Probe for Monitoring the Zinc Presence in Zn-Substituted Cobalt Ferrites. *Nanoscience and Nanotechnology*, 2019; 19: 5043-5047.
38. Atzori L, Rombi E, Meloni D, et al. Nanostructured Ni/CeO₂-ZrO₂ catalysts for CO₂ conversion into SNG. *J Nanosci Nanotechnol*, 2019; 19: 3269-3276.
39. Marongiu D, Lai S, Sarritzu V, et al. Bifacial Diffuse Absorbance of Semitransparent Microstructured Perovskite Solar Cells. *ACS Appl. Mater Interfaces*, 2019; 11: 10021-10027.
40. Pomarico G, Mandoj F, Lvova L, et al. Joining chromophores: a porphyrin-BPI fused system. *Eur J Org Chem*, 2019; 4: 655-659.
41. Blake AJ, Donamaría R, Lippolis V, et al. Unequivocal Experimental Evidence of the Relationship between Emission Energies and Aurophilic Interactions. *Inorg Chem*, 2019; 58: 4954-4961.

42. Schlich M, Sinico C, Valenti D, et al. Towards long-acting adrenaline for cardiopulmonary resuscitation: Production and characterization of a liposomal formulation. *Int J Pharm*, 2019; 557: 105-111.
43. Ghisu L, Melis N, Serusi L, et al. Synthesis of β -sulfinyl cyclobutane carboxylic amides via a formal α to β sulphoxide migration process. *Org & Biom Chem*, 2019; 17: 6143-6147.
44. Bencini A, Lippolis V, López-de-Luzuriaga JM, et al. On the use of mixed thia/aza macrocycles in the development of fluorescent chemosensors for toxic heavy metals and fluorescent materials. *Phosphorus, Sulfur, and Silicon and the Related Elements*, 2019, 194(7): 682-688.
45. Aragoni MC, Arca M, Blake AJ, et al. Reaction of imidazoline-2-selone derivatives with mesityltellurenyl iodide: a unique example of a 3c-4e Se \rightarrow Te \leftarrow Se three-body system embedding a tellurenyl cation. *New J Chem*, 2019; 43: 11821-11831.
46. Lachowicz JI, Picci G, Coni P, et al. Fluorescent squaramide ligands for cellular imaging and their encapsulation in cubosomes. *New J Chem*, 2019; 43: 10336-10342.
47. Crisponi G, Nurchi VM, Lachowicz JI. Iron Chelation for Iron Overload in Thalassemia. In: Sigel A, Freisinger E, Sigel RKO, Carver P.L (Guest Ed.). *Essential Metals in Medicine: Therapeutic Use and Toxicity of Metal Ions in the Clinic*. Vol. 19. Berlin (Germany): Walter de Gruyter Verlag; 2019.
48. Pivetta T, Masuri S, Cabiddu MG, et al. A novel ratiometric and turn-on fluorescent coumarin-based probe for Fe(III). *New J Chem*, 2019; 43: 12032-12041.

Vito Lippolis si è laureato in Chimica nel 1991 presso l'Università degli Studi di Pisa conseguendo anche il Diploma in Chimica della Scuola Normale Superiore. Nel 2000 ha conseguito il Dottorato di Ricerca presso l'Università di Nottingham (UK) sotto la guida del Prof. Martin Schröder ricevendo il "J.J. Turner Prize for PhD Thesis Excellence". Attualmente ricopre la carica di Professore ordinario di Chimica Generale ed Inorganica presso l'Università di Cagliari dopo aver ricoperto gli incarichi di Ricercatore e Professore associato presso lo stesso Ateneo. È autore in collaborazione di circa 300

pubblicazioni su riviste internazionali e diversi capitoli di libri. I suoi interessi principali sono: ingegneria cristallina; chimica supramolecolare; chimica di coordinazione di composti macrociclici finalizzata allo sviluppo di sensori molecolari, ionofori selettivi e materiali fluorescenti. Nell'Ateneo Cagliariitano è stato Direttore del Dipartimento di Chimica Inorganica e Analitica e del Dipartimento di Scienze Chimiche e Geologiche. Ha ricoperto anche i ruoli di Consigliere di Amministrazione e di membro del Senato Accademico dell'Ateneo. Attualmente ricopre il ruolo di Prorettore per il Presidio di Monserrato.

Materiali funzionali nanostrutturati intelligenti: sintesi, caratterizzazione e interazioni specifiche tra superfici solide e biomacromolecole

Responsabile scientifico: **Maura Monduzzi**

Gruppo di ricerca: Carla Cannas, Carlo Maria Carbonaro, Mariano Casu, Maria Francesca Casula, Matteo Ceccarelli, Anna Musinu, Marco Piludu, Andrea Porcheddu, Pier Carlo Ricci, Antonella Rossi, Andrea Salis

Introduzione risultati complessivi

Questo progetto mirava a sfruttare le strategie nanotecnologiche bottom-up basate sulla conoscenza fondamentale delle scienze chimiche, fisiche e colloidale per produrre piattaforme altamente versatili basate su materiali ibridi con attività funzionale specifica in applicazioni biomediche, ambientali e catalitiche. Utilizzando varie tipologie di sintesi, funzionalizzazione e caratterizzazione sono state ottenute diverse tipologie di materiali funzionali. In particolare sono state studiate matrici solide basate su nanoparticelle di silici mesoporose ordinate (MSNP), nanoparticelle di ossidi di metalli magnetici (MNP). Biomateriali naturali, come polisaccaridi, proteine, inclusi alcuni enzimi, gruppi funzionali sintetici come amminoacidi e peptidi, ottenuti mediante sintesi innovativa, sono stati utilizzati per la funzionalizzazione delle particelle. Sono stati effettuati diversi studi di caratterizzazione chimico-fisica, sia sugli agenti funzionalizzanti sia sulle matrici solide (prima e dopo le varie fasi di funzionalizzazione) mediante NMR, BET, TGA, XRD, SAXRD, TEM, HR-TEM, SEM, XPS, FT-IR, spettroscopie Raman e Mössbauer, Luminescenza risolta nel tempo, DLS e misure del potenziale Zeta. Inoltre è stato esaminato l'effetto di elettroliti e fluidi corporei simulati per i materiali funzionali carat-

terizzati da interfasi polari o cariche per studiare la stabilità e le interazioni indotte da modifiche della carica superficiale e corrosione.

Sono state condotte indagini accurate a livello molecolare, basate su NMR, potenziale Zeta e modellazione computazionale su sistemi contenenti enzimi, proteine e peptidi di nuova sintesi, allo scopo di evidenziare il ruolo cruciale di queste biomolecole nei processi di riconoscimento molecolare sia in applicazioni biocatalitiche che biomediche.

Materiali funzionalizzati per applicazioni biomediche ed ambientali

Sono stati effettuati diversi studi utilizzando nanoparticelle funzionalizzate a base di silice mesoporosa ordinata (MSNP) funzionalizzate per diversi tipi di applicazione, in particolare nel settore biomedico ed in quello ambientale, e Zeoliti imidazolizzate per applicazioni ambientali.

L'applicazione biomedica delle nanoparticelle è prevalentemente associata alle loro proprietà superficiali ed alla stabilità e interazioni nei mezzi biologici. La funzionalizzazione delle superfici svolge un ruolo chiave nel determinare la biodegradazione, citotossicità e biodistribuzione attraverso interazioni specifiche mediate da biomacromolecole. Un

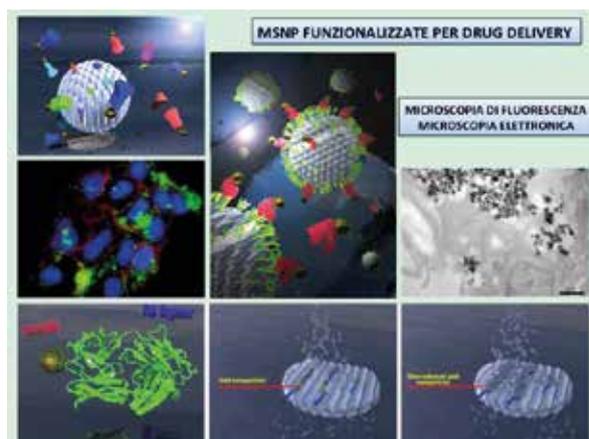


Fig. 1. Rappresentazioni schematiche di MSNP e immagini di microscopia di fluorescenza ed elettronica (elaborazioni originali di Marco Piludu).

tipico esempio è dato da diverse proteine che portano alla formazione di nanoparticelle rivestite da una corona proteica. Le MSNP possono essere usate come vettori per il rilascio prolungato di farmaci. Tali MSNP sono state quindi utilizzate per studiare l'interazione con BSA e per evidenziare il ruolo dei diversi biopolimeri. La BSA coniugata con particelle d'oro è stata utilizzata per evidenziare l'adsorbimento della proteina alla superficie delle MSNP mediante microscopia elettronica a trasmissione (TEM). La Figura 1 illustra schematicamente l'utilizzo delle MSNP, ed anche due immagini di microscopia di fluorescenza ed elettronica che visualizzano i saggi di biocompatibilità ed internalizzazione in linee cellulari (1, 2, 3).

Le applicazioni ambientali hanno riguardato la preparazione di uno strumento diagnostico per metalli pesanti, e la preparazione di biocatalizzatori. In particolare le MSNP sono state usate per preparare elettrodi di carbonio vetrosi modificati rivestiti con il polimero a scambio ionico Nafion per il rilevamento elettrochimico di Cd (II). (4) Altre MSNP sono state drogate con nanoparticelle ultrapicole (2 nm) per l'adsorbimento di H_2S . (5-6) I biocatalizzatori sono stati preparati incapsulando enzimi su framework costituiti da zeoliti funzionalizzate con imidazolo (7, 8).

Materiali per applicazioni specialistiche (magnetismo e ottica)

Sono stati preparati altri materiali funzionali basati su nanoparticelle magnetiche, oppure contenenti sonde di fluorescenza o molecole sensibili alla luce. Le funzionalizzazioni sono servite per sviluppare nuovi dispositivi per applicazioni magnetiche, (9-12) fotoniche come laser, LED o strumenti di bio-imaging (13, 14, 15).

Sintesi speciali a basso impatto ambientale

Nell'ambito della preparazione di materiali funzionali e agenti funzionalizzanti sono state ottimizzate tecnologie di sintesi a basso impatto ambientale, ovvero mediante processi ecosostenibili come sintesi solvotermiche, e processi mecano-chimici (16-21).

Caratterizzazione interazioni di superficie

Allo scopo di valutare le prestazioni di vari tipi di materiali sono state investigate le proprietà di superficie e le interazioni con vari di tipi di fluidi come acqua e liquidi ionici mediante XPS (22, 23, 24). È stato effettuato anche uno studio ambientale sulla natura chimica delle PM_{2.5} (25).

Dinamica molecolare per sistemi di interesse biomedico

Sono stati condotti alcuni studi computazionali allo scopo di ottenere informazioni utili alla progettazione di nuove molecole ad attività antimicrobica ed antitumorale (26, 27, 28).

Studi su formulazioni funzionali per applicazioni biomediche e ambientali

Altri studi particolari hanno riguardato gli effetti ione-specifici su molecole di interesse biologico, (29) la caratterizzazione di formulazioni funzionali per il drug delivery a base di ciclodestrine e lipidi (30, 31, 32), ed una particolare formulazione per il restauro (33).

Bibliografia

- Nairi V, Medda S, Piludu M, et al. Interactions between bovine serum albumin and mesoporous silica nanoparticles functionalized with biopolymers. *Chemical Engineering Journal*, 2018; 340: 42-50.
- Nairi V, Magnolia S, Piludu M, et al. Mesoporous silica nanoparticles functionalized with hyaluronic acid. Effect of the biopolymer chain length on cell internalization. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 2018; 168: 50-59.
- Piludu M, Medda L, Monduzzi M, et al. Gold nanoparticles: A powerful tool to visualize proteins on ordered mesoporous silica and for the realization of theranostic nanobioconjugates. *International Journal of Molecular Sciences*, 2018; 19(7): 1991.
- Sacara AM, Pitzalis F, Salis A, et al. Glassy Carbon Electrodes Modified with Ordered Mesoporous Silica for the Electrochemical Detection of Cadmium Ions. *ACS Omega*, 2019; 4: 1410-1415.
- Cara C, Rombi E, Ardu A, et al. J Sub-Micrometric MCM-41 Particles as Support to Design Efficient and Regenerable Magnetite-Based Sorbent for H₂S Removal, by. *Nanosci Nanotechnol*, 2019; 19(8): 5035-5042.
- Cara C, Rombi E, Mameli V, et al. γ -Fe₂O₃-M41S Sorbents for H₂S Removal: Effect of Different Porous Structures and Silica Wall Thickness. *J Phys Chem C*, 2018; 122(23): 12231-12242.
- Pitzalis F, Carucci C, Naseri M, et al. Lipase Encapsulation onto ZIF-8: A Comparison between Biocatalysts Obtained at Low and High Zinc/2-Methylimidazole Molar Ratio in Aqueous Medium. *Chem Cat Chem*, 2018; 10: 1578-1585.
- Naseri M, Pitzalis F, Carucci C, et al. Lipase and Laccase Encapsulated on Zeolite Imidazolate Framework: Enzyme Activity and Stability from Voltammetric Measurements. *Chem Cat Chem*, 2018; 10: 5425-5433.
- Sanna Angotzi M, Mameli V, Musinu A, et al. ⁵⁷Fe Mössbauer Spectroscopy for the Study of Nanostructured Mixed Mn-Co Spinel Ferrites. *J Nanosci Nanotechnol*, 2019; 19: 5008-5013.
- Mameli V, Sanna Angotzi M, Cara C et al. Liquid Phase Synthesis of Nanostructured Spinel Ferrites. A Review. *J Nanosci Nanotechnol*, 2019; 19: 4857-4887.
- Loche D, Marras C, Carta D, et al. Cation distribution and vacancies in nickel cobaltite. *Phys Chem Chem Phys*, 2017; 19: 16775-16784.
- Caddeo F, Loche D, Casula MF, et al. Evidence of a cubic iron sub-lattice in t-CuFe₂O₄ demonstrated by X-ray absorption fine structure. *Scientific Reports*, 2018; 8: 797.
- Carbonaro CM, Chiriu D, Stagi L, et al. Carbon Dots in Water and Mesoporous Matrix: Chasing the Origin of their Photoluminescence. *J Phys Chem C*, 2018; 122: 25638-25650.
- Ricci PC, Satta J, Chiriu D, et al. Optical and vibrational properties of CaZnOS: The role of intrinsic defects. *J Alloys and Compounds*, 2019; 777: 225-233.
- Ricci PC, Laidani N, Chiriu D, et al. ALD growth of metal oxide on carbon nitride polymorphs. *Applied Surface Science*, 2018; 456: 83-94.
- Dalu F, Scorciapino MA, Cara C, et al. A catalyst-free, waste-less ethanol-based solvothermal synthesis of amides. *Green Chemistry*, 2018; 20: 375-381.
- Piras E, Secci F, Caboni P, et al. α -Benzoyloxylation of β -keto sulfides at ambient temperature. *RSC Adv*, 2017; 7: 49215-49219.
- Porcheddu A, Colacino E, Cravotto G, et al. Mechanically induced oxidation of alcohols to aldehydes and ketones in ambient air: Revisiting TEMPO-assisted oxidations by Beilstein. *J Org Chem*, 2017; 13: 2049-2055.
- Martina K, Rotolo L, Porcheddu A, et al. High throughput mechanochemistry: Application to parallel synthesis of benzoxazines. *Chem Comm*, 2018; 54: 551-554.

20. Colacino E, Porcheddu A, Halasz I, et al. Mechanochemistry for “no solvent, no base” preparation of hydantoin-based active pharmaceutical ingredients: Nitrofurantoin and dantrolene. *Green Chem*, 2018; 20: 2973-2977.
21. Mocci R, Murgia S, De Luca L, et al. Ball-milling and cheap reagents breathe green life into the one hundred-year-old Hofmann reaction. *Org Chem Front*, 2018; 5: 531-538.
22. Spadaro F, Rossi A, Ramakrishna SN, et al. Understanding Complex Tribofilms by Means of H_3BO_3 - B_2O_3 Model Glasses. *Langmuir*, 2018; 34(6): 2219-2234.
23. Arcifa A, Rossi A, Ramakrishna SN, et al. Lubrication of Si-Based Tribopairs with a Hydrophobic Ionic Liquid: The Multi-scale Influence of Water. *J Phys Chem C*, 2018; 122: 7331-7343.
24. Beattie DA, Arcifa A, Delcheva I, et al. Adsorption of ionic liquids onto silver studied by XPS. *Colloids and Surfaces*, 2018; 544: 78-85.
25. Atzei D, Fermo P, Vecchi R, et al. Composition and origin of PM 2.5 in Mediterranean Countryside. *Environmental Pollution*, 2019; 246: 294-302.
26. Manzo G, Serra I, Magrì A, et al. Folded Structure and Membrane Affinity of the N-Terminal Domain of the Three Human Isoforms of the Mitochondrial Voltage-Dependent Anion-Selective Channel. *ACS Omega*, 2018; 3: 11415-11425.
27. Guardiani C, Magrì A, Karachitos A, et al. yVDAC2, the second mitochondrial porin isoform of *Saccharomyces cerevisiae*. *BBA – Bioenergetics*, 2018; 1859: 270-279.
28. Scorciapino MA, Mallocci G, Serra I, et al. Complexes formed by the siderophore-based monosulfactam antibiotic BAL30072 and their interaction with the outer membrane receptor PiuA of *P. aeruginosa*. *Biometals*, 2019; 32(1): 155-160.
29. Carucci C, Salis A, Magner E. Specific Ion Effects on the Mediated Oxidation of NADH. *Chem ElectroChem*, 2017; 4: 3075-3080.
30. Agabio R, Sanna F, Lobina C, et al. Is 2-Hydroxypropyl- β -cyclodextrin a Suitable Carrier for Central Administration of Δ^9 -Tetrahydrocannabinol? Preclinical Evidence. *Drug Development Research*, 2017; 78: 411-419.
31. Mele S, Söderman O, Ljusberg-Wahrén H, et al. Phase behavior in the biologically important oleic acid/sodium oleate/water system. *Chemistry and Physics of Lipids*, 2018; 211: 30-36.
32. Lampis S, Carboni M, Steri D, et al. Lipid based liquid-crystalline stabilized formulations for the sustained release of bioactive hydrophilic molecule. *Colloids and Surfaces B Biointerfaces*, 2018; 168: 35-42.
33. Berlangieri C, Poggi G, Murgia S, et al. Structural, rheological and dynamics insights of hydroxypropyl guar gel-like systems. *Colloids and Surfaces B Biointerfaces*, 2018; 168: 178-186.

Maura Monduzzi (Imola, 1950), dal 2001 è Professore ordinario di Chimica Fisica, Dipartimento di Scienze Chimiche e Geologiche, Università degli Studi di Cagliari e dal 2008 è Direttore del Centro Nanobiotecnologie Sardegna (CNBS).
 Pubblicazioni e parametri bibliometrici: è autore o co-autore di circa 150 pubblicazioni con peer-review (*Scopus* 139), 11 capitoli di libri. *Scopus*: *H-Index* 36, citazioni > 4000. *Google Scholar*: *H-index* 41, citazioni >5000.
 Premi: 2011 Medaglia d'Oro della Fondazione Ferroni assegnata dalla Divisione di Chimica Fisica della SCI per il contributo di studi sulla Chimica Fisica dei Sistemi di interesse biologico.

Principali expertise: Scienze Colloidali; Sistemi a base di tensioattivi; Materiali funzionali a base di silice mesoporosa: Funzionalizzazioni con biopolimeri e proteine, Effetti ioni specifici; Materiali funzionali a base di lipidi: Diagrammi di Fase, nanostrutture supramolecolari in cristalli liquidi, microemulsioni, emulsioni, sistemi vescicolari e gels. Nanosistemi per la veicolazione di principi attivi in applicazioni alimentari, farmaceutiche e cosmetiche. Tecniche NMR di rilassamento e Self-diffusion. Tecniche elettrochimiche per lo studio di interfasi cariche, tecniche di Scattering e Microscopia per varie caratterizzazioni.

Complessi di metalli non nobili quali catalizzatori per la riduzione della CO₂

Responsabile scientifico: **Luca Pilia**

Gruppo di ricerca: Giorgia Cutrufello, Alessio Filippetti, Nicola Melis, Francesca Mocchi, Angela Serpe, Annalisa Vacca

L'anidride carbonica (CO₂) ricopre un ruolo di fondamentale importanza in diversi processi biochimici di piante e animali, e come componente dell'atmosfera terrestre. A partire dalla rivoluzione industriale, l'utilizzo sempre più intensivo di combustibili fossili come fonte di energia ha contribuito in modo decisivo all'incremento della concentrazione atmosferica della CO₂, essendo questa uno dei prodotti finali della combustione dei materiali a base di carbonio. Gli effetti più evidenti dello scompenso di questi equilibri si riscontrano sui cambiamenti climatici, con il cosiddetto riscaldamento globale dovuto all'*effetto serra*, che potrebbero portare a conseguenze disastrose per la Terra. (1) Per cercare di ovviare a questo problema, un interesse crescente viene rivolto verso tutti i metodi che permettono la riduzione delle emissioni, l'utilizzo o semplicemente lo stoccaggio della CO₂ a qualsiasi livello del suo ciclo. Fra le soluzioni proposte per questo problema il riciclo dell'anidride carbonica, che prevede una sua trasformazione in combustibili non fossili o in precursori di molecole più complesse di interesse industriale, rappresenta un approccio ecosostenibile molto promettente. In quest'ambito rientrano la riduzione elettrochimica e fotoelettrochimica della CO₂. L'anidride carbonica infatti può essere coinvolta in processi elettrochimici di riduzione che

possono portare, a seconda delle condizioni di reazione (solvente, pH, potenziale), a differenti prodotti quali CO, metano, metanolo, acido formico, acido ossalico, ecc. (2, 3) Per un processo economico e su larga scala è tuttavia indispensabile avere a disposizione dei catalizzatori che siano poco costosi e selettivi rispetto ai prodotti della riduzione. I complessi metallici sono considerati una classe di composti particolarmente interessante dal punto di vista catalitico per via della possibilità, variando opportunamente la struttura del legante e la natura del centro metallico, di modularne le proprietà chimico-fisiche. In virtù di questa loro versatilità, i composti di coordinazione si prestano alla progettazione *ad-hoc* per la funzionalizzazione di superfici solide e per il loro conseguente utilizzo in catalisi eterogenea o semi-eterogenea (4, 5). In questo contesto, è stato mostrato come sistemi di tipo "gerarchico", costituiti da nanoparticelle funzionalizzate con il complesso metallico e depositate sulla superficie nanostrutturata di un elettrodo, possano avere un effetto sinergico e portare a un aumento dell'attività elettrocatalitica o fotoelettrocatalitica.

Lo scopo del presente progetto di ricerca consiste nello sviluppo di catalizzatori efficienti per la riduzione della CO₂, basati su complessi di metalli non preziosi e ampiamente disponibili in natura (Fig. 1).

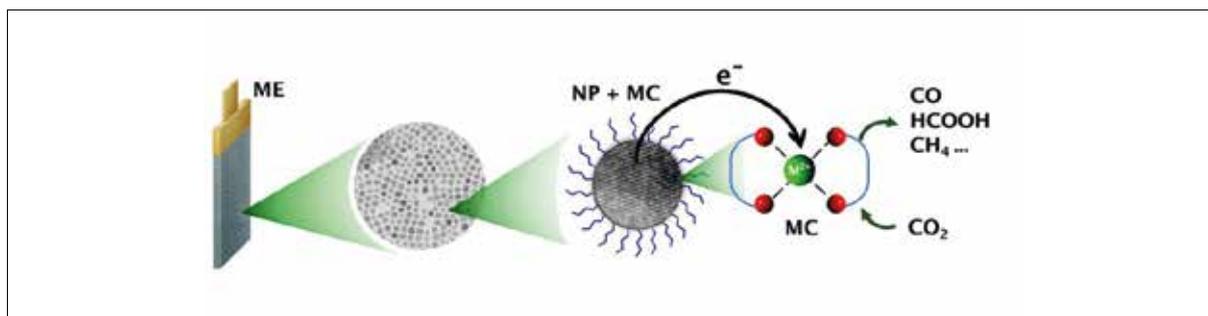


Fig. 1. Schema riassuntivo del meccanismo di funzionamento di un elettrodo nanostrutturato (ME) funzionalizzato con un complesso metallico (MC) quale catalizzatore (NP = nanoparticella).

Questi complessi sono costituiti da un centro metallico legato ad una o più molecole di legante; le loro proprietà dipendono sia dalla natura del legante che da quella del metallo. Nell'ambito del progetto sono stati selezionati leganti appartenenti a diverse classi molecolari per studiare l'effetto della natura legante nel comportamento catalitico dei complessi a base di metalli non preziosi (Fig. 2). In particolare, sono stati preparati dei derivati fluorurati di leganti bidentati azotati come il tetraaza-annulene e l'*orto*-fenilendiammina (L¹ e L²) e diversi leganti bidentati a base di zolfo come ditioleni (L³, L⁴) e ditiossammidi (L⁵, L⁶). A partire da questi leganti, sono stati preparati diversi composti di coordinazione con ioni di rame, nichel, cobalto e ferro; questi complessi sono stati caratterizzati per mezzo di diverse tecniche sperimentali quali spettroscopia infrarossa ed elettronica, analisi elementare e, in alcuni casi, diffrazione di raggi X.

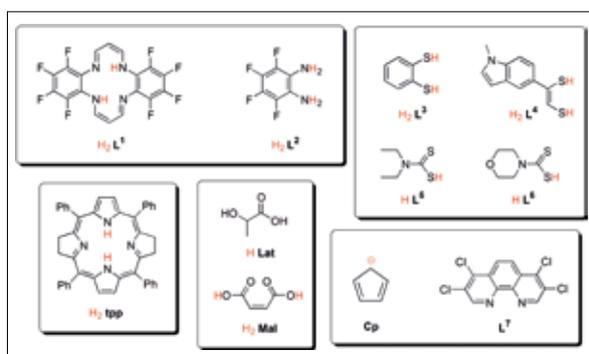


Fig. 2. Selezione di leganti identificata per la sintesi dei complessi da testare. In rosso sono stati evidenziati gli atomi di idrogeno che vengono usualmente persi nella formazione del complesso di coordinazione.

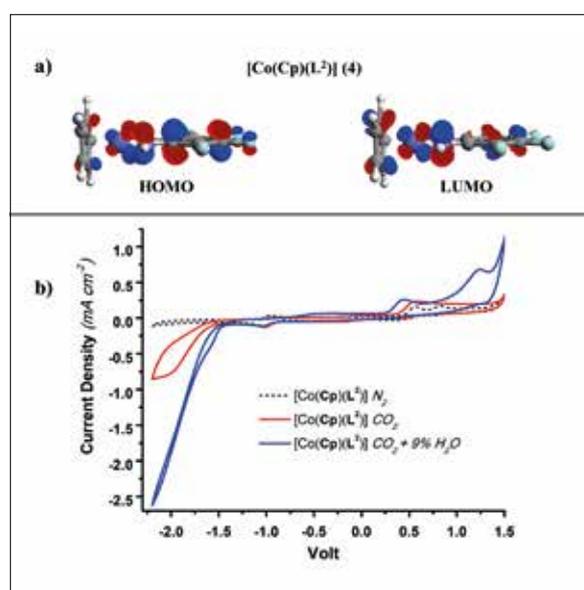


Fig. 3. a) Orbitali di frontiera del complesso 4 calcolati con metodi DFT; b) Voltammogramma del complesso 4 in presenza di N₂, di CO₂ e 9% di H₂O.

Inoltre, per poter meglio comprendere la relazione tra la struttura dei complessi e le loro proprietà, sono stati fatti dei calcoli quantomeccanici basati sulla teoria del funzionale di densità (DFT; Fig. 3a).

Al fine di valutarne l'eventuale capacità riducente nei confronti della CO₂, i complessi preparati sono stati studiati dal punto di vista elettrochimico tramite misure di voltammetria ciclica (VC), effettuate in soluzione di DMSO sia in atmosfera d'azoto che in ambiente saturo di anidride carbonica (Tab. 1). Tutte le misure di VC sono state effettuate in una cella a tre elettrodi utilizzando un elettrodo glassy carbon come elettrodo di lavoro, un filo di platino come elettrodo di riferimento

Tabella 1 – Misure di voltammetria ciclica sui complessi studiati.

Complesso	Formula	Incremento densità di corrente		Potenziale ^[d] (V)
		CO ₂ ^[a]	H ₂ O ^[b] (% _{v/v}) ^[c]	
1	[Cu(L ¹)]	4.4	1.2 (9)	2.5
2	[Ni(L ¹)]	2.1	1.3 (9)	2.5
3	[Co(Cp)(H ₂ L ²)I]I	8.5	1.6 (4)	2.3
4	[Co(Cp)(L ²)]	7.7	3.1 (9)	2.3
5	Bu ₄ N[Ni(L ³) ₂]	3.2	0.6 (2)	2.3
6	Bu ₄ N[Cu(L ³) ₂]	2.1	1.1 (9)	2.3
7	Bu ₄ N[Ni(L ⁴) ₂]	3.5	2.1 (9)	2.2
8	[Ni(L ⁴)(L ⁷)]	2.4	1.1 (4)	2.2
9	[Ni(L ⁵) ₂]	3.1	1.1 (7)	2.2
10	[Co(L ⁵) ₃]	3.5	2.4 (6)	2.2
11	[Co ₂ (L ⁵) ₃]BF ₄	2.8	1.7 (9)	2.2
12	[Fe(L ⁶) ₃]	5.3	2.5 (7)	2.2
13	[CoLat ₂ (H ₂ O) ₂]	3.4	2.5 (6)	2.3
14	[CoMal(H ₂ O) ₄]	2.5	1.8 (9)	2.3
15	[Fe(tp ⁺)O]	3.2	1.4 (9)	2.2

^[a] L'incremento è riportato come fattore moltiplicativo relativo all'effetto della CO₂ rispetto al complesso in atmosfera inerte di azoto.

^[b] L'incremento è indicato come fattore moltiplicativo relativo all'effetto della sola H₂O rispetto al complesso in atmosfera satura di CO₂.

^[c] Percentuale di acqua della soluzione del complesso in DMSO per osservare la variazione di corrente riportata.

^[d] Potenziale al quale sono stati misurati gli incrementi riportati.

e una rete di titanio platinata come contro-elettrodo. I risultati sperimentali hanno mostrato che tutti i complessi testati presentano un aumento della corrente di riduzione in ambiente saturo di CO₂. I derivati a base di cobalto [Co(Cp)(H₂L²)I]I (3) e [Co(Cp)(L²)] (4) presentano i risultati più incoraggianti, inducendo un aumento di circa 8 volte dell'intensità di corrente catodica. Tuttavia, nel caso del composto (3) si osserva la deposizione non reversibile sull'elettrodo di lavoro. Inoltre, nonostante la solubilità dei complessi permetta il loro utilizzo in altri solventi organici come l'acetonitrile, (3) presenta una limitata stabilità chimica nelle condizioni di analisi ed entrambi mostrano una minore efficienza in termini di aumento di corrente registrato.

Il comportamento elettrochimico del complesso (4) è stato studiato anche a diverse velocità di scansione e in presenza di quantità crescenti di acqua, come riportato in Figura 3b. In particolare, la presenza di acqua sembra favorire la riduzione del-

la CO₂ da parte del complesso metallico, come si può evincere dall'aumento di circa tre volte dell'intensità di corrente che si osserva in presenza dell'acqua.

Alla luce di questi promettenti risultati, si intende proseguire nello sviluppo del progetto lavorando alla sintesi di complessi simili a (4), apportando delle varianti al legante L². Nello specifico, si vuole preparare il corrispondente complesso con il legante totalmente privo di atomi di fluoro, al fine di valutare l'effetto di questo sostituito, mentre il ruolo giocato dagli atomi di azoto verrà studiato sintetizzando composti recanti atomi di ossigeno o di zolfo al posto di quelli di azoto. Inoltre, per poter attaccare i catalizzatori sugli elettrodi nanostrutturati, i complessi saranno funzionalizzati con un gruppo atto a potersi legare sulla superficie nanostrutturata. Tra i possibili gruppi si intende studiare quelli nitro, carbossile, ammino e fosfato. Calcoli teorici del tipo DFT sono in corso per poter stabilire quale sostituito sia più adatto per l'ancoraggio e per permettere la rea-

lizzazione di un effetto sinergico che porti a un aumento dell'attività elettrocatalitica o fotoelettrocatalitica. Infine, una volta preparati gli elettrodi funzionalizzati, si procederà allo studio della loro attività

catalitica sia in termini di efficienza che di selettività verso i prodotti della riduzione.

Ulteriori informazioni sono reperibili sul sito dedicato al progetto: <http://sites.unica.it/cat4co2red/>

Bibliografia

1. Armaroli N, Balzani V. The Future of Energy Supply: Challenges and Opportunities. *Angew Chem Int Ed Engl*, 2007; 46(1-2): 52-66.
2. Atzori L, Cutrufello MG, Meloni D et al. Highly active NiO-CeO₂ catalysts for synthetic natural gas production by CO₂ methanation. *Catal Tod*, 2018; 299: 183-192.
3. Olah GA, Goeppert A, Prakash GKS. Chemical Recycling of Carbon Dioxide to Methanol and Dimethyl Ether: From Greenhouse Gas to Renewable, Environmentally Carbon Neutral Fuels and Synthetic Hydrocarbons. *J Org Chem*, 2009; 74: 487-498.
4. White JL, Baruch MF, Pander III JE et al. Light-Driven Heterogeneous Reduction of Carbon Dioxide: Photocatalysts and Photoelectrodes. *Chem Rev*, 2015; 115: 12888-12935.
5. Kuehnel MF, Orchard KL, Dalle KE, et al. Selective Photocatalytic CO₂ Reduction in Water through Anchoring of a Molecular Ni Catalyst on CdS Nanocrystals. *J Am Chem Soc*, 2017; 139: 7217-7223.

Luca Pilia è Ricercatore a tempo determinato di tipologia B nel settore "Fondamenti Chimici delle Tecnologie" (SSD CHIM/07) all'Università degli Studi di Cagliari. Dal 2013 svolge attività didattica e di ricerca presso il Dipartimento di Ingegneria Meccanica, Chimica e dei Materiali. Laureato in Chimica all'Università degli Studi di Cagliari, ha ottenuto il Dottorato in Chimica nel 2004 presso la stessa università. Durante il dottorato la sua attività di ricerca è stata condotta in collaborazione con il gruppo del Dr. Patrick Cassoux del LCC-CNRS (Toulouse, Francia), presso il quale ha lavorato su materiali molecolari multifunzionali. Dal 2003 al 2010 ha lavorato come assegnista di ricerca nel Dipartimento

di Chimica Inorganica dell'Università di Cagliari, e dal 2010 al 2012 è stato ricercatore post-doc in qualità di borsista *Marie Curie* IEF e EPSRC research assistant presso la School of Chemistry della Università di Edimburgo (U. K.).

La sua attività di ricerca è incentrata sui complessi metallici quali materiali mono-funzionali o come precursori di materiali multi-funzionali con proprietà magnetiche e di conduzione. Si è occupato anche di complessi metallici semiconduttori per transistor a effetto di campo o per applicazioni in spintronica. Si interessa principalmente di complessi metallici eterolettici che presentano proprietà ottiche non-lineari del secondo ordine.

Molecole antiossidanti innovative per il settore alimentare e salutistico

Responsabile scientifico: **Carlo Ignazio Giovanni Tuberoso**

Gruppo di ricerca: Alberto Angioni, Gianfranco Balboni, Monica Deiana, Valentina Onnis, Giorgia Sarais, Paola Scano, Francesco Secci, Graziella Tocco

L'obiettivo principale di questo progetto consiste nello studio di composti naturali e di sintesi innovativi con proprietà antiossidanti. Tenendo conto delle professionalità coinvolte nel progetto, la ricerca si è sviluppata su diversi fronti. Innanzitutto si è approfondita la conoscenza della composizione in composti fenolici in matrici di origine vegetale (alimenti o prodotti di scarto dell'industria alimentare) non ancora debitamente investigate da un punto di vista analitico e con una potenziale ricaduta economica sul territorio. Lo studio delle strutture delle principali molecole antiossidanti di derivazione naturale ha costituito il punto di partenza per la sintesi di nuovi composti antiossidanti con migliorate proprietà

biologiche. Nelle procedure di sintesi, oltre all'ottenimento di nuovi composti dotati di attività antiossidante, si è cercato di sviluppare processi ecocompatibili che abbattano la produzione di scarti e l'utilizzo di solventi dannosi. Infine, su alcune molecole target, sono stati studiati i meccanismi cellulari coinvolti nell'attività antiossidante.

Tra le matrici naturali, i fiori di feijoa (*Acca sellowiana* (O. Berg) Burret) sono stati oggetto di uno studio particolareggiato (1). La feijoa è una pianta tropicale ben acclimata in Sardegna e nota per i suoi frutti edibili. Tuttavia, anche i fiori hanno un valore alimentare e non sono mai stati investigati per il tenore di composti fenolici e la relativa attività antiossidante. Le analisi hanno

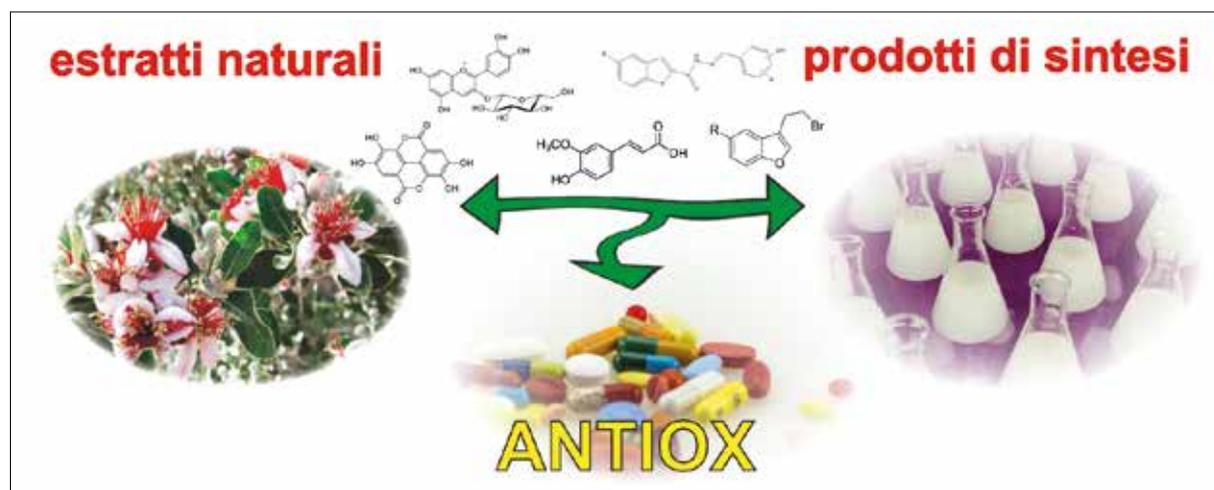


Fig. 1. Approccio allo sviluppo di nuovi composti dotati di attività antiossidante

evidenziato che i composti fenolici più rappresentati sono antociani (principalmente cianidina-3-*O*-glucoside), flavonoli (derivati di quercetina, canferolo e apigenina) e ellagitannini (principalmente acido ellagico). Tra i diversi estratti (fiore *in toto*, petali e succo dei petali) quello ottenuto dal fiore *in toto* è il più ricco di molecole bioattive e di conseguenza ha mostrato una notevole attività antiossidante. Anche gli altri due estratti mostrano interessanti potenzialità in quanto ricchi di antocianine e il succo, grazie alla presenza di glucosio e fruttosio, può essere utilizzato tal quale nella preparazione di nuovi alimenti o integratori. Lo studio della composizione chimica e la valutazione dell'attività antiossidante degli estratti di fiori di feijoa ha quindi evidenziato che questo prodotto vegetale è molto interessante per un potenziale utilizzo alimentare e nutraceutico. Inoltre, la produzione massiva di fiori da parte della pianta rende economicamente sostenibile lo sfruttamento di questa biomassa.

Alcuni composti fenolici di origine alimentare sono stati oggetto di un'indagine approfondita sui meccanismi cellulari coinvolti nell'attività antiossidante. A questo scopo sono stati selezionati l'idrossitirosolo e il tirosolo, particolarmente concentrati nelle olive e nell'olio d'oliva, e l'acido ferulico e i suoi isomeri acido isoferulico e idroferulico, presenti anch'essi nell'olio d'oliva ma principalmente nella frutta, nell'uva e in diversi altri vegetali. La prima parte dello studio è stata sviluppata su cellule HUVEC (*human umbilical vein endothelial cells*), utilizzate come modello di endotelio vascolare, per valutare la capacità dei composti antiossidanti di proteggere le cellule endoteliali dal danno ossidativo indotto da specie reattive pro-ossidanti. È stata effettuata una prima serie di prove sperimentali per valutare l'eventuale tossicità dei composti e stabilire le concentrazioni più opportune da utilizzare nelle successive prove per la valutazione dell'attività antiossidante, valutata come capacità di inibire la produzione dello ione superossido, che in vivo può causare effetti deleteri sull'endotelio. È stato osservato che i composti fenolici testati alle concentrazioni di 0.1

– 10 μ M, facilmente raggiungibili in vivo con la dieta, non sono risultati tossici per le cellule, non modificando in alcun modo la vitalità cellulare rispetto alle cellule non trattate. Inoltre è stato osservato che questi composti alle stesse concentrazioni sono stati in grado di bloccare significativamente la produzione dello ione superossido, limitando quindi il danno ossidativo e preservando l'integrità delle cellule endoteliali. Attualmente gli stessi composti vengono studiati per la loro capacità di inibire il danno ossidativo nelle cellule Caco-2 (*colon adenocarcinoma cells*), utilizzate come modello di epitelio intestinale, che è noto essere normalmente esposto ad agenti proossidanti di origine alimentare ma anche ad alte concentrazioni di composti fenolici come quelli oggetto di studio.

Sul fronte delle molecole di sintesi, sono state progettate e sintetizzate diverse serie di composti che mimassero le caratteristiche di antiossidanti naturali. Nello specifico, finora sono stati sviluppati:

- indoloidrazoni recanti sulla porzione benzilidenica uno o più gruppi fenolici quali farmacoforo per l'attività antiossidante (2). I nuovi composti hanno dimostrato in saggi in vitro attività antiossidanti nei saggi DPPH^{*}, FRAP e ORAC. Le proprietà antiossidanti maggiori sono mostrate dai composti recanti due o tre gruppi fenolici in particolari posizioni dell'anello benzilidenico. I nuovi indoli idrazoni sono dotati anche di attività fotoprotettiva ad ampio spettro.

- idrossi-metossibenziluree recanti un raggruppamento alchil o alchenilpiperazinico. I nuovi composti sono stati caratterizzati dal punto di vista chimico fisico e sono attualmente in corso le valutazioni del loro profilo antiossidante.

- derivati benzofuranici; si tratta di una classe importante di eterocicli contenenti ossigeno presenti in molti prodotti naturali isolati da piante, spugne e funghi. Sono stati sintetizzati benzofuranoidrazoni recanti nella porzione arilidenica uno o più gruppi fenolici quali farmacoforo per l'attività antiossidante e nell'anello benzofuranico un alogeno onde incrementare le proprietà lipofile (3). I nuovi benzofurani sono stati caratterizzati dal

punto di vista chimico fisico e sono attualmente in corso le valutazioni del loro profilo antiossidante. Inoltre, sono attualmente in atto degli studi sulla funzionalizzazione di derivati benzofuranici attraverso nuove reazioni acido catalizzate, fotoredox e fotocatalitiche. Nello specifico, è stato sviluppato un processo catalitico in grado di funzionalizzare opportuni bromoetilbenzofurani da impiegare, oltre che come intermedi sintetici per nuove serie di benzofuranidrazoni, come probe luminescenti e come fosfori per la realizzazione di led pH dipendenti.

- derivati tienopirimidinonici e chinazolonic. In particolare, l'introduzione di residui aromatici poliidrossilati, noti per la loro attività antiossidante, sul core pirimidinonico, si è dimostrata fondamentale per l'attività di inibizione enzimatica dei suddetti derivati. È stato investigato nel dettaglio il ruolo dei

gruppi idrossilici in relazione al loro numero ed alla loro posizione sul core aromatico. Le molecole ottenute hanno mostrato una spiccata attività di *dual-inhibition* nei confronti di due enzimi chiave della replicazione del virus HIV-1: la RNasi H associata alla Trascrittasi inversa e la funzione LEDGF-dependent dell'Integrasi. Nello specifico, queste nuove molecole hanno mostrato un'attività inibitoria di tipo allosterico che potrà fornire nuove informazioni per l'individuazione di nuovi siti bersaglio sugli enzimi succitati, mettendo le basi per lo sviluppo razionale di nuove molecole ad attività antivirale.

Il progetto è al suo primo anno di sviluppo e alcuni studi sono ancora in pieno svolgimento, ma i risultati preliminari finora ottenuti sono estremamente promettenti per le implicazioni terapeutiche e salutistiche delle molecole studiate.

Bibliografia

1. Montoro P, Serreli G, Gil KA, et al. Edible feijoa (*Acca sellowiana* (O. Berg) Burret) flower extracts as a source of phenolic compounds with antioxidant capacity. In: Atti CHIMALI - XII Italian Food Chemistry Congress; Camerino, 24-27 settembre 2018.
2. Demurtas M, Baldisserotto A, Lampronti I, et al. Indole derivatives as multifunctional drugs: synthesis and evaluation of antioxidant, photoprotective and antiproliferative activity of indole hydrazones. *Bioorganic Chemistry*, 2019; 85: 568-576.
3. Porcu S, Demuro S, Luridiana A, et al. Brønsted acid mediated cascade reaction to access 3-(2-bromoethyl) benzofurans. *Organic Letters*, 2018; 20: 7699-7702.

Carlo Ignazio Giovanni Tuberose è attualmente Professore associato in Chimica degli Alimenti (03/D1, CHIM/10) presso la Facoltà di Biologia e Farmacia dell'Università degli Studi di Cagliari dove insegna "Chimica degli Alimenti" per il corso di Laurea in Chimica e Tecnologia Farmaceutiche e "Prodotti Dietetici" per il corso di Laurea in Farmacia dell'Università di Cagliari. Ad oggi è componente del collegio dei Docenti del Dottorato di Ricerca in Scienze della Vita, dell'Ambiente e del Farmaco ed è iscritto alla Società Chimica Italiana (gruppo interdivisionale di Chimica degli Alimenti), alla

Società Italiana di Chimica degli Alimenti (ITACHEMFOOD) e all'Ordine dei Farmacisti della Provincia di Cagliari.

Il Prof. Tuberose si occupa di valorizzare alimenti tradizionali, in particolare dell'area Mediterranea, e sviluppare *functional foods* con particolare attenzione ai composti ad azione antiossidante come le sostanze fenoliche. I risultati ottenuti da progetti in collaborazione con gruppi di ricerca nazionali e internazionali hanno trovato riscontro in numerose pubblicazioni scientifiche internazionali (*H-Index* = 27 e 2831 citazioni, *Scopus* 21/04/2019).

Strumenti geologici per l'analisi e la gestione del territorio: approccio multiscala, raccolta di dati integrati e loro rappresentazione cartografica

Responsabile scientifico: **Giovanni De Giudici**

Gruppo di ricerca: Stefano Andreucci, Carlo Corradini, Gabriele Cruciani, Stefania Da Pelo, Sandro De Muro, Marcello Franceschelli, Franco Frau, Antonio Funedda, Angelo Ibba, Alfredo Loi, Rita Melis, Stefano Naitza, Paolo Orrù, Andrea Vacca

Le attività antropiche hanno come scenario un sistema dinamico dove gli equilibri raggiunti nell'arco di tempi geologici vengono talvolta perturbati da cambiamenti che avvengono in poche decine di anni. Negli ultimi decenni la UE e gli USA e, recentemente, la Cina cercano di definire lo spazio operativo nel quale le attività industriali ed antropiche sulla Terra possono essere svolte in modo sostenibile. A tal fine sono stati identificati nove indicatori dello stato del pianeta: ad esempio, la pressione della CO₂, la superficie di foreste sottratte alla loro funzione ecologica, il contenuto dei metalli nei sedimenti (1). Per l'inquinamento chimico dei sedimenti, a differenza di altri, il limite di sicurezza ed il livello attuale non sono ancora stati definiti per mancanza di dati.

I cambiamenti della concentrazione dei metalli nei sedimenti sono regolati, sia a livello locale che planetario, da complessi processi che coinvolgono l'idrosfera, la geosfera e l'atmosfera, dipendono da molteplici caratteristiche di natura geologica e sono rilevabili a scala microscopica e di bacino.

Un esempio di impatto a scala di bacino delle attività antropiche è fornito dalla dispersione di sedimenti dalle miniere dismesse verso i bacini fluviali e fino al mare. Nelle attività minerarie di durata storica della Sardegna gli ingenti residui delle attività di estrazione venivano depositi spesso nel letto dei fiumi o vicino ad

essi, creando dei sedimenti proni all'erosione che venivano, e vengono, trasportati fino al mare, in un susseguirsi ciclico e stagionale che è durato per molti decenni, in alcuni casi per secoli.

I volumi di discariche trasportati al mare sono stimati nell'ordine delle decine di milioni di metri cubi. Anche per via dei limitati apporti di sedimenti fluviali verso il mare, questo ha creato un'anomalia sedimentologica nei bacini attuali della Sardegna: la quantità di sedimenti trasportati a mare e disponibili era verosimilmente superiore a quella dovuta al normale processo di erosione e trasporto (2). Quindi nascono spontanee alcune domande: i) quali tipi di sedimenti arrivino al mare e come si ridistribuiscono, ii) quanto sia vasta la macchia di sedimenti di provenienza minero-metallogica nei fondali prospicienti le aree minerarie, iii) di quanto sia aumentato, con l'industrializzazione, il contenuto di metalli nei sedimenti e iv) quale sia l'impatto sulla biosfera delle pressioni esercitate dalle attività industriali ed antropiche.

Il progetto "Strumenti geologici per l'analisi e la gestione del territorio: approccio multiscala, raccolta di dati integrati e loro rappresentazione cartografica", tramite un approccio integrato e multidisciplinare, ha l'obiettivo di studiare le dinamiche spazio-temporali la cui comprensione e quantificazione ha un ruolo pivot per l'analisi e

la gestione di aree del territorio della Sardegna e del Mediterraneo.

Il progetto ha fornito delle prime risposte ai quesiti esposti in precedenza, articolate in circa 30 articoli scientifici, molti dei quali su riviste di notevole impatto. Le sottoattività del progetto sono numerose. Qui di seguito viene presentata diffusamente solo una di esse.

Una parte delle attività di ricerca è stata concentrata nella zona del Sulcis – Iglesiente (3, 4, 5). La figura 1 mostra l'ubicazione di un sondaggio eseguito al largo di Cala Domestica, di fronte alla miniera di Canal Grande (2). Il sondaggio è stato analizzato presso il laboratorio di Sedimentologia e di Mineralogia Ambientale del DSCG per effettuare le datazioni dei campioni, le analisi dei minerali e dei sedimenti. La datazione al C^{14} di un guscio di bivalve ritrovato immediatamente sotto il livello dei sedimenti delle tempeste attuali ha fornito un'età di 960-865 anni prima del presente. Al fine di migliorare la precisione delle datazioni C^{14} sui gusci, dove un guscio più antico può essere rimaneggiato e quindi ritrovarsi in un sedimento più recente, è stato sviluppato un metodo innovativo di datazione per luminescenza (6). Con questo, l'età di 960-865 anni before present (b.p.) è stata corretta al valore di 540 ± 40 anni b.p.

Analizzando la carota, è da notare che poco dopo il livello -40 cm inizia l'incremento

storico del livello di Zn (e di altri metalli non mostrati in questa relazione) da circa 200 parti per milione (ppm) fino ad oltre 10000 ppm. Dall'era preindustriale a quella attuale, l'aumento dello Zn nei sedimenti è di oltre 200 volte. Sulla base di altri dati in via di elaborazione, l'area interessata dalla contaminazione si estende per circa 30 km di costa, da Piscinas (Costa Verde) verso Sud.

Proseguendo nelle indagini sulle reazioni mineralogiche a piccola scala, abbiamo investigato gli impatti delle pressioni ambientali con tecniche microscopiche. Per fare ciò abbiamo utilizzato dei gusci di organismi che hanno dei contenuti anomali di metalli. Per poterli studiare abbiamo fatto ricorso a tecniche di indagine basate in luce di sincrotrone. In particolare, abbiamo investigato organismi unicellulari (foramiferi) e bivalvi che vivono nel fondo marino. Gli organismi selezionati svolgono la loro attività biologica da migliaia di anni nei sedimenti e possono quindi essere indicatori degli impatti ambientali anche del passato. La luce di sincrotrone viene generata in acceleratori di particelle di diametro di centinaia di metri e, avendo una brillantezza estremamente superiore rispetto alle sorgenti di raggi X ordinarie, permette di raccogliere il segnale di elementi poco concentrati e presenti in fasi minerali molto piccole e disperse nella matrice minerale dei gusci.

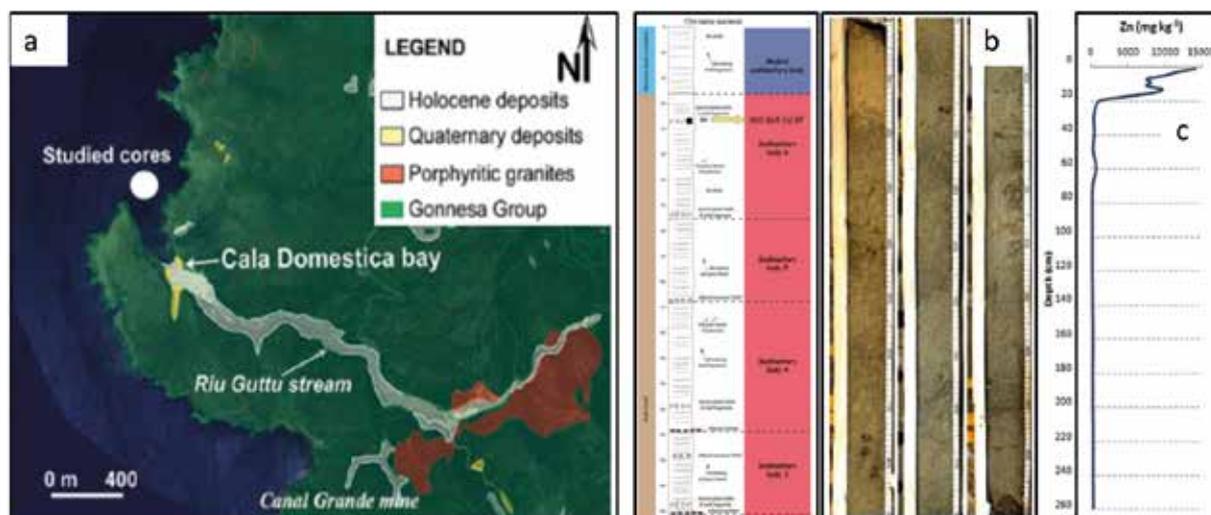


Fig. 1. 1a) ubicazione sondaggio a mare, b) sondaggio, c) aumento storico della concentrazione di Zn nei sedimenti.

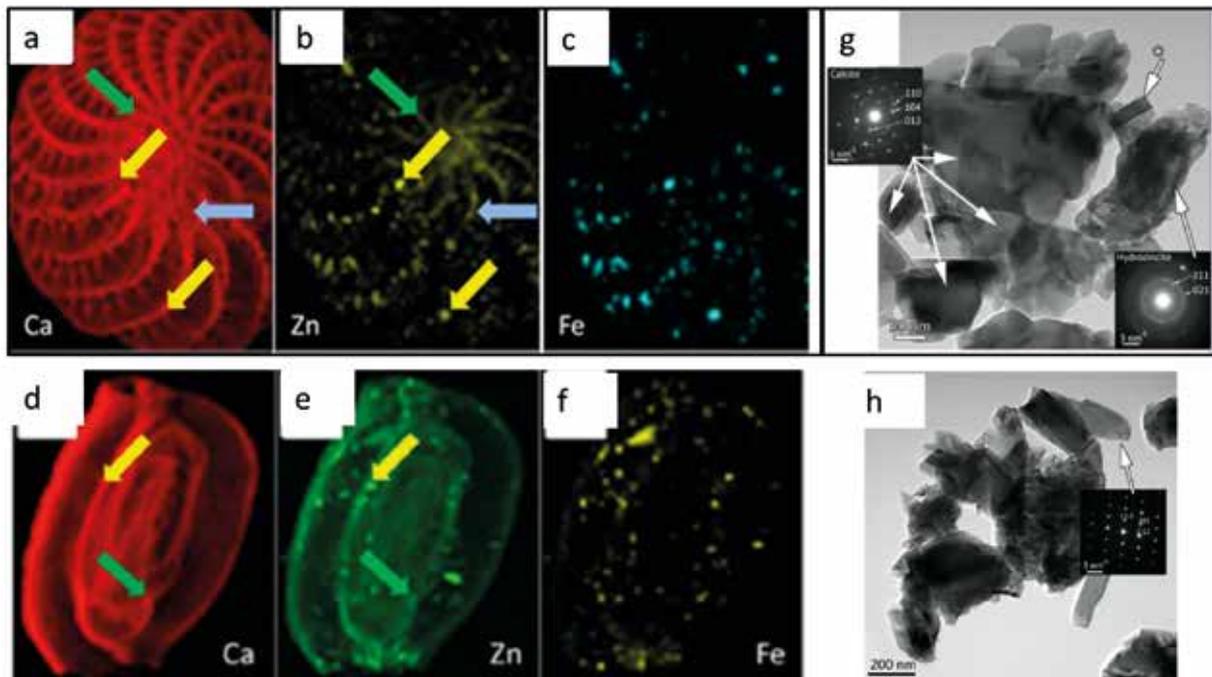


Fig. 2. D 2a a 2f, Immagini in fluorescenza dei gusci di foraminiferi tratte con sorgente di sincrotrone. 2g e 2h sono le immagini di microscopia elettronica a trasmissione: 2g mostra un guscio fatto di nanocristalli di calcite, 2h mostra cristalli micrometrici di calcite.

Allo stato attuale dell'avanzamento delle ricerche, abbiamo studiato i foraminiferi (7) ed i bivalvi (8) provenienti dai sedimenti superficiali delle aree minerarie. I foraminiferi sono organismi che si trovano vicino alla base della catena trofica e sviluppano generalmente un guscio di carbonato di calcio. La Figura 2 mostra l'immagine di due delle specie di foraminiferi considerati: *Elphidium aculeatum* e *Quinqueloculina seminula*. A sinistra si può vedere la distribuzione del Calcio (Ca) nel guscio. Poiché il Ca è il principale metallo la sua distribuzione descrive esattamente la forma del guscio. Procedendo verso destra possiamo osservare la distribuzione dello zinco (Zn) e del ferro (Fe). Il Fe è distribuito a spot nel guscio di *Elphidium aculeatum* e *Quinqueloculina seminula*, mentre lo Zn è distribuito a spot solo nell'*Elphidium aculeatum*. A sinistra in figura 2 sono presentate le immagini ottenute al microscopio elettronico ad alta risoluzione. *Elphidium aculeatum* è costituito da nanocristalli di calcite, mentre *Quinqueloculina seminula* è costituita da cristalli micrometrici dello stesso minerale. Lo Zn si trova sotto varie forme minerali nella matrice carbonatica del

guscio. Quando è in concentrazioni massime nel guscio forma dei nanocristalli di idrozincite, un minerale carbonato ed ossidrilato di Zn. Quindi, quando presente in quantità elevate nell'ambiente, lo Zn può essere incorporato nel guscio formando delle fasi proprie ed indipendenti, per quanto infinitamente piccole.

Le analisi dei bivalvi campionati negli arenili di Buggerru hanno fornito altresì indicazioni utili sugli impatti della dispersione dei metalli.

La Figura 3 mostra una sezione sottile di un organismo pluricellulare, il bivalve *Glycymeris*, campionato nella spiaggia di San Nicolò a Buggerru. La figura 3b mostra l'immagine in trasmissione a raggi X delle aree indicate dai riquadri 1, 2 e 3 in figura 3a. Si nota che lo Zn è distribuito dentro la matrice del guscio. La Figura 3b mostra la speciazione dello Zn in alcuni dei bivalvi raccolti nella spiaggia di San Nicolò, dove la concentrazione dello Zn nei sedimenti supera l'1% in peso (10000 ppm). Sono presenti tre fasi dello Zn: lo Zn fosfato, l'idrozincite e la Zn-cisteina. Come dimostrato da una consolidata letteratura, la for-

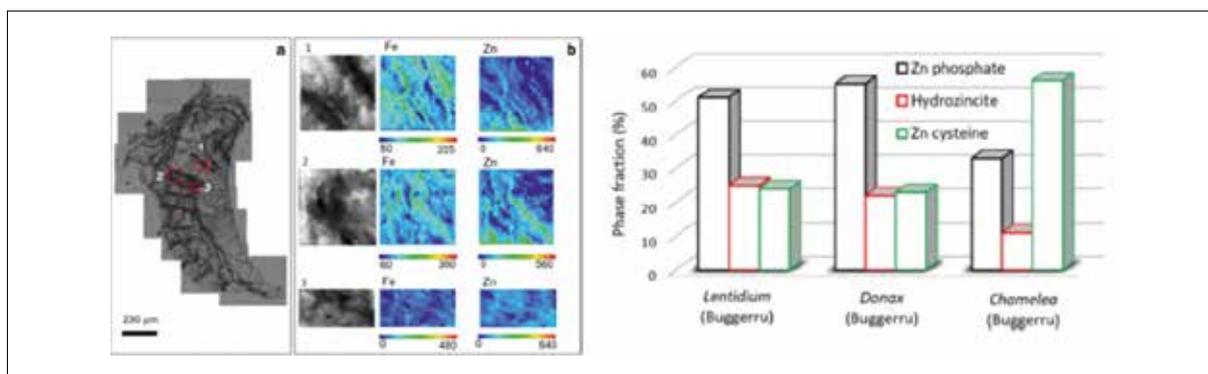


Fig. 3. 3a) sezione sottile di Glycymeris, immagine ottica, 3b) immagine tratta tramite microscopia a trasmissione di Raggi X; a destra, risultato dell'analisi di combinazione lineare della spettroscopia di assorbimento dei raggi X su bivalvi campionati nella spiaggia di San Nicolò.

mazione della Zn cisteina rappresenta un meccanismo di detossificazione che viene frequentemente messo in atto da organismi pluricellulari. Come è anche evidente dai risultati ottenuti nelle attività di progetto, la speciazione mineralogica dello Zn e di altri metalli nei gusci e nelle parti molli degli organismi che vivono nelle condizioni di alte pressioni ambientali cambia in funzione dei processi fisiologici e, in particolare, di quelli preposti alla formazione dei biominerali.

Questi studi pongono le basi per lo sviluppo quantitativo del biomonitoraggio, basato sulla dettagliata comprensione del meccanismo di incorporazione dei metalli nei tessuti e nel guscio, e mirante alla selezione di particolari organismi e del loro guscio, che siano reperibili nei campioni del record geologico recente e nei sedimenti attuali. A tale scopo, è in corso l'elaborazione dei risultati dell'analisi su campioni cresciuti in condizioni controllate e su un

numero di specie più ampio. L'importanza dell'avere questi strumenti di indagine è pari alla necessità di conoscere quali impatti siano stati creati dalle pressioni ambientali sulla biosfera nel recente passato e nel presente, e quali dinamiche possano influenzare la resilienza ambientale nel medio e lungo termine.

Infine, è opportuno ricordare che sono state svolte altre attività di questo progetto, complementari per la definizione dei processi di alimentazione e di trasporto dei sedimenti da terra verso mare, e queste riguardano l'origine e la dispersione dei sedimenti che vengono trasportati verso il mare, le dinamiche di dispersione dei sedimenti marini, la loro rappresentazione cartografica. L'analisi sinottica di questi dati può offrire la chiave per meglio comprendere quali siano gli spazi operativi per le attività antropiche e quali scenari futuri siano prospettabili per l'ambiente.

Bibliografia

1. Rockström J, Steffen W, Noone K, et al. Nat, 2009; 461: 472-475.
2. Romano E, De Giudici G, Bergamin L, et al. Mar Poll Bull, 2017; 122(1-2): 331-343.
3. De Giudici G, Medas D, Cidu R, et al. Appl Geochem, 2018; 96: 42-54.
4. De Giudici G, Medas D, Cidu R, et al. Appl Geochem, 2019; 109: 104420.
5. Medas D, De Giudici G, Pusceddu C, et al. J of Haz Mat, 2019; 370: 98-107.
6. Sechi D., Andreucci S, De Giudici G, et al. Alp Med Quat, 2018; 31(1): 189-192.
7. De Giudici G, Meneghini C, Medas D, et al. Chem Geol, 2018; 477: 100-111.
8. Medas D, Carlomagno I, Meneghini C, et al. Env Sci Pol Res, 2018; 25(36): 36645-36660.

Giovanni De Giudici dal 2017 è Professore associato presso l'Università degli Studi di Cagliari, Dipartimento di Scienze Chimiche e Geologiche. La sua attività scientifica si riferisce a tematiche della mineralogia ambientale quali la reattività e la stabilità di minerali in condizioni esogene, i processi di biomineralizzazione, l'interazione minerali-biosfera e la decontaminazione delle acque da metalli pesanti. Insegna Mineralogia Ambientale e Mineralogia, ha partecipato come oratore e come organizzatore a scuole e congressi internazionali. È docente per la scuola della

Società Italiana di Luce di Sincrotrone (SILS) di tecniche analitiche basate sul sincrotrone e applicate all'ambiente. Nel corso di numerosi progetti nazionali e internazionali ha sviluppato una rete di collaborazioni con istituzioni di ricerca in USA, EU, Africa e Medio Oriente. È autore di oltre 100 pubblicazioni, 60 articoli su riviste Q1, *Hi 16*; Associate Editor di "EJM" e di "Mineral"s; revisore ANR, MIUR. Coordinatore di progetti attualmente in corso: FP7 ERANET-MED2 72094 - SUPREME; TESTARE – Cluster Top-down Sardegna Ricerche.

Caratterizzazione delle risorse geotermiche nella Sardegna meridionale

Responsabile scientifico: **Paolo Valera**

Gruppo di ricerca: Davide Atzei, Roberto Balia, Rosa Cidu, Stefano Columbu, Luca G. Costamagna, Gian Piero Deidda, Silvana Fais, Giorgio Ghiglieri, Luciano Lecca, Gian Luigi Pillola, Alessandro Sanna, Gabriele Uras, Giulio Vignoli

L'obiettivo principale del progetto è rivolto alla caratterizzazione delle risorse geotermiche in un'area d'interesse prioritario, geograficamente limitata ma relativamente estesa, del Campidano meridionale (Fig. 1), già individuata dal *Piano Energetico Ambientale Regionale* del 2015 (1) come uno dei principali domini idrotermali della Sardegna. Le attività del primo anno riguardano sia la verifica e riorganizzazione dei dati pregressi (2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9) la loro implementazione e la fase iniziale di elaborazione, sia l'analisi preliminare delle caratteristiche sedimentologico-stratigrafiche e strutturali dell'area di studio, qui di seguito brevemente descritte, al fine di ipotizzare, con un certo grado di affidabilità, i percorsi seguiti dalle acque termali e quindi poter localizzare il settore (o i settori) con le caratteristiche più adatte alle successive analisi di dettaglio. Queste ultime saranno l'oggetto delle attività del secondo anno del progetto.

L'area oggetto di indagine (Figura 1) è caratterizzata dalla presenza, sui suoi bordi orientale ed occidentale, di limitati affioramenti di basamento varisico, costituito da metamorfiti generalmente terrigene, più raramente vulcaniche, di grado estremamente basso e di supposta età ordoviciana, localmente tagliate da filoni e stock di pertinenza del batolite granitico sardo. Queste rocce metamorfiche sono riferite ad E all'Unità tettonica del Sarrabus, men-

tre ad W sono assegnate all'Unità tettonica dell'Arburese. Su queste rocce poggiano in discordanza, nella parte centrale dell'area, dapprima i depositi continentali terrigeni terziari, da grossolani a fini, della Formazione del Cixerri, di età Eocene medio – Oligocene inferiore, a loro volta tagliati dai corpi subvulcanici del ciclo vulcanico calco-alcalino oligo-miocenico. Successivamente, in rapporto di disconformità, si sovrappongono i depositi continentali grossolani della Formazione di Ussana, di età Oligocene superiore – Miocene inferiore, a loro volta seguiti dapprima dalle Marne di Gesturi, di età miocenica inferiore-media e di ambiente marino, ed in un secondo tempo dalle Arenarie di Pirri, di età miocenica media ed ancora di ambiente marino. I successivi depositi discordanti della Formazione di Samassi, di età pliocenica, sono di natura da conglomeratica a marnosa, di ambiente da continentale a marino, e rappresentano la colmata del *graben* del Campidano. Il termine della successione stratigrafica del settore è dato dai depositi continentali-transizionali pleistocenici del Sintema di Portovesme e da depositi olocenici continentali e marini di varia natura.

La sequenza stratigrafica riportata è stata interessata da importanti eventi tettonici estensionali (10, 11, 12, 13). Più in generale, la Sardegna meridionale è caratterizzata dalla prosecuzione verso sud-sud-est del

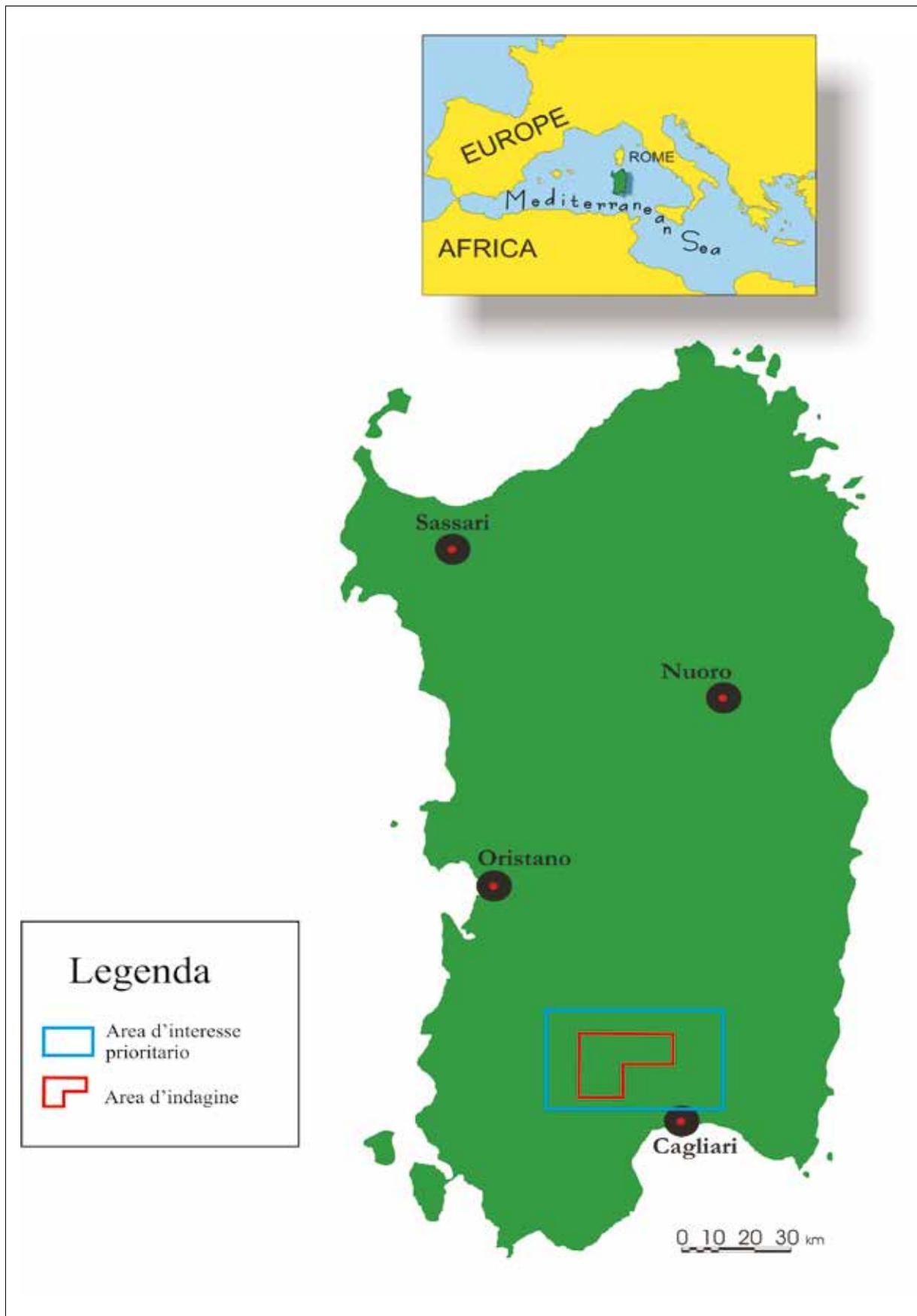


Fig. 1. localizzazione dell'area del progetto GETHERE. In azzurro: l'area di interesse prioritario, su cui è stata estesa la raccolta delle informazioni; in rosso l'area di indagine di dettaglio.

rift oligo-miocenico e del *graben* pliocenico del Campidano. La tettonica pliocenica, estensionale e localmente transtensionale, oltre ad aver dato origine al *graben* del Campidano, ha riattivato le zone di faglia e i blocchi crostali del *rift* fagliando e ruotando le formazioni sedimentarie mioceniche (14). Tale tettonica è riconducibile alla estensione/transtensione indotta in Sardegna dalla apertura del Mar Tirreno.

Il *graben* si evidenzia particolarmente per la presenza della piana più depressa della Sardegna meridionale e la risalita lungo la faglia occidentale di tutte le formazioni pre-plioceniche (15, 16). Verso est il limite per faglia del Campidano è evidenziato dalla risalita di formazioni pre e *sin-rift* oligo-miocenico e dai terrazzi nella Formazione di Samassi, che ne documentano una riattivazione probabilmente quaternaria-attuale.

Nella porzione della Sardegna meridionale, in cui ricade l'area oggetto della ricerca, possono essere individuati quattro livelli strutturali:

- a) il basamento sardo, costituito da unità variamente metamorfiche e da granitoidi dell'orogenesi varisica, su cui sono imposte le faglie del *graben* del Campidano;
- b) le sequenze paleogeniche, riconducibili a una sedimentazione peri-pirenaica *sin- e post-orogena* che costituiscono il *pre-rift* nella Sardegna meridionale;
- c) le sequenze del *rift* sardo oligo-miocenico, costituite da complessi vulcanici anzidetti, seguiti dai depositi della formazione di Ussana e dalle formazioni marine mioceniche;
- d) le sequenze del riempimento pliocenico-quaternario del *graben* del Campidano. Tali livelli strutturali controllano le alimentazioni e la circolazione degli acquiferi di interesse per il progetto.

Al basamento deve essere attribuito il ruolo della alimentazione più profonda delle acque calde e la loro risalita lungo le faglie nei bordi del *graben* del Campidano.

Le sequenze paleogeniche, ben stratificate e composte anche da strati e banchi argillosi, assumono il ruolo di confinare verso il

basso gli acquiferi caldi di provenienza dal basamento varisico.

I complessi vulcanici, *sin-rift* oligo-miocenico e fagliati dalla tettonica tardo-miocenica-pliocenica, potrebbero anch'essi consentire una risalita di acque calde dai livelli del basamento.

Le formazioni sedimentarie continentali e marine, *sin- e post-rift* oligo-miocenico, assieme alle sequenze di riempimento del Campidano, formano una seconda serie confinante che potrebbe costituire un tramite per le emergenze delle acque calde.

Al fine di integrare – con valenza strettamente applicativa nel campo della geotermia – le conoscenze attuali sul quadro delle sequenze e delle strutture dell'area in studio, sono in atto indagini geofisiche di tipo elettromagnetico e gravimetrico la cui interpretazione è supportata dall'analisi di alcune linee sismiche a riflessione acquisite nel Campidano Meridionale dalla Progemisa S.p.A. (anni novanta del secolo scorso). L'interpretazione delle sezioni sismiche si sta attuando mediante l'analisi delle caratteristiche dei segnali riflessi, in particolare degli attributi sismici quali ampiezza, fase, frequenza, continuità laterale delle riflessioni che, correlati con le caratteristiche petrofisiche delle rocce campionate nell'area d'indagine, possono ridurre l'ambiguità dell'interpretazione geologica di tali sezioni e fornire, per via indiretta, elementi conoscitivi su importanti parametri del potenziale reservoir, quali permeabilità e porosità.

Si dispone inoltre di dati sismici più recenti di proprietà della SARAS S.p.A. che ne ha cortesemente concesso l'utilizzazione nell'ambito del GETHERE, ovviamente con vincolo di non divulgazione dei dati stessi.

Con gli stessi obiettivi, si sta procedendo alla riorganizzazione dei dati geofisici non sismici acquisiti in passato nella Sardegna sud-occidentale, nell'ambito di diversi progetti di ricerca, con particolare riguardo per l'area del Campidano centrale e meridionale. I dati saranno rielaborati ai fini di una interpretazione integrata.

Oltre quanto fin qui riportato, sono stati effettuati studi di telerilevamento, attraverso

so l'elaborazione delle bande all'infrarosso termico, dei satelliti Landsat 7 e 8 (banda 6 per il Landsat 7 e bande 10 e 11 per il Landsat 8) da cui è stato possibile identificare le anomalie termiche *persistenti* ricadenti nell'area oggetto di studio. Queste aree saranno oggetto di osservazione diretta, durante i rilievi sul campo, sia per analisi di dettaglio sia per verificarne l'effettiva esistenza con l'ausilio di una camera termica a disposizione del gruppo di lavoro.

Data la mole di dati e le competenze coinvolte, anche al fine di ottenere una visione unica del progetto, è stato progettato

e realizzato un WebGIS in cui inserire i vari strati informativi utili al fine del progetto. Tale WebGIS è per ora in versione bozza, disponibile solo ai componenti del gruppo di ricerca, ma che potrebbe essere in futuro reso pubblico.

Per concludere questo breve resoconto, è utile ricordare che il progetto, di durata biennale, è attualmente in corso, per cui quanto sopra riportato rappresenta lo stato delle conoscenze finora ottenuto, attraverso analisi e elaborazioni che necessitano di conferme e dettagli ora non disponibili.

Bibliografia

1. Sirigu E. L'energia geotermica. Piano energetico ambientale regionale. Regione autonoma della Sardegna. 2015.
2. Balia R, Ciminale M, Loddo M, et al. Gravity survey and interpretation of Bouguer anomalies in the Campidano geothermal area (Sardinia, Italy). *Geothermics*, 1984; 13(4): 333-347.
3. Balia R, Iliceto V, Loddo M, et al. Modeling of the Campidano Graben (Sardinia, Italy) by combined geophysical data. *Geoexploration*, 1991; 28: 43-54.
4. Balia R, Ciminale M, Loddo M, et al. A new geophysical contribution to the study of the Campidano geothermal area (Sardinia, Italy). *Geothermics*, 1991; 20(3): 147-163.
5. Balia R, Ardau F, Barrocu G, et al. Assessment of the Capoterra coastal plain (Southern Sardinia, Italy) by means of hydrogeological and geophysical studies. *Hydrogeology Journal*, 2008; 17: 981-997.
6. Balia R, Fais S, Klingele EE, et al. Aeromagnetic constraints on the geotectonic interpretation of the southern part of the Sardinian Rift, Italy. *Tectonophysics*, 1991; 195: 347-358.
7. Finetti IR, Del Ben A, Fais S, et al. Crustal Tectono-Stratigraphic Setting and Geodynamics of the Corso-Sardinia Block from New CROP Seismic Data. In: Finetti IR (ed), *CROP Deep Seismic Exploration of the Central Mediterranean and Italy*. Amsterdam: Elsevier, 2005: 413-446.
8. Caboi R, Fanfani L, Pecorini G, et al. Inventario delle risorse geotermiche della Sardegna. Ministero dello Sviluppo economico - Direzione generale per le risorse minerarie ed energetiche, 1988.
9. ENEL, ENI-AGIP, CNR, ENEA (a cura di). Inventario delle risorse geotermali nazionali - Indagine d'insieme sul territorio nazionale. Ministero dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato. Roma, 1988.
10. Casula G, Cherchi A, Montadert L, et al. The Cenozoic graben system of Sardinia (Italy): geodynamic evolution from new seismic and field data. *Marine and Petroleum Geology*, 2001; 18, 7: 863-888.
11. Pala A, Pecorini G, Porcu A, et al. Schema geologico strutturale della Sardegna; Ricerche geotermiche in Sardegna con particolare riferimento al Graben del Campidano - Progetto Finalizzato Energetica - Sottoprogetto energia geotermica - Relazione finale sul tema di ricerca "Studi geologici, idrogeologici e geofisici finalizzati alla ricerca di fluidi caldi nel sottosuolo". CNR-PFE-RF, Pisa 1982; 10: 7-24.

12. Pala A, Pecorini G, Porcu A, et al. Geologia e idrogeologia del Campidano; Ricerche geotermiche in Sardegna con particolare riferimento al Graben del Campidano - Progetto Finalizzato Energetica – (13) Sottoprogetto energia geotermica - Relazione finale sul tema di ricerca “Studi geologici, idrogeologici e geofisici finalizzati alla ricerca di fluidi caldi nel sottosuolo”. CNR-PFE-RF, Pisa 1982; 10: 87-103.
13. Cocco F, Funedda A, Patacca E, et al. Plio-Pleistocene extensional tectonics in the Campidano graben (SW Sardinia, Italy): Preliminary note. Rendiconti Online Società Geologica Italiana, 2013; 29: 31-34.
14. Pecorini G. and Pomesano Cherchi A. Ricerche geologiche e biostratigrafiche sul Campidano meridionale (Sardegna). Mem. Soc. Geol. It., 1969; 8: 421-451.
15. Barca S, Costamagna LG. Il bacino paleogenico del Sulcis-Iglesiente (Sardegna SW): nuovi dati stratigrafico-strutturali per un modello geodinamico nell’ambito dell’orogenesi pirenaica. Boll. Soc. Geol. It., 2000; 119: 497-515.

Paolo Valera è Professore associato nel Settore Scientifico Disciplinare “Georisorse Minerarie e Applicazioni Mineralogico-Petrografiche per l’Ambiente e i Beni Culturali”, presso l’Università degli Studi di Cagliari; è associato al Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR). I suoi principali temi di ricerca comprendono: beni culturali e territorio, con studi sull’archeometallurgia; fonti energetiche rinnovabili, con focus sulla geotermia; georisorse e geochimica ambientale; geologia medica.

È membro della Commissione “Global Geochemical Baselines” della IUGS (International

Union of Geological Sciences); Presidente e cofondatore dell’Associazione Italiana di Geologia Medica. È stato coordinatore di accordi internazionali tra l’Università di Cagliari e Atenei europei (Lleida, Spagna) ed extraeuropei (Addis Abeba, Etiopia). Ha partecipato a numerosi progetti internazionali, fra i quali EGG (European Groundwater Geochemistry) e GEMAS (Geochemical Mapping of Agricultural and Grazing Land Soil of Europe), in cui sono stati coinvolti rispettivamente 40 e 33 Paesi europei, e ad altri progetti extraeuropei (Marocco, USA). È autore di oltre 200 prodotti scientifici.

Modifiche nelle funzioni cardiovascolari e nella perfusione cerebrale durante stress combinato da esercizio fisico e da attività mentale in soggetti con patologie metaboliche e rischi cardiovascolari

Responsabile scientifico: **Antonio Crisafulli**

Gruppo di ricerca: Andrea Manuello Bertetto, Filippo Tocco, Roberto Stancampiano, Andrea Loviselli, Luigi Meloni, Fernanda Velluzzi, Roberta Montisci, Marco Guicciardi, Rachele Fanari, Ferdinando Fornara, Carla Meloni, Laura Francesca Scalas

Background

Le malattie metaboliche rappresentano una delle maggiori sfide per la salute pubblica. Patologie come la sindrome metabolica (SM) e il diabete mellito di tipo 2 (DM2) stanno incrementando la loro incidenza in maniera preoccupante nelle società occidentali (1). Queste patologie possono determinare dei deficit nella regolazione cardiovascolare durante esercizio. In particolare è stata riportata una esagerata vasocostrizione in risposta all'attivazione di alcuni riflessi cardiovascolari – i “metaboriflessi” – che attivano il sistema nervoso simpatico sotto sforzo (2, 3). Inoltre è stato dimostrato che in questi pazienti vi è un deficit nella auto-regolazione del flusso ematico cerebrale durante esercizio, con riduzioni della ossigenazione cerebrale (COX) associata ad una riduzione dell'attività della corteccia motoria (4, 5).

Partendo da questo background abbiamo ipotizzato che i pazienti affetti da SM e da DM2 potessero andare incontro a riduzioni della COX durante l'attivazione dei metaboriflessi ottenuta con il metodo del post-exercise muscle ischemia. Abbiamo inoltre ipotizzato che, se uno stress mentale fosse stato aggiunto alla stimolazione dei metaboriflessi, allora la COX sarebbe risultata compromessa in questi pazienti rispetto ad un gruppo di controllo, e questo fatto potrebbe fornire una delle basi fisiopatologiche della scarsa attitudine all'esercizio fisico spesso riportata in questi pazienti.

Materiali e metodi

Partecipanti

Sono stati reclutati 3 gruppi di soggetti:

1. un gruppo di 13 pazienti (5 femmine, età 52.9 ± 11.2 anni) affetti da MS diagnosticato sulla base delle seguenti caratteristiche: a) circonferenza addominale >88 cm per le donne e >102 per gli uomini; b) basso colesterolo HDL (≤ 40 mg/dL negli uomini e ≤ 50 mg/dL nelle donne); c) elevati valori di pressione sanguigna ($\geq 130/85$ mmHg); d) ipertrigliceridemia (≥ 150 mg/dL); e) elevati valori di glicemia a digiuno (≥ 100 mg/dL). La diagnosi doveva datare da almeno un anno.
2. Un gruppo di 13 pazienti (6 femmine, età 52 ± 12.6 anni) affetti da DM2, diagnosticato da almeno 6 mesi e in regime terapeutico stabile.
3. Un gruppo di controllo (CTL) composto da 14 soggetti (6 femmine, 50.8 ± 8.1 anni) sani e fisicamente attivi.

Protocollo sperimentale

I partecipanti sono stati preliminarmente sottoposti a visita medica generale, con anamnesi e misure antropometriche (altezza, peso, BMI, circonferenza addominale e composizione). Sono stati inoltre misurati i livelli di trigliceridi, colesterolo HDL e

glucosio a digiuno. Dopo la visita medica generale è stato effettuato un test da sforzo cardio-polmonare (CPT) per valutare la capacità fisica dei soggetti in studio.

In giorni separati dalla visita medica generale e dal test CPT, i partecipanti hanno eseguito i seguenti test per la misura della risposta cardiocircolatoria ai metaboriflessi e al mental task:

a) test di post-exercise muscle ischemia (PEMI): è stato utilizzato un dinamometro idraulico per effettuare un esercizio di handgrip dinamico (30 compressioni/min) al 30% della massima forza valutata come il picco raggiunto durante 5 precedenti compressioni massimali. Dopo 3 minuti di riposo, sono stati eseguiti 3 minuti di handgrip al termine del quale sono stati applicati 3 minuti di ischemia nel braccio precedentemente utilizzato per lo sforzo. L'ischemia è stata indotta mediante un'insufflazione rapida di uno sfigmomanometro fino ad un valore superiore di 50 mmHg all'ultima pressione sistolica misurata. Dopo il PEMI il manico veniva sgonfiato e si consentivano ulteriori 3 minuti di recupero senza ischemia. Questo tipo di protocollo è stato più volte utilizzato in passato nel nostro laboratorio per studiare le risposte emodinamiche durante attivazione dei metaboriflessi sia in pazienti che in soggetti sani (6-8).

b) control exercise recovery (CER) test: questo test aveva la stessa durata del test PEMI (12 minuti) ed era identico ad esso nella dinamica, con l'eccezione che l'esercizio era seguito da 6 minuti di recupero senza occlusione ischemica. Questa sessione è stata impiegata per avere un test di riferimento senza attivazione dei metaboriflessi.

c) mental task (MT) test: il soggetto eseguiva dei compiti manuali di mental task guidati da una stimolazione visiva per mezzo di un mouse collegato ad un PC portatile. In pratica il soggetto doveva determinare se una forma al centro dello schermo fosse un cerchio o un quadrato. Il MT aveva la stessa durata dei test PEMI e CER (12 minuti) ed era così strutturato: dopo 6 di riposo il soggetto eseguiva il test di mental task della durata di 3 minuti; seguivano infine 3

minuti di recupero senza occlusione ischemica;

d) test CER + MT: è stata eseguita una sessione di 3 minuti di MT durante la fase di recupero nel post esercizio seguendo lo schema della sessione CER descritta al punto b).

e) test PEMI + MT: questa sessione, sempre di 12 minuti, era identica alla sessione PEMI (punto a), ma si aggiungeva a partire dall'inizio del PEMI un periodo di mental task della durata di 3 minuti. Alla fine del mental task seguivano 3 minuti di recupero.

Tutte le sessioni avevano quindi la durata di 12 minuti ed erano somministrate in maniera random.

Misure emodinamiche e di ossigenazione cerebrale

L'emodinamica è stata valutata non invasivamente per mezzo della cardiometria ad impedenza (BoMed NCCOM3), in grado di misurare la gettata sistolica (SV), la portata cardiaca (CO) e le resistenze vascolari periferiche (SVR). La pressione arteriosa media è stata valutata manualmente. Per mezzo della Near Infra-Red Spectroscopy (NIRS; Nonin, SenSmart X-100) si è misurata la COX.

La Figura 1 è un esempio di set-up sperimentale.

Conclusioni

I risultati di questo studio confermano che l'emodinamica dei soggetti affetti da disturbi metabolici è disregolata. In particolare, questi soggetti mostrano rispetto ai controlli sani un aumento delle SVR accompagnato da una riduzione di CO e SV. Questo dimostra che sia la SM che il DM2 sono in grado di determinare un'accentuata vasocostrizione e una riduzione della performance cardiovascolare in risposta all'esercizio e alla stimolazione dei metaboriflessi muscolari.

Per quanto riguarda la COX, l'ipotesi di partenza di questo studio era che i pazienti affetti da SM e da DM2 avessero una riduzione della COX quando venivano stimolati i metaboriflessi in seguito ad esercizio fisico. I risultati non sembrano confermare

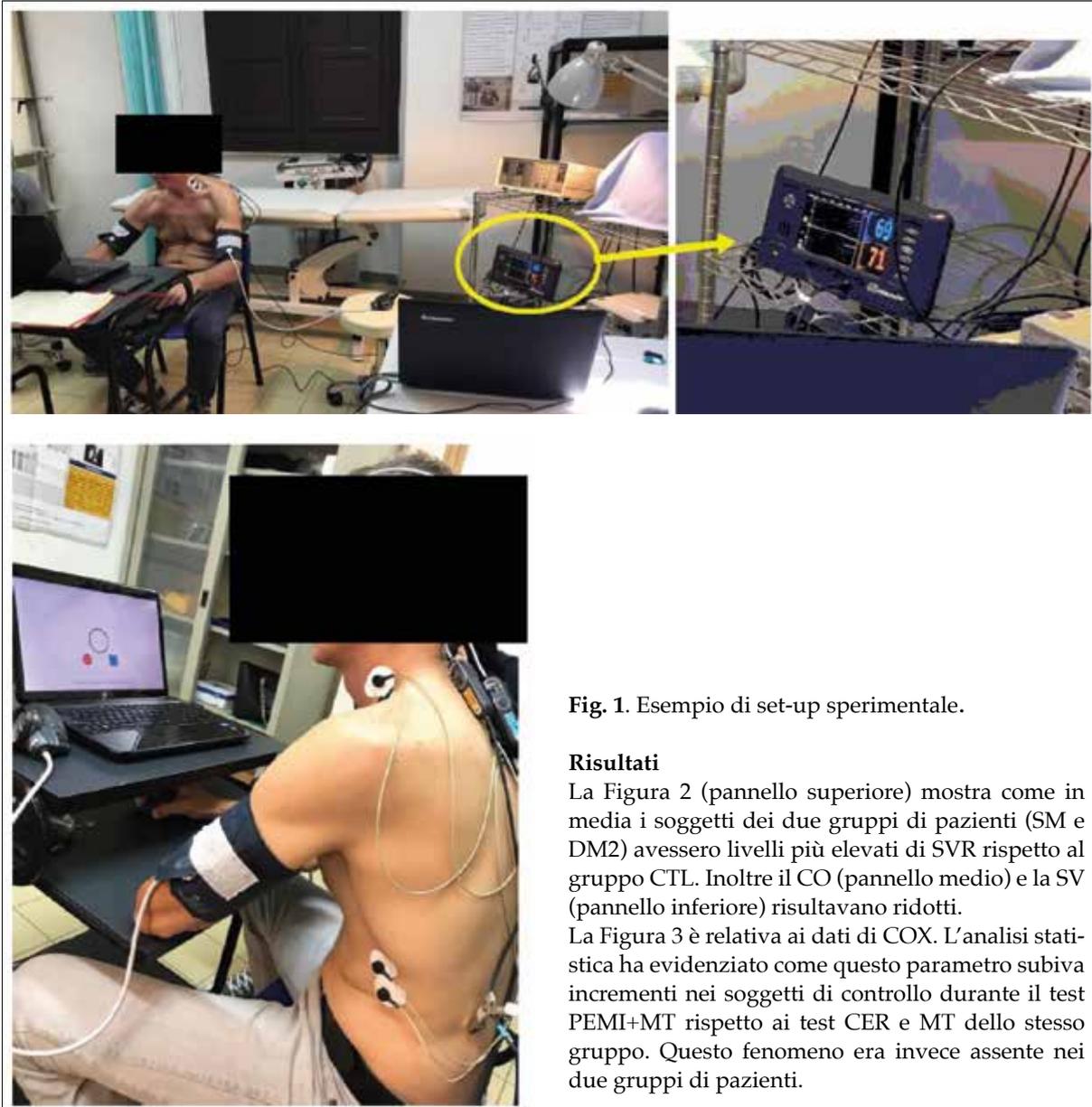


Fig. 1. Esempio di set-up sperimentale.

Risultati

La Figura 2 (pannello superiore) mostra come in media i soggetti dei due gruppi di pazienti (SM e DM2) avessero livelli più elevati di SVR rispetto al gruppo CTL. Inoltre il CO (pannello medio) e la SV (pannello inferiore) risultavano ridotti.

La Figura 3 è relativa ai dati di COX. L'analisi statistica ha evidenziato come questo parametro subiva incrementi nei soggetti di controllo durante il test PEMI+MT rispetto ai test CER e MT dello stesso gruppo. Questo fenomeno era invece assente nei due gruppi di pazienti.

questa ipotesi. Infatti dalla Figura 3 si evince che durante la manovra di PEMI non c'erano sostanziali differenze nei livelli di COX tra i 3 gruppi in studio.

Una seconda ipotesi di questo studio era che se alla stimolazione dei metaboriflessi muscolari attivati dall'esercizio fisico si sovrapponesse un mental task – cioè uno stress mentale – allora la COX sarebbe risultata compromessa nei pazienti affetti da disturbi metabolici rispetto ai controlli. I risultati sembrano confermare questa seconda ipotesi. La Figura 3 dimostra infatti che solo il gruppo CTL era in grado di incrementare questo parametro durante il test

PEMI+MT rispetto agli altri momenti previsti dal protocollo di studio. Tale fenomeno era invece assente negli individui affetti dalle patologie metaboliche.

Questo fenomeno potrebbe avere implicazioni pratiche, poiché potrebbe fornire una delle basi fisio-patologiche per spiegare la scarsa attitudine all'esercizio fisico spesso riportata in questi pazienti. In pratica, noi proponiamo che la percezione della fatica sia alterata in questi soggetti a causa della ridotta COX che si verifica quando allo sforzo fisico si sovrappone un compito mentale. Ciò potrebbe spiegare perché questi pazienti percepiscano l'attività fisi-

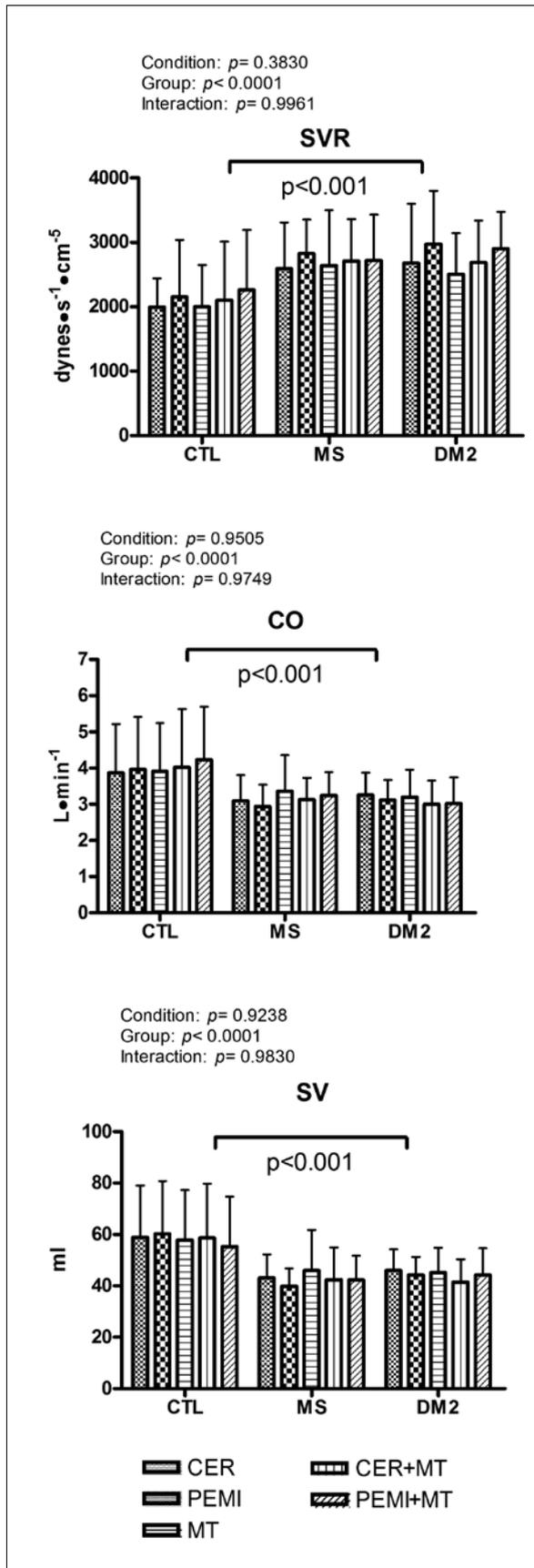


Fig. 2. Andamento delle resistenze vascolari sistemiche (SVR), della gettata cardiaca (CO) e della gettata sistolica (SV) nei vari momenti del protocollo di studio.

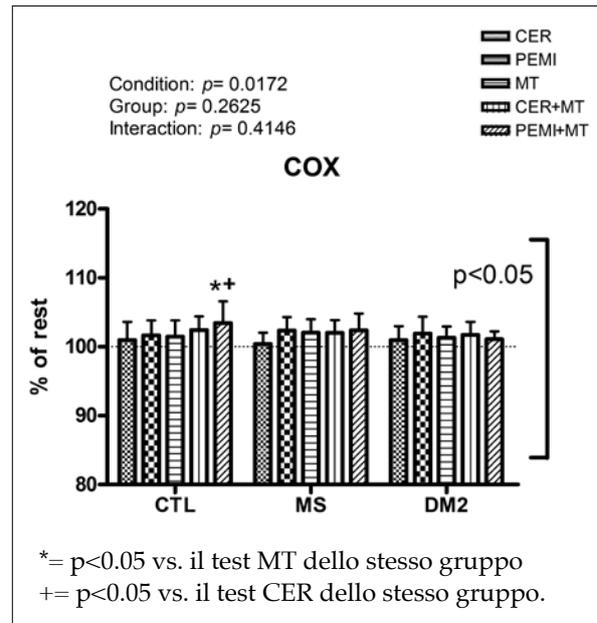


Fig. 3. Andamento della ossigenazione cerebrale (COX) nei vari momenti del protocollo di studio.

ca come stressante, e di conseguenza poco piacevole e priva dei reward psicologici che sono invece normalmente riportati dalla popolazione sana e fisicamente attiva.

Bibliografia

1. Nolan CJ, Damm P, Prentki M. Type 2 diabetes across generations: from pathophysiology to prevention and management. *Lancet*, 2011; 378(9786): 169-181.
2. Roberto S, Milia R, Doneddu A, et al. Hemodynamic abnormalities during muscle metaboreflex activation in patients with type 2 diabetes mellitus. *J Appl Physiol*, 2019; 126(2): 444-453.
3. Milia R, Velluzzi F, Roberto S, et al. Differences in hemodynamic response to metaboreflex activation between obese patients with metabolic syndrome and healthy subjects with obese phenotype. *Am J Physiol (Heart Circ Physiol)*, 2015; 309: H779-H789.
4. Kim YS, Seifert T, Brassard P, et al. Impaired cerebral blood flow and oxygenation during exercise in type 2 diabetic patients. *Physiol Rep*, 2015; 3(6). pii: e12430.

5. Vianna LC, Deo SH, Jensen AK, et al. Impaired dynamic cerebral autoregulation at rest and during isometric exercise in type 2 diabetes patients. *Am J Physiol (Heart Circ Physiol)*, 2015; 308: H681-H687.
6. Marongiu E, Piepoli M, Milia R, et al. Effects of acute vasodilation on the hemodynamic response to muscle metaboreflex. *Am J Physiol (Heart Circ Physiol)*, 2013; 305: H1387-H1396.
7. Crisafulli A, Salis E, Tocco F, et al. Impaired central hemodynamic response and exaggerated vasoconstriction during muscle metaboreflex activation in heart failure patients. *Am J Physiol (Heart Circ Physiol)*, 2007; 292: H2988-H2996.
8. Crisafulli A, Tocco F, Milia R, et al. Progressive improvement in hemodynamic response to muscle metaboreflex in heart transplant recipients. *J Appl Physiol*, 2013; 114: 421-427.

Antonio Crisafulli si è laureato in Medicina e Chirurgia nel 1995 con il punteggio di 110/110 e lode. Si è specializzato in Medicina dello Sport nel 1999 con il punteggio di 50/50 e lode. Nel 2004 ha ottenuto il titolo di Dottore di ricerca in Fisiologia. Dal 2010 è Ricercatore a tempo indeterminato presso l'Università di Cagliari dove insegna Fisiologia Umana per il corso di Medicina e Chirurgia. Dall'aprile 2017 è abilitato come docente di I e II fascia nei settori concorsuali 05/D1 (Fisiologia) e 06/N2 (Scienze dell'esercizio Fisico e dello Sport).

È iscritto alla Physiological Society, all'American Physiological Society, all'American College of Sport Medicine, all'European College of Sport Science, alla Società Italiana di Fisiologia e alla SISMES. È co-autore di oltre 90 pubblicazioni su riviste internazionali in peer-review nei settori della fisiologia applicata, delle scienze dello sport e della cardiologia dell'esercizio. Valutazione della produzione scientifica secondo il database *Scopus*: numero pubblicazioni: 93, di cui ~70% come primo o ultimo nome; numero citazioni: 1315; *H-Index* 21.

I neurosteroidi come nuovo biomarcatore predittivo associato ai disturbi del sonno nella malattia di Parkinson

Responsabile scientifico: **Roberto Frau**

Gruppo di ricerca: Manolo Carta, Anna Rosa Carta, Miriam Melis, Pierluigi Caboni, Monica Puligheddu, Paola Devoto

Stato dell'arte, breve descrizione del progetto e risultati attesi

La malattia di Parkinson è una patologia neurodegenerativa che colpisce in Italia oltre 200.000 persone, con una prevalenza della malattia pari all'1-2% della popolazione sopra i 60 anni e al 3-5% della popolazione sopra gli 80 anni. L'Organizzazione Mondiale della Sanità prevede un raddoppio dei casi entro il 2030 e stima che questo dato potrebbe aumentare per via del progressivo incremento dell'invecchiamento della popolazione. Sebbene l'eziopatogenesi della malattia di Parkinson sia attualmente sconosciuta, la sua fisiopatologia è ben nota. La malattia è caratterizzata dalla progressiva deplezione delle proiezioni dopaminergiche al nucleo striato come risultato della massiva degenerazione dei neuroni della *substantia nigra*, che è già oltre il 60% all'esordio dei sintomi motori. Una distintiva caratteristica neuropatologica è rappresentata dall'accumulo di inclusioni eosinofile filamentose intracitoplasmatiche denominate corpi di Lewy, costituite principalmente da aggregati di una proteina, la α -sinucleina, in forma alterata insolubile.

La diagnosi di malattia di Parkinson si basa essenzialmente su criteri clinici obiettivi e, una volta stabilita la diagnosi, il decorso della patologia è inesorabilmente progressivo. A dispetto dell'enfasi posta sulla sintomatologia motoria, negli ultimi

anni è apparso evidente come una serie di sintomi non motori siano presenti nella fase che precede l'esordio del disturbo motorio. Tra questi, il disturbo comportamentale del sonno REM (*REM Behavior Disorder*, RBD) rappresenta il segno clinico che più frequentemente insorge nella fase prodromica della malattia. Il RBD è una parasonnia caratterizzata da manifestazioni motorie complesse che si verificano durante la fase del sonno REM, in cui i pazienti presentano una eccessiva attività motoria, spesso caratterizzata da comportamenti bruschi (come urlare, tirare pugni e calci), in relazione al contenuto negativo e angosciante dei sogni. Studi longitudinali hanno dimostrato che il 60% dei pazienti con RBD sviluppano il Parkinson o un'altra sinucleinopatia e che questa parasonnia può precedere l'insorgenza del Parkinson di 5-10 anni. Nonostante questo robusto legame clinico, il processo fisiopatologico che unisce il RBD con la malattia di Parkinson non è noto.

Il nostro gruppo di ricerca ha precedentemente dimostrato che negli animali di laboratorio la selettiva alterazione del sonno REM induce profonde modificazioni della neurosteroidogenesi in aree cerebrali implicate nella patogenesi del Parkinson. Nello specifico, la prolungata deprivazione di sonno REM produce un aumento della 5α -reduttasi, il principale enzima responsabile della sintesi di neurosteroidi. Inoltre

la finasteride, inibitore della 5 α -reduttasi utilizzato in clinica per il trattamento dell'iperplasia prostatica benigna, normalizza gli squilibri neurosteroidi e i fenotipi comportamentali associati alla deprivazione di sonno REM (1). In linea con i nostri dati, studi recenti hanno dimostrato che la dutasteride, un analogo della finasteride dotato di maggiore potenza ed efficacia, esercita una marcata attività neuroprotettiva e anti-infiammatoria in modelli animali di Parkinson, attraverso la regolazione dei neurosteroidi nel corpo striato (2, 3).

Basandoci su queste evidenze, ipotizziamo che i disturbi del sonno che insorgono nelle prime fasi della malattia di Parkinson siano accompagnati da alterazioni della neurosteroidogenesi e che queste modificazioni possano avere un ruolo chiave nella progressione del processo neurodegenerativo (Fig. 1).

Pertanto, lo scopo del nostro progetto è quello di investigare se: (i) i livelli dei neurosteroidi e degli enzimi implicati nella loro sintesi e degradazione correlino con i disturbi del sonno e con il processo neurodegenerativo e infiammatorio che accompagna la malattia di Parkinson; (ii) l'intervento farmacologico atto a normalizzare il profilo neurosteroido alterato possa contrastare i disturbi del sonno così come la

degenerazione del sistema dopaminergico nigrostriatale. Questi obiettivi saranno perseguiti attraverso un approccio multidisciplinare, clinico e preclinico. Per gli studi preclinici ci serviamo del modello animale di Parkinson (ratto) basato sull'iperespressione dell' α -sinucleina umana, modello murino che meglio riassume le caratteristiche distintive della malattia di Parkinson, inclusi i disturbi motori, l'accumulo di α -sinucleina e la degenerazione dopaminergica nigrostriatale. Per gli studi clinici è in corso il reclutamento di pazienti affetti da RDB idiopatico, Parkinson e Parkinson con RBD per valutare se questi soggetti possiedono differenze nel pattern neurosteroido sovrapponibili con quanto visto nel modello animale (Fig. 2).

I risultati preliminari della prima parte del progetto sono molto promettenti in quanto suggeriscono come la neurodegenerazione che accompagna l'accumulo di α -sinucleina sia associata alla comparsa di alterazioni nel tracciato polisonnografico e della steroidogenesi cerebrale. Inoltre, è importante sottolineare che tali alterazioni insorgono in stadi precoci quando il processo degenerativo è in uno stadio iniziale e non ancora in grado di indurre deficit motori nell'animale.

Se questi risultati venissero confermati

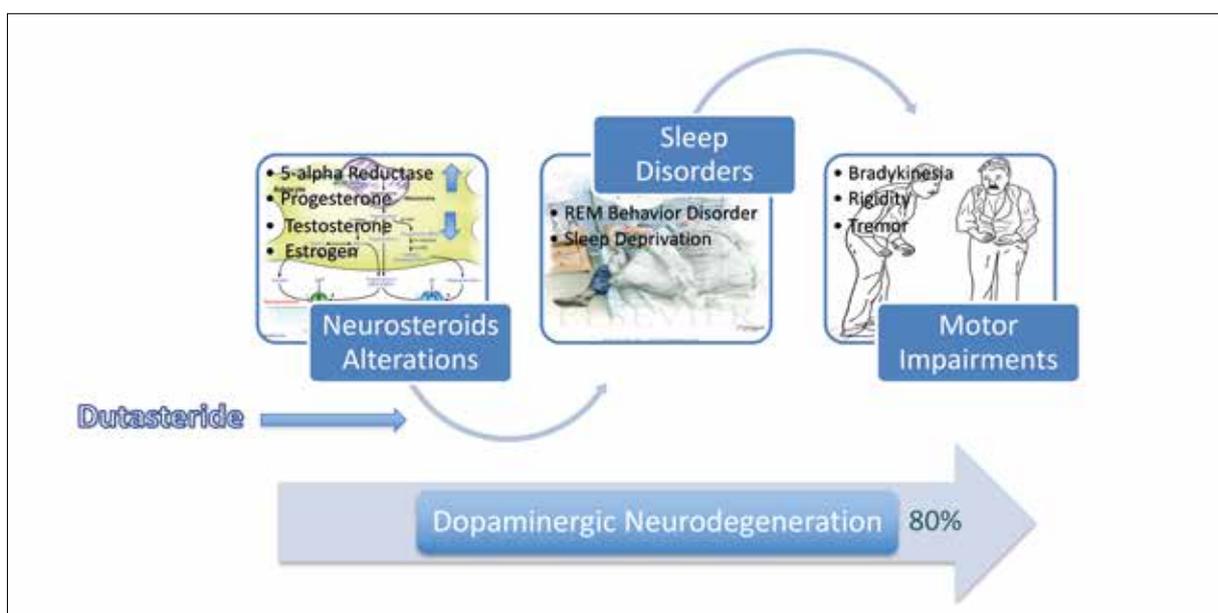


Fig. 1. Ipotesi dello studio.

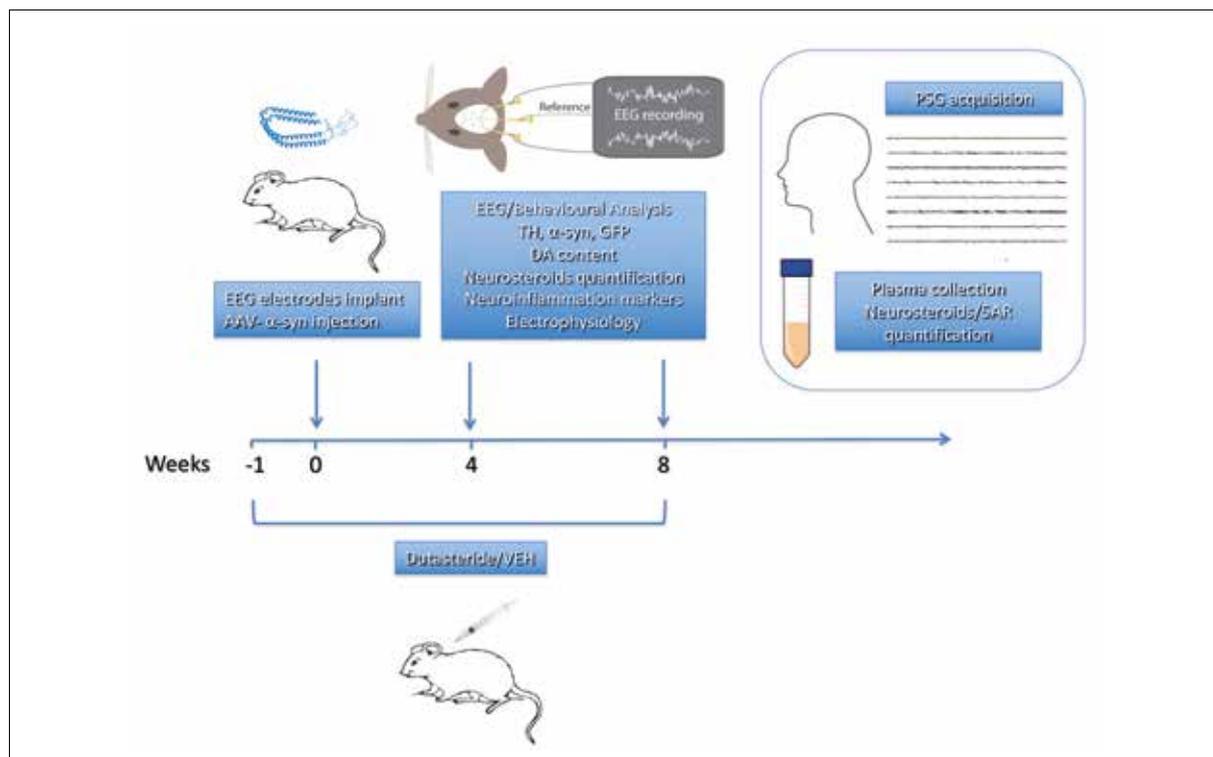


Fig. 2. Diagramma degli studi preclinici e clinici in corso.

e in base alle modifiche dei neurosteroidi nello striato, nella seconda parte del progetto testeremo gli effetti della dutasteride e di altri modulatori della neurosteroidogenesi per investigare se il ripristino del profilo steroideo alterato dall' α -sinucleina sia in grado di indurre un miglioramento dei disturbi del sonno e del processo degenerativo.

Significance e ripercussione sulla comunità scientifica

Se l'ipotesi venisse confermata, questo progetto metterebbe in luce per la prima volta il coinvolgimento dei neurosteroidi nel RBD, sintomo cardine prodromico nella malattia di Parkinson e in altre sinucleinopatie. Pertanto, tali alterazioni potrebbero avere un ruolo chiave nella progressione del processo neurodegenerativo e rappresentare un *biomarker* di facile misurazione con elevato valore predittivo nelle prime fasi della patologia. Poter intervenire il prima possibile in una malattia neurodegenerativa è un punto fondamentale per lo sviluppo di terapie neuroprotettive che possano contrastare o

almeno attenuare per quanto possibile il lento e progressivo declino delle normali funzioni fisiologiche che contraddistinguono queste patologie. In questo contesto la dutasteride potrebbe fornire un nuovo strumento farmacologico basato su un riequilibrio del profilo steroideo del paziente parkinsoniano in grado di prevenire o ritardare i deficit motori e/o rallentare lo sviluppo di altre disabilità presenti nel Parkinson, come problemi cognitivi e gli stessi disturbi del sonno che influiscono negativamente sulla qualità di vita del paziente. Infine, questo progetto si inserisce perfettamente all'interno delle recenti linee guida suggerite dalla FDA (*Food and Drug Administration*) e NIH (*National Institute of Health*) per lo sviluppo di nuove terapie farmacologiche. Infatti, per sviluppare una nuova molecola, dalla produzione alla sua approvazione, passando per le varie fasi della sperimentazione preclinica e clinica, occorrono generalmente dai 12 ai 15 anni e 2-3 miliardi di dollari. La "*drug repositioning*", o riposizionamento di un farmaco, rappresenta un'alternativa più rapida ed economica al normale *iter* di

sviluppo di un nuovo farmaco, in quanto i costi si aggirano mediamente sui 300 milioni di dollari in un periodo di tempo di 6-7 anni. In questa prospettiva, la dutasteride è già presente sul mercato per il trattamento della iperplasia prostatica benigna e il suo analogo finasteride ha recentemente prodotto degli ottimi risultati in pazienti

con patologie psichiatriche caratterizzate da disfunzioni del sistema dopaminergico (4); pertanto, se i risultati di questo progetto dovessero essere positivi, attraverso una strategia di riposizionamento la dutasteride potrebbe essere immediatamente testata sui pazienti senza affrontare la diverse fasi di sviluppo clinico di un nuovo farmaco.

Bibliografia

1. Frau R, Bini V, Soggiu A, et al. The Neurosteroidogenic Enzyme 5 α -Reductase Mediates Psychotic-Like Complications of Sleep Deprivation. *Neuropsychopharmacology*, 2017; 42: 2196-2205.
2. Litim N, Morissette M, Caruso D, et al. Effect of the 5 α -reductase enzyme inhibitor dutasteride in the brain of intact and parkinsonian mice. *J Steroid Biochem Mol Biol*, 2017; 174: 242-256.
3. Litim N, Bourque M, Al Sweidi S, et al. The 5 α -reductase inhibitor Dutasteride but not Finasteride protects dopamine neurons in the MPTP mouse model of Parkinson's disease. *Neuropharmacology*, 2015; 97: 86-94.
4. Frau R, Bortolato M. Repurposing steroidogenesis inhibitors for the therapy of neuropsychiatric disorders: Promises and caveats. *Neuropharmacology*, 2019; 147: 55-65.

Roberto Frau ha conseguito la Laurea in Scienze Biologiche con la votazione di 110/110 e lode presso l'Università degli Studi di Cagliari nel 2002. Dopo un tirocinio formativo nel Dipartimento di Neuroscienze, ha conseguito nello stesso Dipartimento il Dottorato di Ricerca in Neuroscienze e la Specializzazione in Farmacologia. Dal 2008 al 2010 ha svolto uno stage presso la University of Southern California (USC) e dal 2015 è Ricercatore presso l'Università degli Studi di Cagliari. Le sue principali linee di ricerca riguardano il ruolo dei neurosteroidi e dei cannabinoidi nelle patologie neuropsichiatriche e neurodegenerative, quali schizofrenia, distur-

bo bipolare, Sindrome di Tourette, disturbi del controllo dell'impulso e malattia di Parkinson. Lo scopo di questi studi è quello di individuare nuovi marcatori biologici con valore predittivo che possano essere utili per una diagnosi precoce di queste patologie e di introdurre nuove terapie farmacologiche attraverso la comprensione dei substrati neurobiologici che ne accompagnano il decorso fisiopatologico. È autore di 46 pubblicazioni internazionali su riviste scientifiche *peer review* (H-Index 18), attualmente partecipa da coordinatore o *key personnel* in numerosi progetti di Ricerca e collabora con diversi gruppi di ricerca italiani e internazionali.

Impatto di specie aliene invasive sugli ecosistemi della Sardegna

Responsabile scientifico: **Antonio Pusceddu**

Gruppo di ricerca: Pierantonio Addis, Serenella Cabiddu, Rita Cannas, Annalena Cogoni, Elisabetta Coluccia, Danila Cuccu, Maria Cristina Follesa, Michela Marignani, Matteo Murenu, Andrea Sabatini, Susanna Salvadori, Saturnino Spiga

Il progetto "Impatto di specie aliene invasive sugli ecosistemi della Sardegna" nasce dalla consapevolezza che le specie invasive aliene (specie alloctone trasportate incidentalmente o accidentalmente dall'uomo in ecosistemi precedentemente non occupati) sono un problema globale, con potenziali rischi e conseguenze su biodiversità e funzionamento degli ecosistemi e, a cascata, sul benessere dell'uomo e sull'economia.

Gli impatti delle bioinvasioni possono variare in funzione dello stato naturale degli ecosistemi invasi (1). Ecosistemi ad elevata biodiversità possono resistere meglio alle bioinvasioni, ma, al contempo, possono esserne devastati se l'invasività eccede la capacità di resistenza delle comunità native (2). La Sardegna è un *hotspot* di biodiversità per effetto della sua insularità e, al contempo, è altamente vulnerabile alle bioinvasioni.

In tale contesto, il progetto ha studiato l'impatto di alcune delle specie invasive presenti in habitat terrestri, d'acqua dolce, lagunari e marini della Sardegna.

Il progetto, condotto con approccio multidisciplinare da un *team* di ecologi, zoologi, botanici e neuro-anatomi, tramite indagini bibliografiche ed esperimenti in campo e in laboratorio, ha perseguito due obiettivi principali:

1) lo studio della presenza, distribuzione e dei tratti vitali di una selezione di specie

alloctone che hanno invaso alcuni ecosistemi della Sardegna;

2) l'analisi dei loro impatti su biodiversità e funzionamento degli ecosistemi invasi.

L'analisi della letteratura e dei dati proprietari ha permesso di identificare oltre 1000 specie non native, la maggior parte delle quali vegetali, presenti negli ecosistemi terrestri, dulciacquicoli, lagunari e marini della Sardegna. L'analisi storica delle segnalazioni ha rivelato un aumento progressivo delle segnalazioni di specie alloctone con circa 20 nuove specie vegetali all'anno nel corso degli ultimi 200 anni e circa 2 specie marine all'anno dal 1979. Circa il 68% della fauna ittica dulciacquicola è composta attualmente da specie alloctone, alcune delle quali (come la trota iridea e la trota fario) hanno creato seri problemi alle popolazioni ittiche residenti.

Tra le specie alloctone di acqua dolce il progetto ha approfondito la citogenetica, l'ecologia e gli impatti del gambero *Procambarus clarkii* noto come gambero della Louisiana o gambero killer (3). Durante il progetto è stata studiata la cospicua popolazione residente di *P. clarkii* insediata nello Stagno di Molentargius. Gli esperimenti hanno rivelato che il gambero killer ha caratteristiche genetiche che ne facilitano l'invasività e che la sua presenza altera significativamente i cicli biogeochimici (Fig. 1).

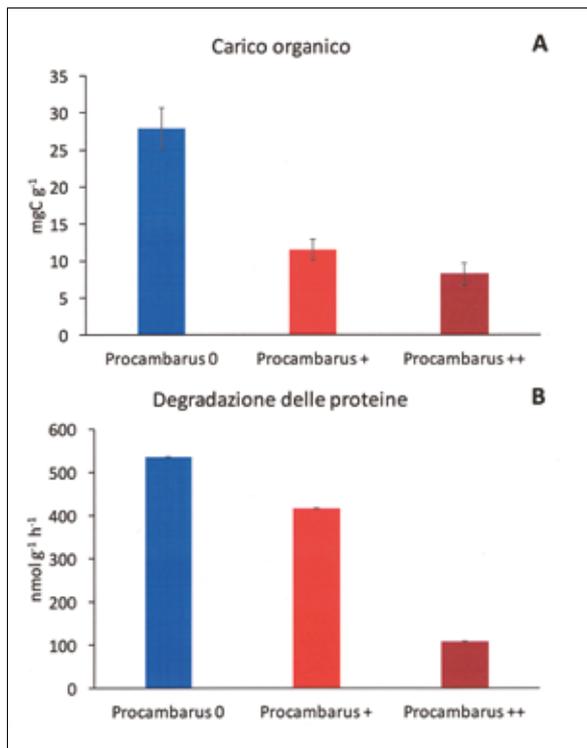


Fig. 1. Impatto di densità variabili del gambero killer *Procamburus clarkii* sui carichi organici (A) e degradazione delle proteine (B) nei sedimenti dell'ecosistema filtro dello Stagno di Molentargius.

Nelle lagune gli esperimenti si sono concentrati sul mollusco bivalente *Arcuatula senhousia*, capace di creare estesi tappeti di bisso che soffocano il sottostante substrato. Tali esperimenti hanno rivelato che questa specie abbate i carichi organici sedimentari e deprime le attività di degradazione degli stessi, determinando un abbattimento della fauna bentonica e conseguenti danni sulla biodiversità. La presenza massiva di questa specie nella laguna di S. Gilla ha stimolato alcuni esperimenti che hanno dimostrato che questa specie è predata attivamente sia dal granchio nativo *Carcinus aestuarii* che dal granchio invasivo *Dyspanopeus sayi*. Tali risultati suggeriscono l'utilizzo del granchio nativo, peraltro specie di interesse commerciale, come deterrente "naturale" dell'invasione.

In ambiente marino gli sforzi si sono concentrati sul granchio *Percnon gibbesi*, per il quale è stata documentata la persistenza di una popolazione, sostenuta da un importante reclutamento larvale, lungo le coste

della Sardegna e sull'alga *Caulerpa cylindracea*. Gli esperimenti condotti sull'alga invasiva *C. cylindracea*, svolti anche in collaborazione con ricercatori delle Università del Salento, di Pisa e del New South Wales (Australia), hanno evidenziato che:

1) *C. cylindracea* determina variazioni nella quantità, composizione biochimica e degradazione dei carichi organici sedimentari che si riflettono in termini di variazione della biodiversità delle comunità microbiche e della meiofauna (4);

2) la capacità invasiva di *C. cylindracea* è sostenuta dalla capacità di sopravvivenza anche dei suoi soli frammenti e dalle caratteristiche del substrato di insediamento (5, 6). Si è dimostrato infatti che l'alga ha maggiore successo là dove la pianta endemica *Posidonia oceanica*, elemento di pregio dei fondali mediterranei e habitat chiave nel mantenimento della biodiversità, è stata eliminata per attività dell'uomo;

3) l'eradicazione di *C. cylindracea*, di difficile se non impossibile attuazione anche in funzione della elevata resistenza della stessa anche alla frammentazione, se effettuata mediante soffocamento della stessa, può determinare conseguenze negative sull'intera comunità bentonica.

Gli esperimenti condotti negli ecosistemi dunali della Sardegna meridionale hanno dimostrato che la presenza di specie invasive come *Carboprotus* sp. (fico degli ottentotti), in concomitanza a peculiari caratteristiche ambientali come disponibilità di acqua e di materia organica, alterano sia le comunità briofitiche sia le comunità di piante vascolari (7).

Esperimenti manipolativi in laboratorio hanno permesso per la prima volta, di dimostrare che il meccanismo per il quale il sarago comune, una volta "assaggiata" in natura l'alga invasiva *C. cylindracea*, inizia a nutrirsi compulsivamente (8) è dovuto ad un meccanismo di dipendenza, non dissimile da quello che si verifica in mammiferi più evoluti con stupefacenti come la cocaina. I neuroni dopaminergici diencefalici nel cervello dei saraghi nutriti per 30 giorni con un mix di alga e gambero

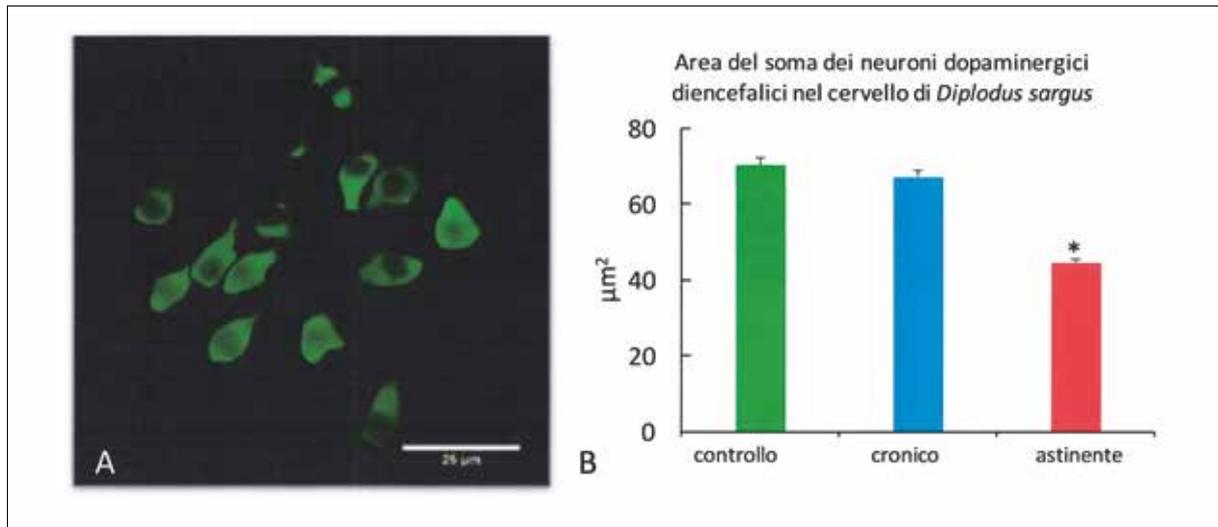


Fig. 2. Fotografia al microscopio ad epifluorescenza a scansione laser dei neuroni dopaminergici diencefalici nel cervello del sarago comune *Diplodus sargus* (A) e variazioni nella dimensione del soma in individui alimentati con solo gambero (controllo), con gambero e l'alga invasiva *C. cylindracea* (cronico), con gambero e *C. cylindracea* ma astinente (astinente) per l'alga nelle ultime 12 ore (B).

e tenuti "in astinenza" dall'alga per 12 ore rimpiccioliscono significativamente (Fig. 2).

Altri esperimenti hanno dimostrato che il riccio di mare *Paracentrotus lividus* esposto a quattro alghe differenti, delle quali tre native o naturalizzate (*Ulva rigida*, *Cystoseira* sp., *Penicillus capitatus*) e una invasiva (*C. cylindracea*) raggiunge i quattro target alimentari con velocità simili. Lo studio ha dimostrato anche che la presenza di *C. cylindracea* non altera il comportamento alimentare del riccio, il quale, in genere, preferisce le alghe native, ma anche che, nel momento in cui il riccio raggiunge l'alga invasiva ne consuma una quantità maggiore delle altre. Ciò suggerisce che il riccio, se non minacciato dalla sovra-pesca, potrebbe avere la capacità di controllare l'invasione.

Infine, l'analisi comparativa della magnitudo degli impatti (mediante metanalisi) dell'alga *C. cylindracea*, del gambero *P. clarkii*, e del mollusco *A. senhousia* ha evidenziato che tutte e tre le specie invasive sortiscono effetti negativi sia sui carichi organici sedimentari sia sulla biodiversità bentonica. Gli effetti del gambero killer (9) sono maggiori di quelli del mollusco lagunare *A. senhousia*, mentre gli effetti dell'alga *C. cylindracea* risultano meno importanti (Fig. 3).

I risultati del progetto si sono finora concretizzati in cinque articoli su riviste scientifiche ad elevato impatto oltre a 9 presentazioni a congressi. Il progetto ha formato 9 borsisti di ricerca (per un totale di 53 mesi uomo, 42,450 € di investimento, pari a circa il 39% del finanziamento totale) e ha permesso a 4 studenti di produrre la loro tesi di laurea (triennale o specialistica).

I risultati del progetto hanno una prevalente connotazione di ricerca di base e il loro ulteriore sfruttamento permetterà, oltre ai lavori già pubblicati, di produrre nuovi articoli su rivista, alcuni dei quali (in particolare con riferimento agli effetti neuroanatomici dei metaboliti prodotti dall'alga invasiva *C. cylindracea* sul sistema nervoso centrale di pesci marini, al comportamento alimentare di *P. lividus*, nonché alle interazioni preda-predatore tra due specie invasive lagunari) troveranno collocazione su riviste eccellenti.

I risultati hanno aperto nuovi filoni di ricerca, tra i quali l'approfondimento delle proprietà biologiche, nutraceutiche e farmacologiche dei metaboliti prodotti da *C. cylindracea*, sulle quali sono in divenire nuove collaborazioni interne ed esterne all'Ateneo, che forniranno un plus-valore ai risultati ottenuti dal progetto.

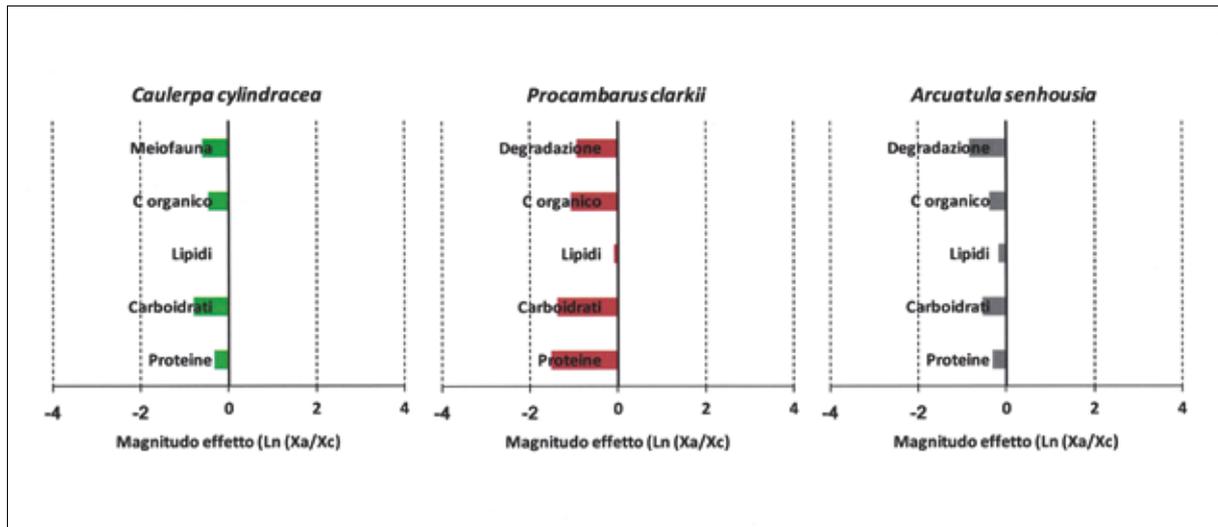


Fig. 3. Confronto degli impatti negativi di tre specie invasive presenti in Sardegna: l'alga marina *Caulerpa cylindracea*, il gambero d'acqua dolce *Procambarus clarkii*, il mollusco bivalve *Arcuatula senhousia* sui carichi organici sedimentari e sui relativi tassi di degradazione.

Bibliografia

1. Sakai AK, Allendorf FW, Holt JS, et al. The population biology of invasive species. *Ann Rev Ecol Syst*, 2001; 32: 305-332.
2. Shea K, Chesson P. Community ecology theory as a framework for biological invasions. *Trends Ecol Evol*, 2002; 17(4): 170-176.
3. Rodríguez CF, Bécares E, Fernández-Aláez M et al. Loss of diversity and degradation of wetlands as a result of introducing exotic crayfish. *Biol Inv*, 2005; 7(1): 75-85.
4. Rizzo L, Pusceddu A, Stabili L, et al. Potential effects of an invasive seaweed (*Caulerpa cylindracea*, Sonder) on sedimentary organic matter and microbial metabolic activities. *Sci Rep*, 2017; 7(1): 12113.
5. Bulleri F, Tamburello L, Pusceddu A, et al. Fragment quality and sediment organic loading regulate the survival of an invasive, clonal seaweed. *Biol Inv*, 2018; 20(8): 1953-1959.
6. Gribben PE, Thomas T, Pusceddu A, et al. Below-ground processes control the success of an invasive seaweed. *J Ecol*, 2018; 106(5): 2082-2095.
7. Murru V, Marignani M, Acosta A.T.R. et al. Bryophytes in Mediterranean coastal dunes: ecological strategies and distribution along the vegetation zonation. *Plant Biosyst*, 2017; 152(5): 1141-1148.
8. Magliozzi L, Almada F, Robalo J, et al. Cryptic effects of biological invasions: Reduction of the aggressive behaviour of a native fish under the influence of an "invasive" biomolecule. *PLoS One*, 2017; 12(9): e0185620.
9. Palmas F, Podda C, Frau G, et al. Invasive crayfish (*Procambarus clarkii*, Girard, 1852) in a managed brackish wetland (Sardinia, Italy): controlling factors and effects on sedimentary organic matter. *Estuar Coast Shelf Sci*, 2019: 231: 106459.

Antonio Pusceddu è Professore ordinario di Ecologia presso il Dipartimento di Scienze della Vita e dell'Ambiente dell'Università degli Studi di Cagliari, Coordinatore della Classe delle Lauree in Biologia dell'Università di Cagliari (2018-2021), Vice-Presidente della Società Italiana di Ecologia (2019-2020), Presidente dell'Associazione Italiana di Oceanologia e Limnologia (2018-2019). Svolge la propria ricerca in ambito ecologico marino, dalle lagune costiere fino alle profondità adali oceaniche, occupandosi delle risposte di biodiversità e funzionamento ecosi-

stemico al disturbo di origine antropica o naturale, inclusi cambiamento climatico e invasioni biologiche. Ha coordinato o ha partecipato a numerosi progetti di ricerca in ambito ecologico marino (PRIN, PNRA, EU-FP6, FP7), è autore di 125 articoli recensiti ISI, vanta un fattore H di 39 e >4100 citazioni (*Scopus*). Da luglio 2017 è incluso nella lista dei *Top Italian Scientists* (Natural & Environmental Scientists) della VIA. Ha coordinato il progetto *Impact of Invasive Alien Species on Sardinian ecosystems* finanziato da Fondazione di Sardegna e Regione Sardegna (2016).

Studio del ruolo della neuroinfiammazione nelle patologie psichiatriche: un approccio multidisciplinare

Responsabile scientifico: **Nicola Simola**

Gruppo di ricerca: Valentina Bassareo, Maria Paola Castelli, Ezio Carboni, Maria Antonietta De Luca, Paola Fadda, Aldo Manzin, Marco Pistis

Stato dell'arte ed obiettivi del progetto

Le malattie psichiatriche, come la schizofrenia ed i disordini correlati, colpiscono una porzione significativa della popolazione nel Mondo Occidentale; inoltre, si stima una crescita costante dell'incidenza di queste patologie nell'immediato futuro. Ad oggi l'eziologia delle patologie psichiatriche è solo parzialmente conosciuta, il che ostacola lo sviluppo di nuove terapie efficaci. Evidenze sperimentali recenti hanno suggerito l'ipotesi che fenomeni di infiammazione a livello del Sistema Nervoso Centrale (SNC) potrebbero innescare il danno neuronale che si può osservare nei pazienti affetti da patologie psichiatriche. Infatti numerosi studi preclinici e clinici indicano che l'esposizione ad insulti tossici (sia chimici che biologici) e/o ad eventi avversi (ad esempio l'asfissia) nel periodo prenatale e/o perinatale potrebbe essere un fattore favorente lo sviluppo di infiammazione a livello del SNC (1). A questo proposito, l'esposizione ad infezioni *in utero* e l'attivazione immune materna sono state estensivamente studiate, dal momento che studi epidemiologici hanno dimostrato un incremento del rischio di sviluppare schizofrenia e disordini correlati in individui che fossero stati esposti ad agenti infettivi ed a mediatori dell'immunità nei periodi pre-/perinatale (2, 3). Inoltre, numerosi studi recenti hanno dimostrato che le specie batteriche presenti a livello in-

testinale, il cosiddetto microbiota, possono produrre mediatori aventi funzione pro-infiammatoria o antiinfiammatoria, e che le modificazioni qualitative e quantitative del microbiota possono essere correlate con il rischio di manifestare patologie psichiatriche. Pertanto, è ipotizzabile che esistano delle interazioni tra esposizione ad infezioni nel periodo pre-/perinatale, modificazioni a carico del microbiota intestinale e fenomeni infiammatori a livello del SNC, e che le suddette interazioni potrebbero essere uno dei fattori causativi l'insorgenza di patologie psichiatriche (4). Lo studio delle suddette interazioni appare quindi di grande interesse, dal momento che questo potrebbe contribuire non solo ad ampliare le conoscenze relative ai fattori esogeni ed endogeni che causano le malattie psichiatriche, ma anche ad individuare marcatori precoci di malattia ed a sviluppare nuove strategie terapeutiche che possano limitare il danno neurologico ed incrementare la qualità della vita dei pazienti.

Questo progetto ha utilizzato un modello sperimentale nei roditori che ha riprodotto una condizione di attivazione immune materna durante la gravidanza, secondo un protocollo che è in grado di indurre alterazioni persistenti nel neurosviluppo della progenie (Fig. 1). Nello specifico, queste alterazioni consistono nella combinazione di iperattivazione della trasmissione dopa-

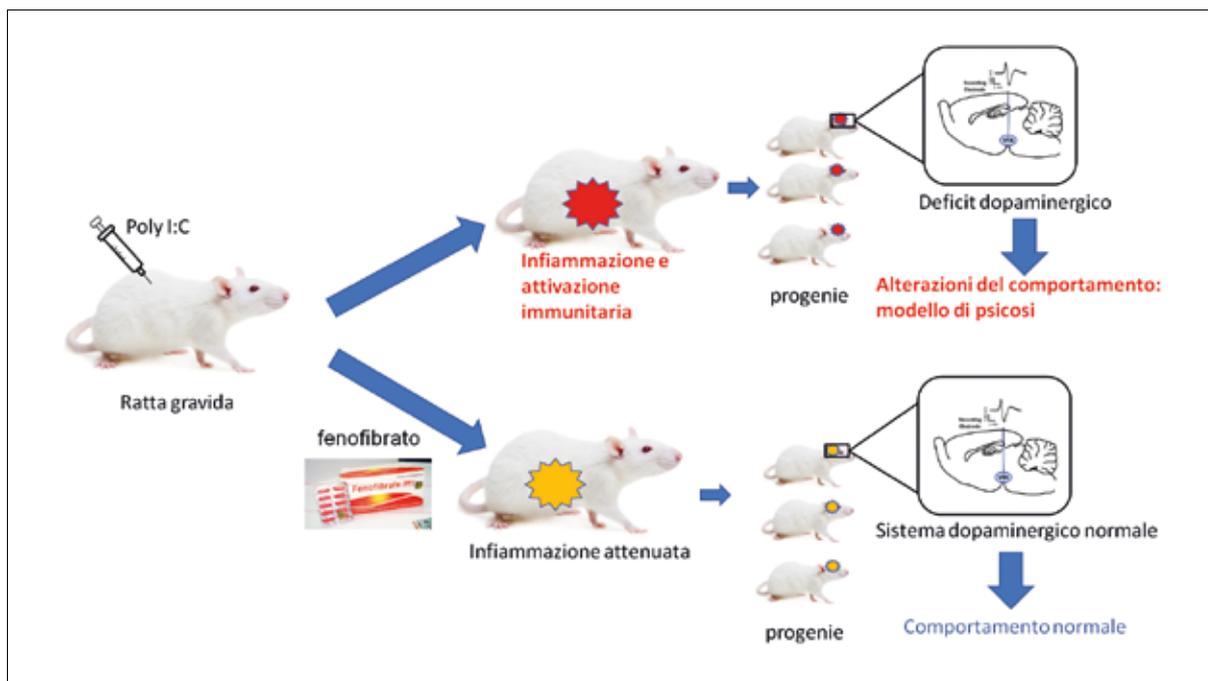


Fig. 1. Rappresentazione grafica del modello sperimentale di attivazione immunitaria materna utilizzato nel corso del progetto

minergica ed anomalie del comportamento sociale e della funzione cognitiva, e nell'insieme riproducono le anomalie neurochimiche e comportamentali riscontrabili in numerose patologie psichiatriche umane. Il modello utilizzato in questo studio ha previsto il trattamento acuto di ratte gravide con acido poliriboinosinico-poliribocitidilico [poly(I:C)] durante il quindicesimo giorno di gravidanza. Il poly(I:C) è stato impiegato perché questa sostanza ha una struttura simile a quella del RNA contenuto in alcuni virus, e la sua somministrazione in madri gravide riproduce condizioni simili ad un'infezione virale, le quali possono a loro volta scatenare una risposta immunitaria che influenza il neurosviluppo della progenie (4, 5).

Gli obiettivi specifici di questo progetto sono:

1) caratterizzare l'interazione complessa tra esposizione ad eventi infettivi nel periodo perinatale, fenomeni neuroinfiammatori/neurotossici, alterazioni neurochimiche a livello della trasmissione dopaminergica, e modificazioni qualitative/quantitative del microbiota intestinale;

2) determinare l'influenza che la suddetta interazione può esercitare sulla manifestazione di alterazioni comportamentali a carico della sfera emozionale e cognitiva che riproducono nei roditori modificazioni fenotipiche simili a quelle osservabili nella psicosi;

3) valutare l'effetto di un trattamento con farmaci aventi comprovate proprietà anti-infiammatorie e neuroprotettive sulle alterazioni neurochimiche e comportamentali a lungo termine provocate dall'attivazione immunitaria materna.

Al fine di perseguire i suddetti obiettivi il progetto impiega un approccio multidisciplinare che prevede l'utilizzo combinato di tecniche come immunoistochimica (per la valutazione dei livelli di proteine pro- ed anti-infiammatorie), biologia molecolare (per la valutazione delle specie microbiche intestinali) elettrofisiologia (per la valutazione dell'attività elettrica dei neuroni), microdialisi cerebrale (per la valutazione del rilascio di neurotrasmettitori), nonché metodiche di farmacologia comportamentale per la valutazione delle modificazioni a carico dello stato emozionale e della funzione cognitiva.

Risultati ottenuti e risultati attesi

Gli esperimenti effettuati ad oggi hanno dimostrato la presenza di deficit a carico dell'integrazione senso-motoria e della memoria in roditori nati da madri soggette ad attivazione immune. Inoltre, le suddette alterazioni comportamentali sono state accompagnate da anomalie dell'attività elettrica dei neuroni dopaminergici misurate mediante elettrofisiologia (Fig. 2A e B). Quest'ultimo dato accresce la rilevanza dei risultati ottenuti, in quanto anomalie della trasmissione dopaminergica sono osservate nel corso di numerose malattie psichiatriche. È interessante rilevare che i deficit sono stati osservati solo nei soggetti di sesso maschile, mentre le femmine appaiono protette. Questo risultato è coerente con il dato clinico-epidemiologico relativo alla maggior incidenza di psicosi precoci (disturbi dello spettro autistico) o tardive (schizofrenia) nei maschi. Inoltre, ulteriori risultati ottenuti nel corso del progetto hanno dimostrato che il trattamento con fenofibrato, un farmaco agonista dei recettori PPAR α , contrasta le anomalie fenotipiche in ratti maschi nati da madri soggette ad attivazione immune (Fig. 2C e D). Questi ultimi risultati appaiono particolarmente interessanti, in quanto il fenofibrato è un farmaco approvato per l'uso clinico contro

l'ipertrigliceridemia, e quindi il suo utilizzo "off label" potrebbe fornire nuove prospettive terapeutiche per il trattamento delle patologie psichiatriche (5). Sono ad oggi in corso ulteriori esperimenti volti a studiare la correlazione tra composizione qualitativa/quantitativa del microbiota intestinale e le alterazioni fenotipiche osservate in ratti nati da madri soggette ad attivazione immune. Sulla base delle premesse scientifiche del progetto, ci si attende che questi esperimenti mostrino delle correlazioni positive tra alterazioni microbiologiche, neurochimiche e comportamentali.

Significato dei risultati e possibili ricadute

I risultati ottenuti in questo progetto di ricerca possono presentare significative ricadute sia a livello di ricerca di base che di ricerca applicata alla farmacoterapia dei disturbi psichiatrici. Infatti, questo progetto contribuirà a chiarire come fattori ambientali (infezioni in utero) ed endogeni (composizione del microbiota intestinale) possano interagire per promuovere disfunzioni del sistema dopaminergico e manifestazione di disturbi comportamentali che caratterizzano le malattie psichiatriche. Inoltre, il presente progetto prevede la valutazione di nuove strategie farmacologiche da utiliz-

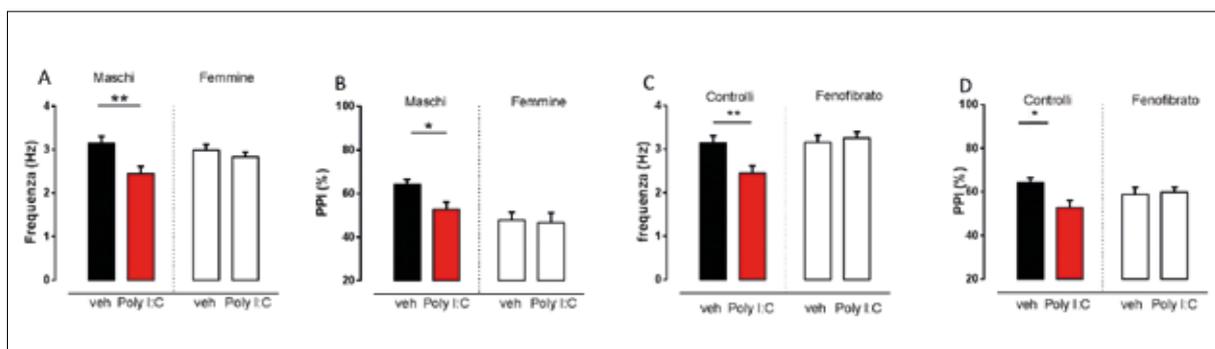


Fig. 2. L'attivazione immunitaria materna determina nei maschi deficit dopaminergici e comportamentali che vengono prevenuti dal fenofibrato in gravidanza. L'attivazione immunitaria materna con Poly I:C determina nei maschi un'alterazione dell'attività dopaminergica che si manifesta con una diminuzione della frequenza di scarica neuronale (A). Questo fenomeno è accompagnato da un deficit comportamentale (B) caratterizzato, tra gli altri segni, da un'alterazione dell'integrazione senso-motoria (PPI). Il trattamento con l'agonista PPAR α in gravidanza previene il deficit dopaminergico (C) e comportamentale (D).

De Felice M, Melis M, Aroni S, Muntoni AL, Fanni S, Frau R, Devoto P, Pistis M (2019) The PPAR α agonist fenofibrate attenuates disruption of dopamine function in a maternal immune activation rat model of schizophrenia. *CNS Neurosci Ther* 25:549-561.

zare nel trattamento delle malattie psichiatriche. È importante evidenziare come le strategie proposte in questo progetto sono basate su farmaci attualmente approvati per l'uso clinico, il che accresce notevolmente il possibile impatto dei risultati.

I risultati di questo progetto potrebbero fornire le prime evidenze concrete del coinvolgimento dei fenomeni neuroinfiammatori nella patogenesi delle malattie psichiatriche. Questa evidenza potrebbe fornire le basi per l'individuazione di molecole (ad esempio mediatori dell'infiammazione) da utilizzare come marcatori diagnostici di malattia, in modo da identificare pazienti a rischio che possano essere avviati verso un trattamento farmacologico precoce che riduca i sintomi e migliori la qualità della vita. Infatti, l'intervento farmacologico precoce potrebbe

rappresentare una svolta fondamentale nella terapia delle malattie psichiatriche, dal momento che potrebbe consentire di rallentare, o arrestare, i processi neuroinfiammatori e neurodegenerativi che possono promuovere le alterazioni comportamentali proprie di queste patologie. Il fenofibrato potrebbe essere rapidamente valutato in studi clinici pilota ed essere, in caso di risultati favorevoli, impiegato come farmaco "off-label" per il trattamento delle malattie psichiatriche. Il fatto che il fenofibrato sia attualmente presente nelle farmacopee nazionali ed internazionali consentirebbe infatti di evitare la procedura di valutazione del farmaco da parte degli enti regolatori, e comporterebbe il conseguente abbattimento dei costi connessi all'immissione in commercio di farmaci caratterizzati *de novo*.

Bibliografia

1. Boksa P. Effects of prenatal infection on brain development and behavior: a review of findings from animal models. *Brain Behav Immun*, 2010; 24(6): 881-897.
2. Brown AS Derkits EJ. Prenatal infection and schizophrenia: a review of epidemiologic and translational studies. *AJ Psychiatry*, 2010; 167(3): 261-280.
3. Herrera-Marschitz M, Neira-Pena T, Rojas-Mancilla E et al. Perinatal asphyxia: CNS development and deficits with delayed onset. *Front Neurosci*, 2014; 8: 47.
4. Luchicchi A, Lecca S, Melis M et al. Maternal immune activation disrupts dopamine system in the offspring. *Int J Neuropsychopharmacol*, 2016; 19(7): pyw007.
5. Scheggi S, Melis M, De Felice M et al. PPAR α modulation of mesolimbic dopamine transmission rescues depression-related behaviors. *Neuropharmacology*, 2016; 110(PtA): 251-259.

Nicola Simola ha conseguito la Laurea in Chimica e Tecnologie Farmaceutiche con il massimo dei voti nel 2003 ed il Dottorato di Ricerca in Farmacologia delle Tossicodipendenze nel 2007, entrambi presso l'Università degli Studi di Cagliari. Dopo il conseguimento del Dottorato ha svolto periodi di studio presso la University of Texas (2007-2009) e la Universidad de Chile (2011 e 2013), ed è stato ricercatore (2012-2018) presso l'Università di Cagliari, dove dal 2018 è Professore associato di Farmacologia. La sua attività di ricerca riguarda principalmente lo

studio delle alterazioni neurocomportamentali a lungo termine indotte dai farmaci psicostimolanti e lo studio dei fenomeni di neurotossicità e neuroinfiammazione in modelli sperimentali di patologie del Sistema Nervoso Centrale. Autore di oltre 70 pubblicazioni in riviste scientifiche con impact factor e libri scientifici internazionali (*H-index* 24), svolge un'intensa attività di collaborazione con numerose riviste scientifiche e partecipa a numerosi progetti di ricerca nell'ambito della neurofarmacologia.

Approccio multidisciplinare per lo studio delle malattie mentali: la lunghezza dei telomeri e l'infiammazione sono parte di uno stesso network?

Responsabile scientifico: **Alessio Squassina**

Gruppo di ricerca: Alberto Bocchetta, Bernardo Carpiniello, Cristina Cocco, Maria Del Zompo, Tinuccia Dettori, Gian Luca Ferri, Mariella Nieddu, Federica Pinna, Renato Robledo, Giovanni Severino, Valeria Sogos, Roberta Vanni

I disturbi mentali colpiscono una fetta importante della popolazione mondiale. Si stima che nel mondo circa 1 miliardo di persone sia affetto da una qualche forma di disturbo mentale, un numero destinato ad aumentare significativamente nei prossimi anni. Le persone affette da disturbi mentali sono soggette ad una ridotta qualità della vita, principalmente a causa dell'impatto che tali disturbi hanno sulla loro vita lavorativa e sulle relazioni interpersonali, e a causa di un generale deterioramento dello stato di salute. I disturbi mentali, infatti, sono spesso associati ad altre patologie, prevalentemente a carico del sistema cardiovascolare e del sistema immunitario, ma nei pazienti affetti si riscontra anche un aumento di disturbi metabolici e di alcune forme di tumore (1). Questo quadro si traduce in una significativa riduzione nell'aspettativa di vita (2). Per esempio, si stima che una persona affetta da schizofrenia abbia in media una riduzione di 20 anni nell'aspettativa di vita.

La letteratura è concorde nel suggerire che le persone affette da disturbi mentali siano anche caratterizzate da un invecchiamento accelerato. Questa ipotesi trova riscontro sia nel decorso della malattia mentale, che specialmente in alcuni soggetti è caratterizzato da un rapido deterioramento di alcune funzioni del sistema nervoso centrale, sia dall'aumentata incidenza di di-

sturbi cardiovascolari e metabolici, disturbi che solitamente sono associati ad un'età avanzata.

Dal punto di vista biologico, diversi studi suggeriscono che le persone affette da disturbi mentali presentino una compromissione della risposta immunitaria, uno stato infiammatorio cronico, e un aumento di diversi marcatori associati alla risposta allo stress, all'infiammazione e all'invecchiamento. In particolare, un numero crescente di studi ha riportato un aumento nei livelli di fattori pro-infiammatori ed una riduzione nella lunghezza dei telomeri in pazienti affetti da disturbi mentali (3, 4, 5). I telomeri consistono nella porzione terminale dei cromosomi: sono strutture complesse, costituite da DNA e diverse proteine, con la funzione di proteggere i cromosomi dall'accorciamento che si verifica in varie condizioni, e in particolare come effetto dell'esposizione ad eventi stressogeni e ad uno stato infiammatorio cronico. La lunghezza dei telomeri rappresenta pertanto un marcatore cellulare dell'invecchiamento. I telomeri si accorciano fisiologicamente con l'età, ma la presenza di patologie croniche sembra determinare un'accelerazione di questo accorciamento. Per quanto la letteratura suggerisca che l'infiammazione e i telomeri possano interagire nel determinare la suscettibilità ai disturbi mentali o come conseguenza di tali malattie, questa

ipotesi non è mai stata esplorata in maniera sistematica.

Lo scopo del nostro progetto era pertanto quello di verificare se: a) pazienti affetti da disturbi psichiatrici, e nello specifico schizofrenia, depressione maggiore e disturbo bipolare, presentino telomeri più corti rispetto a individui sani; b) se questi stessi pazienti differiscano nei livelli plasmatici di fattori pro-infiammatori rispetto ai controlli e alle diverse diagnosi; c) se la presenza di altre malattie non psichiatriche, come disturbi cardiovascolari e metabolici, contribuisca in maniera significativa all'eventuale accorciamento dei telomeri e ad un aumento nei livelli di fattori pro-infiammatori; d) se vi sia una correlazione tra lunghezza dei telomeri e i livelli di fattori pro-infiammatori tale da suggerire un'interazione di questi due marcatori biologici nelle malattie psichiatriche.

Al fine di verificare le nostre ipotesi, abbiamo condotto uno studio diviso in due fasi. La prima fase prevedeva di misurare la lunghezza dei telomeri nei leucociti in un campione di 313 pazienti bipolari e 316 controlli sani al fine di: a) verificare eventuali differenze tra i due gruppi; b) testare l'effetto di varianti genetiche nella sequenza del DNA sulla lunghezza dei telomeri; c) testare l'effetto dei trattamenti farmacologici

sulla lunghezza dei telomeri. La seconda fase del progetto prevedeva il reclutamento di 160 nuovi individui divisi in quattro gruppi: 40 pazienti affetti da schizofrenia, 40 da depressione maggiore, 40 da disturbo bipolare e 40 controlli senza alcun disturbo psichiatrico. Ogni gruppo è stato diviso in base alla presenza o meno di disturbi cardio-metabolici concomitanti. Per ogni soggetto abbiamo effettuato 4 prelievi di sangue, necessari alle analisi di laboratorio per la misurazione dei telomeri e dei livelli plasmatici di fattori coinvolti nell'infiammazione. Abbiamo inoltre testato l'effetto di una batteria di variabili cliniche potenzialmente impattanti sulla lunghezza dei telomeri e sull'infiammazione.

I risultati della prima fase hanno evidenziato una lunghezza dei telomeri maggiore negli individui affetti da disturbo bipolare rispetto ai controlli sani (Fig. 1). Questo risultato appare in controtendenza rispetto all'ipotesi secondo cui individui affetti da disturbi psichiatrici dovrebbero presentare una lunghezza dei telomeri inferiore rispetto a individui non affetti. Tuttavia, altri studi avevano riportato risultati simili in precedenza. In uno studio antecedente, il nostro gruppo aveva dimostrato che la lunghezza dei telomeri nei pazienti bipolari è tanto maggiore quanto più lunga

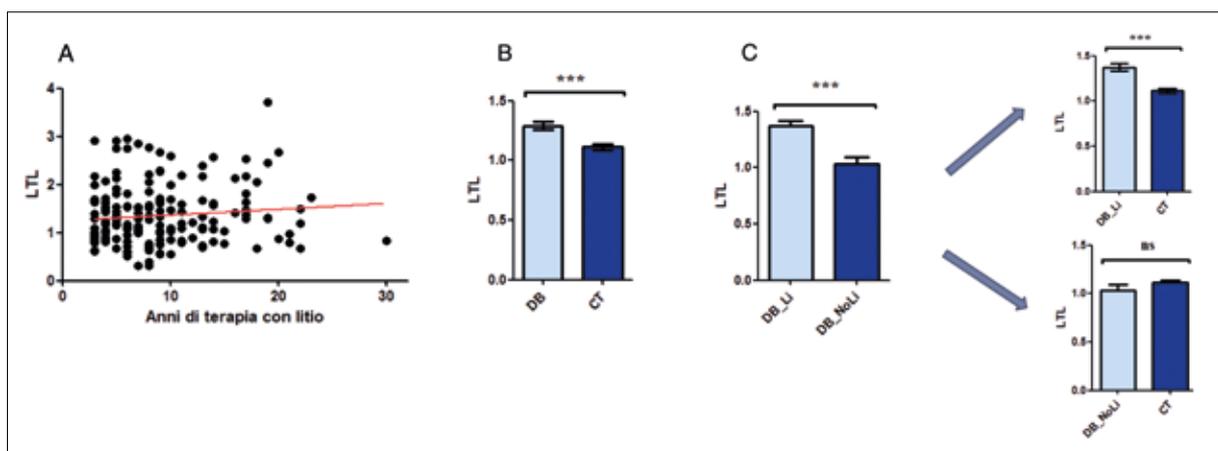


Fig. 1. Differenze nella lunghezza dei telomeri leucocitari tra pazienti con disturbo bipolare e controlli sani e effetto della terapia con litio.

A: correlazione tra durata della terapia con litio e lunghezza dei telomeri nei pazienti bipolari. **B:** I telomeri dei pazienti bipolari sono più lunghi rispetto ai controlli sani. **C:** I pazienti bipolari trattati con il litio hanno telomeri più lunghi sia rispetto ai pazienti mai trattati sia rispetto ai controlli sani, mentre i pazienti mai trattati hanno telomeri uguali o leggermente più corti rispetto ai controlli sani.

è la durata del trattamento con litio. Il litio è uno stabilizzante dell'umore largamente utilizzato nel disturbo bipolare il cui meccanismo d'azione non è ancora completamente noto. Pertanto, considerando questi risultati, abbiamo testato il contributo dell'esposizione al litio sulla lunghezza dei telomeri anche nella casistica inclusa nel nostro progetto. I dati hanno mostrato che i telomeri dei pazienti bipolari esposti al litio sono più lunghi rispetto a quelli dei pazienti mai esposti e rispetto ai controlli sani, confermando l'ipotesi che il litio determini un allungamento dei telomeri o comunque li protegga dall'accorciamento (Fig. 1). Lo studio del contributo di varianti genetiche sulla lunghezza dei telomeri, effettuato utilizzando dati di scansione dell'intero genoma incrociati con i dati di lunghezza dei telomeri su un sotto-campione di 200 pazienti bipolari, non ha permesso di identificare alcuna variante che contribuisse in maniera significativa.

La seconda fase del progetto ci ha permesso di esplorare un numero maggiore di ipotesi e di rispondere in parte ad alcune

domande che il nostro studio si poneva. I risultati infatti hanno mostrato che i pazienti bipolari presentano telomeri più lunghi non solo rispetto ai controlli ma anche rispetto a pazienti affetti da altri disturbi psichiatrici (Tab. 1; Fig. 2).

Tale risultato può essere spiegato dal fatto che la totalità dei pazienti bipolari inclusi nella seconda fase del progetto era stata esposta alla terapia con il litio. Inoltre, anche in questa casistica, una durata maggiore della terapia con litio è risultata correlata ad una maggiore lunghezza dei telomeri. Per quanto riguarda i livelli plasmatici dei fattori coinvolti nell'infiammazione, ed in particolare quelli della proteina C reattiva, i pazienti bipolari hanno presentato valori più simili ai controlli sani che ai pazienti affetti da altri disturbi psichiatrici, probabilmente per un effetto antiinfiammatorio della terapia con il litio, effetto già descritto da altri studi in letteratura (Tab. 2; Fig. 3).

Il risultato più interessante della seconda fase del progetto è sicuramente quello relativo alla schizofrenia. I pazienti affetti da questo disturbo infatti hanno mostrato telo-

Tab. 1.

	Media della lunghezza dei telomeri
Controlli	86,5
Bipolari	95,3
Depressi	83,1
Schizofrenici	74,4

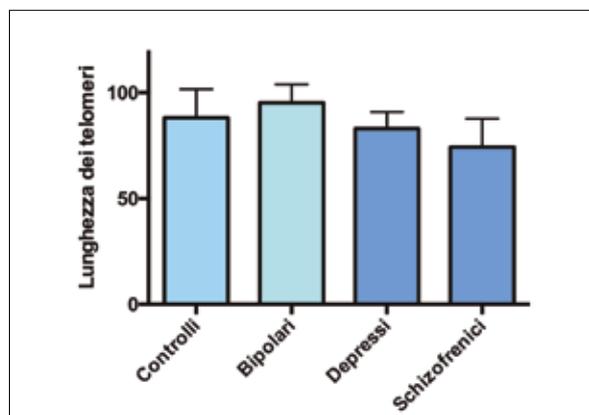


Fig. 2. Differenze nella lunghezza dei telomeri tra pazienti con diverse diagnosi psichiatriche e controlli sani in una nuova coorte di pazienti.

Tab. 2

	Media dei livelli di proteina C reattiva
Controlli	1,8
Bipolari	2,1
Depressi	2,7
Schizofrenici	5,2

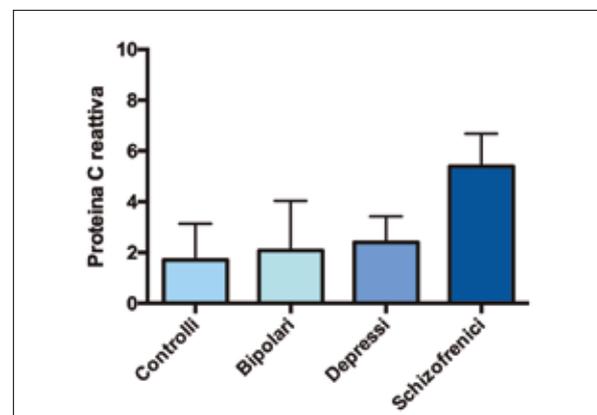


Fig. 3. Differenze nei livelli plasmatici di proteina C reattiva tra pazienti con diverse diagnosi psichiatriche e controlli sani.

meri mediamente più corti rispetto agli altri gruppi di pazienti, e in particolare rispetto ai controlli (Tab. 1; Fig. 2). Inoltre, i livelli di proteina C reattiva sono risultati più alti (Tab. 2; Fig. 3). Questi due risultati suggeriscono che nella schizofrenia possa esserci un'interazione importante tra lunghezza dei telomeri e infiammazione. Questi pazienti infatti sarebbero caratterizzati da uno stato infiammatorio cronico e da telomeri più corti. Inoltre i telomeri sono risultati più corti nei pazienti schizofrenici con una storia familiare di disturbi psichiatrici e nei fumatori. Per quanto riguarda la comorbidità con disturbi cardio-metabolici abbiamo riscontrato livelli di proteina C reattiva più alti nei soggetti affetti, anche se questo risultato prescindeva dalla diagnosi psichiatrica. Non abbiamo invece riscontrato alcuna differenza nella lunghezza dei telomeri tra persone con o senza disturbi cardio-metabolici. Concludendo, i risultati

del nostro studio suggeriscono che sia soprattutto la schizofrenia ad essere caratterizzata da infiammazione cronica e da un accorciamento dei telomeri, fattori questi che caratterizzano anche patologie correlabili all'invecchiamento. Tra i disturbi psichiatrici studiati nel nostro progetto, la schizofrenia rappresenta sicuramente il disturbo più severo e debilitante. A tale proposito, in letteratura i risultati più robusti e convincenti sull'esistenza di una correlazione tra telomeri corti e disturbi psichiatrici sono stati riportati proprio per la schizofrenia. Per quanto le prime due fasi del nostro progetto siano concluse, i gruppi di ricerca coinvolti continueranno attivamente a studiare il ruolo dell'infiammazione e dei telomeri nei disturbi psichiatrici, al fine di fare maggiore chiarezza sul ruolo di questi fattori e di identificare, se possibile, marcatori predittivi del rischio di ammalarsi di un disturbo psichiatrico.

Bibliografia

1. Walker ER, McGee RE, Druss BG. Mortality in mental disorders and global disease burden implications: a systematic review and meta-analysis. *JAMA Psychiatry*, 2015; 72(4): 334-341.
2. Chesney E, Goodwin GM, Fazel S. Risks of all-cause and suicide mortality in mental disorders: a meta-review. *World Psychiatry*, 2014; 13: 153-160.
3. Lindqvist D, Epel ES, Mellon SH, et al. Psychiatric disorders and leukocyte telomere length: Underlying mechanisms linking mental illness with cellular aging. *Am J Psychiatry*, 2016; 173: 617-624.
4. Leboyer M, Oliveira J, Tamouza R, et al. Is it time for immunopsychiatry in psychotic disorders? *Psychopharmacology (Berl)*, 2016; 233(9): 1651-1660.
5. Young JJ, Bruno D, Pomara N. A review of the relationship between proinflammatory cytokines and major depressive disorder. *J Affect Disord*, 2014; 169: 15-20.

Alessio Squassina (Cagliari, 1975), è Ricercatore a tempo determinato presso l'Università degli Studi di Cagliari. Si è laureato in Biologia all'Università di Cagliari, e ha conseguito il titolo di Dottore di Ricerca in Neuroscienze e di Specialista in Farmacologia Applicata presso la stessa Università. Oltre che a Cagliari, si è formato e perfezionato come biologo molecolare e come farmacologo in Canada, presso l'Università di Toronto e presso la Dalhousie University

di Halifax. La sua attività di ricerca si è da sempre focalizzata sullo studio delle basi genetiche delle malattie psichiatriche, in particolare dei disturbi dell'umore, e della risposta ai farmaci psicotropi. È membro di diverse iniziative nazionali e internazionali con finalità di ricerca e di divulgazione in ambito farmacogenetico. Durante la sua carriera ha pubblicato più di 80 lavori su riviste scientifiche internazionali e 5 capitoli di libri.

Identificazione, progettazione e sviluppo di agonisti di STING come immunomodulanti con attività antivirali ed antitumorali

Responsabile scientifico: **Enzo Tramontano**

Gruppo di ricerca: Filippo Cottiglia, Giovanna Delogu, Simona Distinto, Antonella Fais, Elias Maccioni, Rosaria Medda, Cinzia Sanna

Una componente essenziale del sistema immunitario innato è costituita da una serie di recettori cellulari presenti sia sulla membrana esterna che nel citoplasma cellulare (detti *pathogen recognition receptor*, PRR) in grado di riconoscere strutture di virus patogeni (dette *pathogen associated molecular pattern*, PAMP) tra cui la presenza di DNA nel citoplasma, e attivare così una cascata di eventi fosforilativi che culminano con la produzione di un sistema di difesa che comprende gli interferoni di tipo I (IFN). Gli IFN, una volta secreti, si legano ai propri recettori presenti sulla membrana cellulare e attivano una seconda cascata di segnalazione che porta all'espressione di più di 300 geni ad azione antivirale (detti *interferon stimulated genes*, ISGs, Fig. 1) (1).

I virus hanno quindi sviluppato una serie di strategie per eludere la attivazione della risposta immunitaria innata, sia bloccando a vari livelli la cascata fosforilativa attivata dal riconoscimento di PAMP virali da parte dei PRR cellulari, impedendo quindi la produzione di IFN e di altri elementi di segnalazione cellulari, sia impedendo la via di segnalazione indotta dall'IFN (2).

Attualmente, quindi, la stimolazione farmacologica del sistema immunitario innato rappresenta una strategia molto attraente per raggiungere una varietà di risultati tra cui l'inibizione della replicazione virale e la stimolazione immunitaria a scopi vaccinali.

STING è una proteina di membrana localizzata nel reticolo endoplasmatico (Fig. 1) che subisce un cambio conformazionale in risposta al legame di nucleotidi modificati (cGMP) prodotti a seguito del riconoscimento della presenza di DNA virale nel citoplasma (3) (Fig. 2). Attivata, STING trasloca in vescicole attivando a sua volta una cascata fosforilativa che coinvolge la *TANK binding kinase* (TBK1) e l'*interferon regulatory factor 3* (IRF-3), giungendo quindi alla produzione di IFN (Fig. 1). È stato dimostrato che STING è una proteina essenziale per la protezione di organismi animali da parte di numerosi patogeni (5). Infatti, alcune varianti di STING riportate nella popolazione mondiale sono state correlate ad una incapacità di attivare correttamente la risposta interferonica, con pesanti conseguenze sulle capacità del sistema immunitario nel rispondere ad importanti infezioni (6, 7, 8, 9).

Recentemente, sono state identificate delle piccole molecole che agiscono da agonisti di STING in grado di stimolare l'immunità innata anche nel contesto dello sviluppo di tumori, e che possiedono quindi sia una efficace attività antivirale che antitumorale (8, 9).

Il gruppo di ricerca coordinato dal Prof. Tramontano comprende diversi componenti del Dipartimento di Scienze della Vita e dell'Ambiente, che possiedono expertise complementari in ambito biochimico, chi-

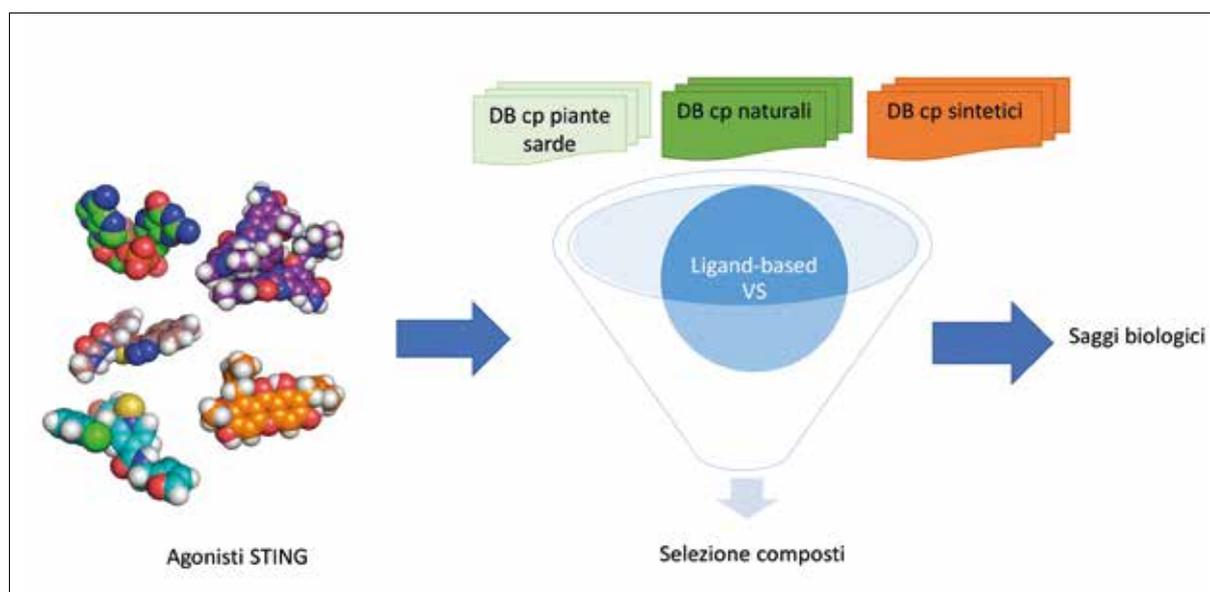


Fig. 3. Schema dello screening virtuale dei DB che è stato utilizzato per la selezione dei composti.

ricombinante, sia mediante sistemi cellulari. Inoltre, si è svolto uno screening *in silico* volto ad esplorare lo spazio chimico per identificare agonisti di STING. In particolare, sono stati presi in considerazione tre database: uno contenente composti naturali presenti nelle piante sarde, un database di prodotti naturali e un database di composti sintetici (Fig. 3). Nel secondo anno si verificherà l'efficacia di sostanze naturali e di sintesi sui sistemi biochimici e cellulari validati per identificare agonisti di STING che poi, mediante un processo iterativo di progettazione, sintesi chimica e di valutazione biologica, potranno essere ottimizzati sia sul piano dell'efficacia biologica che dei parametri farmacocinetici.

Infine, si è iniziato uno studio per valutare la frequenza delle varianti di STING in un piccolo campione di popolazione sarda. In particolare, sono stati progettati primers mutagenici e allele specifici che consentono di effettuare una veloce indagine molecolare delle varianti di STING mediante una tecnologia PCR-RFLP. La metodologia sviluppata è stata validata mediante verifica della sequenza effettuata con un sequenziamento classico effettuato da laboratori esterni e ha quindi permesso di valutare nel primo anno del progetto alcuni campioni. Attualmente si sta procedendo all'analisi di un più ampio campione di DNA ai fini di raggiungere una significatività statistica.

Bibliografia

1. Kumar H, Kawai T, Akira A. Pathogen recognition by the innate immune system. *Int. Rev. Immunol.* 2011; 30: 16-34.
2. Zinzula L, Tramontano E. Strategies of highly pathogenic RNA viruses to block dsRNA detection by RIG-I-like receptors: Hide, mask, hit. *Antiviral Research* 2013; 100(3): 615-635.
3. Burdette DL, Monroe KM, Sotelo-Troha K, et al. STING is a direct innate immune sensor of cyclic di-GMP. *Nature* 2011; 478(7370): 515-518.
4. Ishikawa H, Barber GN. STING is an endoplasmic reticulum adaptor that facilitates innate immune signaling. *Nature* 2008; 455(7213): 674-678.

5. Kim JA, Park SK, Seo SW, et al. STING Is Involved in Antiviral Immune Response against VZV Infection via the Induction of Type I and III IFN Pathways. *J Invest Dermatol.* 2017; 137(10): 2101-2109.
6. Burdette DL, Vance RE. STING and the innate immune response to nucleic acids in the cytosol *Nat Immunol.* 2013; 14(1): 19-26. doi: 10.1038/ni.2491.
7. Li Y, Wilson HL, Kiss-Toth E. Regulating STING in health and disease. *J Inflamm.* 2017 Jun 7; 14(11). doi: 10.1186/s12950-017-0159-2. eCollection 2017.
8. Cui X, Zhang R, Cen S. STING modulators: Predictive significance in drug discovery *Eur J Med Chem.* 2019; 182:e111591.
9. Berger G, Lawler SE. Novel non-nucleotidic STING agonists for cancer immunotherapy. *Future Med Chem.* 2018; 10(24): 2767-2769.

Enzo Tramontano è Professore ordinario di Microbiologia presso il Dipartimento di Scienze della Vita e dell'Ambiente, ricopre la carica di Presidente della Facoltà di Biologia e Farmacia dell'Università degli Studi di Cagliari ed è membro del Comitato Consultivo della Società di Virologia Italiana SIV-ISV. Laureatosi in Biologia presso l'Università di Cagliari nel 1990, ha trascorso un periodo di quattro anni presso il Department of Pharmacology della Yale University School of Medicine (USA) dopo il quale è tornato a lavorare presso l'Università di Cagliari.

Virologo, ha tra i suoi interessi scientifici principali lo sviluppo di farmaci antivirali. In particolare, ha identificato diverse molecole in grado di inibire la replicazione di virus quali HIV ed Ebola Virus, alcune delle quali sono state brevettate. Negli ultimi anni ha svolto diversi studi sull'interazione tra proteine virali ed il sistema immunitario innato mirati a caratterizzare i meccanismi molecolari mediante i quali i virus eludono la sorveglianza dell'immunità innata. Tale caratterizzazione ha anche lo scopo di porre le basi per lo sviluppo di farmaci virali ad ampio spettro.

Studio pilota sugli aspetti omici dell'endometriosi infiltrante

Responsabile scientifico: **Stefano Angioni**

Gruppo di ricerca: Germano Orrù, Palmina Petruzzo, Claudia Sardu, Enrico Erdas, Angelo Restivo, Daniela Fanni, Gavino Faa, Alberto Angioni, Roberta Vanni, Marta Costa

L'endometriosi è una malattia benigna, infiammatoria, estrogeno-dipendente, che colpisce fino al 10% delle donne in età riproduttiva. È caratterizzato dalla presenza ectopica di tessuto endometriale funzionale apparentemente normale composto da ghiandole e stroma al di fuori dell'utero. I sintomi clinici comprendono dismenorrea, dolore pelvico e infertilità. La malattia è spesso associata a lesioni multiple che possono essere distribuite nel peritoneo addominale-pelvico e negli organi viscerali. C'è una lacuna fondamentale nella comprensione dell'eziologia dell'endometriosi. L'esistenza continua di questo gap rappresenta un problema importante perché, fino a quando non viene chiarito, la comprensione degli elementi che portano allo sviluppo dell'endometriosi rimarrà in gran parte incomprensibile. L'eziologia dell'endometriosi è complessa e multifattoriale. Si definiscono scienze omiche quelle discipline che utilizzano tecnologie di analisi che consentono la produzione d'informazioni (dati), in numero molto elevato e nello stesso intervallo di tempo, utili per la descrizione e l'interpretazione del sistema biologico studiato. Tra esse sono di particolare interesse la genomica, la proteomica, la metabolomica e la microbiomica. Per quando riguarda l'endometriosi, sebbene l'ereditarietà familiare abbia un ruolo, molti

geni candidati sembrano essere coinvolti (1). A causa di questa complessità, l'endometriosi si rende perfettamente adatta per l'analisi del genoma. Il campo della bioinformatica si sta evolvendo rapidamente nel tentativo di tenere il passo con i sofisticati sistemi computazionali necessari per analizzare la grande quantità di dati generati da genomica e proteomica. Negli ultimi anni, è stata sviluppata una nuova tecnica d'indagine chiamata Next generation sequencing (NGS). Le piattaforme di NGS possono generare grandi quantità di dati sul sequenziamento del DNA in campioni biologici. Risultati promettenti sono presenti in letteratura sui tumori solidi, ma finora non sono stati raccolti dati su impianti endometriocici ed endometrio eutopico in pazienti con endometriosi (2). Inoltre, il profilo metabolomico è emerso come uno strumento potente e affidabile per l'identificazione dei metaboliti totali presenti nel sistema biologico in una determinata condizione fisiologica o patologica (3). I metaboliti rappresentano i prodotti finali dei processi regolatori delle cellule e agiscono come comunicatori tra il genoma e il fenotipo funzionale della cellula. Solo pochi dati sono stati pubblicati sull'analisi dei modelli di metabolomica dei pazienti con endometriosi (4). Recentemente il microbioma presente nell'endometrio è stato

ipotizzato come un fattore biologico coinvolto nei meccanismi eziologici di malattie a carico dell'endometrio (5-11).

La definizione del termine microbioma umano – la totalità dei microrganismi e il loro materiale genetico collettivo presente nel o sul corpo umano – è stata attribuita al biologo molecolare americano Joshua Lederberg nel 2001 (5). Sebbene questa relazione simbiotica sia di vecchia data, la nostra comprensione del ruolo fisiologico e fisiopatologico del microbioma rimane limitata. Nuove tecniche investigative tra cui il rilevamento dei genomi batterici tramite la PCR quantitativa real time e il sequenziamento massivo dei geni ribosomiali (rrs) tramite NGS, hanno rivelato che siti che nel corpo sono stati storicamente pensati per essere sterili, come la cavità uterina e la placenta, sono invece colonizzati dal loro microbioma (7).

Scopo dello studio

La nostra ipotesi centrale è che la combinazione dei dati del profilo mutazionale, della metabolomica e del microbiota endometriale ricavati da pazienti con endometriosi possa aumentare significativamente il loro valore come strumenti predittivi per la comprensione della patogenesi dell'endometriosi.

Abbiamo in programma di reclutare 10 pazienti con endometriosi (casi) e 10 pazienti senza endometriosi con dolore pelvico cronico per patologie benigne (controlli). I soggetti saranno valutati presso gli ambulatori del Centro Endometriosi/ Dolore Pelvico Cronico dell'Unità Operativa Complessa di Ginecologia del Policlinico Universitario di Monserrato. Le pazienti sottoposte a chirurgia per sospetto di endometriosi (casi) o per dolore pelvico cronico senza il sospetto di endometriosi (controlli) saranno visitate e valutate da un medico esperto (Prof. Stefano Angioni) prima dell'intervento chirurgico. I controlli saranno selezionati tra le pazienti con dolore pelvico cronico sottoposte ad intervento chirurgico per indicazioni benigne diverse dall'endometriosi e saranno incluse solo

se la chirurgia escluderà l'endometriosi in quanto vi sono casi asintomatici di questa malattia. Le donne operate saranno esplorate durante gli interventi chirurgici laparoscopici al fine di identificare la presenza / assenza di lesioni da endometriosi. In caso di lesioni macroscopiche sospette di endometriosi, sarà coinvolto un esperto ginecologo (Prof. Stefano Angioni) per confermare il sospetto chirurgico ed eseguire l'escissione della lesione per raccogliere una biopsia da inviare al patologo. Sarà richiesto esame istologico convenzionale sui campioni. La presenza di campioni di endometriosi asportati dai casi e l'assenza di endometriosi nei campioni prelevati dai controlli sarà confermata da anatomopatologi esperti (Prof. Gavino Faa e Dott.ssa Daniela Fanni) e successivamente i campioni saranno inviati presso il laboratorio di genomica CR25 del Centro Servizi di Ateneo per la Ricerca (CeSAR) per il sequenziamento di DNA tramite tecnologia NGS (responsabile Prof. R. Vanni e Dott.ssa M. Costa). Al momento dell'intervento, verranno raccolti i campioni biologici di plasma e urina per l'analisi metabolomica che verrà effettuata dal Prof. Alberto Angioni. Verranno effettuati dei tamponi citologici (cytobrush) sul dorso linguale e prelievo di cellule endometriali con una sonda per prelievo endometriale tipo endocyte per l'analisi microbiologica del microbiota che verrà effettuata dal Prof. Germano Orrù.

Criteri di inclusione per i casi

- Donne in età fertile tra i 18 e 48 anni in fase follicolare.
- Diagnosi di endometriosi sintomatica in assenza di trattamento o insoddisfatta del trattamento medico in atto o sospensione di precedenti trattamenti ormonali da almeno un mese.

Criteri di inclusione per i controlli

- Donne in età fertile tra i 18 e 48 anni in fase follicolare.
- Diagnosi di Dolore pelvico cronico con indicazione chirurgica in assenza di segni di endometriosi.

Criteria di esclusione per i casi e per i controlli

- Pazienti con impossibilità a fornire un consenso informato scritto o di seguire le procedure previste dal protocollo.
- Pazienti con neoplasie maligne di qualsiasi tipo, o con storia di pregressa neoplasia.
- Fumatrici.
- Diabetiche.
- Donne in terapia estroprogestinica o in fase secretiva.
- Abuso di alcol.
- Abbiamo mangiato carni rosse da meno di 5 giorni prima dell'intervento.
- Utilizzo di collutori da meno di 5 giorni prima dell'intervento.
- Storia clinica di stomatiti, ascessi dentali e infezioni parodontali da meno di 30 giorni dall'intervento.
- Storia clinica di vaginiti, cerviciti ed endometrite da meno di 30 giorni dall'intervento.
- Portatrici di IUD (dispositivi intrauterini).
- Terapia antibiotica in corso o negli ultimi 15 giorni.

Fondi

Lo studio è un progetto di ricerca finanziato dalla Fondazione di Sardegna RICALTRO_CTC_2018_ANGIONI - Progetti di ricerca FBS CUP F71I17000250002. Il finanziamento coprirà tutte le spese necessarie per il completamento dello studio, in particolare

le analisi genomiche, metabolomiche e microbiomiche.

Risultati attesi

L'approccio è innovativo perché integra due scienze omiche – genomica e metabolica – già associati a malattie benigne e maligne, per caratterizzare il genoma e la metabolica del paziente con endometriosi e consentire approfondimenti sui meccanismi della malattia. Come risultato, ci si aspetta che i nuovi orizzonti di ricerca diventino raggiungibili. Poiché le agenzie di finanziamento europee e statunitensi hanno recentemente finanziato progetti di ricerca multidisciplinare volti a combinare la genomica, la metabolica e altre tecnologie basate sulle scienze omiche, i risultati della presente proposta potrebbero generare dati che portano alla presentazione di domande di sussidi extramurali. Inoltre, ci aspettiamo di trovare una colonizzazione microbiomica differente nelle pazienti con endometriosi rispetto ai controlli e di isolare, possibilmente uno o più batteri specifici dell'apparato digerente o nel dorso linguale che possa contribuire anch'esso all'eziopatogenesi di questa malattia.

Il progetto è iniziato il 01/03/2019 dopo approvazione del comitato etico di Cagliari. Abbiamo reclutato 5 casi e 5 controlli che saranno sottoposte ad intervento chirurgico nei prossimi mesi. Lo studio si concluderà ad Aprile 2020.

Bibliografia

1. Angioni S. New insights on endometriosis. *Minerva Ginecol*, 2017 Oct; 69(5): 438-439.
2. Xiaoyu L, Weiyuan Z, Ping J, Anxia W, Liane Z. Serum differential proteomic analysis of endometriosis and adenomyosis by iTRAQ technique. *Eur J ObstetGynecol Reprod Biol*, 2014 Nov; 182: 62-5.
3. Letsiou S, Peterse DP, Fassbender A, Hendriks MM, van den Broek NJ, Berger R, O DF, Vanhie A, Vodolazkaia A, Van Langendonck A, Donnez J, Harms AC, Vreeken RJ, Groothuis PG, Dolmans MM, Brenkman AB, D'Hooghe TM. Endometriosis is associated with aberrant metabolite profiles in plasma. *Fertil Steril*, 2017 Mar; 107(3): 699-706.
4. Vicente-Muñoz S, Morcillo I, Puchades-Carrasco L, Payá V, Pellicer A, Pineda-Lucena A. Pathophysiologic processes have an impact on the plasmametabolomic signature of endometriosis

- patients. *Fertil Steril*, 2016 Dec; 106(7): 1733-1741.
5. Mor A, Driggers PH, Segars JH. Molecular characterization of the human microbiome from a reproductive perspective. *Fertil Steril*, 2015; 104: 1344-50.
 6. Rhoads DD, Cox SB, Rees EJ, Sun Y, Wolcott RD. Clinical identification of bacteria in human chronic wound infections: culturing vs. 16S ribosomal DNA sequencing. *BMC Infect Dis*, 2012; 12: 321.
 7. Franasiak JM, Scott RT. Reproductive tract microbiome in assisted reproductive technologies. *Fertil Steril*, 2015; 104: 1364-71.
 8. Moreno I, Franasiak JM. Endometrial microbiota – New player in town. *Fertility and Sterility*, 2017 Jul; 108(1): 32-39.
 9. Walther-Antônio MRS, Chen J, Multinu F et al. Potential contribution of the uterine microbiome in the development of endometrial cancer. *Genome Medicine*, 2016 Nov 25; 8(1): 122.
 10. Baker JM, Chase DM et al. Uterine Microbiota: Residents, Tourists, Or Invaders? *Front Immunol*, 2018 Mar; 9: 208.
 11. Wee BA, Thomas M. et al. a retrospective pilot study to determine whether the reproductive tract microbiota differs between women with a history of infertility ad fertile woman. *Aust N Z J Obstet Gynaecol*, 2018; 58: 341-348.

Stefano Angioni, laureato presso l'Università degli Studi di Cagliari nel 1989 (110/110 e lode) ha conseguito la specializzazione in Ginecologia e Ostetricia a Modena (50/50 e lode) e la specializzazione in Endocrinologia e Malattie del Metabolismo a Cagliari. Dottore di Ricerca presso l'Università di Bari nel 2012 in Riproduzione Umana ed Animale, è attualmente Professore ordinario di Ginecologia e Ostetricia dell'Università di Cagliari. Ha insegnato in Master Universitari di II Livello (Pisa e Padova) e in Dottorati di Ricerca a Bari e Cagliari, ed è Presidente del Corso di Laura

di Ostetricia dell'Università di Cagliari. È inoltre membro del Board di Società scientifiche (ESGE, SEGi, ESG, AIGE) e dell'Editorial Board di riviste nazionali ed internazionali (*Il Ginecologo*, *Case Reports in Surgery*, *Minerva Ginecologica*, *Current Drug Therapy*, *Gynecological Endocrinology*, *Open Medicine Journal*, *European Gynecology and Obstetrics*, *Gynecological Surgery*). Relatore invitato in oltre 250 Congressi nazionali ed internazionali, ha pubblicato 390 lavori per esteso di cui 114 su riviste indicizzate su PubMed e Scopus (*H-Index*: 26).

Ruolo dell'asse TR/T3 nello sviluppo del carcinoma epatocellulare

Responsabile scientifico: **Amedeo Columbano**

Gruppo di ricerca: Andrea Perra, Marta Anna Kowalik, Lavinia Cabras, Elisabetta Puliga, Pia Sulas, Vera Piera Leoni, Marta Szydłowska, Monica Pibiri

Sintesi del progetto

Il carcinoma epatocellulare (HCC) è la seconda causa di morte dovuta a neoplasie e le previsioni indicano un ulteriore aumento della sua incidenza nei prossimi anni (1). Nonostante il recente sviluppo di farmaci mirati, quali gli inibitori delle chinasi, la prognosi di questa neoplasia non è significativamente migliorata. È pertanto fondamentale identificare nuove strategie terapeutiche capaci di migliorare la prognosi di questo tumore.

L'ipotiroidismo rappresenta un fattore di rischio nello sviluppo dell'HCC (2). Inoltre, è stato recentemente dimostrato che noduli precancerosi e HCC versano in una condizione di ipotiroidismo locale. Considerato che i) in Sardegna esiste un'elevata incidenza di tiroidite autoimmune (la principale causa di ipotiroidismo primitivo) e di epatite cronica, un importante fattore di rischio per HCC, e che ii) le limitate opzioni terapeutiche disponibili per l'HCC rendono urgente trovare trattamenti alternativi efficaci per questo tumore aggressivo, lo scopo di questa proposta è stato quello di indagare se il trattamento con l'ormone tiroideo (T3) potesse interferire con la progressione dell'HCC. Inoltre, in considerazione dei noti effetti collaterali del T3, tali da ostacolare il suo uso clinico, un ulteriore obiettivo della presente proposta è stato quello di studiare se specifici agonisti del recettore

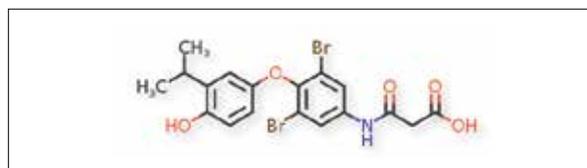


Fig. 1. Eprotirome (KB2115).

TR β , il principale recettore epatico della T3, potessero esercitare lo stesso effetto antitumorale e senza manifestare tossicità a livello cardiaco e muscolare. A tal fine, abbiamo utilizzato il tiromimetico KB2115, commercialmente noto come Eprotirome, che, in uno studio multicentrico e randomizzato, non ha mostrato evidenza di effetti avversi sul cuore o sui muscoli (3) (Fig. 1).

L'ipotesi alla base del nostro progetto trova il suo fondamento nell'idea che l'asse triiodotironina/recettori dell'ormone tiroideo (T3/TR) possa avere un profondo impatto sulla progressione dell'HCC. Infatti, nostri precedenti risultati ottenuti su modelli sperimentali dimostrano che un breve trattamento con T3 provoca una rapida regressione di noduli preneoplastici, suggerendo che la T3 induca un programma di differenziazione degli epatociti preneoplastici verso un fenotipo normale (4, 5). Sulla base di questi risultati abbiamo ipotizzato che il trattamento di questo tumore con analoghi dell'ormone tiroideo possa rappresentare un promettente approccio terapeutico. Tra le molecole di

sintesi con attività agonista sui TR abbiamo selezionato l'eprotirome (KB2115), in quanto lega preferenzialmente l'isoforma beta dei TR e, dopo la somministrazione, ha una distribuzione prevalentemente epatica. Queste caratteristiche lo rendono virtualmente privo dei classici effetti avversi sistemici, a carico del sistema cardiovascolare o metabolico, che sono mediati prevalentemente dal legame della T3 all'isoforma recettoriale alfa.

Risultati

I risultati finora ottenuti dimostrano che l'Eprotirome, agonista del TR β , induce proliferazione cellulare nel fegato di ratto, in assenza di uno degli effetti collaterali più nocivi della T3, vale a dire l'ipertrofia cardiaca. La risposta proliferativa epatica indotta dal KB2115 non risulta associata a danno epatico, ma è il risultato di un effetto diretto di questo farmaco.

Analogamente alla T3 e ad altri ligandi di recettori nucleari che agiscono come mitogeni primari, l'Eprotirome non induce l'espressione di geni della risposta precoce, considerati un evento chiave durante la rigenerazione epatica successiva a resezione parziale chirurgica o a necrosi degli epatociti. L'Eprotirome determina un aumento molto rapido dei livelli di mRNA della ciclina D1, e di conseguenza, un ingresso più rapido nella fase S, rispetto a quanto osservato durante la rigenerazione epatica successiva a resezione parziale del fegato. Infine, il fatto che la risposta proliferativa degli epatociti indotta da KB2115 sia preceduta dall'attivazione di geni che sono bersaglio diretto del recettore della T3, suggerisce che l'effetto mitogenico di questo farmaco sia da attribuire al legame e all'attivazione dei TRs, piuttosto che a meccanismi extra-genomici.

I nostri dati sull'effetto mitogenico indotto dal KB2115 a livello epatico, suggeriscono che un trattamento acuto e/o subcronico con tale farmaco potrebbe risultare clinicamente utile nella medicina rigenerativa soprattutto nelle condizioni in cui è necessaria una rapida rigenerazione epatica, come nel trapianto di fegato (6).

In questo contesto, è utile ricordare che un'altra condizione in cui i tiromimetici ad azione mitogenica sugli epatociti e privi di tossicità potrebbero rivelarsi estremamente utili è l'età avanzata che è caratterizzata da una ridotta capacità rigenerativa del fegato. A questo proposito, nostri precedenti studi hanno dimostrato che sebbene la rigenerazione epatica che si verifica dopo resezione parziale chirurgica sia notevolmente ridotta nei topi anziani, l'iperplasia indotta dai mitogeni xenobiotici risultata indipendente dall'età (6); inoltre, la T3 non è solo mitogenica per il fegato intatto, ma migliora anche la risposta rigenerativa dei fegati di roditori dopo il 70% o 90% di epatectomia e stimola la proliferazione delle cellule del fegato nei ratti anziani se somministrati prima – o dopo epatectomia parziale (7).

Su queste basi, la possibile introduzione nella clinica di questo tiromimetico KB2115, dotato di una potente capacità mitogenica degli epatociti e privo di effetti collaterali dannosi T3-simili, potrebbe rappresentare un importante miglioramento nel campo delle terapie rigenerative (Fig. 2).

Un altro punto rilevante sollevato da questi risultati è la potenziale utilità degli analoghi del T3 come farmaci antitumorali: infatti, recenti studi animali supportano il possibile uso di agonisti del TR β come inibitori dello sviluppo e della progressione del HCC. Infatti, i) un trattamento a breve termine con GC-1 su ratti in cui si erano sviluppati noduli preneoplastici ha indotto una rapida scomparsa della maggior parte di queste lesioni (5), e, ii) trattamento con KAT-68, un altro tiromimetico epatico selettivo con proprietà ipocolesterolemiche, hanno mostrato effetti inibitori nelle fasi precoci e tardive dell'epatocarcinogenesi. *Nostri esperimenti suggeriscono che anche il KB2115 sia in grado di ridurre il numero di lesioni preneoplastiche. Questi risultati, sebbene preliminari, sono in linea con quelli ottenuti con T3 e GC-1 e suggeriscono che l'effetto anti-tumorigenico di KB2115 sia probabilmente indotto mediante l'attivazione di un programma di differenziazione degli epatociti preneoplastici verso un fenotipo normale (Fig. 2).*

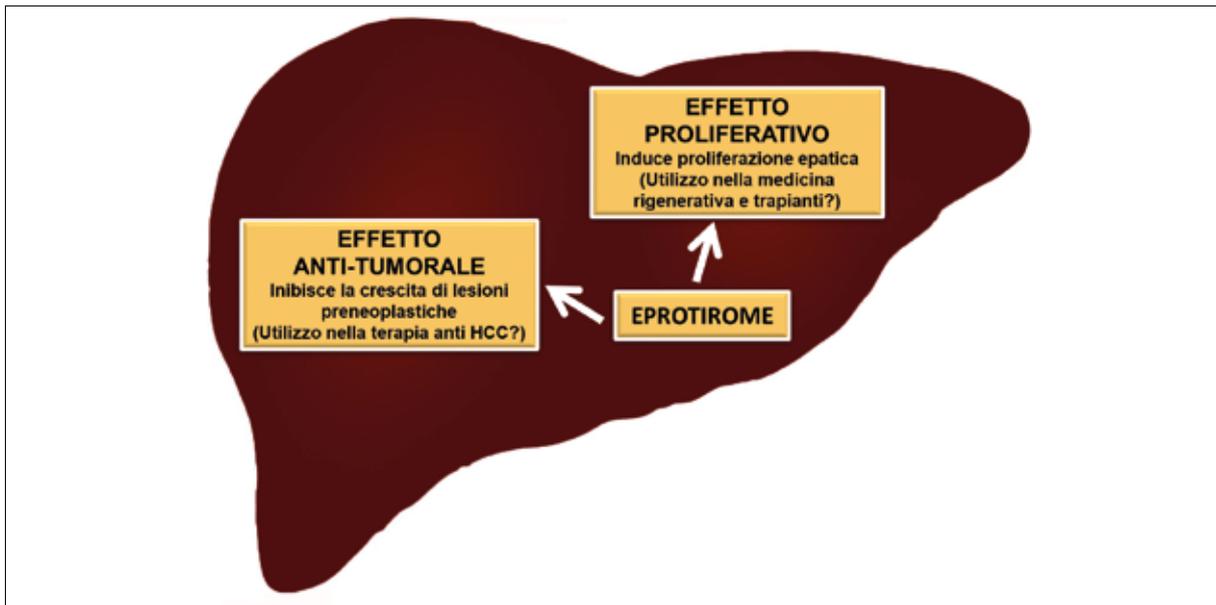


Fig. 2. Rappresentazione schematica del duplice effetto dell'Eprotirome. Da un lato, un effetto mitogenico sugli epatociti normali (possibile impiego nel campo della medicina rigenerativa), dall'altro, un effetto pro-differenziativo ed antitumorigenico nei confronti di epatociti preneoplastici (impiego nella terapia anti-tumorale).

Possibili ricadute

Nel complesso, questi dati, sebbene preliminari, sono di grande interesse in quanto:

1) i risultati finora ottenuti dimostrano che l'Eprotirome (KB2115), agonista del TR β , induce proliferazione cellulare nel fegato di ratto, in assenza di epatotossicità e dei noti effetti collaterali associati al T3.

2) la dimostrazione che l'Eprotirome sia in grado di stimolare la proliferazione degli epatociti normali suggerisce un suo possibile impiego nelle terapie rigenerative, nel trapianto di fegato o in altri contesti chirurgici, nei quali si renda necessario ottenere un pronto ripristino della massa epatica.

3) L'effetto inibitorio esercitato dall'Eprotirome nei confronti della crescita di lesioni preneoplastiche epatiche suggerisce un suo possibile effetto anti-tumorale.

In conclusione, sebbene sia necessario valutare adeguatamente l'uso di questi analoghi per scopi terapeutici, soprattutto per l'eventuale comparsa di effetti collaterali non ancora noti, è da tenere in considerazione il loro possibile utilizzo non solo nell'ambito della medicina rigenerativa, ma anche in quello neoplastico, in particolare nel carcinoma epatocellulare, una malattia che attualmente non offre alcuna alternativa soddisfacente.

Bibliografia

1. Bray F, Ferlay J, Soerjomataram I, et al. Global cancer statistics 2018: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries. *CA Cancer J Clin*, 2018; 68: 394-424.
2. Hassan MM, Kaseb A, Li D, et al. Association between hypothyroidism and hepatocellular carcinoma: a case-control study in the United States. *Hepatology*, 2009; 49: 1563-1570.
3. Berkenstam A, Kristensen J, Mellstrom K, et al. The thyroid hormone mimetic compound KB2115 lowers plasma LDL cholesterol and stimulates bile acid synthesis without cardiac effects in hu-

- mans. Proceeding of the National Academy of Sciences of the USA 2008; 105: 663-667.
4. Ledda-Columbano GM, Perra A, Loi R, et al. Cell proliferation induced by triiodothyronine in rat liver is associated with nodule regression and reduction of hepatocellular carcinomas. *Cancer Res*, 2000; 60: 603-609.
 5. Perra A, Kowalik MA, Pibiri M, et al. Thyroid hormone receptor ligands induce regression of rat preneoplastic liver lesions causing their reversion to a differentiated phenotype. *Hepatology*, 2009; 49: 1287-1296.
 6. Szydłowska M, Pibiri M, Perra A et al. The Thyromimetic KB2115 (Eprotirome) Induces Rat Hepatocyte Proliferation. *Gene Expr*, 2017; 17: 207-218.
 7. Columbano A, Simbula M, Pibiri M, et al. Triiodothyronine stimulates hepatocyte proliferation in two models of impaired liver regeneration. *Cell Prolif*, 2008; 41: 521-531.

Amedeo Columbano dal 1990 è Professore ordinario di Patologia Generale presso il Dipartimento di Scienze Biomediche (Università degli Studi di Cagliari). Dopo la laurea conseguita a Cagliari, è stato borsista presso il Dept. of Pathology, Università di Toronto, Canada, negli anni 1978-81. Successivamente ha vinto il concorso di Ricercatore Universitario (Istituto di Farm. e Patologia Biochim. Università di Cagliari). Negli anni 1983-1986-1988 è stato Visiting Assistant Professor presso il Dept. of Pathology di Toronto, Canada; Visiting Professor presso il Dept. Oncological Pathology, Medical School, Nara, Giappone nel 1992; e Visiting Professor presso

il Dept. of Pathology, School of Medicine, Pittsburgh (USA) nel 1995. È stato Direttore del Dipartimento di Tossicologia e Membro del Senato Accademico dell'Università di Cagliari.

Altre Attività: membro del CTS dell'Associazione Italiana Ricerca sul Cancro, Revisore di progetti per il MIUR, National Cancer Institute Francese, INSERM (Francia), Unione Internazionale Contro il Cancro (Svizzera), Wellcome Trust (UK), Health and Medical Research (Hong Kong, Cina).

È autore di oltre 130 pubblicazioni internazionali e responsabile di numerosi progetti nazionali ed internazionali.

Analisi integrativa dell'impatto dei fattori pre-, peri- e post-natali sul microbiota intestinale e sul metaboloma del neonato

Responsabile scientifico: **Vassilios Fanos**

Gruppo di ricerca: Pierpaolo Coni, Angelica Dessì, Gavino Faa, Flaminia Cesare Marincola, Marcella Peri, Giuseppina Pichiri, Maria Barbara Pisano

Il microbiota è l'insieme di tutte le specie batteriche che abitano il nostro intestino. Da studi pubblicati negli ultimi anni questo insieme di batteri è stato correlato in maniera sempre più significativa allo stato di salute di un individuo. Ciò significa che a seconda delle specie batteriche presenti, un individuo può essere più o meno pronò a sviluppare una determinata patologia o che la patologia può avere esiti più o meno letali. Nel caso questa composizione di specie venga alterata si parla di disbiosi ed esempi di malattie associate possono essere l'asma, ma anche l'autismo, oppure la sepsi. La colonizzazione da parte di specie batteriche del nostro organismo inizia nella vita intrauterina ed esistono diversi fattori pre- peri- e post-natali che possono influenzarne la composizione in senso positivo o negativo. Ad esempio si è visto come la dieta materna possa influenzare direttamente la composizione del microbiota intestinale del feto durante la gravidanza. Oppure il fumo, oppure la presenza di patologie in età pre-natale quale la pre-eclampsia o il diabete gestazionale o l'uso di antibiotici da parte della madre. Anche il tipo di parto può influenzare in maniera profonda il microbiota del bambino. I neonati nati da taglio cesareo (in particolare quelli nati da cesareo iterativo e/o non urgente) hanno un microbiota diverso da quello dei nati da parto spontaneo (che riflette il passaggio nel ca-

nale del parto). Mentre invece uno dei fattori post-natali predominanti che influenzano la composizione del microbiota intestinale è il tipo di nutrizione ricevuta. L'allattamento al seno, tra i tanti benefici sulla salute del bambino, gli trasmette anche batteri che aiuteranno una corretta colonizzazione da parte del microbiota dell'intestino del neonato. Assieme ai batteri veri e propri, nel latte materno si trovano delle particolari molecole, indigeribili da parte del neonato, chiamati oligosaccaridi del latte materno, che stimolano la crescita di batteri "buoni" a discapito di quelli patogeni, proteggendo il bambino dalle infezioni e stimolandone il sistema immunitario. Infatti, una determinata composizione del microbiota stimola anche la maturazione del sistema immunitario, rendendo il bambino più resistente e meno pronò a sviluppare allergie.

Oggi il microbiota può essere studiato mediante diverse tecniche. Nel progetto finanziato dalla Fondazione del Banco di Sardegna il nostro gruppo di ricerca userà tecniche di microbiologia, accoppiate alla metabolomica. Sono coinvolti ricercatori esperti di pediatria, chimica, metabolomica, microbiologia, immunoistochimica e cellule staminali.

La metabolomica è lo studio del metaboloma, ovvero dei metaboliti presenti in un determinato stato di salute o di malattia dell'individuo. Per farlo ci si avvale del pre-

lievo di tessuti o fluidi corporei quali la saliva, il sangue, le feci o il latte materno. Nel nostro caso saranno raccolte le feci e le urine di mamme e dei loro neonati in tempi diversi dopo la nascita, insieme al loro latte materno. In particolare, i campioni di feci e urine materne saranno raccolti prima del parto, mentre le urine e le feci dei neonati saranno raccolte alla nascita, a 3 giorni e a 10 giorni dopo la nascita. Questi fluidi verranno poi analizzati mediante tecniche di metabolomica che possono essere la risonanza magnetica, la gas cromatografia o la cromatografia liquida accoppiata alla gas massa. In questo progetto verrà usata la risonanza magnetica come tecnica di analisi delle urine e delle feci. Inoltre verranno analizzate anche le cellule staminali presenti nel latte materno e il loro eventuale effetto sul microbiota mediante tecniche di immunoistochimica, metodi ultrastrutturali e di citometria a flusso.

Gli obiettivi di questo progetto sono quelli di caratterizzare il microbiota intestinale del neonato durante le prime due settimane di vita e le relative variazioni insieme al metaboloma del neonato stesso. In particolare saranno studiati bambini di età gestazionale diversa a partire dalle 34 settimane e con un

diverso peso alla nascita e ritardo di crescita intrauterino. Saranno arruolate 30 donne partorienti e rispettivi neonati: 10 di peso adeguato per l'età gestazionale, 10 con ritardo di crescita intrauterino e 10 grandi per l'età gestazionale. In questo modo avremo ulteriori informazioni su quanto questo fattore influenzi il metabolismo del neonato ed eventualmente in futuro studiare metodologie di intervento per capire come poterlo modificare in caso di disbiosi e migliorare la qualità della vita dei piccoli e renderli più resistenti alle malattie.

Infatti, in letteratura sono presenti studi che analizzano singolarmente ogni fattore che può modificare il microbiota. Esistono, ad esempio, lavori che analizzano come bambini alimentati esclusivamente con il latte materno abbiano un microbiota diverso da quelli alimentati con latte in formula o con alimentazione mista. Oppure altri contributi su come il regime alimentare tenuto dalla mamma in gravidanza, in particolare la dieta mediterranea, possa avere effetti sul microbiota del neonato.

Questo studio, grazie al finanziamento della Fondazione del Banco di Sardegna, sarebbe tra i primi ad analizzare contempo-

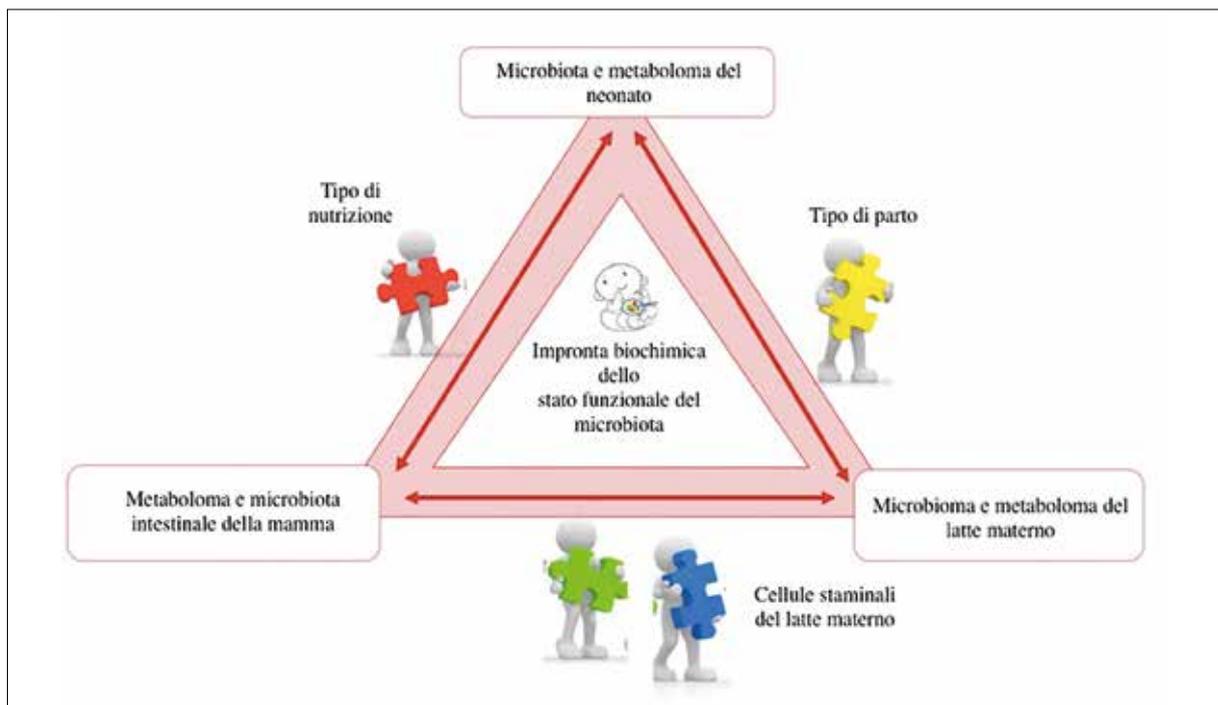


Fig. 1. Fattori che influenzano lo stato funzionale del microbiota.

raneamente diversi fattori che possono modificare il microbiota e il metaboloma del neonato. In questo modo si potrà ottenere un'impronta biochimica dello stato funzionale del microbiota, capire effettivamente il peso di ogni singolo fattore e intervenire concretamente per modificarlo. Ovverosia, in caso di fattore pre-natale quale la dieta materna, modificarla per favorire la crescita di specie batteriche che abbiano effetti positivi sul metabolismo e sullo stato di salute del neonato. Oppure analizzando concreta-

mente il latte materno, capire in che misura quest'ultimo favorisca lo sviluppo del microbiota e la sua colonizzazione dell'intestino neonatale. Inoltre, si potrebbe anche favorire il corretto sviluppo delle specie batteriche mediante somministrazione di prebiotici, probiotici, simbiotici e postbiotici con il fine ultimo di avviare un *programming* dello stato di salute e di stimolazione del sistema immunitario del neonato in modo che questi effetti positivi permangano fino all'età adulta e per tutta la vita.

Bibliografia

1. Dessì A, Briana D, Corbu S, Gavrili S, et al. Metabolomics of Breast Milk: The Importance of Phenotypes. *Metabolites*, 2018; 8 (4): pii: E79.
2. Bardanzellu F, Fanos V, Strigini FAL, et al. Human Breast Milk: Exploring the Linking Ring Among Emerging Components. *Front Pediatr*, 2018; 6: 215.
3. Bardanzellu F, Fanos V, Reali A. "Omics" in Human Colostrum and Mature Milk: Looking to Old Data with New Eyes. *Nutrients*, 2017; 9 (8): pii: E843.
4. Cesare Marincola F, Corbu S, Lussu M, et al. Impact of Early Postnatal Nutrition on the NMR Urinary Metabolic Profile of Infant. *J Proteome Res*, 2016; 15(10): 3712-3723.
5. Dessì A, Murgia A, Agostino R, et al. Exploring the Role of Different Neonatal Nutrition Regimens during the First Week of Life by Urinary GC-MS. *Metabolomics, Int J Mol Sci*, 2017; 17(2): 265.
6. Cesare Marincola F, Dessì A, Corbu S et al. Clinical impact of human breast milk metabolomics. *Clin Chim Acta*, 2015; 451(Pt A): 103-106.
7. Marincola FC, Noto A, Caboni P, et al. A metabolomic study of preterm human and formula milk by high resolution NMR and GC/MS analysis: preliminary results. *J Matern Fetal Neonatal Med*, 2012; 25(Suppl 5): 62-67.

Vassilios Fanos è Professore ordinario di Pediatria dell'Università degli Studi di Cagliari, Direttore della Scuola di Specializzazione in Pediatria e della S.C. di Terapia Intensiva Neonatale dell'AOU di Cagliari.

Immediato Past-Presidente dell'Union Middle-Eastern Countries and Mediterranean Pediatric Societies (UMEMPS) e dell'Italian Society DOHaD (Developmental Origins of Health and Disease), è inoltre Tesoriere della European Association Perinatal Medicine (EAPM) e Consigliere dell'Union European Neonatal Perinatal Societies (UENPS). Editor-in-Chief del "Journal of Pediatric and

Neonatal Individualized Medicine" (*Scopus e WoS*) è revisore di oltre 60 riviste internazionali e di Agenzie di Finanziamento Internazionali, responsabile scientifico di 3 progetti Europei e 2 Italiani CCM e autore di più di 600 articoli originali: 386 su *PubMed*, 438 su *Scopus* (8688 citazioni su *Google Scholar*).

Autore di 27 libri e di 70 capitoli di libri (di cui 30 internazionali), speaker in 150 Congressi Internazionali (in oltre 40 nazioni) e in centinaia di Congressi Nazionali, è stato organizzatore di 70 Convegni (30 Internazionali).

IF: > 900. *H-Index*: 49 (*Google Scholar*), 38 (*Scopus*).

Le masse annessiali indeterminate alla valutazione ecografica con l'utilizzo delle IOTA simple rules

Responsabile scientifico: **Stefano Guerriero**

Gruppo di ricerca: Gian Benedetto Melis, Anna Maria Paoletti, Valerio Mais, Marco Angiolucci, Carola Politi, Luigi Zorcolo, Adolfo Pisanu, Giuseppe Pisano, Pietro Giorgio Calò, Luigi Marongiu, Francesco Scintu, Alba Piras

Il principale interesse clinico e di produzione scientifica del Professor Stefano Guerriero si è focalizzato sulla diagnostica ecografica in ginecologia, con particolare riguardo alla patologia endometriosa, alla patologia endometriale ed uterina, alle masse annessiali e alla patologia malformativa uterina, sull'ecografia nella diagnosi prenatale, sulla ginecologia endocrinologica, sulla riproduzione medicalmente assistita, sulla gravidanza iniziale, sulla menopausa e sulla laparoscopia. In particolare, ha attivamente partecipato a studi multicentrici internazionali di gruppi di ricerca volti a standardizzare la terminologia utilizzata nella definizione delle lesioni ginecologiche visualizzate mediante l'esame ecografico e a migliorare l'accuratezza diagnostica dell'esame stesso.

Per quanto riguarda lo studio della patologia endometriosa, nel 2016 ha costituito il gruppo internazionale IDEA (International Deep Endometriosis Analysis) e pubblicato il consensus IDEA, sulla base di un importante studio multicentrico, quale approccio sistematico di studio mediante ultrasuoni della pelvi nelle donne con sospetta endometriosi, con l'obiettivo principale di standardizzare l'approccio di valutazione ecografica di queste pazienti, la terminologia utilizzata per descrivere la sede delle lesioni e la modalità di misurazione delle stesse.

Svolge attivamente ricerca nel campo della diagnostica ecografica delle patologie annessiali e fa parte dal 2005 del gruppo internazionale IOTA (International Ovarian Tumor Analysis), un gruppo internazionale di studiosi, che raccoglie le eccellenze in questo campo, interessati ad indagare le possibilità diagnostiche dell'ecografia utilizzando modelli dedicati, con l'obiettivo di formulare e standardizzare le terminologie e le procedure da usare nello studio delle masse annessiali mediante l'esame ecografico. Partecipa pertanto a numerosi studi multicentrici del medesimo gruppo e ha contribuito alla formulazione del modello ADNEX, utilizzato come strumento per discriminare con accuratezza tra tumori benigni e maligni, con l'obiettivo di migliorare il triage e la gestione clinica delle pazienti con massa annessiale, riducendo la mortalità e morbilità associate a tale patologia.

Ha partecipato a diversi studi multicentrici del gruppo IETA (International Endometrial Tumor Analysis), volto a definire, misurare e caratterizzare in modo standardizzato le lesioni endometriali mediante l'utilizzo dell'esame ecografico, col fine di migliorare l'accuratezza diagnostica dell'ecografia e la gestione delle pazienti con sospetta patologia endometriale.

Come membro del gruppo internazionale MUSA (Morphological Uterus Sonographic Assessment), nel 2015 ha contribu-



Fig. 1. Nodulo "Diabolo like" di endometriosi profonda infiltrante.

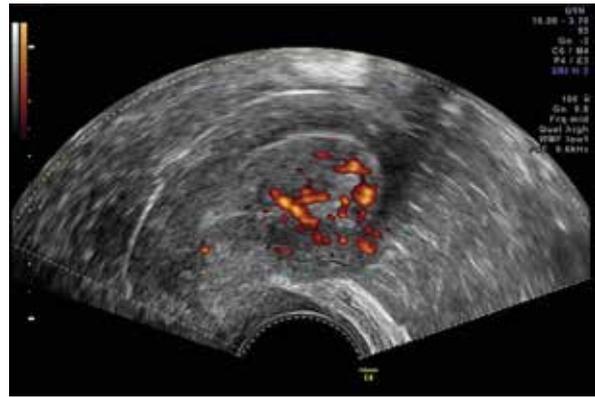


Fig. 2. Adenocarcinoma endometrioid dell'endometrio (pT1a G2 N0) con invasione miometriale < 50%.

ito attivamente alla stesura del consensus MUSA, volto a standardizzare la terminologia e le modalità di misurazione del miometrio e delle masse uterine.

Nelle collaborazioni con i vari gruppi internazionali di ricerca citati ha, inoltre, valutato la riproducibilità intra- ed inter-operatore delle differenti metodiche proposte, con successiva pubblicazione dei risultati in riviste scientifiche internazionali.

Recentemente ha partecipato attivamente alla definizione del consensus internazionale CUME (Congenital Uterine Malformation by Experts), focalizzato sulla classificazione delle malformazioni uterine mediante l'utilizzo di criteri di misurazione ed interpretazione altamente riproducibili.

Il Prof. Stefano Guerriero ha stabilito una intensa attività di collaborazione con la Clinica Ostetrica e Ginecologica dell'Università di Navarra in Spagna nella persona del Professor Juan Luis Alcazar. Tale collaborazione ha portato all'esecuzione di protocolli comuni riguardanti la diagnosi di carcinoma ovarico, con successiva pubblicazione dei risultati su riviste internazionali come Gynecologic Oncology e Journal Ultrasound in Medicine. Ha inoltre stabilito un'attività di collaborazione con la Clinica Ostetrica e Ginecologica della Università di Firenze nella persona del Prof.ssa Maria Elisabetta Coccia. Tale collaborazione, coordinata dal Professor Guerriero, ha portato all'esecuzione di uno studio multicentrico con successiva pubblicazione dei risultati sul Journal Ultrasound in Medicine.

Nell'anno 2003 ha attivato un programma di collaborazione con l'Università di Rotterdam in Olanda nella persona del Professor Wladimiroff su progetti di ricerca inerenti la flussimetria Doppler in Ostetricia. Tale collaborazione ha portato all'invio presso il Dipartimento di Ginecologia e Ostetricia dell'Università di Rotterdam di uno specializzando della Scuola di Specializzazione in Ginecologia e Ostetricia dell'Università degli Studi di Cagliari per un periodo di un anno per la stesura ed esecuzione di un programma di ricerca sul dotto venoso e sul flusso della vena ombelicale. Nell'anno 2003 ha attivato un programma di collaborazione con l'Università Cattolica di Roma nella persona della Dr.ssa MA Testa su progetti di ricerca inerenti l'ecografia tridimensionale ed in particolare l'utilizzo di particolari indici flussimetrici tridimensionali nella diagnosi di carcinoma ovarico, che hanno portato alla pubblicazione su Ultrasound in Obstetrics and Gynecology di uno studio prospettico su tali argomenti.

Fin dall'inizio della sua attività di ricerca si è dedicato allo studio mediante imaging delle pazienti inserite in protocolli di stimolazione ormonale per tecniche di procreazione medicalmente assistita (PMA), approfondendo, ad esempio, gli effetti dello sviluppo follicolare multiplo nella perfusione uterina nei cicli spontanei successivi alle stimolazioni ovariche, confrontando gli outcome delle diverse tecniche di PMA anche in relazione alle differenti cause di sterilità, collaborando a livello internazionale

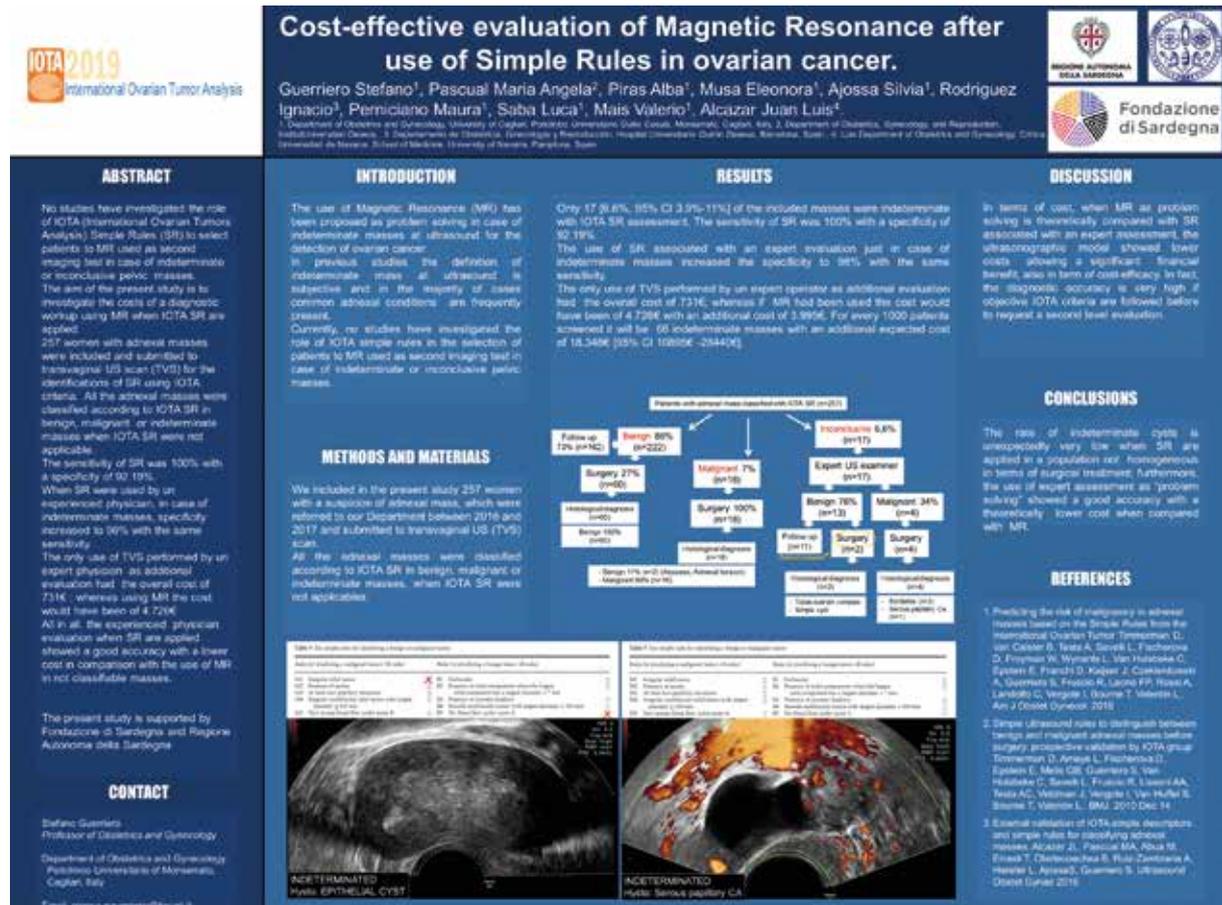


Fig. 3. Poster presentato al Fourth International IOTA Congress a Leuven, Belgio – 18-19 Aprile 2019, che riporta i risultati preliminari del Progetto di Ricerca finanziato dalla Fondazione di Sardegna e Regione Autonoma della Sardegna.

alla creazione di una guida pratica (2018) per la determinazione accurata della conta dei follicoli antrali (AFC), parametro ecografico importante nella valutazione della riserva ovarica della donna.

Ha inoltre condotto diversi studi sulle pazienti con sindrome dell'ovaio policistico (PCOS), nella valutazione dei diversi pattern ecografici ovarici e di perfusione uterina, che si possono associare a questa patologia, e delle modifiche conseguenti alle terapie somministrate.

Nel 2009 è stato responsabile scientifico del progetto di ricerca "Diagnosi di endometriosi profonda" finanziato dalla Regione Autonoma della Sardegna in base alla legge regionale n. 7/2007 Promozione della ricerca scientifica e dell'innovazione tecnologica in Sardegna.

È attualmente responsabile scientifico di un Progetto di ricerca tutt'ora in corso

dal titolo "Le masse annessiali indeterminate alla valutazione ecografica con l'utilizzo delle IOTA simple rules" finanziato dalla Fondazione di Sardegna e dalla Regione Autonoma della Sardegna, che ha lo scopo di validare un algoritmo diagnostico per selezionare correttamente le pazienti con massa annessiale, rilevata in corso di esame ecografico e classificata sulla base dei modelli ecografici forniti dal gruppo IOTA (*Simple Rules, easy descriptor, Adnex model*), da sottoporre a risonanza magnetica, quale indagine diagnostica supplementare. Viene inoltre valutato nel medesimo studio l'impatto della risonanza magnetica sulla pianificazione terapeutica di queste pazienti in termini di costi per il Sistema Sanitario Nazionale. I risultati preliminari del suddetto studio mostrano che, in termini di rapporto costi-benefici, il ricorso alla risonanza magnetica come *problem*

solving è teoricamente paragonabile all'utilizzo delle IOTA *Simple Rules* associate alla valutazione dell'operatore esperto, in quanto il ricorso a tali criteri ecografici oggettivi comporta costi significativamente inferiori rispetto alla risonanza, e offre

un'accuratezza diagnostica molto alta se accompagnati alla valutazione di secondo livello, ove necessaria.

Ha curato l'edizione di tre libri per Springer, che includono il testo "How to Perform Ultrasonography in Endometriosis".

Bibliografia

1. Timmerman D, Van Calster B, Testa A, et al. Predicting the risk of malignancy in adnexal masses based on the Simple Rules from the International Ovarian Tumor Analysis group. *Am J Obstet Gynecol*, 2016; 214(4): 424-437.
2. Timmerman D, Ameye L, Fischerova D, et al. Simple ultrasound rules to distinguish between benign and malignant adnexal masses before surgery: prospective validation by IOTA group. *BMJ*, 2010; 341: c6839.
3. Alcazar JL, Pascual MA, Abua M, et al. External validation of IOTA simple descriptors and simple rules for classifying adnexal masses. *Ultrasound Obstet Gynecol*, 2016; 48(3): 397-402.

Stefano Guerriero (Siracusa, 1961), è Professore ordinario di Ginecologia ed Ostetricia presso l'Università degli Studi di Cagliari, dal 2016 ad oggi. Si è laureato in Medicina e Chirurgia presso l'Università degli Studi di Pisa, nel 1988, ed ha completato la sua formazione specializzandosi in Ostetricia e Ginecologia nel 1992 nella stessa Università. Ha iniziato a lavorare presso il Dipartimento di Ostetricia e Ginecologia dell'Università di Cagliari dal 1990 come consulente. È stato Professore associato di Ginecologia ed Ostetricia all'Università di Cagliari dal 2006 al 2016 e Ricercatore dal 1999 al 2006.

È autore di oltre 360 pubblicazioni scientifiche (delle quali oltre 150 pubblicate in riviste con revisore elencate su MEDLINE), ed il suo H-Index aggiornato a dicembre 2018 è 37 (da *Scopus*).

Il suo principale interesse clinico e di produzione scientifica si è focalizzato sulla diagnostica ecografica in ginecologia, sull'ecografia nella

diagnosi prenatale, sulla ginecologia endocrinologica, sulla riproduzione medicalmente assistita, sull'endometriosi, sul cancro ovarico, sulla gravidanza iniziale, sulla menopausa e sulla laparoscopia (vedi <http://orcid.org/0000-0002-1359-7155>). È membro fondatore dell'International Society of Ultrasound in Obstetrics and Gynecology (ISUOG) ed è stato coinvolto in numerosi congressi di questa società. È stato, inoltre, coinvolto in numerose attività dell'ISUOG anche all'interno del suo Advisory Membership Group e del suo International Speaker Group. È editore dell'*Ultrasound in Obstetrics and Gynecology* dal 2011. È membro del collegio editoriale dell'*Ultrasound in Obstetrics and Gynecology*. Ha curato l'edizione di tre libri per l'editore Springer, tra i quali "How to Perform Ultrasonography in Endometriosis". È invitato come relatore in numerosi congressi internazionali in tutto il mondo. Parla inglese, spagnolo e francese.

Approccio integrato con tecniche di imaging e biologiche per la diagnosi precoce del danno cardiovascolare nelle malattie acute e croniche

Responsabile scientifico: **Luca Saba**

Gruppo di ricerca: Carlo Carcassi, Sandro Orrù, Francesco Marongiu; Giuseppe Mercurio, Martino Deidda, Alessandro Mathieu, Antonella Mandas, Ettore Manconi, Matteo Piga, Giovanni Caocci

Le malattie cardiovascolari (MCV) rappresentano attualmente la prima causa di morte nei paesi occidentali seguite dalle neoplasie (1). Si ipotizza che nel 2020 nell'Europa ci saranno oltre 2 milioni di decessi a causa di questa condizione, rappresentanti il 36.7% del totale. È importante ricordare, inoltre, come tali condizioni patologiche seppure non sempre esitanti nell'exitus dei pazienti, possano determinare una morbilità significativa in termini di reliquati secondari. Per tale ragione, i pazienti affetti o che sono ad alto rischio cardiovascolare (CV) hanno bisogno di diagnosi sempre più precoci (2) al fine di evitare l'evento stesso con modalità sempre più raffinate da un punto di vista procedurale e metodologico. Il piano d'azione OMS per la prevenzione e il controllo delle malattie croniche 2013-2020 mira a ridurre le morti premature dovute a MCV del 25% entro il 2025 attraverso la prevenzione e il controllo CV (3).

Al di là dei fattori di rischio CV noti (ipertensione, inattività, sovrappeso / obesità, disturbi metabolici), diverse malattie possono accelerare lo sviluppo di aterosclerosi o produrre lesioni CV specifiche. In particolare, negli anni passati si è riconosciuto nell'ipertensione un parametro di particolare importanza e molteplici terapie sono state adottate al fine di un contenimento di questo parametro; nonostante ciò i benefici sono stati inferiori alle attese dimostrando

come tali condizioni siano poli-fattoriali e non riconducibili semplicemente al controllo di un singolo parametro (Fig. 1).

Un marker precoce di malattia cardiovascolare è la progressione dello spessore medio-intimale, noto anche come Intima-Media-Thickness (IMT) (4).

Nell'ambito dello studio delle alterazioni morfologiche della parete è probabile che, oltre all'IMT carotideo, altri parametri, come la variazione spaziale dell'IMT (Fig. 2), possano svolgere un ruolo come marker precoce di aterosclerosi (6). Negli ultimi anni, un'ulteriore disciplina, la metabolomica, caratterizzata dallo studio del profilo metabolico delle molecole a basso peso molecolare, come determinate dalla somma di geni, RNA, proteine e fattori ambientali, è stata applicata con crescente enfasi e successo alla ricerca CV (9, 10, 11, 12).

La ricerca che noi stiamo conducendo mira a verificare se l'IMT e l'analisi metabolomica possano identificare il processo aterosclerotico iniziale in varie malattie CV acute e croniche e determinare un modello di rischio. Essendo uno studio approvato dal comitato etico PG 2018/8793 e adottato dall'Azienda Ospedaliero Universitaria di Cagliari con deliberazione 1032/2018, questo studio ha avuto un'estensione in ragione della necessità di dover recuperare il tempo necessario per l'approvazione del Comitato Etico e l'adozione dello stesso da

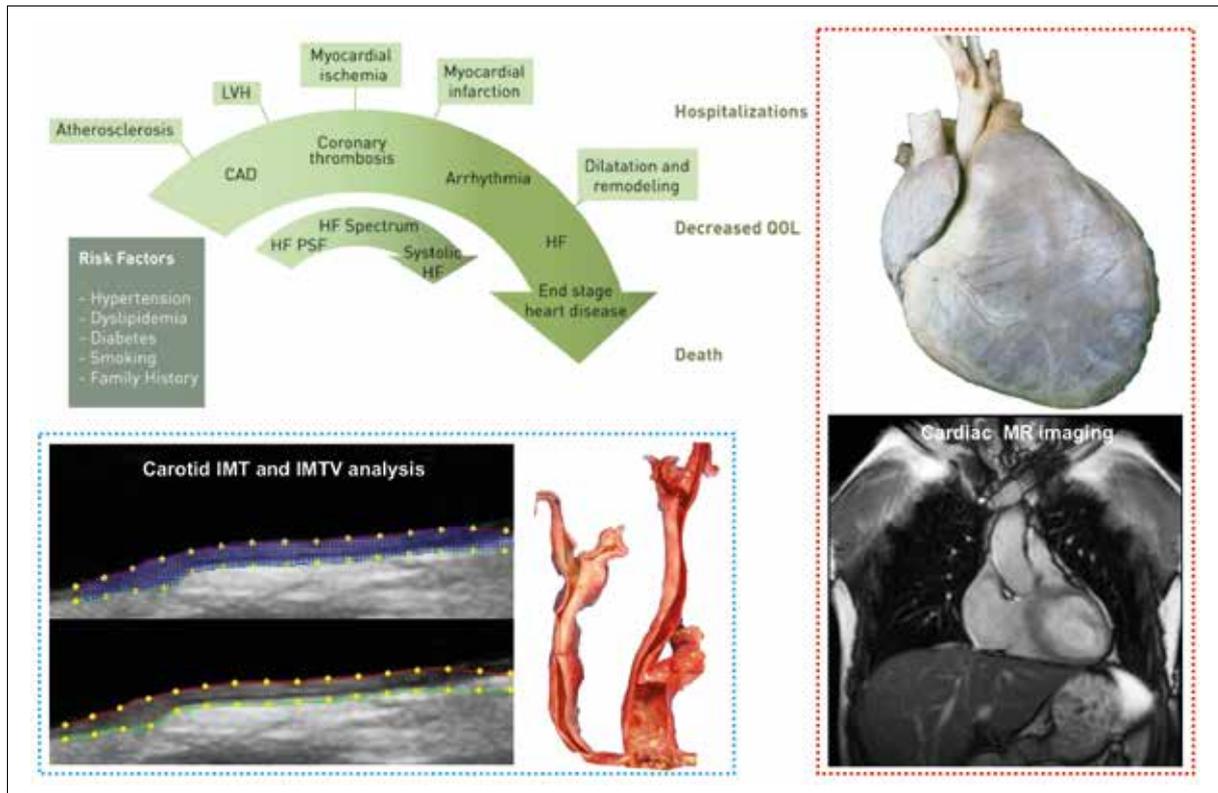


Fig. 1. Figura rappresentativa dello spettro di patologia cardiovascolare con rappresentazione di fenomeni patologici a livello carotideo e cardiaco.

parte dell’Azienda Ospedaliero Universitaria. Per tale motivo i dati non sono ancora stati elaborati in quanto non completi poiché l’inclusione dei pazienti si completerà alla fine del 2019. Per tale motivo si inseriranno in questo report alcuni dati preliminari ed approfondimenti specifici legati alla ricerca stessa.

Gli End-point primari di questo lavoro sono stati:

- Verificare se IMT consenta di derivare informazioni relative alle categorie di pazienti studiati identificando potenziali associazioni.
- Determinare un modello di rischio.

Avanzamenti nella conoscenza potenziali derivanti da questa ricerca:

Nonostante gli sforzi per affrontare le MCV, la loro prevalenza continua a crescere in tutto il mondo. Il problema richiede nuove soluzioni per prevenire o anticipare lo sviluppo di alterazioni patologiche a carico dell’apparato CV. Le innovazioni sanitarie

che abbracciano nuove tecnologie possiedono il potenziale di rivoluzionare la gestione delle MCV. Riteniamo che i risultati attesi del nostro studio, utilizzando contemporaneamente tecniche innovative di imaging e le scienze omiche, possano generare elementi di innovazione nella valutazione precoce del rischio CV.

Al fine di garantire un’ottimale analisi dei parametri da analizzare sono stati selezionati 4 gruppi di pazienti per identificare un approccio integrato (tecniche di imaging/biologiche) per la diagnosi precoce del danno CV in malattie acute e croniche. Come criteri di inclusione sono stati considerati pazienti di età >18 anni affetti da 3 patologie principali che rappresentano modelli di MCV acuti (soggetti onco-ematologici) e cronici (Artrite reumatoide e soggetti HIV). I criteri di esclusione considerati sono invece stati: pregressi eventi coronarici di qualunque tipo, valvulopatia significativa (più che moderata), diagnosi di cardiomiopatia, eventi trombo-embolici nei 6 mesi precedenti. Un quarto gruppo di soggetti in assenza di pa-

tologie, comparabili per età e sesso, ha rappresentato il gruppo di controllo.

• **Tecnica di US-IMT**

L'IMT viene usata per rilevare la presenza di malattia aterosclerotica e per monitorarne la regressione, l'arresto o la progressione (13, 14). L'IMT è stato valutato nelle arterie carotidi comuni (CCA) e gli esami ultrasonografici sono stati eseguiti da un ecografista esperto con scanner dedicato equipaggiato con un trasduttore lineare a 10 MHz. I soggetti sono stati esaminati in posizione supina con la testa reclinata all'indietro. Dopo che le arterie carotidi sono state visualizzate, la sonda è stata ruotata di 90° per acquisire un'immagine longitudinale delle pareti anteriori e posteriori. Le immagini ad alta risoluzione della parete lontana sono state acquisite secondo le raccomandazioni della Task Force della American Society of Echocardiography. Le arterie carotidi di ambo i lati sono state scansionate e le immagini registrate digitalmente. La biforcazione non è stata inclusa nell'analisi ed è stato considerato il punto di partenza a 3 cm sotto la biforcazione dell'arteria carotidea. IMT e IMTV sono stati calcolati automaticamente mediante un sistema con invio data-set dedicato.

• **Laboratorio: Metabolomica**

Gli spettri ¹H-NMR sono stati acquisiti mediante uno spettrometro dedicato operante a 500 MHz di frequenza. Gli spettri ottenuti sono stati importati e pre-elaborati. I dati sono stati analizzati usando: Principal

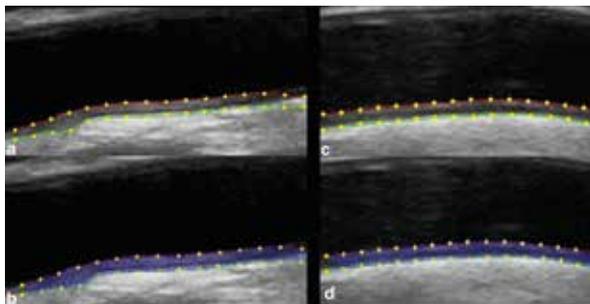


Fig. 2. Ultrasonografia che dimostra la misurazione automatizzata dell' Intima Media Thickness in soggetti con differente grado di aterosclerosi.

Component Analysis, Partial Least Squares, e PLS-Discriminant Analysis all'interno del pacchetto SIMCA (SIMCA-P + 13, Umetrics Academy) (18, 19).

• **Analisi statistica**

La normalità delle variabili continue di ogni gruppo sarà testata utilizzando il test Z di Kolmogorov-Smirnov. Sarà eseguita un'analisi di correlazione [il test verrà selezionato in base alla distribuzione Gaussiana o non Gaussiana] e verrà eseguita l'analisi delle curve ROC. Saranno anche calcolate la sensibilità, la specificità, il PPV, il NPV, l'accuratezza, LR + e LR-. Verrà infine effettuata un'analisi di regressione logistica. Un valore di p a 2 code <0,05 sarà considerato statisticamente significativo.

Nelle more del completamento del progetto, si sono iniziati a portare avanti dei lavori preparatori, già pubblicati nel corso del 2019 (su Med Biol Eng Comput e Curr Atheroscler Rep) prevalentemente dedicati alla creazione di modelli dedicati tramite metodologie e sistemi di intelligenza artificiale (20, 21):

- Khanna NN, Jamthikar AD, Gupta D, Araki T, Piga M, Saba L, Carcassi C, Nicolaides A, Laird JR, Suri HS, Gupta A, Mavrogeni S, Protogerou A, Sfikakis P, Kitas GD, Suri JS. Effect of carotid image-based phenotypes on cardiovascular risk calculator: AECRS1.0. Med Biol Eng Comput, 2019; 57(7): 1553-1566.
- Khanna NN, Jamthikar AD, Gupta D, Piga M, Saba L, Carcassi C, Giannopoulos AA, Nicolaides A, Laird JR, Suri HS, Mavrogeni S, Protogerou AD, Sfikakis P, Kitas GD, Suri JS. Rheumatoid Arthritis: Atherosclerosis Imaging and Cardiovascular Risk Assessment Using Machine and Deep Learning-Based Tissue Characterization. Curr Atheroscler Rep, 2019; J21(2): 7.

Tali pubblicazioni rappresentano il sostrato teorico e metodologico degli algoritmi che serviranno per creare i modelli di rischio derivanti dai parametri esplorati.

In conclusione, le patologie cardiovasco-

lari rappresentano un parametro di particolare importanza e identificare alcuni semplici parametri che possano orientare in termini preventivi il potenziale rischio di sviluppo ischemico è un elemento di grande importanza nella medicina preventiva. In questo progetto si è identificato l'IMT come parametro facilmente valutabile, essendo possibile ottenerlo con una semplice ecografia a

livello del collo. Le metodologie attualmente consentono di derivare dall'IMT numerosi parametri, che, grazie alla grande potenzialità degli algoritmi di intelligenza artificiale potranno consentire un'ottimale stratificazione del rischio, questo all'interno anche di diverse categorie di pazienti che, in ragione della stessa patologia di base, hanno dei profili di rischio differenti.

Bibliografia

1. Williamson JD, Supiano MA, Applegate WB, et al. SPRINT Research Group. Intensive vs Standard Blood Pressure Control and Cardiovascular Disease Outcomes in Adults Aged ≥ 75 Years: A Randomized Clinical Trial. *JAMA*, 2016; 28; 315(24): 2673-2682.
2. Emerging Risk Factors Collaboration, Di Angelantonio E, Kaptoge S, Wormser D, et al. Association of Cardiometabolic Multimorbidity With Mortality. *JAMA*, 2015; 7; 314(1): 52-60. Erratum in: *JAMA*, 2015; 15; 314(11): 1179. Leening, Maarten [corrected to Leening, Maarten J G].
3. http://www.who.int/nmh/events/ncd_action_plan/en/.
4. O'Leary DH, Polak JF, Kronmal RA, et al. Carotid-artery intima and media thickness as a risk factor for myocardial infarction and stroke in older adults. *Cardiovascular Health Study Collaborative Research Group. N Engl J Med*, 1999; 7; 340(1): 14-22.
5. Lorenz MW, Polak JF, Kavousi M, et al., ROG-IMT Study Group. Carotid intima-media thickness progression to predict cardiovascular events in the general population (the PROG-IMT collaborative project): a meta-analysis of individual participant data. *Lancet*, 2012; 2; 379(9831): 2053-2062.
6. Ikeda N, Araki T, Sugi K, et al. Ankle-brachial index and its link to automated carotid ultrasound measurement of intima-media thickness variability in 500 Japanese coronary artery disease patients. *Curr Atheroscler Rep*, 2014; 16(3): 393.
7. Valkonen VP, Päivä H, Salonen JT, et al. Risk of acute coronary events and serum concentration of asymmetrical dimethylarginine. *Lancet*, 2001; 358(9299): 2127-2128.
8. Chester AH, O'Neil GS, Moncada S, et al. Low basal and stimulated release of nitric oxide in atherosclerotic epicardial coronary arteries. *Lancet*, 1990; 336(8720): 897-900.
9. Raghoebar R. An 'Omics' Perspective on Cardiomyopathies and Heart Failure. *Trends Mol Med*, 2016; 22(9): 813-27.
10. Hunter WG, Kelly JP, McGarrah RW 3rd, et al. Metabolomic Profiling Identifies Novel Circulating Biomarkers of Mitochondrial Dysfunction Differentially Elevated in Heart Failure With Preserved Versus Reduced Ejection Fraction: Evidence for Shared Metabolic Impairments in Clinical Heart Failure. *J Am Heart Assoc*, 2016; 5(8): e003190.
11. Edvardsen T, Rosen BD, Pan L, Jerrosch-Herold M, et al. Regional diastolic dysfunction in individuals with left ventricular hypertrophy measured by tagged magnetic resonance imaging--the Multi-Ethnic Study of Atherosclerosis (MESA). *Am Heart J*, 2006; 151(1): 109-114.
12. Burns AT, McDonald IG, Thomas JD, et al. Doin' the twist: new tools for an old

- concept of myocardial function. *Heart*, 2008; 94(8): 978-983.
13. Helfand M, Buckley DI, Freeman M, et al. Emerging risk factors for coronary heart disease: a summary of systematic reviews conducted for the U.S. Preventive Services Task Force. *Ann Intern Med*, 2009; 151(7): 496-507.
 14. European Society of Hypertension-European Society of Cardiology Guidelines Committee. 2003 European Society of Hypertension-European Society of Cardiology guidelines for the management of arterial hypertension. *J Hypertens*, 2003; 21(6): 1011-1053.
 15. Rubinshtein R, Kuvin JT, Soffler M, et al. Assessment of endothelial function by non-invasive peripheral arterial tonometry predicts late cardiovascular adverse events. *Eur Heart J*, 2010; 31: 1142-1148.
 16. Tsikas D, Sandmann J, Saavva A, et al. Assessment of nitric oxide synthase activity in vitro and in vivo by gas chromatography-mass spectrometry. *J Chromatogr B Biomed Sci Appl*, 2000; 742: 143-53.
 17. Mercurio G, Cadeddu C, Piras A, et al. Early epirubicin-induced myocardial dysfunction revealed by serial tissue Doppler echocardiography: correlation with inflammatory and oxidative stress markers. *Oncologist*, 2007; 12(9): 1124-1133.
 18. Mercurio G, Bassareo PP, Deidda M, et al. Metabolomics: a new era in cardiology? *J Cardiovasc Med (Hagerstown)*, 2011; 12(11): 800-805.
 19. Deidda, M, Piras, C, Bassareo, PP, et al. Metabolomics, a promising approach to translational research in cardiology. *IJC Metabolic and Endocrine*, 2015; 9: 31-38.
 20. Khanna NN, Jamthikar AD, Gupta D, Araki T, Piga M, Saba L, Carcassi C, Nicolaides A, Laird JR, Suri HS, Gupta A, Mavrogeni S, Protogerou A, Sfikakis P, Kitas GD, Suri JS. Effect of carotid image-based phenotypes on cardiovascular risk calculator: AECS1.0. *Med Biol Eng Comput*, 2019; 57(7): 1553-1566.
 21. Khanna NN, Jamthikar AD, Gupta D, Piga M, Saba L, Carcassi C, Giannopoulos AA, Nicolaides A, Laird JR, Suri HS, Mavrogeni S, Protogerou AD, Sfikakis P, Kitas GD, Suri JS. Rheumatoid Arthritis: Atherosclerosis Imaging and Cardiovascular Risk Assessment Using Machine and Deep Learning-Based Tissue Characterization. *Curr Atheroscler Rep*, 2019; 21(2): 7.
 22. van Rooij E, Olson EN. Micro RNA therapeutics for cardiovascular disease: opportunities and obstacles. *Nat Rev Drug Discov*, 2012; 11: 860-872.

Luca Saba è Professore ordinario di Radiologia presso l'Università degli Studi di Cagliari, Direttore della Struttura complessa di Radiodiagnostica presso l'Azienda Ospedaliera Universitaria di Cagliari e Direttore della Scuola di Specializzazione di Radiodiagnostica.

Le sue principali aree di ricerca sono dedicate all'imaging neuro-vascolare e stroke ischemico, all'imaging ginecologico, all'oncologia e più recentemente alle applicazioni dell'intelligenza artificiale in ambito medico con particolare riferimento ai modelli di deep-learning. È stato Editor in Chief della rivista *Neurovascular Imaging*. Ad oggi è curatore di 12 testi in lingua inglese, alcuni dei quali nelle clas-

sifiche di Amazon, autore di oltre 300 articoli scientifici peer-reviewed (inclusi "Lancet Neurology", "Radiology", "American Journal of Neuroradiology") e 470 abstract e presentazioni a congressi scientifici. Finora ha vinto 9 premi internazionali per i suoi lavori e comunicazioni scientifiche. È revisore scientifico di 47 riviste scientifiche incluse "Lancet", "American Journal of Roentgenology", "Neurology" e "American Journal of Neuroradiology". È inoltre uno speaker invitato ai maggiori congressi ed eventi internazionali e ha tenuto letture su invito fra le altre sedi al Karolinska Institute di Stoccolma, a Seoul in Corea e a Chicago (USA).

Città sane e territori intelligenti: il caso della camminabilità urbana

Responsabile scientifico: **Ivan Blečić**

Gruppo di ricerca: Marco Cadinu, Michele Campagna, Antonio Cazzani, Anna Maria Colavitti, Giovanna Concu, Chiara Garau, Gianraffaele Loddo, Fausto Mistretta, Luisa Pani, Antonello Sanna, Giovanna Sanna, Cesarina Siddi, Giuseppina Vacca, Corrado Zoppi

Il progetto di ricerca intende offrire un contributo *operativo* e *strumentale* a supporto delle politiche pubbliche, dei progetti e degli interventi sull'ambiente costruito, per la promozione della qualità della vita urbana e delle "città sane".

Il perno delle ricerche condotte è la predisposizione degli ambienti urbani a supportare, accogliere, favorire e promuovere un loro uso diffuso e con abitudini di "mobilità dolce", nella consapevolezza che la qualità della vita nelle città dipende forse soprattutto dalle *capacità urbane* (*urban capabilities*) che l'ambiente costruito è in grado di offrire ai suoi abitanti e ospiti. Oltre agli effetti diretti e indiretti sulla salute fisica e psichica, si tratta di favorire l'accrescimento dell'autonomia di diverse popolazioni, e in questo senso una "città sana" programmaticamente e concretamente promuove il "diritto alla città", dalla riduzione delle diseguaglianze spaziali all'estensione delle libertà reali, soprattutto per le popolazioni "deboli".

Perseguire questi obiettivi richiede di operare su diverse scale, su diversi "oggetti", e con diversi strumenti. Per questo, le ricerche condotte propongono una "scatola degli attrezzi" che si colloca su tre livelli:

- Strumenti di pianificazione.
- Strumenti di valutazione e di supporto per la costruzione delle politiche e progetti.

- Strumenti per l'intervento sugli edifici e sull'ambiente costruito.

Strumenti di pianificazione

A livello degli strumenti di pianificazione, oltre ad una riflessione teorica generale sulla pianificazione antifragile (1), la ricerca ha esplorato il valore strategico della pianificazione dei tessuti storici, soprattutto con riferimento al problematico dualismo tra istanze conservative e visioni di riorganizzazione e riqualificazione urbana prioritariamente orientate allo sviluppo locale (2).

Un approfondimento ha riguardato i temi della valorizzazione del patrimonio storico, culturale e paesaggistico per la definizione delle linee guida per la stesura e realizzazione di progetti riguardanti la gestione, la valorizzazione e la "fruizione lenta" di tale patrimonio. Da queste discendono soluzioni per la conservazione attiva, gestione integrata e valorizzazione innovativa dei beni architettonici d'interesse storico-culturale e paesaggistico, preservando e ripristinando le capacità ecosistemiche e produttive del territorio (3, 4). In relazione ai servizi ecosistemici, uno specifico approfondimento è stato condotto per la definizione dell'integrazione delle misure di conservazione dei Siti della Rete Natura 2000 nei regolamenti e nei piani delle aree protette (5).

Un ulteriore approfondimento ha riguardato le condizioni di stratificazione storica,

rilevabili ad esempio a Cagliari e a Sassari, che assieme alle complessità orografiche e insediative restituiscono alcune maglie persistenti dei sistemi viari di relazione tra le parti originarie delle città e del suo paesaggio. Tali maglie presentano opportunità per la pianificazione e per il progetto urbano, soprattutto in relazione alla scelta, miglioramento e potenziamento degli itinerari ciclopedonali di maggiore interesse (6).

Strumenti di valutazione e di supporto per la costruzione delle politiche pubbliche e progetti

Sul fronte degli strumenti di valutazione, nell'ambito del progetto di ricerca è stato messo a punto un metodo di valutazione della camminabilità urbana ed il rispettivo strumento software di supporto alla decisione e alla pianificazione urbanistica. Durante il progetto è stata sviluppata una procedura semi-automatica di valutazione della camminabilità percepita, impiegando tecniche di *machine learning* con l'addestramento delle reti neurali convolutive (7, 8). Questo approccio ha consentito di condurre valutazioni su larga scala per la realizzazione di un "atlante della camminabilità delle città sarde". Inoltre, è stato sviluppato uno strumento di supporto alla decisione sull'impiego degli edifici abbandonati per la rigenerazione urbana (9).

Legati allo studio delle qualità urbane, nell'ambito del progetto di ricerca sono stati condotti due ulteriori approfondimenti, con Cagliari come caso di studio. Il primo ha analizzato l'evoluzione dei sistemi di trasporto intelligenti e i rispettivi cambiamenti negli stili di vita urbani dei cittadini (10). Il secondo approfondimento ha esplorato le relazioni tra lo spazio urbano adatto ai bambini, l'inclusione sociale e il paradigma della *smart city*, tramite un protocollo sviluppato *ad hoc* di "ascolto" e di rilevazione delle percezioni dei bambini rispetto agli spazi pubblici (11).

Dal lato degli strumenti di supporto alla decisione, il progetto di ricerca ha inoltre esplorato l'impiego di *geodesign*, un particolare approccio di costruzione partecipativa,

collaborativa e interattiva dei progetti territoriali, nel quale l'impostazione progettuale "per sistemi" (es. viabilità e trasporti, residenza, commercio, beni storico-culturali, infrastrutture verdi, sistema dell'acqua, etc.) consente di affrontare la complessità delle relazioni tra reti e usi, superando approcci settoriali spesso dominati nella tradizione della pianificazione (12, 13).

Strumenti per l'intervento sugli edifici e sull'ambiente costruito

Dal lato degli strumenti per l'intervento sugli edifici e l'ambiente costruito, il progetto di ricerca ha affrontato gli aspetti (i) della modellistica, (ii) dell'analisi e diagnostica del costruito, e (iii) dell'impiego di materiali naturali in edilizia.

Modellistica. La ricerca ha elaborato e messo a punto alcuni strumenti numerici per l'analisi dei comportamenti strutturali di costruzioni di valore storico e paesaggistico. Questi sforzi hanno visto l'applicazione a tre casi specifici: (i) l'analisi di volte stellari gotiche ampiamente diffuse nel territorio cagliaritano (le cui capacità strutturali sono state determinate mediante un approccio basato sull'analisi limite e su elementi finiti di tipo isogeometrico) (14); (ii) lo studio di metodiche di ripristino strutturale delle ciminiere in muratura, che caratterizzano lo skyline di molte città e paesaggi e retaggio delle attività industriali del passato (la tecnica di ripristino impiegata consiste in una precompressione interna alla canna fumaria e pertanto rispetta l'integrità architettonica e il valore storico di questi "obelischi fumanti"; la valutazione di stabilità strutturale ha visto l'impiego di un modello elastico lineare statico utilizzando il metodo agli elementi finiti (15)); e infine, (iii) l'esame del comportamento statico e dinamico di laminati (16), comunemente utilizzati sotto forma di nastri FRP (*Fibre-Reinforced Polymers*) per il rinforzo e la riabilitazione strutturale di strutture curve (volte e cupole).

L'analisi del costruito. Nel progetto sono stati sperimentati metodi non distruttivi per la

diagnostica degli edifici, tesi a perseguire l'obiettivo del prolungamento della loro vita di servizio. Si tratta di un obiettivo rilevante alla luce del fatto che la manutenzione degli edifici coinvolge diversi aspetti ambientali, economici e sociali. La ricerca condotta ha analizzato, mediante una serie di test sperimentali in laboratorio, l'efficacia delle prove non distruttive di tipo ultrasonico nella identificazione e nel dimensionamento di difetti all'interno di elementi strutturali in calcestruzzo (17).

Nell'ambito del progetto di ricerca il gruppo di Geomatica si è occupato dell'analisi del costruito ed in particolare del rilevamento geometrico degli edifici e del loro stato di conservazione sia dal punto di vista architettonico che strutturale. Attraverso sperimentazioni di laboratorio e l'applicazione al caso di studio del Corso Vittorio Emanuele a Cagliari, lo studio ha riguardato in particolare le accuratezze e le precisioni raggiungibili con i metodi d'impiego del laser scanner terrestre (TLS)

e della fotogrammetria (LC-CRP) per lo studio delle deformazioni e delle fratture delle strutture soggette a fenomeni di dissesto, raggiungendo un errore globale medio nella misura degli abbassamenti più che accettabile per il monitoraggio di strutture (18).

L'impiego di materiali naturali in edilizia. Tra i possibili strumenti per il miglioramento della qualità dello spazio urbano dal punto di vista delle caratteristiche del costruito vi è l'impiego di materiali di origine naturale, come il legno, che garantiscono comfort, sostenibilità, eco-compatibilità, e impattano positivamente sullo sviluppo del territorio. Oltre ad uno studio generale sulle possibilità di impiego del legno per "l'architettura lieve" (19), la ricerca ha condotto prove di caratterizzazione meccanica su elementi strutturali in legno sardo realizzati in laboratorio al fine di contribuire a valutare la possibilità di impiego del legno locale come materiale strutturale.

Bibliografia

1. Blečić I, Cecchini A. Antifragile planning. *Planning Theory*, 2019; doi.org/10.1177/1473095219873365.
2. Isola F, Pira C, Zoppi C (a cura di). Centri storici e spazio urbano. *L'esperienza regionale della Sardegna*. Milano: Franco Angeli, 2018.
3. Colavitti AM. *Urban Heritage Management. Planning with History*. Berlin: Springer, 2018.
4. Colavitti AM, Serra S, Usai A. *Locus Amoenus. Pianificare il patrimonio culturale per una geografia dello sviluppo*. Firenze: Altralinea Edizioni, 2018.
5. Zoppi C. Integration of conservation measures concerning Natura 2000 sites into marine protected areas regulations: A study related to Sardinia. *Sustainability*, 2018; 10(3460).
6. Cadinu M. *Per una Storia Pubblica dell'architettura e della città. Un film-documentario sulle fontane e i lavatoi*. In: Tesoro delle Città. Strenna 2018. Collana dell'Associazione Storia della Città. Wuppertal: Steinhäuser Verlag, 2018; 75-97.
7. Blečić I, Cecchini A, Trunfio GA. Towards Automatic Assessment of Perceived Walkability. *Lecture Notes in Computer Science*, 2018; 10962: 351-365.
8. Blečić I, Santos AG, Moura AC, Trunfio GA. Multi-criteria Evaluation vs Perceived Urban Quality: An Exploratory Comparison. *Lecture Notes in Computer Science*, 2019; 11621.
9. Blečić I, Cecchini A, Minchilli M, Tedeschi LF, Trunfio GA. A decision support tool on derelict buildings for urban regeneration. *ISPRS Annals of Photogrammetry, Remote Sensing & Spatial Information Sciences*, 2018; 4(4/W7): 19-25.
10. Coni M, Garau C, Pinna F. How has Cagliari Changed Its Citizens in Smart

- Citizens? Exploring the Influence of ITS Technology on Urban Social Interactions. *Lecture Notes in Computer Science*, 2018; 10962: 573-588.
11. Garau C, Annunziata A, Coni M. A Methodological Framework for Assessing Practicability of the Urban Space: The Survey on Conditions of Practicable Environments (SCOPE) Procedure Applied in the Case Study of Cagliari (Italy). *Sustainability*, 2018; 10(11): 4189.
 12. Trogu D, Campagna M. Towards Spatial Composite Indicators: A Case Study on Sardinian Landscape. *Sustainability*, 2018; 10(5): 1369.
 13. Campagna M. Metaplanning: About designing the Geodesign process. *Landscape and Urban Planning*, 2016; 156 (2016): 118-128.
 14. Grillanda N, Chiozzi A, Bondi F, Tralli A, Manconi F, Stochino F, Cazzani A. Numerical insights on the structural assessment of historical masonry stellar vaults: the case of Santa Maria del Monte in Cagliari. *Continuum Mechanics and Thermodynamics*, 2019; doi: 10.1007/s00161-019-00752-8.
 15. Pani L. Industrial Heritage Revaluation: Structural Repair of Old Industrial Masonry Chimneys. In: *Proceedings, TICCIH Chile 2018, Santiago de Chile 30/09/2018, "Industrial heritage - Understanding the past, making the future"*, 2018.
 16. Cazzani A, Serra M, Stochino F, Turco E. A refined assumed strain finite element model for statics and dynamics of laminated plates. *Continuum Mechanics and Thermodynamics*, 2018; doi: 10.1007/s00161-018-0707-x.
 17. Concu G, Trulli N. Concrete Defects Sizing by Means of Ultrasonic Velocity Maps. *Buildings*, 2018; 8(12): 176.
 18. Deiana GL, Dessì A, Mistretta F, Sanna G, Stochino F, Urru E, Vacca G, Valdes M. Terrestrial Laser Scanner and Close-Range Photogrammetry point clouds accuracy assessment for the structure deformations monitoring. *Fig Working week 2019 Hanoi, Vietnam, 22-26 April 2019*.
 19. Loddo G. *Il legno per l'architettura lieve – Wood for light architecture*. Roma: Gangemi, 2018.

Ivan Blečić si occupa di pianificazione e analisi territoriale, valutazione urbanistica e ambientale, partecipazione, costruzione degli scenari e simulazione urbana. Il percorso di ricerca ha riguardato sia elaborazioni teoriche che lavori applicativi. Le riflessioni teoriche sono state sistematizzate in diversi articoli scientifici e due libri, uno sull'idea della pianificazione antifragile e l'altro sull'impiego della costruzione degli scenari futuri nella pianificazione.

Inoltre, le ricerche hanno portato all'elaborazione e allo sviluppo di modelli e tecniche per la

valutazione per il supporto alle decisioni di tipo quantitativo basato su reti decisionali, modelli causali probabilistici e algoritmi genetici. Un ulteriore filone di attività di ricerca ha riguardato lo sviluppo e l'elaborazione di metodi e modelli di analisi e di simulazione di dinamiche urbane mediante modelli basati sugli automi cellulari e sugli agenti.

Negli ultimi dieci anni, un filone di ricerca di particolare interesse per il progetto di ricerca è stato lo studio e lo sviluppo modelli di valutazione delle capacità urbane legate alla camminabilità.

Interventi di recupero e mitigazione degli impatti ambientali nei siti minerari dismessi (RE-MINE: REstoration and remediation of abandoned MINE sites)

Responsabile scientifico: **Giovanna Cappai**

Gruppo di ricerca: Carlo Atzeni, Maria Grazia Badas, Ginevra Balletto, Nicola Careddu, Giorgia De Gioannis, Valentina Dentoni, Battista Grosso, Pierpaolo Manca, Giorgio Massacci, Aldo Muntoni, Giorgio Peghin, Francesco Pinna, Fabio Soccodato, Giuseppe Tropeano

Le aree minerarie dismesse si caratterizzano per un elevato valore culturale ed ambientale, ma le alterazioni indotte sull'ambiente e sul paesaggio condizionano fortemente i programmi di sviluppo, riqualificazione e utilizzo dei territori coinvolti. Importanti criticità sono rappresentate dai materiali di scarto delle attività minerarie, sottoposti a fenomeni di trasporto idrico ed eolico che determinano imponenti fenomeni di contaminazione da metalli pesanti di suoli e acque (1, 2). Il Programma Regionale di Sviluppo 2014/2019 della Regione Sardegna pone tra gli obiettivi strategici la tutela e la valorizzazione dei beni comuni, indicando la necessità di rendere fruibili, attraverso interventi di bonifica, porzioni il più possibile estese di territorio regionale oggi gravate da inquinamento da attività minerarie (3). Data la complessità del contesto, gli interventi di recupero nei siti minerari dismessi richiedono un'azione integrata che coinvolga e metta in relazione discipline e competenze diverse, allo scopo di individuare ed implementare tecnologie di bonifica ottimali ma anche opzioni potenziali di riutilizzo delle aree risanate, per il rilancio delle economie locali, in linea con gli orientamenti del programma Horizon 2020.

Obiettivo generale del progetto di ricerca è l'implementazione di tecnologie sostenibili per il risanamento di siti minerari dismessi e la valorizzazione dei residui,

nonché l'individuazione di azioni di pianificazione orientate al recupero delle aree minerarie, in coerenza con la pianificazione sovraordinata.

Il progetto, data la sua natura interdisciplinare, è sviluppato da una task force interna al Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale e Architettura (UniCa), che riunisce le competenze necessarie al raggiungimento degli obiettivi stabiliti. La figura 1 illustra i concetti chiave della ricerca. In figura 2 sono schematizzate le azioni in cui il progetto si articola.

Azione 1. Indagini geotecniche

La sicurezza geotecnica dei bacini minerari di stoccaggio è legata al moto dell'acqua che si genera all'interno del bacino. In questo progetto si è affrontata la caratterizzazione meccanica dei 'fanghi rossi' stoccati in un bacino di sedimentazione, con l'obiettivo di valutare la stabilità del sistema argini/materiale e di definire un modello costitutivo avanzato propedeutico alla modellazione numerica dei processi in evoluzione nel bacino (4). La stabilità è valutata nelle condizioni di breve e lungo termine. Quest'ultima si verifica a seguito della diminuzione di porosità e contenuto d'acqua nei residui, generata da processi transitori di de-saturazione/consolidazione la cui durata dipende dal materiale e dalle condizioni idrauliche al contorno. Tra le tecniche



Fig. 1. Word Cloud del progetto RE-MINE.

che consentono di accelerare il decorso di tali fenomeni, in questo progetto si è considerata l'elettro-osmosi. A tale scopo è stata messa a punto un'apparecchiatura di laboratorio che consiste in una cella elettrosmotica installata su un sistema di applicazione del carico uniassiale, che consente di monitorare i tempi di consolidazione e di stimare i costi del trattamento per unità di volume.

Azione 2. Impatti visivi

L'alterazione della qualità del paesaggio naturale è uno degli impatti ambientali causati dalle attività minerarie, estrattive e di scavo. L'obiettivo del progetto è il perfezionamento della metodologia di valutazione dell'impatto visivo basata sull'applicazione dell'indicatore Lvi - Level of Visual Impact (5, 6, 7). L'indicatore è calcolato in funzione dei due parametri fisici che caratterizzano l'alterazione visibile: l'estensione delle superfici alterate e il contrasto cromatico tra la roccia esposta e il colore predominante del paesaggio circostante. Il calcolo si basa sull'elaborazione di immagini digitali prese da punti di vista rappresentativi; può essere utilizzato sia per valutare l'entità dell'impat-

to visivo attuale sia per confrontare l'efficacia di diverse azioni di bonifica, attraverso tecniche di simulazione fotografica.

Le attività svolte hanno permesso l'implementazione di tecniche di segmentazione di immagine per il calcolo automatico del Lvi. Il perfezionamento del metodo mira a migliorare la ripetibilità dei risultati, eliminando aspetti critici legati alla definizione dei limiti dell'area di scavo e alla scelta delle superfici naturali di confronto nelle immagini del paesaggio alterato.

Azione 3. Emissioni di polveri sottili e dispersione atmosferica

La ricerca ha come obiettivo la definizione di Fattori di Emissione (EFs) di polveri per le superfici dei bacini minerari esposte all'erosione eolica (8). L'argomento è di notevole importanza in riferimento ai siti minerari dismessi, ma anche alle attività industriali in esercizio o in progetto (9, 10). La disponibilità di EFs affidabili costituisce infatti un prezioso strumento operativo nelle procedure di Valutazione di Impatto Ambientale.

Sulla base di una approfondita revisione della letteratura scientifica in argo-



Fig. 2. Struttura del progetto ed interazioni tra le azioni previste.

mento, è stato messo a punto un apparato sperimentale per la valutazione dell'emissione di PM10, PM2,5 e PM1 in condizioni controllate (11, 12, 13). Tale apparato, acquisito nell'ambito del progetto RE-MINE, comprende una galleria del vento a strato limite sviluppato, progettata e realizzata nei laboratori DICAAR e gli strumenti di misura delle concentrazioni di polveri e delle velocità del vento (14, 15).

Poiché l'applicabilità degli EFs è legata alla conoscenza del campo di moto, estremamente complesso per le topografie di siti minerari dismessi e non valutabile sperimentalmente, si sono testati modelli numerici tridimensionali per la sua riproduzione. I risultati ottenuti con modelli di tipo RANS (Reynolds Averaged Navier Stokes) testati su cumuli consentono di applicare la modellazione ai siti di interesse ed ottenere i valori di input per l'applicazione degli EFs calcolati sperimentalmente.

Azione 4. Tecnologie di bonifica sostenibili

Un aspetto critico nella bonifica dei siti minerari dismessi è l'estensione delle aree

contaminate, che rende l'applicazione di tecniche convenzionali costosa e responsabile di impatti negativi sul paesaggio e sul suolo. Una alternativa promettente è il fitorisanamento, tecnica in situ che sfrutta l'interazione tra apparato radicale delle piante, microrganismi e suolo per la rimozione o stabilizzazione dei contaminanti (16). Il successo di tale opzione è legato alla selezione di specie vegetali adatte e all'implementazione di pratiche agronomiche che consentano una copertura vegetale stabile (17, 18, 19).

La ricerca intende valutare il potenziale di fitorisanamento di due specie endemiche, *H. tyrrhenicum* e *Atriplex halimus*, in interventi di bonifica nella valle del rio San Giorgio (Iglesias). Il lavoro condotto riguarda lo studio di campioni autogeni del bacino di Campo Pisano e l'esecuzione di test di crescita in condizioni controllate. I risultati ottenuti in termini di sopravvivenza, crescita e bioaccumulo consentono di considerare le specie oggetto di studio particolarmente promettenti per la rivegetazione e bonifica di siti minerari dismessi (20, 21).

Azione 5. Recupero residui

La ricerca condotta riguarda la valorizzazione di residui minerari (22) dei distretti del Sulcis-Iglesiente e degli sfridi da attività marmifera del bacino di Orosei (NU) (23).

Lo studio sui residui minerari si basa sull'applicazione della flottazione ai fanghi di Montevecchio, per la ricostruzione di un flow-sheet d'impianto a due sezioni: recupero del ZnS e separazione della frazione di ossidato dallo sterile finale. Dal residuo contenente Zn al 2% si sono ottenuti: un concentrato commerciale di ZnS al 50%; un rifiuto con tenori di Zn inferiori alle CSC per siti industriali e un misto intermedio, con tenori che richiedono inertizzazione o smaltimento finale. A seconda del circuito di trattamento, il prodotto commerciale può raggiungere il 5% dell'alimentazione, il rifiuto l'80% e il misto intermedio il 15%. Rispetto alla possibile trasformazione del bacino fanghi in un grande sito di raccolta, l'applicazione del processo di recupero dimostra indubbi vantaggi ambientali (riduce al 15% i solidi inquinanti) ed economici (il valore del concentrato copre i costi del trattamento).

In relazione agli sfridi, la ricerca riguarda l'uso del calcare micronizzato come carica nella produzione di vernice bianca per muro, in collaborazione con l'azienda Edichem di Elmas (CA) (24).

Azione 6. Recupero patrimonio e

Azione 7. Progettazione

Le attività sviluppate nell'ambito del progetto documentano gli effetti della crisi

dell'industria mineraria sul paesaggio della Sardegna, in un contesto in cui la difficile dialettica tra tradizione e modernità ha lasciato un sistema di territori abbandonati e di archeologie minerarie (25). Le ricerche svolte hanno condotto alla pubblicazione monografica "Re-Mine. Architettura e modificazione nei territori minerari deindustrializzati" (G. Peghin, 2019) (26), alla organizzazione del workshop internazionale di progettazione del paesaggio "Paesaggi Minerari" (Iglesias, Monteponi, 2018) e alla formulazione del progetto per l'istituzione del Centro Studi Mediterraneo del Paesaggio (Carbonia, Miniera di Serbariu), il cui obiettivo è rafforzare il ruolo di Carbonia nell'ambito della promozione delle politiche sul paesaggio, in particolare nelle strategie finalizzate alla valorizzazione del patrimonio culturale minerario e alla riqualificazione ambientale dei siti dismessi.

È stato inoltre siglato un protocollo di intesa (2019) tra C.R.P. (RAS), Fondazione del Cammino di Santa Barbara, DICA-AR e DMI (UniCA) e DADU (UniSS) con l'obiettivo di fornire attività di supporto scientifico e progettazione per la riqualificazione di reti e nodi di miniera nel Sulcis-Iglesiente (27, 28, 29). È stata infine elaborata la piattaforma my maps, relativa ai siti estrattivi attivi e alle relazioni economiche sul territorio regionale (<https://meisar.org/it/news/convegno-meisar-26-febbraio-2019>) (30).

Bibliografia

1. RAS - Regione Autonoma della Sardegna (2008). Assessorato della Difesa dell'Ambiente. Pianodibonificadelleareminerarie dismesse del Sulcis-Iglesiente-Guspinese. Disponibile presso: www.regione.sardegna.it/documenti/1_19_20080403121548.pdf. Ultimo accesso in data 09/10/2019.
2. Cidu R, Dadea C, Desogus P et al. Assessment of environmental hazards at abandoned mining sites: a case study in Sardinia, Italy. *Applied Geochemistry*, 2012; 27(9): 1795-1806.
3. RAS - Regione Autonoma della Sardegna (2014). Programma Regionale di Sviluppo 2014-2019. Available at <http://www.regione.sardegna.it/j/v/66?s=1&v=9&c=27&c1=1207&id=44429>. Ultimo accesso in data 16/09/2016.
4. Newson T, Dyer T, Adam T et al. Effect of Structure on the Geotechnical Proper-

- ties of Bauxite Residue. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 2006; 13 (2): 188-196.
5. Dentoni V, Massacci G. Visibility of surface mining and impact perception. *International Journal of Mining, Reclamation and Environment*, 2007; 21: 6-13.
 6. Dentoni V, Massacci G, Radwanek-Bak BD. Visual impact of quarrying in the Polish Carpathians. *Geological Quarterly*, 2006; 50: 383-390.
 7. Dentoni V, Massacci G. Assessment of visual impact induced by surface mining (case study located in Sardinia (Italy)). *Environmental Earth Sciences*, 2013; 68: 1485-1493.
 8. United States Environmental Protection Agency (USEPA), *Compilation of Air Pollution Emission Factors, AP-42*, 1995.
 9. Cigagna M, Dentoni V, Grosso B et al. Emissions of Fugitive Dust from Mine Dumps and Tailing Basins in South-Western Sardinia. In: *Mine Planning and Equipment Selection*, 2014: 739-747.
 10. Piras L, Dentoni V, Massacci G et al. Dust dispersion from haul roads in complex terrain: the case of a mineral reclamation site located in Sardinia (Italy). *International Journal of Mining, Reclamation and Environment*, 2014; 28: 323-341.
 11. Roney JA, White BR. Estimating fugitive dust emission rates using an environmental boundary layer wind tunnel. *Atmospheric Environment*, 2006; 40: 7668-7685.
 12. McKenna Neuman C, Boulton JW, Sanderson S. Wind tunnel simulation of environmental controls on fugitive dust emissions from mine tailings. *Atmospheric Environment*, 2009; 43: 520-529.
 13. Irwin HPAH. The design of spires for wind simulation. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 1981; 7: 361-366.
 14. Dentoni V, Grosso B, Massacci G et al. Industrial wind erosion: PM emission from the erodible flat surfaces of tailing basins. Chapter of book: *SWEMP 2018 Selected works*, 15-27. Springer International Publishing, 2019.
 15. Dentoni V, Grosso B, Massacci G et al. Validation of a wind erosion model for tailings basins: Wind tunnel design and atmospheric boundary layer simulation. *International Journal of Mining, Reclamation and Environment* (Accepted in 2019 - in print).
 16. Pilon-Smits E. Phytoremediation. *Annu Rev Plant Biol*, 2005; 56: 15-39.
 17. Mendez M, Maier R. Phytostabilization of mine tailings in arid and semiarid environments - an emerging remediation technology. *Environ Health Perspect*, 2008; 116: 278-283.
 18. Bacchetta G, Cao A, Cappai G et al. A field experiment on the use of *Pistacia lentiscus* L. and *Scrophularia canina* L. subsp. *bicolor* (Sibth. Et Sm.) Greuter for the phytoremediation of abandoned mining areas. *Plant Biosystems*, 2012; 146(4): 1054-1063.
 19. Lai T, Cappai G, Carucci A. Phytoremediation of Mining Areas: An Overview of Application in Lead- and Zinc-Contaminated Soils. In: *Phytoremediation - Management of Environmental Contaminants, Volume 3, Section 1 - Phytoremediation of Heavy Metal Contaminants*. Springer, 2016.
 20. Bacchetta G, Boi ME, Cappai G et al. Phytoremediation of Sardinian abandoned mine site: a preliminary study on the use of *Helichrysum microphyllum* Cambess. ssp. *tyrrhenicum* Bacch., Brullo and Giusso. In: *Lekkas DF (ed). Proceedings of CEST2017, 15th International Conference on Environmental Science and Technology, 31 August-2 September 2017, Rhodes, Greece*.
 21. Bacchetta G, Boi ME, Cappai G et al. Metal Tolerance Capability of *Helichrysum microphyllum* Cambess. subsp. *tyrrhenicum* Bacch., Brullo & Giusso: a Candidate for Phytostabilization in Abandoned Mine Sites. *Bull Environ Contam Toxicol*, 2018; 101(6), 758-765.
 22. Bellenfant G, Guezennec AG, Bodéan F, D'Hugues P, Cassard D. Re-processing of mining waste: Combining environmental management and metal re-

- covery? Mine Closure 2013, Fourie AB, Tibbett M (eds). Australian Centre for Geomechanics, Perth.
23. Careddu N, Marras G, Siotto G. Recovery of sawdust resulting from marble processing plants for future uses in high value added products. *Journal of Cleaner Production*, 2014; 84: 533-539.
 24. Marras G, Careddu N. Sustainable reuse of marble sludge in tyre mixtures. *Resources Policy*, 2018; 59: 77-84.
 25. Peghin G, Paesaggi minerari. Siracusa: Letteraventidue, 2016.
 26. Peghin G, Re-Mine. Architettura e modificazione nei territori minerari deindustrializzati. Melfi: Libria, 2019.
 27. Balletto G, Pinna M, Borruso G et al. Sardinia Geopark and smart tourism network. The project of the 'pilgrim way' of Santa Barbara. In: Proceedings Springer - The 18th International Conference on Computational Science and Its Applications (ICCSA 2018) TICCIH CHILE 2018 CONGRESS Patrimonio Industrial: Entendiendo el Pasado, Haciendo el Futuro Sostenible.
 28. Balletto G, Mistretta P, Desogus G et al. A governance proposal for the Sardinian Geopark. In: TICCIH 2018 Congress Chile "Industrial Heritage: Understanding the past, making the future sustainable".
 29. Balletto G, Milesi A, Battino S et al. Slow Tourism and Smart Community. The Case of Sulcis-Iglesiente (Sardinia-Italy). In: International Conference on Computational Science and Its Applications. Cham: Springer, 2019; 184-199.
 30. Balletto G, Borruso G, Mei G. Location Theory and Circular Economy. Demolition, Constructions and Spatial Organization of Firms. An Applied Model to Sardinia Region. The Case Study of the New Cagliari Stadium. In: International Conference on Computational Science and Its Applications. Cham: Springer, 2019; 535-550.

Giovanna Cappai è Professore associato in Ingegneria Sanitaria-Ambientale presso l'Università degli Studi di Cagliari, dove è titolare degli insegnamenti di Control and Treatment of Atmospheric emissions, Impianti di trattamento delle acque di rifiuto e Laboratorio di Ingegneria Sanitaria-Ambientale.

Ha sviluppato attività di ricerca nel campo della gestione sostenibile dei rifiuti, della bonifica dei siti contaminati e dei trattamenti biologici delle acque reflue civili e industriali, ed in particolare nell'ambito di tematiche quali: mitigazione delle emissioni di CO₂ mediante

sequestro minerale applicato a residui alcalini, bonifica di terreni contaminati mediante tecniche di fitoestrazione ed elettrocinesi, valorizzazione di matrici organiche di scarto mediante digestione anaerobica e carbonizzazione idrotermale, strategie di controllo e ottimizzazione per gli impianti di depurazione delle acque reflue; trattamento biologico di acque reflue contenenti composti biorefrattari, processi di rimozione avanzata dell'azoto.

È autrice di circa 100 pubblicazioni. Indicatori bibliometrici *Scopus*: 27 documenti, 673 citazioni, *H-Index*=12.

(A)PRIS(ON). Proposte per il riuso del patrimonio carcerario dismesso della Sardegna

Responsabile scientifico: **Caterina Giannattasio**

Gruppo di ricerca: Vincenzo Bagnolo, Giovanni Battista Cocco, Ester Cois, Donatella Rita Fiorino, Andrea Frattolillo, Luigi Fenu, Ferdinando Fornara, Silvana Maria Grillo, Marco Lecis, Andrea Manca, Maurizio Memoli, Patrizio Monfardini, Francesca Musanti, Davide Pili, Francesco Pinna, Valentina Pintus, Martina Porcu, Marco Tanca

La dismissione delle strutture monumentali storiche, conseguente al recente Piano carceri, pone una riflessione sul tema del loro riuso. Tale piano, infatti, al fine di affrontare il problema del sovraffollamento delle strutture e di migliorare il benessere psico-fisico dei detenuti, ha previsto la realizzazione di nuove strutture detentive, con la contestuale dismissione di imponenti fabbriche urbane, di cui improvvisamente ci si è trovati a dover gestire la rifunzionalizzazione.

Con riferimento alla Sardegna, il tema è di grande attualità. Qui, infatti, il sistema carcerario storico (Fig. 1), costituito da sei manufatti, risulta prevalentemente dismesso. Si tratta, nello specifico, de "La Rotonda" di Tempio Pausania (1848), di Buoncammino a Cagliari (1854), di San Sebastiano a Sassari (1859), della ex Regia Giudicale di Oristano (1875), tutte in parziale abbandono già a partire dal 2012 (Fig. 2), oltre che della casa di reclusione di Alghero (1863) e di San Daniele a Lanusei (1874), ancora funzionanti.

Una così alta concentrazione di fabbriche detentive in un territorio a basso indice di popolazione risiede nel fatto che esso, sin dall'Ottocento, è stato prescelto alla scala nazionale per accogliere questo particolare tipo di funzione, che necessitava di luoghi remoti, salubri e certamente sicuri. Di conseguenza, non a caso sono presenti manu-

fatti che si attestano sui più attuali modelli carcerari, in alcuni casi rappresentando un *unicum* rispetto alla produzione architettonica della penisola (Fig. 3).

Prevalentemente corrispondenti a imponenti architetture, per forma e per dimensioni, un tempo isolate dalla città, esse hanno solitamente conquistato negli anni una posizione centrale rispetto ai tessuti urbani di appartenenza, e pertanto hanno grandi potenzialità in termini di riuso, all'interno della città contemporanea, essendo dotate dei caratteri distintivi per offrire risposte si-

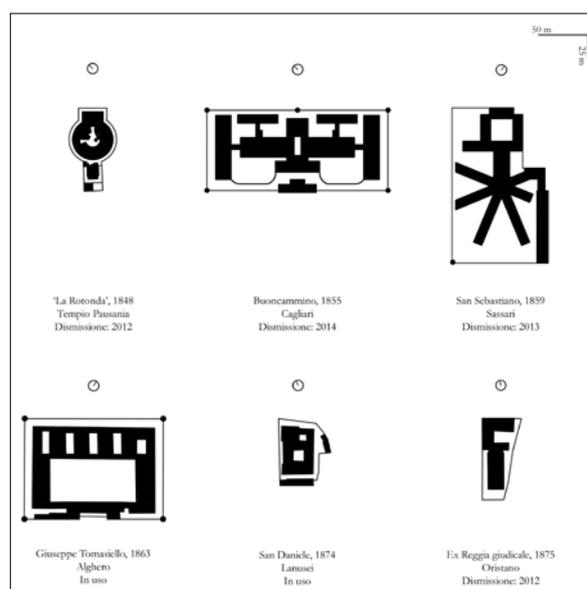


Fig. 1. Le carceri storiche in Sardegna (editing N. Melis e F. Musanti).



Fig. 2. Le carceri storiche dismesse in Sardegna: a) Tempio Pausania, ex carcere 'La Rotonda', esterno (foto C. Giannattasio); b) Cagliari, ex carcere di Buoncammino, esterno (foto R. Salgo); c) Sassari, ex carcere di San Sebastiano, vista della rotonda e di alcuni bracci (foto G.B. Cocco); d) Oristano, ex Reggia Giudicale, prospetto su piazza Manno (foto C. Pintor).

gnificative negli interventi di risignificazione delle aree storiche urbane.

La ricerca, partendo dal riconoscimento dei valori di ciascuna delle fabbriche – di tipo storico, urbanistico, tipologico-architettonico, tecnico-costruttivo, funzionale – ha definito soluzioni volte alla conservazione e al riuso delle stesse, in grado di dare, al contempo, valide risposte alla riscrittura delle politiche urbanistiche, alla ricomposizione dei tessuti e alla ricostruzione delle strategie culturali ed economiche con visioni di lunga durata, capaci di guardare il monumento come una 'Architettura urbana'. In dettaglio, in alcuni casi ci si è limitati alla redazione di un *masterplan*, come per i manufatti di Tempio Pausania e di Oristano, mentre in altri si è arrivati alla stesura di un progetto definito in tutte le sue parti, come per quelli di Cagliari (Fig. 4) e di Sassari (Fig. 5).

L'approccio metodologico seguito è di tipo interdisciplinare, vedendo il coinvolgimento del Restauro, del Disegno e Rilievo, della Composizione architettonica e urba-

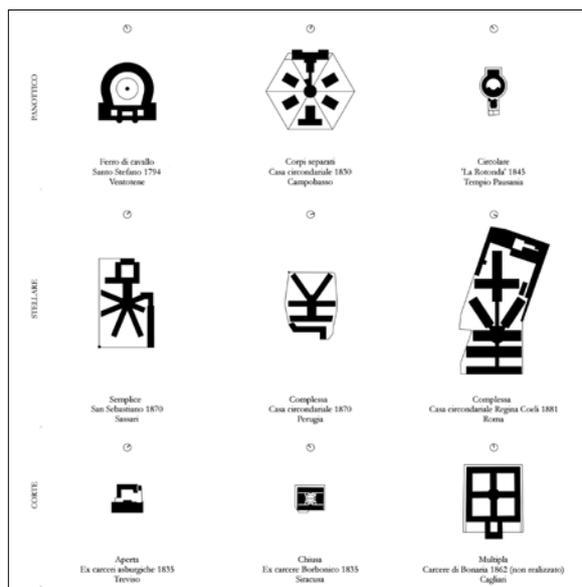


Fig. 3. Analisi tipologica dei sistemi carcerari panotico (a ferro di cavallo, a corpi separati, rotonda), stellare (semplice e complesso) e a corte (aperta, chiusa e multipla), riferiti al contesto nazionale e regionale (editing N. Melis).

na, delle Georisorse minerarie e applicazioni mineralogico-petrografiche per l'ambiente e i beni culturali, della Tecnica delle costruzioni, della Fisica tecnica-ambientale e delle Infrastrutture viarie, con approfondimenti di tipo urbanistico, ambientale, economico, sociale e psicologico.

Gli obiettivi che il presente progetto di ricerca intende perseguire possono essere declinati in relazione a tre diverse scale. La prima è di natura urbana e metropolitana; la seconda è di tipo architettonico; la terza è di tipo psicologico e sociale. Alla grande scala, tali fabbriche, sia per la loro posizione che per la loro dimensione monumentale, possono costituire accentratori di funzioni, la scelta delle quali obbliga a una rilettura delle dinamiche di sviluppo urbano, venendo a costituire nuove centralità di natura materiale e immateriale. In tal senso, scopo del progetto è quello di ricostruire un rinnovato sistema di relazioni fisiche e sociali, che reinterpretino il carattere respingente di tali edifici, esprimendo appieno come gli interventi permettano di pensare

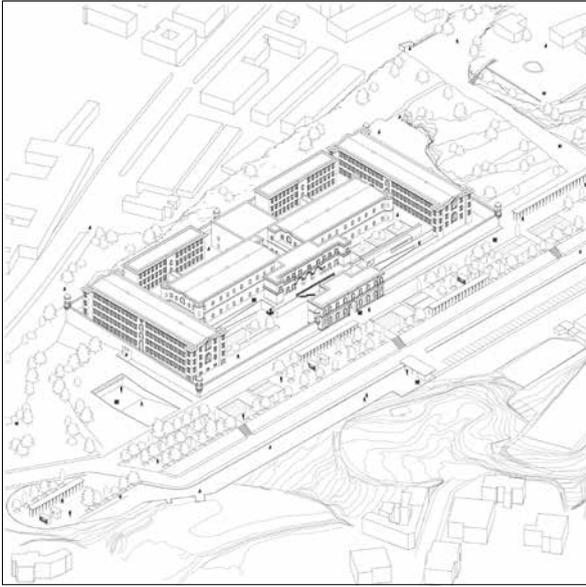


Fig. 4. Cagliari, ex carcere di Buoncammino, vista assonometrica di progetto (elaborazione F. Musanti).

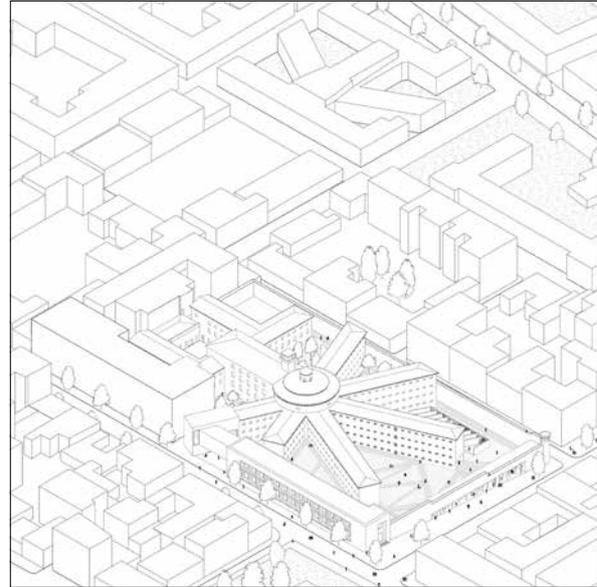


Fig. 5. Sassari, ex carcere di San Sebastiano, vista assonometrica di progetto (elaborazione E. Melis, S. Frau).

l'urbano alla grande e alla piccola scala, in un rapporto di dipendenza reciproca tra Architettura e Città. Alla scala architettonica, invece, si tratta di misurare il progetto in relazione ai valori che ciascuna struttura esprime in rapporto agli elementi da cui è costituita, ma allo stesso tempo di sperimentare soluzioni progettuali che metaforicamente diano soluzione alla necessità di apertura che esse richiedono nella ricerca di un nuovo presente. Dal punto di vista psico-sociale, l'intento è quello di far sì che le nuove funzioni, oltre ad andare nelle due direzioni sopracitate, vengano accolte dal fruitore verificando che lo stesso viva una condizione di benessere, nonostante si trovi in un luogo storicamente legato al dolore.

I risultati che si intendono raggiungere e a cui si sta mirando nello svolgimento di tale lavoro sono: 1. restituire una funzione alle strutture abbandonate, al fine di evitare il progressivo decadimento; 2. definire funzioni che siano appropriate alle esigenze della vita contemporanea e rispettose dei principi della moderna teoria del Restauro critico-conservativo (reversibilità, minimo intervento, compatibilità, distinguibilità, autenticità); 3. trovare soluzioni di natura formale che, per aggiunta – e

solo in casi eccezionali per sottrazione – racconti e reinterpreti poeticamente il carattere simbolico che gli elementi delle fabbriche esprimono in rapporto alla storia, mostrando come l'antico possa essere materia di un nuovo presente; 4. sperimentare soluzioni tecnico-progettuali che diano risposte in termini di sostenibilità ambientale (efficientamento energetico, benessere, etc.); 5. verificare che, trattandosi di luoghi legati al dolore, le nuove funzioni siano ben accolte dal fruitore nel rispetto della memoria e dell'identità, non tralasciando il concetto di *place-attachment*.

Inoltre, tale percorso conoscitivo risulta particolarmente utile per l'avanzamento della conoscenza e per le ricadute che può avere sia sulla comunità scientifica, sia sulla pubblica amministrazione, inevitabilmente coinvolta nei processi progettuali riferiti a simili architetture. Infatti, si è provveduto alla sistematizzazione dei progetti di riuso fino ad ora condotti in Italia e nel mondo in presenza di carceri dismesse, mettendo in evidenza aspetti positivi e negativi di ciascun progetto realizzato, sia in termini conservativi, che formali, che socio-psicologici. Inoltre, si sono ricostruite, anche grazie a una sistematica ricerca di archivio

– attraverso cui sono peraltro emersi aspetti finora inediti – le vicende storico-costruttive dell'intero patrimonio regionale, mettendo in evidenza le qualità del sistema e i suoi valori in rapporto ai modelli nazionali

e internazionali dell'epoca. Tali tasselli conoscitivi diventano essenziali per restituire consapevolmente a ciascuna fabbrica un rinnovato ruolo attivo nei rispettivi contesti urbani a cui appartengono.

Bibliografia

1. Cocco GB, Giannattasio C, Musanti F, et al. La solitudine delle architetture dismesse. Proiezioni immaginative per il patrimonio carcerario storico in Sardegna. In: Biscontin G, Driussi G. Il patrimonio culturale in mutamento. Le sfide dell'uso; Bressanone: Atti del Convegno, 2019; 591-603.
2. Cocco GB, Diaz M, Giannattasio C. Oltre i muri della detenzione. Il patrimonio carcerario storico in Sardegna / Beyond the walls of detention. The historical prison system in Sardinia. In: Damiani G, Fiorino DR. Military Landscapes. Scenari per il futuro del patrimonio militare. Un confronto internazionale in occasione del 150° anniversario della dismissione delle piazzeforti militari in Italia / A future for military heritage. An international overview event celebrating the 150th anniversary of the decommissioning of Italian fortresses. Milano: Catalogo della Mostra, Skira, 2017; 186-187.
3. Cocco GB, Diaz M, Giannattasio C. Prigioni del corpo e dell'anima. Le architetture carcerarie storiche in Sardegna e il caso di San Sebastiano a Sassari / Prisons of the body, prisons of the soul. Sardinian historic architecture of detention and the case-study of San Sebastiano in Sassari. In: Fiorino DR. Military Landscapes. Scenari per il futuro del patrimonio militare. Un confronto internazionale in occasione del 150° anniversario della dismissione delle piazzeforti militari in Italia / A future for military heritage. An international overview event celebrating the 150th anniversary of the decommissioning of Italian fortresses. Milano: Atti del Convegno, Skira, 2017; 1-12.
4. Cocco GB, Giannattasio C. Misurare In-nestare Comporre. Architetture storiche e progetto / Measure Graft Compose. Historical architecture and design. Pisa: University Press, 2017.
5. Cocco GB, Giannattasio C. L'eccezionalità nella poetica dell'ordinario. Letture tipologiche e storiche delle grandi fabbriche detentive in Sardegna. Palladio, 2016; 58: 71-98.
6. Cocco GB, Giannattasio C. Contro le isole nell'isola: il riuso delle Carceri in Sardegna. Ananke, 2016; 78: 110-117.
7. Cocco GB, Giannattasio C, Sanna A. Architetture liberate. L'ex carcere di Buoncammino nel parco urbano storico-culturale e della conoscenza a Cagliari / Freed Architectures. The Ex-Prison of Buoncammino in the Historical, Cultural and Knowledge Urban Park of Cagliari. Arkos, Scienza e Restauro, 2015; 11-12: 49-67.
8. Corongiu M, Demontis L. Il patrimonio carcerario dismesso. Riflessioni per la rifunzionalizzazione del carcere "La Rotonda" di Tempio Pausania. Università degli Studi di Cagliari, Tesi di Laurea magistrale in Architettura, relatori Cocco GB, Giannattasio C., a.a. 2016-2017.
9. Frau S, Melis E. Il tipo stellato nell'architettura carceraria. Il progetto di riuso per il carcere di San Sebastiano a Sassari. Università degli Studi di Cagliari, Tesi di Laurea magistrale in Architettura, relatori Cocco GB, Giannattasio C, a.a. 2017-2018.
10. Musanti F. Nuda Fabbrica. Proposta di riuso del carcere di Buoncammino, Università degli Studi di Cagliari, Tesi di Laurea magistrale in Architettura, relatori Cocco GB, Giannattasio C, a.a. 2018-2019.

11. Pintor C. Attorno al carcere. Una proposta per l'area dell'ex Casa Circondariale di Oristano, candidata: Università degli Studi di Cagliari, Tesi di Laurea magistrale in Architettura, relatori Cocco GB, Giannattasio C. a.a. 2015-2016.
12. Secci C. Architetture liberate. Riqualficazione urbana e architettonica della struttura carceraria di Buoncammino a Cagliari. Università degli Studi di Cagliari, Tesi di Laurea specialistica in Architettura delle Costruzioni, relatori Cocco GB, Giannattasio C, a.a. 2011-2012.

Caterina Giannattasio, architetto (1995, Università degli Studi di Napoli "Federico II"), Dottore di Ricerca in Storia e Conservazione dei Beni Architettonici (1999, Università della Campania "Luigi Vanvitelli"), specialista in Restauro dei Monumenti (2001, Università di Roma "La Sapienza"), dal 2005 è Ricercatore nel settore scientifico-disciplinare ICAR 19-Restauro dal 2014 è Professore associato e dal 2019 è Professore ordinario presso la Facoltà di Ingegneria e Architettura dell'Università degli Studi di Cagliari.

È autrice di oltre 130 pubblicazioni in tema di

restauro architettonico e urbano, ponendo di recente particolare attenzione alle questioni del progetto e del riuso delle grandi fabbriche storiche dismesse. I suoi lavori sono stati presentati a numerosi convegni nazionali e internazionali. È *visiting professor* in università italiane e europee ed è curatore delle relazioni internazionali per l'Università di Cagliari con la Northeastern University di Boston.

Svolge attività di consulenza a carattere scientifico in materia di restauro, rilievo architettonico, materico e del degrado, rilievo archeologico e analisi storico-stratigrafica delle strutture.

Impacts of climate change on water resources and floods

Responsabile scientifico: **Francesco Viola**

Gruppo di ricerca: Andrea Balzano, Simone Ferrari, Giorgio Querzoli, Nicola Montaldo, Giovanni Maria Sechi, Roberto Deidda, Maria Grazia Badas, Domenico Caracciolo, Matteo Hellies

L'attività di ricerca del prof. Francesco Viola si è incentrata, fin dagli inizi della carriera accademica, sulla modellazione dei deflussi in bacini caratterizzati da deflusso effimero, la previsione in bacini non strumentati, l'analisi statistica delle variabili idrologiche e climatiche e l'analisi delle serie temporali per l'individuazione dei trend futuri. Nel corso degli ultimi anni, facendo seguito ad una necessità scientifica e sociale sempre più pressante, l'attività del prof. Viola si è concentrata sullo studio dei cambiamenti climatici e sugli impatti che questi apportano alle variabili idrologiche, quali precipitazione ed evapotraspirazione, sulla disponibilità delle risorse idriche sia superficiali che profonde e sulla previsione e prevenzione del rischio idrogeologico e idraulico.

Grazie al contributo della Fondazione di Sardegna è stato possibile portare avanti vari temi di ricerca che hanno riguardato la validazione di dati di pioggia ottenuti tramite satellite e la valutazione su come i cambiamenti climatici influiscono sul ciclo idrologico. Infine è stato effettuato uno studio a scala globale sulla possibilità di installazione dei tetti verdi. Tali attività hanno portato alla pubblicazione di vari articoli in riviste internazionali indicizzate ISI.

Entrando maggiormente nel dettaglio delle attività, per quanto riguarda la validazione di dati satellitari di precipitazione, la ricerca è stata incentrata sull'analisi dei

dati ottenuti tramite il progetto GPM (*Global Precipitation Measurements*), andando a analizzare i dati rilevati nelle due grandi isole del Mediterraneo: la Sardegna e la Sicilia (1). In particolare si è posta l'attenzione su due aspetti che non erano mai stati investigati adeguatamente, ovvero gli effetti sulla rilevazione delle piogge dovuti alla morfologia e al passaggio tra mare e terra. Sono state quindi eseguite delle analisi volte a valutare le prestazioni globali del sistema GPM nelle aree di studio. Per far ciò sono stati usati, oltre i classici indici statistici come correlazione, RMSE e SBM, degli indici statistici appositamente costruiti atti a valutare le prestazioni globali del sistema

Nella figura sottostante (Fig. 1) viene mostrata la precipitazione media annuale misurata attraverso il progetto GPM (pannelli a, b) e la media spaziale della precipitazione misurata dai pluviometri (pannelli c, d) nel periodo 2015-2016. Si può osservare come, mentre i *range* di precipitazione forniti dai pluviometri sono più grandi rispetto a quelli forniti dal GPM, le medie spaziali ottenute dal GPM siano leggermente più elevate rispetto a quelle che si ottengono dall'interpolazione dei dati registrati a terra. Un'altra analisi effettuata (Fig. 2) mostra la capacità dei dati GPM di riprodurre l'evoluzione temporale delle precipitazioni. In questo grafico viene riportata la cumulata della precipitazione areale media nel perio-

do 2015-2016 ottenuta attraverso i dati GPM (linea continua) e attraverso l'interpolazione dei dati osservati a terra (linea tratteggiata). Anche in questa immagine si evince come il GPM tenda a sovrastimare leggermente la precipitazione.

Le analisi condotte attraverso gli indici statistici hanno evidenziato delle generali buone prestazioni del sistema GPM sia per la Sardegna che per la Sicilia. In particolare sono stati ottenuti ottimi valori di correlazione tra il segnale GPM e il segnale rilevato dai pluviometri, con valori di correlazione medi che si assestano intorno a 0,8.

L'analisi è stata condotta sia a scala oraria che a scala giornaliera, mettendo in evidenza che la precisione della rilevazione GPM

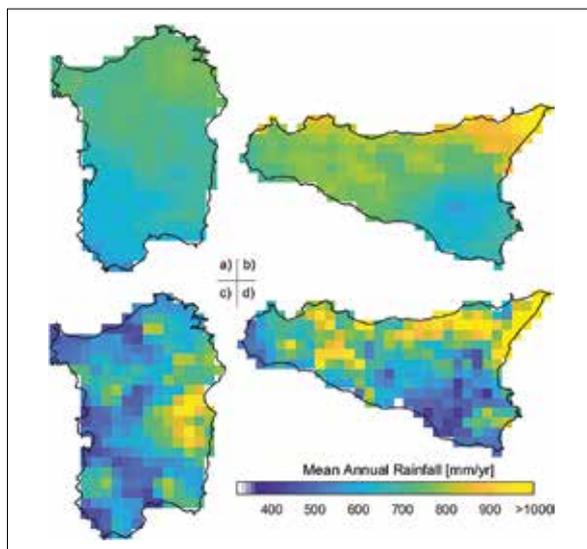


Fig. 1. Mappa della precipitazione media annuale nel periodo 2015-2016, misurata dal GPM (a, b) e dai pluviometri (c, d).

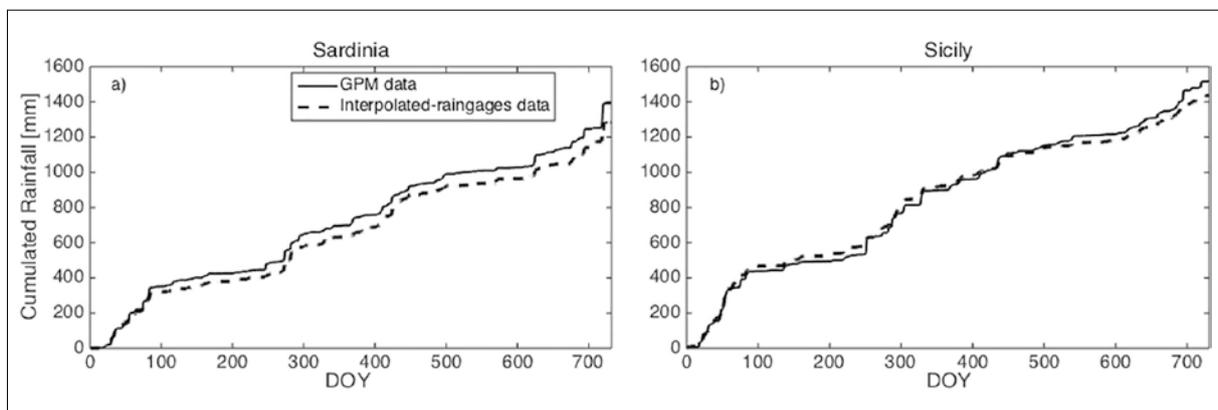


Fig. 2. Comparazione dell'altezza di precipitazione cumulata rilevata dal GPM (linea continua) e dai pluviometri (linea tratteggiata) in Sardegna e Sicilia.

aumenta se si considerano periodi di campionamento più lunghi.

La valutazione sull'effetto della morfologia nella accuratezza delle rilevazioni GPM ha messo in evidenza un aumento della precisione all'aumentare della quota. Tale comportamento è stato ulteriormente investigato facendo una distinzione tra aree costiere e aree ricadenti nell'entroterra e andando a calcolare per ogni area tutti gli indici statistici precedentemente menzionati, confermando l'aumento di precisione nelle aree lontane dal mare.

In conclusione, tale attività di ricerca ha permesso di confermare la bontà delle rilevazioni di pioggia effettuate nell'ambito del progetto GPM sia per la Sardegna che per la Sicilia. Per entrambi i contesti l'analisi ha messo in evidenza alcune debolezze nelle rilevazioni relativamente alla fascia costiera. Quindi sebbene già allo stato attuale il sistema GPM fornisca delle buone indicazioni sulle precipitazioni, è altrettanto evidente che esistono degli aspetti che meriterebbero un'ulteriore e più approfondita fase di studio.

Parallelamente all'attività sopra descritta è stata sviluppata una tematica di ricerca riguardante la fattibilità della costruzione di tetti verdi in varie regioni del mondo, andando a fornire delle indicazioni di massima su quali zone siano più idonee all'installazione dei tetti verdi (2). Anche in questo caso, la ricerca è stata finanziata dalla Fondazione di Sardegna.

I tetti verdi sono delle opere strutturali atte a mitigare le problematiche dovute al feno-

meno degli allagamenti nelle aree urbane. I benefici derivanti dall'installazione dei tetti verdi sono sostanzialmente di due tipi: riduzione del volume di deflusso superficiale generato dalle piogge e attenuazione e ritardo del picco di piena. Da un punto di vista puramente costruttivo, i tetti verdi possono essere classificati come estensivi o intensivi. I primi sono caratterizzati da uno strato di terreno molto sottile, nell'ordine di circa 150mm, ed ospitano una vegetazione avente radici poco profonde, mentre i secondi sono caratterizzati da strati di terreno più profondi e sono adatti ad ospitare una vegetazione di dimensioni rilevanti, come alberi.

L'obiettivo di tale studio è stato quello di valutare, per entrambe le tipologie costruttive, le prestazioni dei tetti verdi a scala mondiale, tenendo in considerazione oltre che il tipo di tetto, anche le possibili condizioni di stress vegetativo dovuto a lunghi periodi siccitosi. Per perseguire tale obiettivo è stato costruito un modello idrologico concettuale che andasse a simulare in ogni istante temporale il contenuto d'acqua presente nel terreno, l'evapotraspirazione e la quantità d'acqua che dai tetti viene rilasciata a terra. Una volta co-

struito il modello, le prestazioni dei tetti sono state calcolate in base a degli indici idrologici appositamente definiti.

Il primo indice è l'indice di ritenzione IOR. Quando questo indice assume valori pari all'unità il tetto raggiunge la massima efficienza. Il secondo indice è chiamato IOR_{95} il quale fornisce delle indicazioni sulle prestazioni dei tetti durante gli eventi maggiormente intensi. Quando questo indice è pari a uno si ha la massima efficienza.

Si è inoltre valutata la possibilità di crescita della vegetazione attraverso un parametro chiamato indice di stress idrico. Quando il valore dell'indice è prossimo all'unità, significa che la vegetazione si trova in una condizione di stress idrico che potrebbe portare alla morte della stessa.

Se si considerano unicamente le aree in cui i valori degli indici IOR e IOR_{95} sono elevati ed il valore del coefficiente di stress idrico è inferiore a 0,5, si riesce ad avere un'indicazione di massima su quali aree del mondo hanno condizioni maggiormente favorevoli all'installazione dei tetti verdi. Tali aree vengono mostrate nell'immagine (3) colorate di verde sia per i tetti estensivi (panelli a e c) sia per

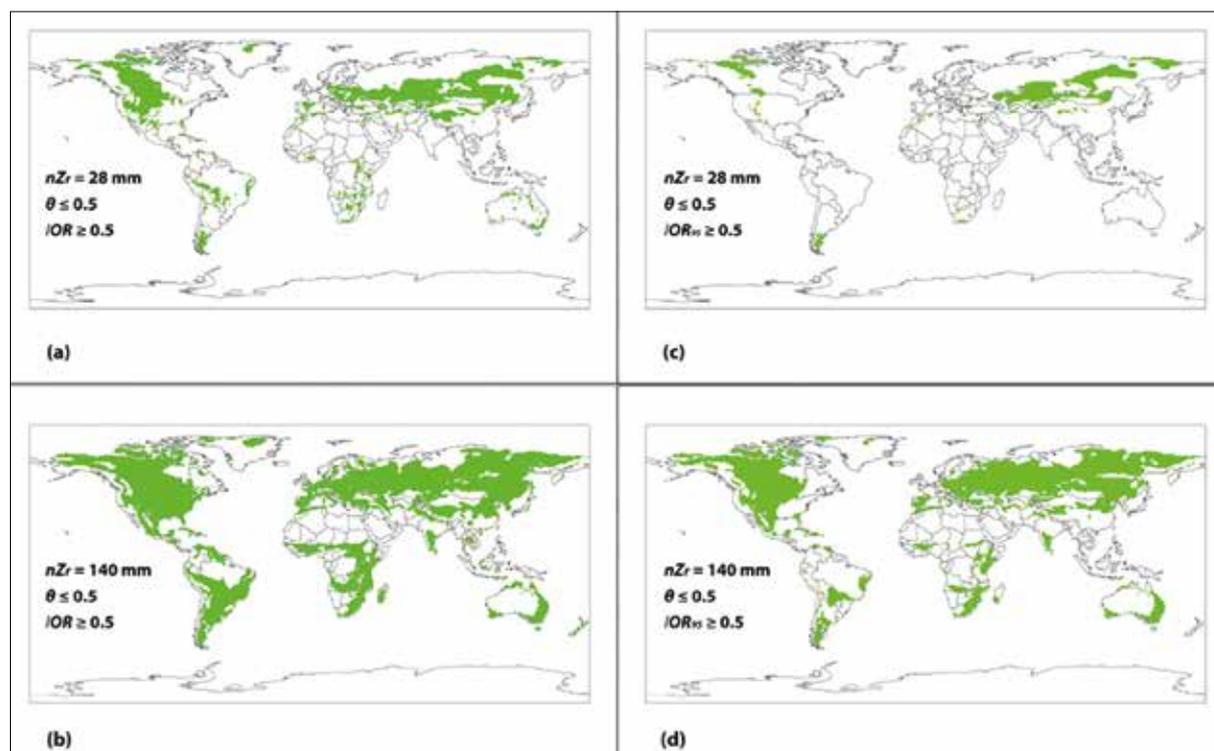


Fig. 3. Distribuzione spaziale della aree maggiormente adatte all'installazione dei tetti verdi

quelli intensivi (pannelli *b* e *d*). L'immagine mostra come per quanto riguarda i tetti verdi estensivi la fattibilità dell'installazione sia prevalentemente concentrata nell' Emisfero Nord, mentre per quanto riguarda la configurazione intensiva le aree che presentano delle buone condizioni per l'installazione dei tetti verdi aumentano in maniera considerevole.

In conclusione quindi, questo studio ha voluto ricercare le aree maggiormente adatte all'installazione dei tetti verdi, i quali potrebbero rappresentare un ottimo strumento per la mitigazione del rischio d'alluvione nelle aree urbane, rischio che negli ultimi anni è aumentato drasticamente sia a causa dei cambiamenti climatici in atto, sia a causa di una gestione scellerata dell'uso del suolo.

Altro tema di ricerca sviluppato negli ultimi anni e finanziato dalla Fondazione è stato la valutazione dell'impatto dei cambiamenti climatici e d'uso del suolo sul deflusso medio annuo nei bacini dell'area mediterranea (3). Per far ciò è stato costruito un *framework*

basato sull'equazione di Fu, il quale descrive la curva di Budyko, in modo da poter separare gli impatti sul deflusso annuo provocati dai cambiamenti climatici da quelli provocati dai cambiamenti d'uso del suolo. Gli effetti di queste due componenti sono stati studiati attraverso le ricostruzioni delle distribuzioni di probabilità annuali di deflusso per il periodo in esame e per gli scenari futuri più probabili, basati sulla ricostruzione dei modelli meteorologici di circolazione globale e sugli andamenti dell'urbanizzazione. Il risultato di tale ricerca ha evidenziato una decrescita considerevole del deflusso medio annuo, con picchi di decrescita pari al 47,6%. Tale decrescita comporta delle ovvie criticità sul sistema idrico destinato a soddisfare il fabbisogno della popolazione. Infatti riducendosi il deflusso annuo si riduce la disponibilità d'acqua da destinare alla popolazione per i vari usi, potabile, agricolo e industriale, comportando quindi delle situazioni di crisi del sistema.

Bibliografia

1. Caracciolo D, Francipane A, Viola F, Noto LV, Deidda R. Performances of GPM satellite precipitation over the two major Mediterranean islands. *Atmospheric Research*, 2018; 213: 309-22.
2. Hellies M, Deidda R, Viola F. Retention performances of green roofs worldwide at different time scales. *Land Degradation and Development*, 2018; 29(6): 1940-52.
3. Viola F, Feng X, Caracciolo D. Impacts of Hydrological Changes on Annual Runoff Distribution in Seasonally Dry Basins. *Water Resources Management*, 2019; 33(7): 2319-33.

Francesco Viola ha conseguito la Laurea in Ingegneria Civile Idraulica presso l'Università degli Studi di Palermo, con votazione 110/110 e lode nel novembre del 2001. Ha conseguito nel Febbraio 2005 il Dottorato di Ricerca in "Ingegneria delle reti civili e dei sistemi territoriali", XVII ciclo, presso l'università di Napoli Federico II. Da dicembre 2018 è Professore associato a tempo pieno presso il Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale e Architettura dell'Università degli Studi di Cagliari. Nel 2007 è stato Visiting researcher al Department of Civil and Environmental Engineering, Duke University, Durham, North Carolina, USA, collaborando col Prof. Amilcare Porporato.

I suoi interessi di ricerca riguardano i modelli idrologici, i cambiamenti climatici, l'ecoidrologia e la previsione e prevenzione del rischio idrogeologico. Autore e/o coautore di 34 lavori pubblicati su riviste ISI. Autore e/o coautore di più di 70 lavori presentati a convegni nazionali e/o internazionali, molti dei quali pubblicati negli atti degli stessi convegni; co-editore di due volumi scientifici. Editor della rivista "Advances in Meteorology". Secondo il database SCOPUS, l'*H-index* vale 16; i lavori sono stati citati 695 volte (17/04/2019). Secondo il database GOOGLE SCHOLAR, l'*H-index* vale 17; i lavori sono stati citati 969 volte (17/04/2019).

Studio di sistemi di accumulo dell'energia termica integrati con processi innovativi di accumulo di energia mediante produzione di metanolo da CO₂ riciclata e H₂ da fonti rinnovabili

Responsabile scientifico: **Roberto Baratti**

Gruppo di ricerca: Filippo Bertolino, Renzo Carta, Giorgio Cau, Daniele Cocco, Massimiliano Grosso, Simonetta Palmas, Vittorio Tola

Come è noto, la limitazione dell'aumento della temperatura media globale entro 1.5-2°C richiede una forte riduzione delle emissioni di CO₂. Questo fatto sta portando un radicale cambiamento sia sul modo di gestire i processi di generazione ed utilizzo dell'energia, che la vita quotidiana stessa dell'uomo.

Una delle soluzioni più promettenti per fronteggiare il problema globale può essere l'uso intensivo di fonti di energia rinnovabile, accoppiate alla realizzazione delle cosiddette *CCS e CCU technologies* (*Carbon Capture and Storage, Carbon Capture and Utilization*), per la cattura, l'immagazzinamento ed il riutilizzo della CO₂.

D'altra parte, la forte espansione di sistemi di generazione di energia basati su fonti rinnovabili, come l'energia eolica e l'energia solare, che per loro natura sono discontinue e non programmabili, rende sempre più indispensabile l'uso di sistemi e tecnologie avanzate per l'accumulo dell'energia sotto varie forme, generazione elettrica distribuita, *power-to-fuels* e *power-to-chemicals*.

Nell'ambito dei progetti finanziati dalla Fondazione di Sardegna (progetto CRP F711170002800), presso il DIMCM dell'Università di Cagliari è allo studio sia la riduzione diretta e la produzione di idrogeno (Unità Operativa 1) sia la produzione di combustibili sintetici da fonti rinnovabili

(solare, eolica, ecc.) utilizzando CO₂ riciclata come mezzo di accumulo energetico (Unità Operativa 1 2).

UO 1

La prima Unità Operativa ha affrontato sia il problema della riduzione diretta della CO₂, che quello della sua riduzione tramite H₂, ottenuto da un processo elettrochimico alimentato con energia rinnovabile solare.

È noto infatti, che la riduzione chimica della CO₂ è favorita dal punto di vista termodinamico, ma avviene solo in presenza di agenti riducenti molto forti. Questo problema è stato quindi affrontato in questa ricerca (1), nella quale è stato proposto un processo elettrochimico, realizzato su un materiale di elettrodo, il diamante drogato al Boro (BDD), che ha la particolarità di essere molto stabile alla elettrolisi dell'acqua: in esso possono essere attivati quindi anche difficili processi di riduzione, prima che venga svolto idrogeno dall'acqua, che in questo caso, rappresenterebbe un processo secondario indesiderato.

Parallelamente, si sta studiando la possibilità di utilizzare una fonte rinnovabile di energia, quella solare, per produrre direttamente dalla elettrolisi dell'acqua l'H₂ che potrà poi essere usato come agente riducente per realizzare la riduzione chimica della CO₂. Come è noto, in tale processo, lo

stadio limitante, cioè quello che comporta maggiori problemi dal punto di vista delle sovratensioni, è lo sviluppo di ossigeno all'anodo; pertanto è all'anodo che devono essere rivolte le attenzioni maggiori, se si vuole velocizzare l'intero processo.

Il punto cruciale della ricerca diventa in questo caso, trovare materiali anodici efficaci per sfruttare in maniera efficiente la radiazione solare. È risaputo infatti che molti dei comuni materiali semiconduttori, uno fra tutti il biossido di titanio, TiO_2 , che è stato scelto come materiale di elettrodo oggetto del nostro studio, non sono in grado di sfruttare la gran parte dello spettro solare, perché la lunghezza d'onda delle radiazioni nel visibile non ha l'energia sufficiente ad attivare il comportamento fotocatalitico del materiale.

Nel tentativo di fornire una possibile soluzione a tale problema, la presente ricerca propone la sintesi e l'utilizzo di strutture di TiO_2 a diversa morfologia, ed il loro uso combinato insieme ad altri semiconduttori o conduttori, così che il materiale finale possa essere utilizzabile con la radiazione solare, senza l'uso di sorgenti luminose artificiali (2, 3).

In Figura 1 è riportato un esempio delle analisi SEM, al microscopio elettronico, realizzate su alcuni dei campioni sintetizzati: le dimensioni nanometriche delle strutture, e la relativa morfologia 3D consentono di ottenere un elevatissimo sviluppo superficiale, parametro questo che rappresenta uno dei requisiti fondamentali per reazioni eterogenee, come quelle considerate nei processi elettrochimici in esame.

Altro aspetto, non di secondaria importanza, studiato nel progetto, è la possibilità di abbinare al processo di sviluppo di H_2 , concentrato sul catodo, la contemporanea ossidazione di una sostanza organica contenuta nella soluzione anodica (4). Il processo globale raggiungerebbe in tal modo il duplice scopo di ottenere, con l'azione dell'energia solare, da un lato l' H_2 necessario alla riduzione della CO_2 , e dall'altro la rimozione di eventuali contaminanti presenti in un'acqua.

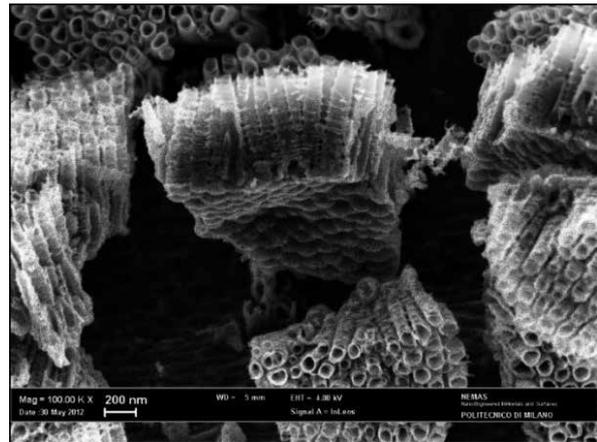


Fig. 1. Esempio dei risultati da analisi SEM dei campioni di TiO_2 a struttura nanotubolare e "ad albero".

UO 2

La seconda Unità Operativa ha focalizzato la sua attenzione sulla modellazione e analisi delle diverse sezioni e della loro integrazione dal punto di vista energetico e termico (5). Diversi approcci e tecnologie sono in fase di studio per stabilire quale sia la migliore soluzione nell'ottica di una futura società decarbonizzata e basata sui cicli chiusi del carbonio, dove una stessa molecola di CO_2 viene convertita e usata ciclicamente e indefinitamente. La Figura 2 riporta alcuni schemi d'impianto per un sistema di questo tipo (6).

Il combustibile investigato principalmente è il metanolo (MeOH). Uno dei layout analizzati per la produzione e il riutilizzo del MeOH si basa su un sistema a celle a combustibile invertibili (RSOC, celle ceramiche ad alta temperatura), capaci di lavorare sia in modalità diretta (produzione di energia elettrica, SOFC), sia in modalità inversa (elettrolisi con produzione di idrogeno, SOEC), e su una sezione di sintesi del metanolo. Tramite modelli appositamente sviluppati, sono stati valutati i rendimenti energetici in due diversi casi di integrazione termica tra le sezioni del sistema (6).

Al momento è in fase di studio una soluzione impiantistica basata su processi di elettrolisi alcalina, tecnologicamente più maturi e consolidati, per il confronto con il sistema innovativo. Per i diversi si-

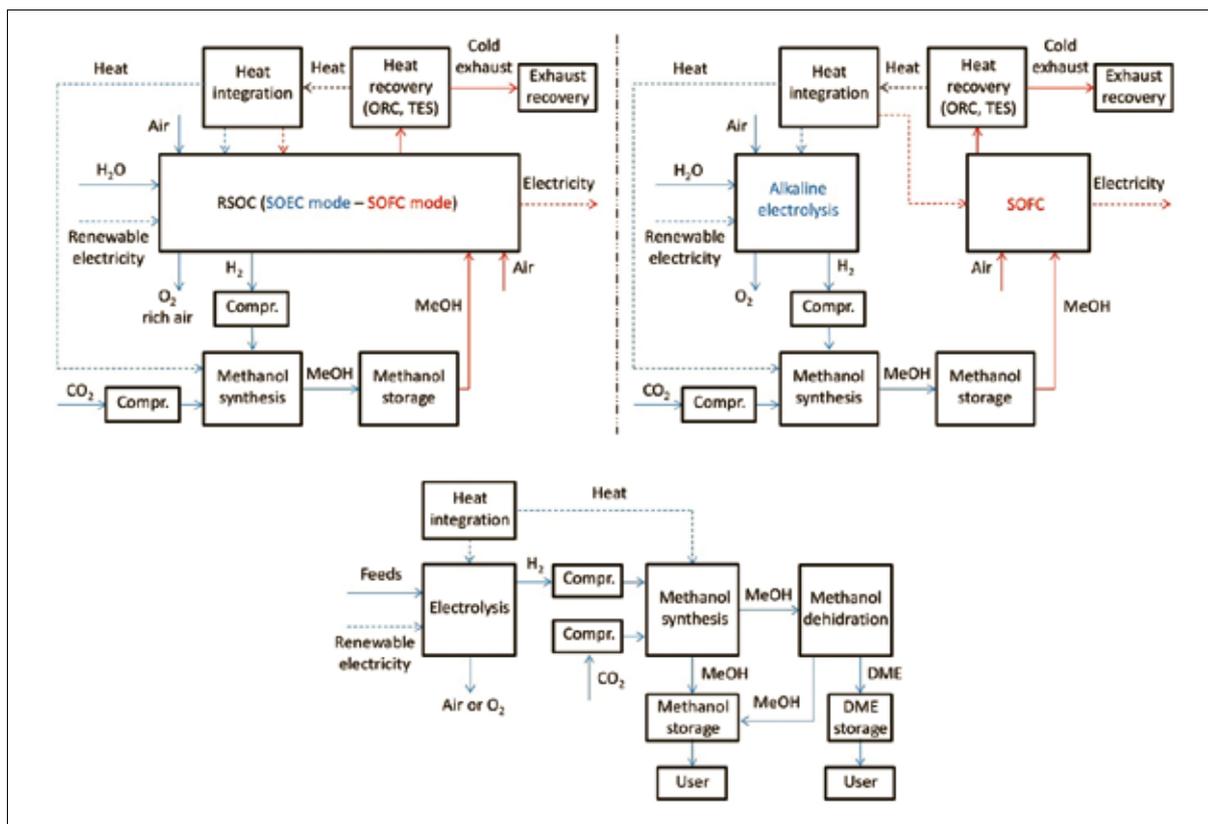


Fig. 2. Rappresentazione di schemi d'impianto. Da sinistra: sistema a celle innovative; sistema a celle commerciali; elettrolisi (innovativa o commerciale) e destinazioni d'uso diverse.

stemi si valuterà la migliore integrazione energetica, stabilendo la tecnologia di accumulo termico (TES) che più si adatta a ognuno e valutando i vantaggi derivanti dall'integrazione con un impianto motore termico a fluido organico (*Organic Rankine Cycle*, ORC), per la produzione combinata di lavoro e calore a bassa temperatura, per l'ottimizzazione della produzione di energia elettrica durante il funzionamento in modalità cella a combustibile. Sarà svolta un'analisi tecnico-economica delle due soluzioni ideate, definendo la convenienza dell'uno o dell'altro sistema nel medio-lun-

go periodo. Inoltre, sarà analizzata un'ulteriore variante, priva della modalità cella a combustibile, per la sola produzione di metanolo da destinare a settori diversi da quello della generazione elettrica (trasporti, riscaldamento, industria chimica, ecc.) e/o per la sua conversione in dimetiletere (DME), componente utilizzabile per la produzione di derivati tipici del petrolio, in sostituzione delle fonti fossili.

I risultati ottenuti finora, da entrambe le UO, sono stati oggetto di comunicazioni a convegni e pubblicazioni scientifiche come riportato nel seguito (1-6).

Bibliografia

1. Palmas S, Mais L, Mascia M, et al. On the electrochemical reduction of CO_2 at boron doped diamond electrodes in aqueous media. In 3rd E3 Mediterranean Symposium: Electrochemistry for Environment and Energy, XXXIX Meeting of the Electrochemistry Group of the Spanish Royal Society of Chemistry. Madrid, 2-5 luglio 2018.
2. Palmas S, Mascia M, Mais L, et al. On

- the role of Au nanoparticles in hybrid TiO₂ structures for photoelectrocatalytic processes. In 3rd Workshop on Electrochemical Engineering: Industrial Electrochemistry and Electrocatalysis nel 12th European Congress of Chemical Engineering (ECCE12). Firenze, 15-19 settembre 2019.
3. Palmas S, Mascia M, Mais L, et al. Combined electrode materials and techniques to achieve effective systems for production and/or storage of energy. In New electrochemical processes for energy and the environment. Toledo, 12-15 maggio 2019.
 4. Matarrese R, Nova I, Li Bassi A, et al. Integrated Au/TiO₂ nanostructured photoanodes for photoelectrochemical organics degradation. *Catalysts*, 2019, 9(4): 340; Special Issue "New Trends in Photo (Electro) catalysis: From Wastewater Treatment to Energy Production" <https://doi.org/10.3390/catal9040340>.
 5. Lonis F, Tola V, Cau G. Renewable methanol production and use through reversible solid oxide cells and recycled CO₂ hydrogenation. In Conference Archive ISSN: 2363-8702. 9th International Freiberg Conference on IGCC & Xtl Technologies, Berlino, 3-8 giugno 2018.
 6. Lonis F, Tola V, Cau G. Renewable methanol production and use through reversible solid oxide cells and recycled CO₂ hydrogenation. *Fuel*, 2019; 246: 500-515. doi:10.1016/j.fuel.2019.02.108.

Roberto Baratti è Professore ordinario presso il Dipartimento di Ingegneria Meccanica, Chimica e dei Materiali dell'Università degli Studi di Cagliari. Nel corso della sua attività, ha acquisito competenze nel campo delle operazioni unitarie dell'Ingegneria Chimica, della fisica dei processi di trasporto/reazione, dell'ottimizzazione e delle problematiche di controllo avanzato, svolgen-

do una attività di ricerca rivolta alla analisi, alla identificazione, al monitoraggio ed all'ottimizzazione di processi. È ed è stato coordinatore o coordinatore locale di numerosi finanziamenti sia da enti pubblici sia privati. Gli attuali interessi di ricerca sono nei seguenti campi: CCS, modellazione, modellazione stocastica e controllo di processo.

Realizzazione, caratterizzazione e simulazione modellistica di schiume metalliche nanoporose

Responsabile scientifico: **Giacomo Cao**

Gruppo di ricerca: Rita Ambu, Francesco Aymerich, Antonio Baldi, Michele Brun, Alberto Cincotti, Francesco Delogu, Antonio Mario Locci, Michele Mascia, Pier Francesco Orrù, Maria Cristina Porcu, Stefania Tronci

Capitolo descrittivo

Appartenenti alla più ampia classe dei materiali nanostrutturati, i metalli nanoporosi costituiscono una famiglia di solidi porosi metastabili tra le più sorprendenti e attraenti. Principale elemento distintivo è la struttura cellulare, che intesse la fase solida in un'architettura variegata di nodi massivi disordinatamente connessi da legamenti di forma irregolare. La micrografia riportata in Figura 1 ne fornisce un chiaro esempio.

Dotati di morfologia e dimensioni variabili, i diversi elementi strutturali condividono

lunghezze caratteristiche appartenenti alla scala nanometrica. Ne risulta un'area superficiale elevata, distribuita all'interno di un volume che vede materia e vuoto rincorrersi in scenari percolativi a stocasticità elevata.

La natura metallica delle forze di coesione proprie della fase solida e la considerevole estensione della superficie specifica conferiscono ai metalli nanoporosi proprietà fisiche e chimiche ben differenti da quelle delle controparti massive. Particolarmente evidenti le differenze nel caso dell'oro. Elemento chimico noto precipuamente per la nobiltà del chimismo e, quindi, per la marcata inerzia nei confronti di reazioni chimiche di indirizzo non metallurgico, l'oro mostra una spiccata, quanto inattesa, attività di natura catalitica quando costretto alla forma di solido nanoporoso.

In relazione a queste e altre evidenze, la letteratura specialistica pone decisamente in risalto l'intero spettro di proprietà mostrato dai metalli nanoporosi attualmente disponibili e le loro prestazioni in ambiti di utilizzo che investono, per esempio, la fabbricazione di catalizzatori eterogenei innovativi, di nuove membrane per celle a combustibile, di condensatori supercapacitivi di nuova concezione, di sensori dotati di sensibilità elevatissima, di materiali strutturali di caratteristiche superiori.

Pur essendo i metalli nanoporosi correntemente oggetto di indagini intense e

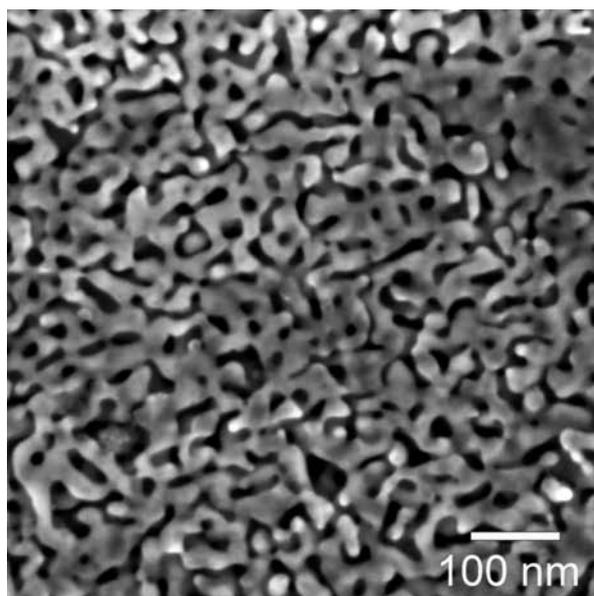


Fig. 1. Micrografia di un campione di oro nanoporoso ottenuta mediante microscopia elettronica a scansione.

segnatamente multidisciplinari, ogni possibile applicazione di ispirazione ingegneristica risente di alcune specifiche limitazioni. Tra queste emerge prepotentemente l'insoddisfacente comprensione delle relazioni tra struttura e proprietà fisiche e chimiche.

Confidando nell'esperienza maturata negli ultimi anni di studio, con indirizzo sia sperimentale sia teorico, dei metalli nanoporosi, il progetto di ricerca finanziato nell'ambito della *Convenzione tra la Fondazione di Sardegna e gli Atenei Sardi* ambiva ad affrontare la problematica summenzionata. Il progetto di ricerca si proponeva quindi, quale obiettivo generale, il progresso nelle conoscenze fondamentali relativamente alle cosiddette relazioni tra struttura e proprietà nel caso di metalli plasmabili nella forma di architetture nanoporose. Specificamente, il progetto di ricerca mirava a svelare la relazione tra la struttura di schiume metalliche monolitiche nanoporose e uno spettro limitato delle loro proprietà fisiche e chimiche. Alla luce della loro importanza e delle implicazioni di vasta portata, particolare enfasi veniva posta sulle proprietà di natura meccanica.

In particolare, il progetto si proponeva di compiere indagini sperimentali e teoriche sul comportamento dei metalli nanoporosi in condizioni di deformazione elastica e plastica. Quindi, si poneva l'ulteriore obiettivo di eseguire misure quantitative delle proprietà catalitiche ed elettrocatalitiche.

L'attività di ricerca nell'ambito del progetto è stata articolata, come previsto nella proposta progettuale, in accordo con i seguenti pacchetti di attività (PA):

1. Fabbricazione mediante dealligazione chimica ed elettrochimica;
2. Caratterizzazione strutturale;
3. Misurazione delle proprietà meccaniche;
4. Valutazione del comportamento catalitico ed elettrocatalitico;
5. Modellizzazione del comportamento termico e meccanico.

Ai fini di una maggiore chiarezza, le attività di ricerca connesse ai singoli PA sono descritte separatamente di seguito.

PA1. Fabbricazione mediante dealligazione chimica ed elettrochimica

Si è proceduto alla preparazione di leghe metalliche binarie mediante processo di alligazione meccanica in mulini a sfere e successivo trattamento termico in atmosfera inerte. Le varie trasformazioni strutturali sono state opportunamente seguite mediante metodi di diffrazione di radiazione X di natura quantitativa. Il materiale in polvere sottoposto a trattamento termico è stato successivamente consolidato mediante sinterizzazione in corrente pulsata. I campioni cilindrici di metallo denso ottenuti sono stati sottoposti a dealligazione chimica ed elettrochimica.

Nel primo caso i campioni sono stati esposti ad agenti di corrosione chimica a elevata concentrazione, quali acido nitrico e acido solforico, a temperatura costante. Il processo di dissoluzione selettiva è stato caratterizzato mediante titolazione chimica delle soluzioni ricavate. Nel secondo caso i campioni sono stati inseriti in una cella elettrochimica. La variazione sistematica dell'intensità del campo elettrico, della composizione dell'elettrolita e del tempo di elettrolisi ha consentito di individuare le condizioni ottimali per l'ottenimento dei materiali porosi. In ogni caso il processo di corrosione è stato interrotto immergendo i campioni in acqua distillata per rimuovere l'acido residuo nei pori.

PA2. Caratterizzazione strutturale

Le strutture metalliche nanoporose sono state studiate mediante microscopia elettronica a scansione e trasmissione (SEM e TEM, rispettivamente). Le osservazioni TEM sono state eseguite utilizzando un microscopio TEM Tec12 GII. Tali osservazioni sono state utilizzate in funzione di supporto all'osservazione SEM nel caso di strutture con legamenti aventi diametri inferiori a 20 nm. Le strutture nanoporose con architettura più grossolana sono state studiate utilizzando un microscopio elettronico Zeiss EVO LS15 SEM. Le micrografie SEM e TEM hanno fornito una visione in proiezione planare della struttura metallica

nanoporosa sufficientemente dettagliata da consentire la descrizione quantitativa delle morfologie locali.

PA3. Misurazione delle proprietà meccaniche

Il comportamento meccanico dei metalli nanoporosi è stato studiato mediante metodi di nanoindentazione. Gli esperimenti sono stati eseguiti utilizzando una cosiddetta punta di Berkovich calibrata in condizioni di carico e velocità di carico adeguate. In particolare, si sono utilizzate condizioni tali da ottenere impronte della profondità variabile all'incirca tra 200 e 800 nm. Il modulo di Young e il modulo di resa e snervamento sono stati stimati attraverso l'analisi delle curve di scarico e carico rispettivamente.

Prove di compressione su scala macroscopica sono state eseguite utilizzando una pressa meccanica in condizioni di controllo del carico. In particolare, i campioni consolidati mediante sinterizzazione in corrente pulsata sono stati sottoposti a compressione a velocità costante. La cella di carico è stata opportunamente calibrata utilizzando campioni di riferimento con rigidità compatibile con quella dei campioni. Il dispositivo di compressione era equipaggiato con un sistema di auto-allineamento dotato di una piastra avente un giunto inferiore sferico. La deformazione subita dai campioni durante le prove di carico in compressione è stata misurata utilizzando un insieme di trasduttori di deformazione e di spostamento. A questi si è affiancata l'analisi delle immagini raccolte mediante videocamera.

PA4. Valutazione del comportamento catalitico ed elettrocatalitico

Le prove sperimentali di misurazione dell'attività catalitica sono state eseguite all'interno di un reattore tubolare in quarzo in condizioni di flusso continuo a temperatura costante. Il campione di metallo nanoporoso è stato immobilizzato tra due dischi porosi di ossido di alluminio. I reagenti gassosi in miscela sono stati iniettati nel reattore a velocità costante e le quantità relative dei prodotti sono state misurate utilizzando

un gascromatografo Shimadzu GC-8A collegato in linea con il reattore in quarzo.

Le proprietà elettrocatalitiche sono state studiate attraverso metodologie che sfruttano la corrente diretta, quali voltammetria, voltammetria ciclica e scansione lineare, e metodologie che sfruttano la corrente alternata, quali la spettroscopia elettrochimica di impedenza.

PA5. Modellizzazione del comportamento termico e meccanico

I possibili meccanismi di deformazione locale e la distribuzione della temperatura durante il processo di deformazione sono stati studiati attraverso il metodo degli elementi finiti. Specificamente, si sono costruiti modelli continui aventi come matrice strutture nanoporose di riferimento opportunamente costruite. Quindi si sono utilizzati metodi basati sulla cosiddetta analisi di convergenza e sull'omogeneizzazione delle proprietà per rendere palese il legame tra il meccanismo locale di deformazione e la distribuzione della temperatura e le proprietà fisiche macroscopiche. A tal fine si sono determinati i parametri di caratterizzazione statistica della microstruttura di ordine superiore, quali il volume di fase solida, la forma e la distribuzione della materia all'interno del volume di riferimento.

Allo scopo di tener debito conto dei parametri di tortuosità si sono considerati schemi di omogeneizzazione per i sistemi compositi periodici e disordinati quali quelli basati su limiti variazionali, approssimazioni in assenza di interazione, schemi differenziali, schema Mori-Tanaka e metodo Kanaun-Levin.

Poiché la complessità e l'irregolarità delle strutture metalliche nanoporose impediscono l'individuazione di chiare relazioni tra morfologia e dimensione degli elementi strutturali e proprietà del materiale, si è effettuata l'analisi teorica volta all'identificazione di modelli strutturali approssimanti delle strutture metalliche nanoporose reali. A tal fine si sono utilizzate la geometria integrale e l'analisi delle immagini.

Contemporaneamente si sono effettuati tentativi volti al miglioramento del modello cosiddetto di Gibson e Ashby, originariamente sviluppato per schiume macroscopiche con legamenti ad elevato rapporto di forma e nodi a bassa aggregazione di materia. In particolare, si è utilizzata la teoria dell'elasticità di Timoshenko per descrivere la deformazione dei singoli legamenti e nodi massivi.

Complessivamente, le attività di ricerca svolte nell'ambito dei cinque PA hanno consentito un significativo progresso nelle conoscenze fondamentali e ingegneristiche nel campo dei metalli nanoporosi.

Da una parte si è affrontata con successo la problematica complessa legata alla fabbricazione di strutture metalliche nanoporose, anche differenti da quelle a base di oro. Lo sviluppo di percorsi sintetici adatti alla generazione di metalli nanoporosi diversi dall'oro promette di avere un impatto benefico su tutte quelle aree di indagine e sviluppo in qualche modo legate all'ingegneria strutturale, alla catalisi, all'energia, all'analisi chimica e all'attuazione meccanica.

D'altra parte la caratterizzazione accurata della struttura dei metalli nanoporosi ha consentito la descrizione quantitativa delle morfologie locali e globali. La descrizione statistica dettagliata delle geometrie disordinate ha comportato progressi significativi nella comprensione delle relazioni tra struttura e proprietà nei metalli nanoporosi. Per esempio, è stato possibile correlare effetti cosiddetti di taglia, legati alle dimensioni caratteristiche di legamenti e nodi, all'indurimento derivante da restrizioni locali alla mobilità delle dislocazioni e dei difetti reticolari in genere, e alle proprietà chimiche e catalitiche.

Per quanto riguarda i fenomeni catalitici, la fabbricazione di metalli nanoporosi a base di oro e altri metalli nobili ha permesso di svolgere indagini sull'attività e selettività in reazioni ossidative. Sulla stessa linea, è stato possibile sfruttare le proprietà superficiali dei metalli nanoporosi per ottenere risposte attuative in funzione dell'atmosfera alla quale venivano esposti i campioni. Un tipico esempio del comportamento attuativo è mostrato in Figura 2.

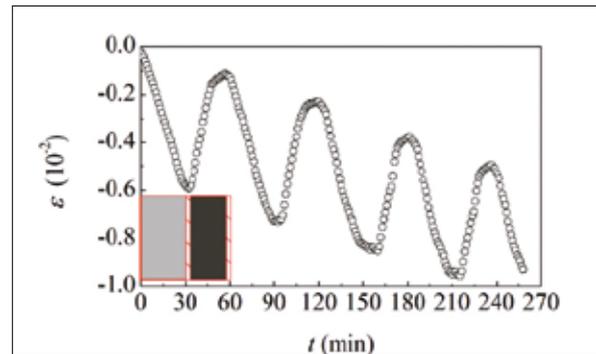


Fig. 2. Variazione relativa delle lunghezze di un campione di oro nanoporoso esposto ciclicamente a ozono (grigio chiaro), azoto (area coperta) e monossido di carbonio (grigio scuro).

Nuova luce è stata gettata sui meccanismi microscopici alla base delle risposte locali alla deformazione meccanica. A questo proposito, la combinazione di risultati sperimentali e numerici ha notevolmente favorito lo sviluppo di approcci teorici più soddisfacenti volti all'interpretazione dell'evidenza empirica. Più specificamente, la modellazione teorica ha consentito l'identificazione di strutture che si avvicinano alla topologia e al comportamento meccanico delle strutture metalliche nanoporose reali in misura significativa. L'accuratezza raggiunta nella descrizione del comportamento meccanico è ben illustrata dalla Figura 3.

I risultati delle diverse attività di ricerca sono riportati, parzialmente, nelle 6 pubblicazioni su riviste scientifiche internazionali con revisione tra pari elencate di seguito.

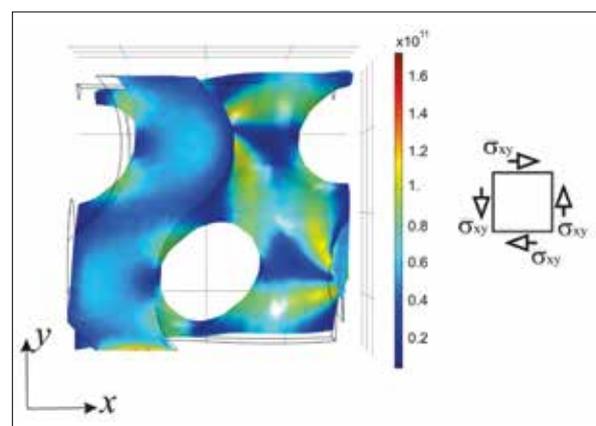


Fig. 3. Distribuzione delle deformazioni all'interno di una porzione del modello di struttura dell'oro nanoporoso.

Bibliografia

1. Pia G, Cincotti A, Delogu F. Thermally and catalytically induced coarsening of nanoporous Au. *Mater Lett*, 2016; 183; doi: 10.1016/j.matlet.2016.07.051.
 2. Pia G, Brun M, Aymerich F, Delogu F. Gyroidal structures as approximants to nanoporous metal foams: clues from mechanical properties. *J Mater Sci*, 2017; 52; doi: 10.1007/s10853-016-0407-5.
 3. Pia G, Delogu F. Hardening of nanoporous Au foams induced by surface chemistry. *Mater Lett*, 2017; 196; doi: 10.1016/j.matlet.2017.03.096.
 4. Pia G, Sogne E, Falqui A, Delogu F. Ag surface segregation in nanoporous Au catalysts during CO oxidation. *Sci Rep*, 2018; 8: 1-9; doi: 10.1038/s41598-018-33631-4.
 5. Pia G, Carta M, Delogu F. Nanoporous Au foams: Variation of effective Young's modulus with ligament size. *Scr Mater*, 2018; 144; doi: 10.1016/j.scriptamat.2017.09.038.
 6. Pia G, Carta M, Delogu F. Stiffening of nanoporous Au induced by water physisorption. *Mater Lett*, 2018; 220; doi: 10.1016/j.matlet.2018.03.026.
- Altri risultati verranno pubblicati nel prossimo futuro.

Giacomo Cao è Professore ordinario di Principi di Ingegneria Chimica e Direttore del Dipartimento di Ingegneria Meccanica, Chimica e dei Materiali dell'Università degli Studi di Cagliari rispettivamente dal 2001 e dal 2015. È stato visiting scholar presso il Department of Chemical Engineering, University of Notre Dame, USA nel 1988, 1992 e 1993 e research associate nel 1993 presso la stessa università. È stato consulente del Centro di Ricerca, Sviluppo, Studi Superiori in Sardegna (CRS4) dal 1998 al 2015. È stato indicato nel 2007 tra i 50 "leader nel mondo" con

riferimento alla tecnologia di sintesi di materiali nota con l'acronimo SHS (Self-propagating High-Temperature Synthesis). È Presidente del Distretto Aerospaziale della Sardegna dal 2013. Dal novembre 2016 è stato inserito nella lista dei Top Italian Scientists. È coautore di oltre 200 pubblicazioni su riviste specialistiche nazionali ed internazionali, tra cui "Materials Science & Engineering R: Reports" 63(4-6) 127-287 (2009), che ha raggiunto al momento oltre 950 citazioni, e di oltre 300 proceedings relativi a convegni nazionali ed internazionali, 5 libri e 12 brevetti.

Sistemi distribuiti per la gestione ottimizzata delle città e delle reti energetiche intelligenti

Responsabile scientifico: **Alessandro Pisano**

Gruppo di ricerca: Alessandro Pisano, Luigi Atzori, Andrea Casula, Alessandra Fanni, Giorgio Fumera, Gianluca Gatto, Alessandro Giua, Augusto Montisci, Carlo Muscas, Michele Nitti, Fabrizio Pilo, Fabio Roli, Massimo Vanzi

Risultati ottenuti nel progetto ODIS

Il progetto “ODIS - Optimization of DIstributed systems in the Smart-city and smart-grid settings” aveva l’ambizioso compito di promuovere una sinergica collaborazione fra ricercatori appartenenti a diversi ambiti scientifici onde produrre un significativo e trasversale avanzamento dello stato dell’arte nell’ambito dei sistemi distribuiti di controllo, ottimizzazione, comunicazione e sicurezza informatica in ambito Smart-City (SC) e Smart-Grid (SG).

Le tematiche affrontate ed i risultati ottenuti sono di natura variegata ma uniti dal comune paradigma di riferimento dell’“Internet of Things” (IoT), nell’ambito del quale reti distribuite di “oggetti intelligenti” abilitano, attraverso approcci cooperativi, l’implementazione di servizi complessi dall’elevato impatto sociale ed economico (5, 12, 16, 22). Un importante obiettivo di riferimento del progetto ODIS è stato il risparmio energetico nelle infrastrutture per servizi SC, sia su “larga scala”, come ad esempio nei sistemi di riscaldamento, ventilazione e condizionamento (HVAC) dei grossi edifici, che su scala più ridotta come nelle reti di sensori wireless, ambito nel quale il risparmio energetico consente un maggiore tempo di vita delle batterie.

Uno dei problemi affrontati nel progetto è stato lo sviluppo di un sistema Smart HVAC user-centric, che sfrutta il paradig-

ma del Social Internet of Things (SIoT), in cui viene raggiunto un compromesso ottimale tra costi energetici e comfort termico degli utenti. La caratterizzazione del profilo termico dell’edificio è basata non solo su misure ma anche sulle preferenze degli utenti raccolte dai dispositivi che si trovano all’interno dell’edificio stesso. I risultati ottenuti dimostrano che il sistema implementato è in grado di adattarsi alle esigenze dell’utente e di garantire un livello di comfort accettabile, riducendo allo stesso tempo i costi energetici (13).

In parallelo, onde rendere maggiormente sicure le piattaforme di scambio di dati attraverso le quali vengono condivisi dati sensibili e non associati al singolo utente, sono state sviluppate metodologie per rilevare e fronteggiare attacchi informatici volti a carpire informazioni o corrompere i dati che sono veicolati nella rete. Sono stati sviluppati sia meccanismi di protezione attiva, per ridurre la “superficie di attacco” della piattaforma, che meccanismi di protezione passiva per rilevare eventuali attacchi in corso. Tali strumenti risultano essere di importanza fondamentale, ad esempio, nei servizi on-line correlati ad ambiti quali la e-health, che denota l’insieme delle soluzioni e tecnologie informatiche di rete applicate alla salute ed alla sanità (16).

Le reti di sensori wireless rappresentano una delle principali tecnologie abilitan-

ti delle infrastrutture IoT. Nell'ambito del progetto ODIS sono stati sviluppati nuovi approcci per progettare antenne per reti di sensori wireless con dimensioni e consumo energetico ridotti (2, 3, 4).

Con riferimento alle reti elettriche intelligenti, ambito nel quale si è realizzata la massima sinergia fra i ricercatori dell'unità appartenenti a settori scientifici differenti, sono stati affrontati vari problemi associati ai vari "layer" della infrastruttura complessiva.

Per quanto concerne il layer superiore, responsabile della pianificazione dei flussi energetici e della ottimizzazione economica, è stata studiata e implementata una piattaforma di simulazione cyber-fisica per i nuovi mercati elettrici locali nei quali anche i piccoli produttori e consumatori, che insistono su una limitata area geografica, possono vendere o comprare energia elettrica. Il mercato elettrico locale è gestito da aggregatori commerciali, organizzati nei cosiddetti Virtual Power Plant (VPP) ovvero impianti di generazione virtuali costituiti da più impianti di generazione distribuiti sul territorio, collegati e gestiti attraverso una rete intelligente. L'aggregatore è responsabile delle offerte effettuate per i servizi ancillari quali ad esempio regolazione di tensione e gestione delle congestioni, ed è inoltre responsabile delle transazioni commerciali tra gli utenti (6, 7, 8). Con riferimento al livello gerarchicamente inferiore, responsabile della regolazione dei parametri di tensione e frequenza di rete, sono stati sviluppati sistemi di controllo innovativi basati sul paradigma del controllo distribuito robusto per sistemi multi-agente, in cui ogni "agente" (che nel contesto di una rete elettrica intelligente è assimilato ad un generatore o ad un sistema di accumulo) è equipaggiato da un controllore locale che "dialoga" e interagisce con un insieme limitato di altri agenti, tipicamente quelli geograficamente più prossimi. Tale approccio da un lato riduce lo scambio di informazioni e segnali di misura all'interno della rete, dall'altro conferisce al sistema complessivo caratteristiche di scalabilità e

robustezza a guasti locali che non vengono intrinsecamente garantiti da sistemi di controllo centralizzati (9, 10, 18, 19, 20).

Una rete intelligente deve essere in grado di gestire il flusso di informazioni tra i vari componenti della rete, dalle centrali elettriche alle risorse energetiche distribuite, dalle utilities locali ai clienti residenziali e commerciali. A tal fine possono essere utilizzate varie tecnologie di comunicazione, dalle soluzioni wireless a quelle cablate. Tra queste ultime, il sistema di comunicazione "Power-Line Communication" (PLC) utilizza la linea elettrica come supporto fisico per la comunicazione. Nel progetto di ricerca ci si è focalizzati sulla progettazione del sistema di trasmissione PLC attraverso una procedura di ottimizzazione multi-obiettivo (1).

La possibilità di gestire in modo "intelligente" un'infrastruttura SC o SG presuppone un'adeguata conoscenza del sistema stesso. Al fine di migliorare la qualità delle procedure di stima dello stato nelle reti elettriche di distribuzione, è stata definita una metodologia innovativa che, sfruttando le caratteristiche della più moderna strumentazione di misura disponibile, consente di valutare in modo accurato i parametri delle linee. In secondo luogo, al fine di consentire un uso più efficiente del canale di comunicazione, è stata proposta una nuova strategia, basata su soluzioni cloud, in cui la frequenza delle misure trasmesse è modificata dinamicamente.

Per incrementare l'efficienza energetica dei sistemi di conversione utilizzati per la gestione dei sistemi di accumulo (batterie e supercapacitori), utili nel contesto delle reti elettriche intelligenti ma anche per applicazioni domestiche, sono state investigate differenti topologie circuitali e tecnologie di componenti elettronici di potenza allo stato dell'arte quali ad esempio componenti in tecnologia Silicon Carbide (SiC) e nitruro di Gallio (GaN), oltre che soluzioni ibride (14, 15).

Come deliverable fondamentale e maggiormente significativo del progetto, in abbinamento ai vari algoritmi e soluzioni progettuali precedentemente illustrate, è stata

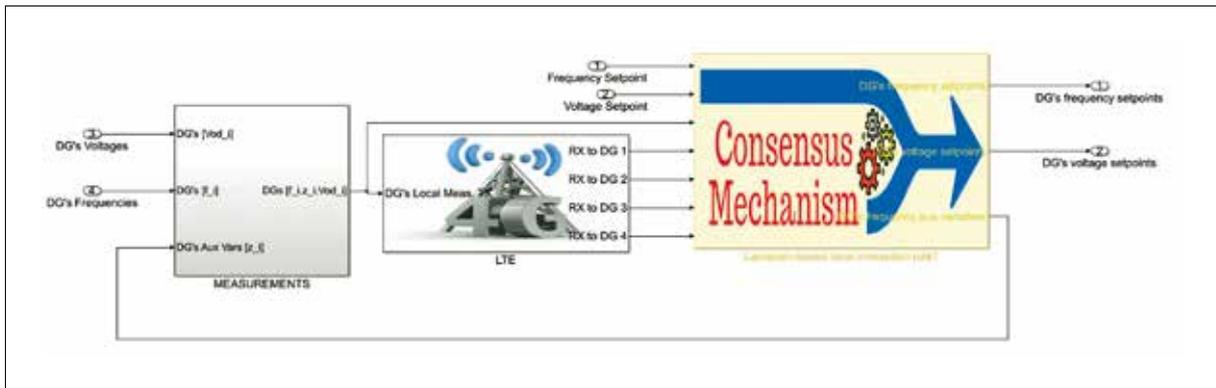


Fig. 1. Porzione della piattaforma di simulazione integrata di una rete elettrica intelligente.

realizzata una piattaforma di simulazione integrata riferita a un modello dinamico di una rete elettrica intelligente che include la modellazione di dettaglio della componentistica elettronica, dei generatori e dei carichi, ed in aggiunta (ed è il principale contributo innovativo del progetto) i sistemi di pianificazione dei flussi energetici, i sistemi di controllo della rete e dei dispositivi ai vari livelli gerarchici, ed i sistemi di acquisizione dati e trasmissione remota degli stessi, oltre che i blocchi preposti alla stima dei parametri incogniti di rete e delle variabili non misurabili (17). Tale piattaforma integrata (si veda in Figura 1 una porzione della stessa, contenente i moduli per la trasmissione wireless dei segnali di misura ed il modulo “Consensus Mechanism” che implementa gli algoritmi distribuiti per la regolazione di tensione e frequen-

za), con riferimento alla quale non risultano disponibili in letteratura strumenti simili, è un potente strumento di simulazione dinamica che consentirà di valutare la capacità della smart-grid di fronteggiare situazioni di guasto e incertezza, oltre che eventuali cyber-attacchi (21, 23), in un contesto realistico che incorpora anche le latenze di comunicazione dovute alla trasmissione dei segnali di misura mediante rete wireless LTE o mediante comunicazione cablata di tipo PLC.

Le soluzioni innovative sviluppate nell’ambito di ODIS migliorano pertanto sotto diversi aspetti lo stato dell’arte e forniscono in particolare agli operatori ed ai ricercatori strumenti pratici ed efficaci per applicazioni di monitoraggio, controllo e protezione nelle reti elettriche intelligenti e più in generale nelle infrastrutture IoT.

Bibliografia

1. Carcangiu S, Fanni A, Montisci A. Optimization of a Power Line Communication system to manage electric vehicles charging stations in a Smart Grid. *Energies*, 2019; 12(9): 1-13.
2. Casula GA. A quarter mode SIW antenna for short-range wireless communications. *Journal of Electromagnetic Waves and Applications*, 2019; 33(7): 853-864.
3. Casula GA, Montisci G, Valente G et al. A robust printed antenna for UHF wear-
4. Casula GA. A Design Rule to Reduce the Human Body Effect on Antennas for Short Range NF-UHF RFID Systems. 2nd URSI Atlantic Radio Science Meeting, Meloneras (Spain) May 28-June 1, 2018, IEEE Press, 2018.
5. Faizur Rahman T, Pilloni V, Atzori L. Task Allocation in Clusters of Cogni-

- tive Nodes: a Remuneration-aided Approach. 2019 IEEE International Conference on Communications (ICC), Shanghai (China), May 20-24, 2019. IEEE Press, 2018.
6. Galici M, Ghiani E, Troncia M et al. A cyber-physical platform for simulating energy transactions in local energy markets. 2019 IEEE Milan PowerTech, Milano, June 23-27, 2019, IEEE Press, 2019.
 7. Galisai S, Ghiani E, Pilo F. Multi-Objective and Multi-Criteria Optimization of Microgrids for Nearly Zero-Energy Buildings. IEEE Second International Conference on Smart Energy Systems and Technologies, Porto (Portugal), September 9-11, 2019. IEEE Press, 2019.
 8. Ghiani E, Pilo F, Celli G. Definition of Smart Distribution Networks. In: Zare K, Nojavan S. Operation of Distributed Energy Resources in Smart Distribution Networks, Academic Press, 2018.
 9. Gholami M, Pilloni A, Pisano A et al. Robust consensus-based secondary voltage restoration of inverter-based islanded microgrids with delayed communications. 57th IEEE Conference on Decision and Control; Miami, 17-19 dicembre 2018, IEEE Press, 2018: 811-816.
 10. Gholami M, Pilloni A, Pisano A et al. On the robust distributed control of inverter-based microgrids. 5th International Conference on Electrical, Electronic and Computing Engineering, (Invited paper) Palić (Serbia), June 11-14, 2018.
 11. Kapetina M, Rapaic MR, Pisano A et al. Adaptive Parameter Estimation in LTI Systems. IEEE Trans Aut Contr, 2019; 64(10): 4188-4195.
 12. Marche C, Atzori L, Nitti M. A Dataset for Performance Analysis of the Social Internet of Things. 29th IEEE Annual International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications; Bologna, 9-12 settembre 2018, IEEE Press, 2018: 1-5.
 13. Marche C, Nitti M. IoT for the Users: Thermal Comfort and Cost Saving. ACM MobiHoc Workshop on Pervasive Systems in the IoT Era. Catania, July 2, 2019. ACM pres, 2019: 55-60.
 14. Moradpour M, Ghani P, Pirino P et al. A GaN-Based Battery Energy Storage System for Three-Phase Residential Application with Series- Stacked devices and Three-Level Neutral Point Clamped Topology. 1st IEEE International Conference on Energy Transition in the Mediterranean Area, Cagliari, 28-30 May 2019, IEEE Press, 2019.
 15. Moradpour M, Gatto G. Efficiency Analysis of Two DC-DC Universal Converters for Electric Vehicles: Single-Phase Paralleled GaN and Two-Phase SiC-GaN-Based. 21st European Conference on Power Electronics and Applications. Genova, September 2-5, 2019, IEEE Press, 2019.
 16. Nitti M, Stelea GA, Popescu V et al. When social networks meet D2D communications: A survey. Sensors, 2019; 19(2): 396.
 17. Pegoraro PA, Brady K, Castello P et al. Line Impedance Estimation Based on Synchrophasor Measurements for Power Distribution Systems. IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, 2019; 68 (4): 1002-1013.
 18. Pilloni A, Pisano A, Usai E. Robust finite-time frequency and voltage restoration of inverter-based microgrids via sliding-mode cooperative control. IEEE Trans Ind Electronics, 2018; 65(1): 907-917.
 19. Pilloni A, Franceschelli M., Pisano A. et al. Delta modulation (Δ -M) via Second-order Sliding-Mode Control Technique. Control Engineering Practice; 2019, 92: 104129.
 20. Pilloni A, Gholami M, Pisano A et al. On the robust distributed secondary control of islanded inverter-based microgrids. In: Steinberger M, Horn M, Fridman L. Variable Structure Systems and Sliding Mode Control - Theory and Practice. Springer Verlag, Berlin, Studies in Systems, Decision and Control Series, 2020, in press.
 21. Piredda P, Ariu D, Biggio B et al. Deep-

- squatting: Learning-based typosquatting detection at deeper domain levels, AI*IA Conference of the Italian Association for Artificial Intelligence, Bari, November 14-17, 2017.
22. Ranjbaran S, Hossein Manshaei M, Nitti M. A Social-Aware Approach for Federated IoT-Mobile Cloud using Matching Theory. 2019 IEEE 5th World Forum on Internet of Things, Limerick (Ireland), April 15-18, 2018. IEEE Press, 2018: 554-559.
23. Tuveri P, Ghiani L, Orrù G. et al. Sviluppo di una tecnologia di riconoscimento di immagini di impronte digitali false ('liveness detection') su piattaforma Windows e Linux", Workshop "AI for Cybersecurity" nell'ambito del Convegno Nazionale CINI sull'Intelligenza Artificiale, Roma, 18-19 marzo 2019.

Alessandro Pisano è Professore associato presso il Dipartimento di Ingegneria Elettrica ed Elettronica. È attualmente docente titolare dei corsi "Controlli Automatici" e "Controllo dei Sistemi Energetici". I suoi interessi di ricerca vertono sul controllo, l'ottimizzazione e la diagnostica di processo, con applicazioni recenti tra cui le reti elettriche intelligenti ed i sistemi di produzione e accumulo di energia da fonte rinnovabile. Ha effettuato periodi di studio e ricerca presso università e centri di ricerca in Francia, Messico, Argentina e Serbia. Ha pubblicato oltre 70 lavori

su riviste scientifiche internazionali. L'impatto della sua attività di ricerca è quantificato dalle oltre 3000 citazioni ricevute e da un indice h pari a 26 (Fonte: *Scopus*). È Associate Editor della rivista scientifica internazionale "IEEE Control Systems Letters" e membro del Conference Editorial Board della IEEE Control Systems Society. A. Pisano è socio fondatore dello spin-off universitario "SitAut - Software per l'Internet of Things e l'AUTomazione srl" ed è titolare di due brevetti nazionali, uno dei quali successivamente esteso alla comunità europea.

SUM²GRIDS, Soluzioni tramite approccio multidisciplinare per il monitoraggio e la gestione intelligente delle reti elettriche di distribuzione

Responsabile scientifico: **Paolo Attilio Pegoraro**

Gruppo di ricerca: Giuliano Armano, Massimo Barbaro, Luca Didaci, Alessandro Fanti, Emilio Ghiani, Gian Luca Marcialis, Virginia Pilloni, Carla Seatzu, Alessandro Serpi, Giuliana Sias

Descrizione stato avanzamento progetto

Il progetto SUM²GRIDS, ovvero “Solutions by mUltidisciplinary approach for intelligent Monitoring and Management of power distribution GRIDS”, si prefigge di studiare e progettare metodi e modelli per il monitoraggio, la gestione e il controllo delle reti elettriche di distribuzione di nuova generazione.

Le trasformazioni rilevanti che interessano i sistemi elettrici e, in particolare, la diffusione della generazione distribuita e dei sistemi di accumulo, l'introduzione dei veicoli elettrici, le modifiche legate al mercato dell'energia spingono per un radicale cambio di paradigma nella gestione delle reti: dalla pianificazione, unita ad una gestione manuale, ad una automazione delle reti di media e, in prospettiva, di bassa tensione.

Le reti di nuova generazione, spesso descritte come intelligenti o “smart” per il forte ruolo che l'elaborazione e la trasmissione dell'informazione giocheranno nel loro progetto e funzionamento, presentano nuove criticità e peculiarità, dovute alla complessità del sistema, che include sia aspetti fisici legati alle reti sia aspetti legati appunto all'elaborazione, manipolazione e comunicazione dei dati usati per la supervisione e il controllo. Tali peculiarità vanno considerate a livello di sistema per garantire il successo nell'implementazione delle reti intelligenti.

Per avere la possibilità di gestire tali reti e di attuare qualunque tipo di automazione delle applicazioni è richiesta la conoscenza dello stato della rete stessa e quindi l'esistenza di un sistema di monitoraggio che possa supportare l'implementazione delle tecniche “intelligenti” di gestione. Il sistema di misura deve inoltre essere concepito in senso molto ampio come l'insieme di tutti quei dispositivi, quei modelli e quelle metodologie che operano in modo coordinato per ottenere una rappresentazione della rete che tenga conto di tutti i dati disponibili e della loro “incertezza”. In questo contesto, il progetto si propone di integrare dati raccolti da strumenti tradizionali con quelli ottenuti da moderni strumenti (tipicamente sincronizzati) e con quelli che derivano dall'elaborazione di dati di origine eterogenea (meteorologici, storici, previsionali).

La sfida principale è quella di progettare un sistema di monitoraggio per le reti di distribuzione che sia già concepito unitamente ai sistemi di gestione e controllo per garantire migliore efficacia ed efficienza alle applicazioni. Questo è possibile solo se si considera l'impatto dei sistemi di comunicazione e gestione dei dati sulle temporizzazioni del sistema di misura e, di conseguenza, sull'accuratezza con cui si riescono a stimare lo stato e le condizioni operative della rete. Tali informazioni sono infatti i dati di ingresso alle applicazioni di gestione

e controllo che devono, a loro volta, tener conto dei sistemi informativi e di comunicazione già nella fase progettuale.

Inoltre vanno considerate la sicurezza e la scalabilità dell'architettura e delle applicazioni, cosicché la cosiddetta Smart Grid possa diventare una realtà concreta.

Il progetto SUM²GRIDS ha tutti questi obiettivi e si prefigge di raggiungerli attraverso un approccio multidisciplinare. Il progetto combina, in un modo originale, tecniche di diversa natura che permettono di intervenire in modo coordinato ai diversi livelli del sistema. SUM²GRIDS sfrutta le diverse esperienze dei ricercatori partecipanti per la progettazione di un'architettura di monitoraggio e controllo distribuita che sia rigorosamente qualificata dal punto di vista metrologico e sia allo stesso tempo flessibile e sicura, in grado di considerare i problemi legati alla comunicazione e di riflettere le esigenze delle nuove applicazioni di gestione e controllo della rete intelligente.

Il progetto SUM²GRIDS, che è giunto alla fine del suo primo anno di attività, vede impegnati i ricercatori di ben nove aree dell'ingegneria industriale e dell'informazione allo scopo di ideare il sistema e progettarglielo sin da subito in modo coordinato.

In particolare, come si vede in Figura 1, i ricercatori si stanno occupando di tre macro-moduli: il sistema di misura, il sistema di gestione e controllo e il sistema di comunicazione ed elaborazione. Tali sottosistemi fanno capo a tre principali tematiche di investigazione e progettazione, fortemente interconnesse tra loro. È importante evidenziare i legami tra le diverse aree tematiche perché essi corrispondono, dal punto di vista pratico, sia alle scelte di multidisciplinarietà che hanno improntato l'attività di ricerca sia a vincoli di tipo progettuale (e quindi alle specifiche) del sistema stesso.

Per la progettazione del sistema di misura è stato necessario partire dai requisiti sull'accuratezza, l'intervallo di aggiornamento delle misure e il ritardo o latenza nella produzione di informazioni di misura che vengono imposti dalle applicazioni di gestione e controllo della rete. L'attenzione

è stata riposta in particolare sui sistemi di gestione dell'energia (Energy Management System, EMS) e sulla possibilità di effettuare il controllo in tempo reale, con stringenti requisiti temporali, in presenza di sistemi di accumulo e di veicoli elettrici. Il sistema di gestione e controllo e il sistema di misura necessitano di infrastruttura e tecnologia di comunicazione e calcolo (Information and Communication Technology, ICT) adeguate, che garantiscano il necessario supporto di trasmissione, memorizzazione ed elaborazione dell'informazione. Tale sistema ha quindi dei vincoli di banda trasmissiva e di latenza imposti sia dal sistema di misura che da quello di gestione, in quanto costituisce il veicolo sia delle misure sia dei comandi di controllo. Si è scelto dunque di lavorare su soluzioni Cloud e Internet of Things (IoT) che permettano una virtualizzazione della strumentazione e degli "oggetti" del sistema e forniscano il livello di scalabilità cercato. Si è inoltre lavorato per includere i concetti di sicurezza e integrità del dato fin dalle prime fasi del progetto.

Per quanto riguarda il sistema di misura si può evidenziare che si è operato su tre fronti principali: la progettazione e realizzazione di strumenti di misura dotati di sincronizzazioni spinte (tramite Global Positioning System, GPS) per l'etichettatura temporale di ogni singola misura e di dispositivi di instradamento dei dati di misura all'interno dell'architettura che va dal singolo sensore al centro di controllo; la definizione di modelli per generare dati di ingresso di tipo predittivo per la stima dello stato (che sfruttino informazioni storiche sui consumi e anche dati meteorologici) e gli algoritmi necessari per ottenere la stima stessa a partire da tutte le informazioni disponibili, di misura e previsionali.

Focalizzando l'attenzione sulle altre attività portate avanti fino ad ora, si è studiata e implementata una piattaforma di simulazione ciber-fisica (di interazione tra sistema informatico e sistema fisico) per i nuovi mercati elettrici locali nei quali anche i piccoli produttori e consumatori, che insistono su una limitata area geografica, possono

vendere o comprare energia elettrica per contribuire al bilancio del sistema energetico. Il mercato elettrico locale è gestito da aggregatori commerciali, organizzati nei cosiddetti Virtual Power Plant (VPP), ovvero impianti di generazione virtuali costituiti da più impianti di generazione distribuiti sul territorio, collegati e gestiti attraverso una rete intelligente. Il VPP è in grado di raccogliere e gestire le offerte di flessibilità relative alla potenza ed energia dei consumatori/produttori afferenti ad esso. L'aggregatore è responsabile per le offerte effettuate nel giorno precedente per i servizi ancillari quali regolazione della tensione e gestione delle congestioni ed è inoltre responsabile degli aspetti tecnici e delle tran-

sazioni commerciali tra i suoi utenti. La tecnologia scelta per tali transazioni è quella della Blockchain.

Dal secondo anno di attività ci si attendono, oltre alle versioni aggiornate degli algoritmi e dei modelli, novità significative soprattutto nell'integrazione dei tre macro-sistemi descritti brevemente e si prevede uno sforzo notevole nel processo di validazione dell'architettura e delle applicazioni che permetta di dimostrare l'impatto delle scelte progettuali e delle soluzioni basate sui principi di multidisciplinarietà. In questo contesto, si metterà a punto una piattaforma hardware e software che consentirà di emulare il funzionamento di una microrete; in particolare, saranno definiti

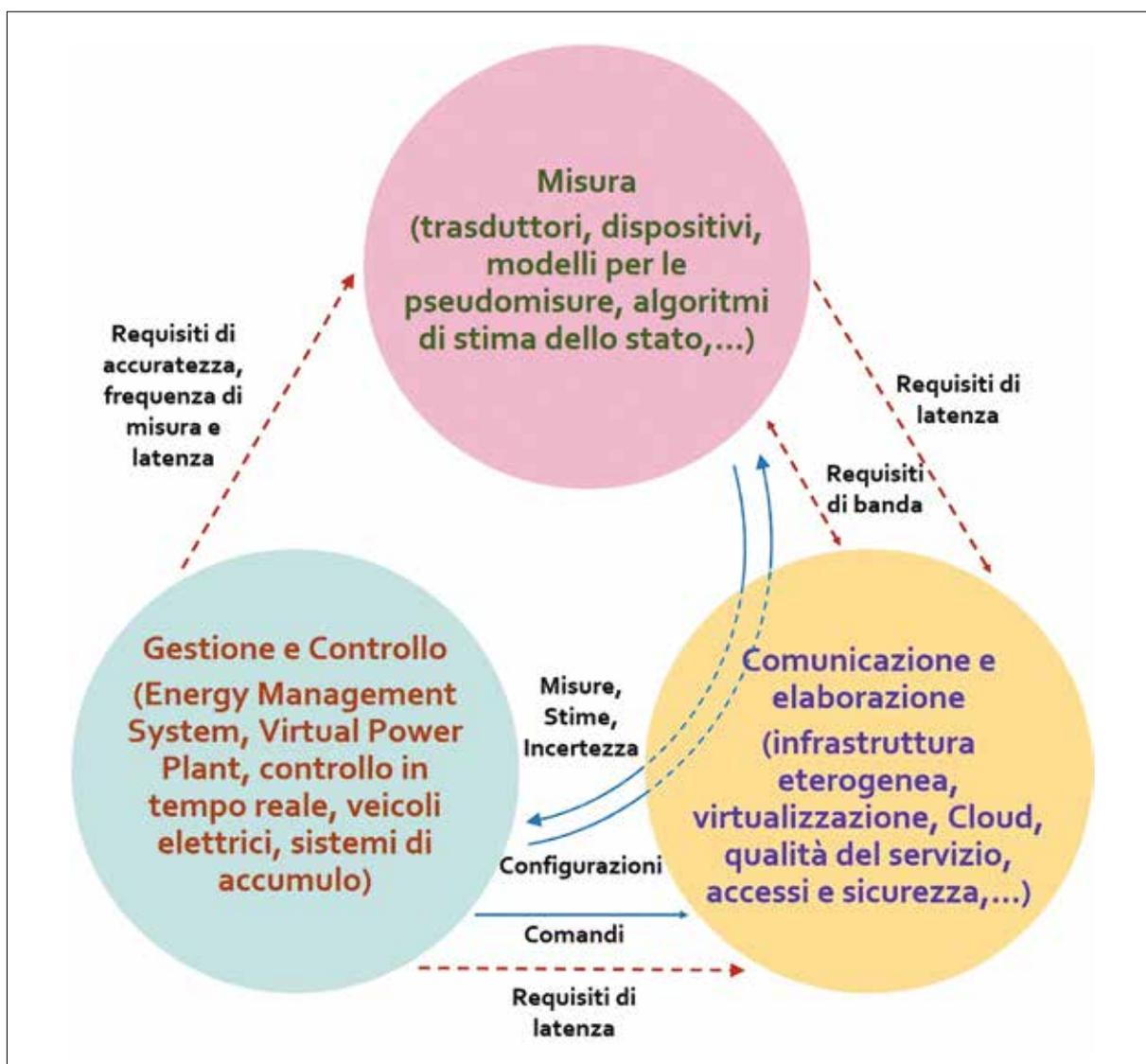


Fig. 1. Tematiche principali del progetto SUM²GRIDS: sistemi, problematiche e interazioni.

ed emulati i profili di potenza di carichi e generatori di energia elettrica da fonti rinnovabili mediante la realizzazione di un nodo di rete "virtuale", il quale rappresenterà il punto di connessione comune fra la microrete emulata e la rete elettrica principale (Point of Common Coupling, PCC). Si prevede inoltre che il PCC sarà fisicamente connesso a sistemi di accumulo dell'e-

nergia, dotati dei propri sistemi di gestione e controllo. La piattaforma hardware/software sarà quindi collegata a tali sistemi, nonché ai sistemi di misura e comunicazione sviluppati nel progetto, in modo da consentire l'emulazione del funzionamento della microrete, unitamente allo sviluppo di strategie di gestione e controllo delle risorse energetiche connesse o emulate al PCC.

Bibliografia

1. Ghiani E, Serpi A, Pilloni V, et al. A Multidisciplinary Approach for the Development of Smart Distribution Networks. *Energies*, 2018; 11(10): 2530.
2. Ferrero R, Pegoraro PA, Toscani S. Impact of Capacitor Voltage Transformers on Phasor Measurement Units Dynamic Performance. *IEEE 9th International Workshop on Applied Measurements for Power Systems (AMPS)*; Bologna, settembre 2018.
3. Pau M, Pegoraro PA, Monti A, et al. Impact of Current and Power Measurements on Distribution System State Estimation Uncertainty. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, 2019; 68(10): 3992-4002.
4. Carta D, Muscas C, Pegoraro PA, et al. Identification and Estimation of Harmonic Sources Based on Compressive Sensing. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, 2019; 68(1): 95-104.
5. Castello P, Ferrero R, Pegoraro PA, et al. Space Vector Taylor-Fourier Models for Synchrophasor, Frequency, and ROCOF Measurements in Three-Phase Systems. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, 2019; 68(5): 1313-1321.
6. Ferrero R, Pegoraro PA, Toscani S. A Space Vector Phase-Locked-Loop approach to synchrophasor, frequency and ROCOF estimation. *IEEE International Instrumentation and Measurement Technology Conference (I2MTC)*; Auckland, New Zealand, maggio 2019.
7. Frigo G, Derviskadic A, Pegoraro PA, et al. Harmonic Phasor Measurements in Real-World PMU-Based Acquisitions. *IEEE International Instrumentation and Measurement Technology Conference (I2MTC)*; Auckland, New Zealand, maggio 2019.

Paolo Attilio Pegoraro è Professore associato di Misure Elettriche ed Eletttroniche presso il Dipartimento di Ingegneria Elettrica ed Elettronica dell'Università degli Studi di Cagliari. Il Prof. Pegoraro si è laureato con lode in Ingegneria delle Telecomunicazioni presso l'Università degli Studi di Padova dove ha conseguito il Dottorato in Ingegneria Elettronica e delle Telecomunicazioni.

La sua attività di ricerca è incentrata sui sistemi di misura distribuiti e sulle tecniche di elaborazione dei segnali di misura, con particolare attenzione alle reti elettriche di potenza. Tale

attività ha condotto alla pubblicazione di oltre cento pubblicazioni scientifiche e di diversi capitoli di libro.

È membro dell'Associazione Gruppo Misure Elettriche ed Eletttroniche (GMEE), della IEEE Instrumentation and Measurement Society (IMS), per la quale è componente del comitato TC-39 - Measurements in Power Systems. È inoltre membro del comitato tecnico CT 38 - Trasformatori di misura del Comitato Elettrotecnico Italiano (CEI) e del CENELEC - TC 38 - Instrument transformers. È il responsabile scientifico del progetto SUM²GRIDS.

Trasmettere il sapere, orientare il comportamento: tipologia linguistica, generi testuali, modelli culturali della prosa educativa

Responsabile scientifico: **Rita Fresu**

Gruppo di ricerca: Maurizio Trifone, Gabriella Macciocca, Patrizia Serra, Giulia Murgia, Antonio Piras, Cristina Cocco, Tonina Paba, Maria Grazia Dongu, Valentina Serra, Susanna Barsotti

Borsisti di ricerca: Paolo Caboni, Barbara Cappai, Ivana Ledda, Andrea Macciò, Federica Marras, Rosamaria Pau

Contrattisti: Salvatore Izza

Il progetto intende mettere a fuoco la tipizzazione linguistica, la specificità testuale e i modelli formali e culturali della prosa educativa di area italo-romanza a partire dalle manifestazioni tardo-antiche e medievali (laiche e religiose) fino all'età moderna.

La ricerca mira, nello specifico, a definire gli aspetti strutturali e concettuali della prosa di testi che assolvono a una funzione pedagogico-didascalica intesa in senso lato, ovvero sia come trasmissione del sapere (si pensi alle scritture didattico-allegoriche e all'enciclopedismo medievale (1-4)) sia come precettistica comportamentale (più o meno esplicita, nei secoli successivi: ad esempio la letteratura di condotta per le donne (5-8)).

Si tratta di un'analisi da condurre su una vasta produzione testuale, manoscritta e a stampa, scarsamente studiata sotto il profilo linguistico, e caratterizzata da una gamma eterogenea di tipologie testuali, per lo più argomentativo-espositive ma anche letterarie: dalla trattatistica ascetico-morale e filosofico-scientifica (3, 9), alla manualistica comportamentale (5, 7), all'autobiografia (10), fino ad arrivare a generi creativi più liberi (ma comunque dotati di una medesima funzione etica), come fiabe, novelle edificanti e racconti morali, rappresentazioni teatrali (11-14), romanzi di formazione (15, 16).

Diverse indagini preliminari hanno dimostrato l'esistenza di una specificità

formale della trattatistica didascalica medievale (17, 9). Il progetto dunque allarga la disamina a campioni di testi tipologicamente diversificati, collocati in un arco cronologico più esteso e, perseguendo una visuale comparata, relativi ad altri domini areali. Tale ampliamento si rende necessario per enucleare le costanti della prosa con finalità educativa e, di contro, individuare i meccanismi linguistico-retorici e gli schemi concettuali precipui dei molteplici generi entro cui tale produzione si declina, e propri di alcune epoche e/o correnti culturali (ad esempio (18, 14, 19); inoltre (20)).

Il gruppo di ricerca, coordinato da Rita Fresu, è composto da studiosi di differenti settori scientifici disciplinari (Linguistica italiana; Filologia romanza; Letteratura cristiana antica; Letteratura latina medievale e umanistica; Letteratura inglese; Letteratura spagnola; Letteratura tedesca; Storia della pedagogia), afferenti al Dipartimento di Lettere, Lingue, Beni culturali (già Dipartimento di Filologia, Letteratura, Linguistica) e al Dipartimento di Pedagogia, Psicologia, Filosofia; si avvale inoltre della collaborazione di giovani studiosi reclutati mediante borse di ricerca e contratti di lavoro autonomo. L'eterogeneità del gruppo di ricerca garantisce la trasversalità interdisciplinare imprescindibile per cogliere le fasi evolutive e i tratti distintivi della produzione educativa, e per collocare quest'ultima, con una



Fig. 1. Home page del sito in allestimento relativo al progetto.

adeguata visione d'insieme, nella nostra storia socioculturale.

Una prima unità di ricerca (composta da Rita Fresu, Maurizio Trifone, Gabriella Macciocca, Patrizia Serra, Giulia Murgia, Antonio Piras, Cristina Cocco), a carattere prevalentemente filologico-linguistico, è impegnata nell'analisi della produzione tardo antica, medievale, umanistica e rinascimentale e, nello specifico, dei modelli formali e delle strategie compositive che, nell'ambito della produzione testuale



Fig. 2. Schermata della funzione ricerca del sito relativo al progetto.

compresa tra la tarda-antichità e la prima età moderna, caratterizzano il processo di legittimazione, trasmissione e riuso del sapere nei testi enciclopedici, e la proposizione di percorsi didattico-allegorici mediante *itineraria ad Deum* veicolati da testi autobiografici o *romans* in versi e in prosa. Un'attenzione particolare viene tributata ai testi di formazione religiosa, che spesso costituiscono un saldo avamposto per la conoscenza del volgare e nel contempo rappresentano un fondamentale veicolo di diffusione del sapere (17) (21); e, ancora, alla produzione favolistica rivisitata in epoca umanistica, ed analogamente finalizzata alla trasmissione di schemi concettuali; ai dizionari metodici, intesi come strumenti di educazione linguistica funzionali alla scrittura. Una specifica linea di ricerca verterà sulle strategie linguistiche e testuali adottate nella pubblicistica educativa destinata alle donne (confezionata per trasmettere precetti comportamentali ma anche modelli linguistici (6) (13), con particolare riferimento al dominio italo-romanzo e all'epoca rinascimentale, cruciale, come noto, per la stabilizzazione della norma linguistica, ma con opportune incursioni nei secoli precedenti e preliminari sondaggi per i secoli successivi (pure in domini non italiani).

In continuità (anche cronologica) con quanto svolto dal primo gruppo, una seconda unità di ricerca (costituita da Tonina Paba, Maria Grazia Dongu, Valentina Serra, Susanna Barsotti) si concentra su aspet-



Fig. 3. Locandina degli incontri seminari tenutisi a Cagliari nel dicembre 2018 e in gennaio 2019.

ti prevalentemente letterari, spaziando in domini europei mediante approfondimenti che riguarderanno, nello specifico, momenti importanti per la storia linguistica e culturale delle singole aree prese in esame (Spagna, Inghilterra, Germania, oltre all'Italia), generi testuali particolarmente rappresentativi (l'(auto)biografia, ad esempio, e il romanzo di formazione); o, ancora, singoli autori (italiani e stranieri) e specifiche tematiche che si collocano al punto di incrocio tra storia della lingua (e della cultura) e storia dell'educazione (come la già ricordata letteratura di condotta per le donne, oppure gli sviluppi tematici di alcuni generi della letteratura per l'infanzia (22)).

Nella prima fase della ricerca è stato organizzato un ciclo di incontri seminari, con ospiti internazionali, dal titolo *Testi, forme, linguaggi della produzione didascalico-pedagogica*, tenutosi a Cagliari, e articolato in due momenti, che hanno riflettuto idealmente la duplice anima disciplinare del progetto, quella filologico-linguistica e quella lettera-

rio-pedagogica, e ne hanno assecondato la scansione diacronica (13-14 dicembre 2018: Antichità e Medioevo; 30-31 gennaio 2019: Età moderna). I principali risultati della ricerca sono stati poi presentati in un Convegno finale, che si è svolto a Cagliari il 24 e 25 ottobre 2019. I contributi di tutti gli incontri congressuali confluiranno in una pubblicazione miscelanea.

È inoltre stato allestito un portale dedicato dal titolo ConEduCo - *Conoscere, Educare, Conformare. Modelli formali e culturali della produzione educativa e di condotta dall'antichità all'Età moderna* (coneduco.unica.it). Il sito si propone come una risorsa liberamente consultabile online, che garantisce visibilità e circolazione delle attività e dei risultati raggiunti dal gruppo di lavoro. Dotato di modalità di ricerca trasversali, che ne consentono l'interrogazione per cronologia, tipologia testuale, autore, lingua, dominio geografico, e caratterizzato da un continuo aggiornamento, la piattaforma ambisce a divenire un fondamentale strumento di ricerca bibliografica per specialisti o semplici cultori del genere.

L'impatto innovativo del progetto risiede soprattutto nell'intenzione di colmare una lacuna nelle indagini sulla prosa didattico-divulgativa, con particolare riferimento alla descrizione delle strategie testuali e linguistiche relative a tali classi di testo, che a tutt'oggi mancano nel panorama degli studi (ma in una visione d'insieme (23)).

Dei documenti più rilevanti, infatti, si esaminano gli aspetti linguistici e stilistici con l'intento di evidenziare il potere modellizzante di tali testi nella loro funzione di vettori linguistici (spesso a beneficio di quelle categorie sociali storicamente escluse dai normali processi di acculturazione, come appunto le donne (24) (25), e più in generale di definire quelle invarianti che li rendono efficaci strumenti attraverso cui orientare eticamente i lettori.

L'indagine, inoltre, permette di restituire alla comunità scientifica (e mediante la piattaforma web a un pubblico di non specialisti) una vasta pubblicistica *sui generis*, attraverso la riedizione di testi rari o poco noti e l'edizione di opere inedite.

Gli esiti, anche parziali, di alcune attività del progetto (edizioni di testi inediti, riedizioni, studi specifici di opere relative a differenti epoche e domini geografici), infine,

possono avere una significativa ricaduta applicativa nella pubblicistica di tipo manualistico destinata a un uso didattico universitario e/o divulgativo.

Bibliografia

1. Ribémont B. *De Natura Rerum. Études sur les encyclopédies médiévales*. Orléans: Paradigme, 1995.
2. Ribémont B. *Littérature et encyclopédies du Moyen Âge*. Orléans: Paradigme, 2002.
3. Bray N, Sturlese L, eds. *Filosofia in volgare nel Medioevo*, Atti del Convegno della Società italiana per lo studio del pensiero medievale (S.I.S.P.M.); Lecce, 27-29 settembre 2002. Louvain-la-Neuve: Fédération Internationale des Instituts d'Études Médiévales, 2003.
4. Zucker A, ed. *Encyclopédire. Formes de l'ambition encyclopédique dans l'Antiquité et au Moyen Âge*. Turnhout: Brepols, 2013.
5. Zarri G, ed. *Donna, disciplina, creanza cristiana dal XV al XVII secolo. Studi e testi a stampa*. Roma: Edizioni di Storia e Letteratura, 1996.
6. Sanson H. *Donne, precettistica e lingua nell'Italia del Cinquecento. Un contributo alla storia del pensiero linguistico*. Firenze: Accademia della Crusca, 2007.
7. Sanson H, Luciola F, eds. *Conduct Literature for and about Women in Italy 1470-1900: Prescribing and Describing Life*. Paris: Classiques Garnier, 2016.
8. Tippelskirch von X. *Sotto controllo. Letture femminili in Italia nella prima età moderna*. Roma: Viella, 2011.
9. Librandi R, Piro R, eds. *Lo scaffale della biblioteca scientifica in volgare (secoli XIII-XVI)*, Atti del Convegno; Matera, 14-15 ottobre 2004. Firenze: SISMELE – Edizioni del Galluzzo, 2006.
10. Baker P. *Biography, Historiography, and Modes of Philosophizing, The Tradition of Collective Biography in Early Modern Europe*. Leiden: Brill Academic Pub, 2017.
11. Pittaluga S. *La scena interdotta. Teatro e letteratura fra Medioevo e Umanesimo*. Napoli: Liguori, 2002.
12. Weaver EB. *Convent Theatre in Early Modern Italy. Spiritual Fun and Learning for Women*. Cambridge: Cambridge University Press, 2002.
13. Fresu R. «Si fa perché diventin più perfette». *Drammaturgia sacra di/per le monache tra XVI e XVII secolo*. *Esperienze Letterarie*, 2014; XXXIX (3): 45-62.
14. Fresu R. *Scene famigliari per fanciulle*. *La lingua del teatro educativo femminile nel secondo Ottocento*. *Linguistica e letteratura*, 2013; XXXVIII (1-2): 141-189.
15. Moretti F. *Il romanzo di formazione*. Torino: Einaudi, 1999 (1986¹).
16. Kullessa von R, ed. *Démocratisation et diversification. Les littératures d'éducation au siècle des Lumières*. Paris: Classiques Garnier; 2016.
17. Caocci D, Fresu R, Serra P, Tanzini L. *La parola utile. Saggi sul discorso morale nel Medioevo*, Roma: Carocci, 2012.
18. Fresu R. *La lingua dell'editoria educativa femminile italiana nell'Ottocento: linee di ricerca*. In: Putzu I, Mazzon G, eds. *Lingue, letterature, nazioni. Centri e periferie tra Europa e Mediterraneo*. Milano: FrancoAngeli, 2012. 534-576.
19. Fresu R. «Che tu gli vuoi bene, tuo marito lo vedrà ne' tuoi occhi». *Appunti linguistici sui galatei per giovani spose di Anna Vertua Gentile (1846-1926)*. In: Pierno F, Polimeni G, eds. *L'italiano alla prova. Lingua e cultura linguistica dopo l'Unità*. Firenze: Franco Cesati Editore, 2016: 117-141.
20. Ricci L. *Paraletteratura. Lingua e stile*

- dei generi di consumo. Roma: Carocci, 2013.
21. Zarri G. Libri di spirito. Editoria religiosa in volgare dei secoli XV-XVII. Torino: Rosenberg & Sellier, 2009.
 22. Calabrese S. Letteratura per l'infanzia. Fiaba, romanzo di formazione, crossover. Milano: Mondadori, 2013.
 23. Fresu R. L'infinito pulviscolo. Tipologia della (para)letteratura femminile in Italia tra Otto e Novecento. Milano: FrancoAngeli, 2016.
 24. Ascenzi A. Il Plutarco delle donne. Repertorio della pubblicistica educativa e scolastica e della letteratura amena destinate al mondo femminile nell'Italia dell'Ottocento. Macerata: EUM, 2009.
 25. Covato C. Idoli di bontà: il genere come norma nella storia dell'educazione, Milano: Unicopli, 2014.

Rita Fresu (Roma, 1967) è Professore ordinario di Linguistica italiana all'Università degli Studi di Cagliari. Ha affrontato in prospettiva variazionale diversi aspetti della storia linguistica italiana dal XIV secolo a oggi. Le sue ricerche sono incentrate sulle scritture non letterarie di varia epoca e tipologia testuale (epistolari, documenti burocratici, autobiografie, cronache e diari), sui processi di italianizzazione e formazione della lingua d'uso (con riferimento ai domini centro-meridionali), sulle questioni di genere, osservate soprattutto in prospettiva diacronica (con particolare attenzione alla scrittura femmi-

nile e ai percorsi di acculturazione delle donne). Si è occupata inoltre della lingua di Massimo Bontempelli e delle vicende linguistiche legate alla Grande guerra. È socia di diverse istituzioni e Deputata di Storia Patria degli Abruzzi. Per il triennio 2018-2020 è Consigliere nel Direttivo dell'ASLI (Associazione per la Storia della Lingua Italiana) e membro della giunta dell'ASLI Scuola. Ha collaborato a numerose opere lessicografiche e ha pubblicato diverse monografie ed edizioni critiche corredate da analisi linguistiche (curriculum esteso in <http://people.unica.it/ritafresu/curriculum/>).

Conoscere il mare per vivere il mare

Responsabile scientifico: **Rossana Martorelli**

Gruppo di ricerca: David Bruni, Andrea Cannas, Carla Del Vais, Antioco Floris, Marco Giuman, Rita Pamela Ladogana, Carlo Lugliè, Ignazio Macchiarella, Andrea Pala, Alessandra Pasolini, Fabio Pinna

Il progetto si è svolto dal 2016 al 2018 ed è terminato con un Convegno, che reca il medesimo titolo, tenuto dal 7 al 9 marzo 2019, presso il Dipartimento di Lettere, Lingue e Beni culturali, nella sede della Cittadella dei Musei (Cagliari).

L'argomento, il mare, è stato scelto in quanto come elemento naturale di 'isolamento' e 'comunicazione' fin dall'antichità ha avuto un ruolo fondamentale nelle dinamiche di popolamento e di relazione fra i paesi, soprattutto – come è ovvio – per le isole, fra cui la Sardegna.

Di conseguenza, ciò che ruota attorno al 'mare' attira da sempre gli studiosi di diversi ambiti disciplinari, che hanno dedicato individualmente saggi e ricerche ad aspetti specifici. L'intento del progetto è stato – invece – di valorizzare nuove possibilità di 'vivere il mare' attraverso prospettive di lettura interdisciplinare, nella consapevolezza della sua storia in rapporto alla realtà attuale e di rivitalizzare questo rapporto mediante il potenziamento di eventi e manifestazioni culturali.

Il progetto si è articolato in 3 unità, composte in totale da 12 docenti, afferenti all'area 10, con competenze sull'antichità, l'età medievale, moderna e l'attualità contemporanea nel campo dei Beni culturali, dall'archeologia alla Storia dell'Arte, al Cinema e alla Musica, e nel campo linguistico letterario:

U 01. Il 'mare' all'origine di insediamenti umani, fonte di sostentamento e di pericolo

U 02. Il 'mare' e il viaggio negli artisti e nei letterati

U 03. Il 'mare' e la 'terraferma' nella musica e nel cinema

La scelta dei siti da approfondire è ricaduta su Cagliari e Nora, due realtà a confronto, per le quali si dispone già di un ricco bagaglio di conoscenze, anche grazie alle ricerche e alle indagini archeologiche in corso da anni a cura del Dipartimento di Storia, Beni culturali e Territorio:

- la prima, in quanto città a continuità di vita dall'antichità sino ad oggi, sebbene il nucleo abitato con i centri della vita urbana e di conseguenza il porto e i quartieri ad esso adiacenti abbiano subito numerosi spostamenti, consente di esaminare in maniera interdisciplinare e diacronica il succedersi degli eventi e il sovrapporsi di aspetti e manifestazioni legati alla vita del mare.

- la seconda, poiché ha concluso la sua vita verosimilmente nell'VIII secolo per non essere più ripopolata.

Nel progetto, in cui sono stati inseriti numerosi giovani ricercatori, dottori di ricerca, dottorandi, laureandi e specializzandi in Beni archeologici, è stata effettuata una sistemazione dei dati ottenuti attraverso il censimento di documenti scritti e del patrimonio bibliografico, successiva-

mente indagati con gli strumenti delle più aggiornate metodologie specifiche di ogni disciplina.

Nell'ambito della Scuola di Specializzazione in Beni archeologici si è svolto un seminario su *Le merci in arrivo e in partenza a/da Cagliari nell'età bizantina*, che ha permesso di disegnare un quadro interessante e variegato, importante tanto nelle presenze quanto nelle assenze, delle relazioni commerciali con i più importanti porti del Mediterraneo orientale e occidentale.

I risultati acquisiti sono stati presentati al suddetto convegno, del quale sono in preparazione gli Atti, strutturato nelle seguenti sessioni tematiche:

**Terra e mare agli albori della città di Krly
I quartieri del porto: la Sardegna nello scenario mediterraneo**

Il porto come approdo di movimenti commerciali e culturali

Immagini visive e letterarie e suoni dal mare

Tradizioni, usanze e abitudini legate al mare

messi a confronto con gli esiti di ricerche effettuate fuori dell'isola, scegliendo alcuni casi 'campione': Bari, Napoli, la Sicilia e la Spagna.

I nuovi dati permettono di definire meglio la fisionomia del/i porto/i di Cagliari nel rapporto fra la linea di costa e l'organizzazione dei quartieri portuali dall'età punica sino all'epoca moderna, ricostruendo le strutture portuali, il percorso delle strade dirette agli approdi, la dislocazione di infrastrutture funzionali all'attività portuale, gli itinerari marittimi verso o in partenza da Cagliari e Nora, attraverso l'analisi dei manufatti in ceramica, vetro, metallo, marmi, ma anche dei residui delle merci alimentari e non, rinvenuti durante le indagini subacquee e sulla terraferma.

Per le arti in generale il mare è un canale importante per l'incontro e la nascita di nuove forme espressive, trasmettendo il senso di compenetrazione fra individuo e mare, ad es. attraverso numerose testimonianze iconografiche: temi marini sui sarcofagi di epoca romana; navigazione (naviga-

zione sul mare); rappresentazione del mare come metafora del processo di modernizzazione che ha investito l'Isola; attività della vita quotidiana (pesca, balneazione, commercio, etc.); fino alle ricerche innovative e avanguardistiche dei primi decenni del secondo dopoguerra, caratterizzate dall'urgenza di recuperare una consapevolezza del mare stesso, e quindi della propria identità; il mare come spazio liminare, ben evidenziato anche dalla narrativa di Sergio Atzeni, dalla rilettura satirica dei resoconti dei viaggiatori stranieri (*Raccontar fole*), dall'epopea fondativa del popolo dei S'ard (*Passavamo sulla terra leggeri*).

Molti monumenti religiosi (templi e chiese) sono edificati a protezione simbolica e spirituale degli approdi e dei naviganti, legati poi a partire dal Cinquecento a confraternite o a categorie professionali di marinai, pescatori, mercanti, imprenditori ittici e navali, che si affidano a quelle intitolazioni "specializzate" dei santi e della Vergine, contro i pericoli cui erano esposte nella attività lavorativa (naufragi, condizioni meteorologiche avverse, pirateria, incursioni barbaresche). Il mare introduce e diffonde i culti e la devozione è spesso celebrata sull'acqua (es. le statue trasportate sulle barche).

Attraverso il mare sono arrivate e sono (ri)partite varie tipologie musicali, legate alla vita d'ogni giorno e ai periodi festivi. Momento cardine del ciclo dell'anno, la Settimana Santa ha rappresentato un contesto privilegiato della circolazione di musiche e musicisti, specialmente, a partire dal Concilio di Trento, nell'ambito delle confraternite laicali.

Il mare porta uomini, come ci raccontano le pagine dei viaggiatori di Sardegna, provenienti da Italia, Francia, Inghilterra fino alla Spagna, puntualmente dedicate alla città di Cagliari. Nel progetto si è posta l'attenzione sulle illustrazioni e sul materiale fotografico (edito o inedito) che accompagnano i più tradizionali resoconti relativi al capoluogo. Sia a livello testuale, sia sul piano visuale, si assiste ad una progressiva evoluzione – segno di un mutato

interesse – dal puro resoconto didascalico alla libera re-interpretazione letteraria/figurativa nella rappresentazione della città, di volta in volta percepita come provincia d'Italia o come porta d'accesso a una Sardegna esotica.

Tuttavia, il mare può divenire nemico dell'Uomo, inghiottire e conservare nei suoi fondali, come attestano i relitti navali che l'archeologia subacquea sta recuperando lungo le coste dell'isola, importanti testimonianze di vissuto/non vissuto (il ritrovamento negli anni '70 fra Nora e l'isolotto di San Macario di un gruppo di sculture per l'arredo di una chiesa, forse Sant'Efisio). Per concludere, poi, con le vicende attuali ma in realtà di tutti i tempi, dei movimenti migratori, non sempre dal felice esito, ben messi in evidenza dal recente film *Fuocoammare* di Gianfranco Rosi.

Il cinema ha da sempre trattato il 'mare', sia con un approccio simbolico come cambiamento, scoperta di nuovi mondi, confronto con l'ignoto, sia con quello più descrittivo del documentario per raccontare momenti della vita dell'uomo. Sul docu-

mentario, o meglio sul cosiddetto "cinema del reale", si è lavorato, focalizzando lo sguardo sulle esperienze di viaggio attraverso il Mediterraneo nel periodo recente di migranti e profughi.

Infine, in linea con la Convenzione quadro del Consiglio d'Europa nata a Faro (Portogallo), che vede nella partecipazione dei cittadini e delle comunità la chiave per accrescere in Europa la consapevolezza del valore del patrimonio culturale, si è fatto il punto sullo stato dell'accessibilità di tale patrimonio nel quartiere della Marina di Cagliari, storica riva dello scambio con l'oltremare sardo e ricco palinsesto di tracce archeologiche e artistiche di comunità in transito, temporaneo o duraturo, avviando una serie di attività conoscitive rivolte a quel mosaico di "comunità d'eredità" che ogni giorno animano il quartiere.

In conclusione, i risultati hanno certamente arricchito il bagaglio delle conoscenze, per gli studiosi e i cittadini, ma hanno aperto anche nuovi filoni di ricerca interdisciplinare, che potranno essere ancora ulteriormente sviluppati.

Bibliografia

1. Boscolo A. I viaggiatori dell'Ottocento in Sardegna. Cagliari: Editrice Sarda Fossataro, 1973.
2. Coroneo R. Arte in Sardegna dal IV alla meta dell'XI secolo. Cagliari: AV, 2011.
3. Lortat-Jacob B, Macchiarella I. Musica e Religione. In: Enciclopedia della musica sarda, vol. 6. Cagliari: Edizioni Unione Sarda, 2012.
4. Martorelli R. Cagliari bizantina: alcune riflessioni dai nuovi dati dell'archeologia. PCA. *European Journal of Post-Classical Archaeologies*, 2015; 5: 175-199.
5. Martorelli R. ed. Know the sea to live the sea. Conoscere il mare per vivere il mare: Atti del Convegno; Cagliari – Cittadella dei Musei, Aula Coroneo, 7-9 marzo 2019. Perugia: Morlacchi Editore, 2019.
6. Martorelli R, Mureddu D. Archeologia urbana a Cagliari. Scavi in Vico 3. Lanusei (1996-1997). Cagliari: Scuola Sarda, 2006.
7. Meloni MG. Il santuario della Madonna di Bonaria. Origini e diffusione di un culto. Roma, Viella; 2011.
8. Sanna I, Soro L. Nel mare della Sardegna centro meridionale tra 700 e 1100 d.C. Un contributo dalla ricerca archeologica subacquea. In: Martorelli R (a cura di). Settecento-Millecento. Storia, archeologia e arte nei "secoli bui" del Mediterraneo. Dalle fonti scritte, archeologiche ed artistiche alla ricostruzione della vicenda storica: la Sardegna labo-

- ratorio di esperienze culturali. Atti del Convegno; Cagliari, Cittadella dei Musei, aula Roberto Coroneo 17-19 ottobre 2012. Cagliari: Scuola Sarda editrice, 2013: 761-807.
9. Stiglitz A. Cagliari fenicio-punica e le sue relazioni con l'hinterland: impostazione della ricerca. Cagliari: Janus, 1999.
10. Zonta D. L'invenzione del reale. Conversazioni su un altro cinema. Roma: Contrasto, 2017.

Rossana Martorelli, Presidente della Facoltà di Studi Umanistici dal 2015, è Professore di I fascia (SSD L-ANT/08) e insegna Archeologia cristiana e medievale, Metodologie della ricerca archeologica nel CdL in Beni Culturali e Spettacolo, Archeologie Postclassiche nel Corso di LM Archeologia e Storia dell'Arte e Archeologia bizantina nella Scuola di Specializzazione in Beni Archeologici, di cui è stata direttrice dal 2012 al 2018. È nel Collegio del Dottorato in "Storia, Beni culturali e Studi internazionali" nel medesimo Ateneo.

Ha partecipato, come PI o RU a progetti nazionali (PRIN) e internazionali, di cui alcuni finanziati dalla Regione Autonoma della Sardegna. È nel comitato scientifico del progetto *Power, Society and (Dis)connectivity in Medieval Sardinia* (PI Alex Metcalfe, Univ. of Lancaster, Dept. of History), finanziato dall'*Arts and Humanities Research Council* (UK), con l'ISEM-CNR, al Centre for Urban Network Evolutions, Aarhus University, Danimarca, al Polo Museale della Sardegna.

È nei comitati scientifici di riviste e editoria nazionali e internazionali. Dal 2017 è Membro associato dell'ISEM e Membro del Comitato scientifico del Museo Archeologico Nazionale di Cagliari; dal 2018 è Ispettore onorario delle catacombe di Sant'Antioco per la Pontificia Commissione di Archeologia Sacra (Città del Vaticano). Ha diretto numerosi scavi archeologici, in Italia e all'estero, in contesti di epoca postclassica.

Partecipa come relatore a convegni in Italia e all'estero; i principali filoni di ricerca (archeologia urbana con riferimento alle fasi postclassiche di Cagliari, nascita e circolazione dei culti martiriali, le prime comunità cristiane nelle isole mediterranee, il monachesimo in Sardegna, l'artigianato e i contesti ecclesiastici) sono documentati da una vasta e articolata produzione scientifica (circa 160 titoli fra monografie, articoli

in riviste, contributi in volumi collettivi e atti di convegni, curatele di opere miscelanee o edizioni di scavi). Svolge attività di Terza missione attraverso conferenze e workshop nel territorio; è nel comitato direttivo di *Itinera romanica*. Associazione Amici del Romanico.

Fra le pubblicazioni si segnalano:

R. Martorelli, *Martiri e devozione nella Sardegna altomedievale e medievale*, Cagliari: Pontificia Facoltà Teologica della Sardegna (pp. 338). ISBN: 978-88-98146-00-0.

R. Martorelli, D. Mureddu (a cura di), *Archeologia urbana a Cagliari. Scavi in Vico III Lanusei (1996-1997)*, Cagliari: Scuola sarda editrice, pp. 24-27. ISBN 8887758344.

R. Martorelli (a cura di) (2013), *Settecento-Millemo Storia, Archeologia e Arte nei "secoli bui" del Mediterraneo Dalle fonti scritte, archeologiche ed artistiche alla ricostruzione della vicenda storica la Sardegna laboratorio di esperienze culturali*. Atti del Convegno di Studi (Cagliari, Dipartimento di Storia, Beni culturali e Territorio Cittadella dei Musei - Aula Roberto Coroneo, 17-19 ottobre 2012), con la collaborazione di Silvia Marini, Cagliari: Scuola Sarda Editrice. ISBN 8887758018.

R. Martorelli (a cura di) (2015), *"itinerando" senza confini dalla preistoria ad oggi*. Studi in ricordo di Roberto Coroneo. Pubblicazioni del Dipartimento di Storia, Beni culturali e Territorio dell'Università degli Studi di Cagliari. *Archeologia, Arte e Storia*, 1.1-3. Perugia: Morlacchi Editore. ISBN: 978-88-6074-721-1, 978-88-6074-722-8, 978-88-6074-724-2.

R. Martorelli, A. Piras & P.G. Spanu (a cura di) (2015), *Isole e terraferma nel primo cristianesimo. Identità locale ed interscambi culturali, religiosi e produttivi*. Atti dell'XI Congresso Nazionale di Archeologia Cristiana (Cagliari - Sant'Antioco, 23-27 settembre 2014). Cagliari: PFTS University Press, pp. 221-254. ISBN 978-88-98146-22-2.

Paesaggi e territorio nella modernità letteraria

Responsabile scientifico: **Mauro Pala**

Gruppo di ricerca: Riccardo Badini, Roberto Puggioni, Fabio Vasarri, Maria Dolores García Sàanchez, Fiorenzo Iuliano, Daiana Angela Langone, Nicola Turi, Irene Palladini, Paola Mancosu

Il progetto verte sulla rappresentazione del paesaggio nella modernità letteraria. Oggetto di ricerca a livello interdisciplinare, il paesaggio rappresenta allo stesso tempo un'esperienza identitaria, linguistica e culturale con proprietà relazionali, estetiche e politiche: attraverso il paesaggio è possibile attuare una concezione geografica del mondo che non si limita alla conformazione fisica dello stesso, ma comprende le attese, le immagini, le visioni legate nel tempo a quel territorio; in estrema sintesi capire il paesaggio significa afferrare la progettualità legata a quel territorio. La nostra epoca è senza dubbio contrassegnata dal paesaggio, sia per quanto riguarda la sua riproduzione verbale che per il valore iconico che ha acquisito. Il paesaggio è infatti l'elemento qualificante del territorio, una condizione da creare (o ricreare) a partire dalle conoscenze associate ad una determinata area. Le caratteristiche paesaggistiche sono apprezzate sulla stampa quotidiana e nelle pubblicazioni specializzate, specie (ma non solo) in ambito turistico, e costituiscono il requisito essenziale delle campagne pubblicitarie finalizzate a valorizzare certi ambienti piuttosto che altri. Si discute di paesaggio, lo si svela e lo si ostenta, si cerca di conservare una certa conformazione paesaggistica nella consapevolezza che quel particolare aspetto – o, più in generale – assetto del territorio orienterà la richiesta

primaria di eventuali visitatori. Tale diffusione è legata anche al fatto che il paesaggio ha assunto nel corso degli ultimi anni una diffusione popolare trasversale a fasce della popolazione diverse per censo, formazione, età: mentre una volta esso costituiva il segno distintivo di un'élite che vi si riconosceva attraverso la condivisione di luoghi topici – tipico in questo senso il paesaggio alpino e mete come Cortina o St. Moritz –, in tempi di turismo massificato ma differenziato al suo interno grazie alle risorse della rete, il paesaggio comprende una serie di tematiche ambientali – dalla conservazione del folklore locale alla proposta di itinerari storici, alla creazione di percorsi ecologici e gastronomici dedicati, alle tecniche della museificazione odierna diffusa sul territorio – che lo collocano al centro del dibattito antropologico, sociologico e geografico.

Proprio un tale contesto ci spinge verso una comprensione del paesaggio a partire dal supporto letterario: una rivisitazione delle fonti letterarie in una prospettiva contemporanea, attenta alle logiche geopolitiche e sociali, aiuta a ricostruire lo spessore e la densità storica del paesaggio, la sua interazione con il territorio, di cui la scrittura è riscontro e strumento di analisi, indagine in atto. Ciò vale in primo luogo nella modernità, quando il paesaggio finisce per cristallizzare intorno a sé un processo storico in cui la riflessione estetica è, al contempo,

riverbero e motore delle scelte pratiche. Si pensi, al riguardo, alle dinamiche di contiguità/differmità tra ambienti rurali e urbani e al complesso rapporto fra la percezione dei luoghi e la presa di coscienza dell'io.

Partendo da tali coordinate metodologiche si è sviluppato il lavoro del gruppo di ricerca coinvolto nel progetto: comparatisti, italianisti, americanisti, ispanisti, francesisti, arabisti. Le indagini sulla narrazione mimetica e simbolica del paesaggio si svolgono in contesti geo-culturali eterogenei, riconducibili all'esemplarità delle tradizioni occidentale, araba e delle culture – anche indigene – americane.

Fra le tematiche trattate non si può trascurare quella della conservazione del paesaggio e dell'ideologia che ispira questo movimento. Il paesaggio come natura disincantata è infatti una conseguenza della modernità, successivo a quella fase in cui tutta la natura è ormai iscritta nel catalogo delle immagini disponibili. Le osservazioni che seguono riguardano i procedimenti metodologici che verranno adottati. Due forme di paesaggio verranno distinte: la rappresentazione scritta e la rappresentazione iconografica. La prima equivale ad un far vedere, a una visione della natura attraverso la scrittura, la seconda ci fornir-

sce un'immagine della natura che richiama la possibilità di essere sul luogo. Anche questa variante più recente, che implica l'incontro visivo fra chi osserva e la natura non deve però far dimenticare le particolarità di una percezione umana sempre strutturata in modo particolare, organizzata e articolata. L'essere nel mondo ha dunque lasciato il posto a l'essere-nelle-immagini, in qualche luogo che non è semplice accertare. Anche questa prospettiva sparsa rientra comunque nel raggio d'azione del progetto.

Riguardo ai cui obiettivi, va sottolineato in primo luogo l'avanzamento degli studi critici mediante l'esame di casi concreti sui rapporti molto stretti fra territorio e modalità di rappresentazione dei "luoghi". Gli esiti delle ricerche saranno presentati in convegni, attività seminariali e nelle pubblicazioni scientifiche del circuito accademico. Vi sarà inoltre un'attività divulgativa, destinata ad un pubblico più ampio e orientata a tradurre in esperienza sociale i risultati ottenuti. Il coinvolgimento, con aperture interdisciplinari, di specialisti della materia esterni al gruppo di ricerca favorirà sia l'impatto scientifico-sociale del progetto sia l'ampliamento della rete di collaborazioni nazionali e internazionali.

Bibliografia

1. Aime M, Papotti D. *L'altro e l'altrove. Antropologia, geografia e turismo*. Torino: Einaudi, 2012.
2. Albertazzi S. *Lo sguardo dell'altro*. Roma: Carocci, 2000.
3. Alfano G. *Paesaggi, mappe, tracciati*. Napoli: Liguori, 2010.
4. Besse JM. *Vedere la terra. Sei saggi sul paesaggio e la geografia*. Milano: Bruno Mondadori, 2008.
5. Bonadei R (a cura di) *Naturalartificiale. Il palinsesto urbano*. Bergamo: Lubrina, 2009.
6. Ceserani R. *Raccontare il postmoderno*. Torino: Bollati Boringhieri, 1997.
7. Farinelli F. *Geografia. Un'introduzione ai modelli del mondo*. Torino: Einaudi, 2003.
8. Fiorentino F, Solivelli C. *Letteratura e geografia. Atlanti, modelli, letture*. Macerata: Quodlibet, 2012.
9. Foucault M. *Power/Knowledge. Selected Interviews*. New York: Pantheon, 1980.
10. Foucault M. *Spazi altri. I luoghi delle eterotopie*. Milano: Mimesis, 2008.
11. Harvey D. *Spaces of Global Capitalism: Towards a Theory of Uneven Geographical Development*. London: Verso, 2006.

12. Iacoli G. La percezione narrativa dello spazio. Roma: Carocci, 2008.
13. Jakob M. Paesaggio e letteratura. Firenze: Olschky, 2005.
14. Jameson F. Postmodernism, or the Cultural Logic of Late Capitalism. London: Verso, 1991.
15. Minca C. Introduzione alla geografia postmoderna. Padova: Cedam, 2001.
16. Moretti F. Atlante del romanzo europeo. Torino: Einaudi, 1997.
17. Meschiari M. Sistemi selvaggi. Antropologia del paesaggio scritto, Palermo: Sellerio, 2008.
18. Scianatico G. Il paesaggio nella letteratura italiana. Bari: Progedit, 2013.
19. Tally R (a cura di). Literary Cartographies. Spatiality, Representation, and Narrative. New York: Palgrave, 2014.
20. Westphal B. La Géocritique: Réel, fiction, espace. Paris: Minuit, 2007.

Mauro Pala è Professore ordinario di Letterature Comparete presso il Dipartimento di Letteratura, Filologia e Linguistica dell'Università degli Studi di Cagliari; è stato membro del Collegio del Dottorato Europeo di Studi Culturali dell'Università di Palermo (Università consociate Complutense Madrid e Heinrich Heine Universität Duesseldorf) dal 2009 fino al 2017, e attualmente coordina il Dottorato Internazionale in Studi Filologico-Letterari e Storico-Culturali dell'Università di Cagliari (Università Consociate University of Edinburgh e Jagellonian University Cracovia).

Ha conseguito la Laurea in Lettere (1984) e la laurea in Lingue (1991) presso l'Università di Cagliari, il Master of Arts in Storia presso la Columbia University di New York (1989) e il Dottorato di Ricerca in Letterature comparete nel 1995 dopo aver frequentato i corsi della Freie Universität di Berlino dal 1992 al 1994. Nel corso del 2010 ha insegnato come *Fulbright Distinguished Lecturer* presso la University of Notre Dame (Indiana, U.S.A.) ed ha ricoperto un analogo incarico come *Professeur invité* presso l'Università di Limoges in Francia. Nel 2011 è stato *Guest Professor* presso la University of Malta, partecipando attivamente anche alla Summer School della stessa University of Malta su *Writing the Mediterranean* (2013-2014-2015).

I suoi interessi di ricerca comprendono il romanticismo europeo, la teoria critica, la letteratura postcoloniale, i *Cultural Studies*. Ha studiato e operato un raffronto fra le teorie del moderno in ambito architettonico e letterario, per poi concentrarsi su due opere centrali del modernismo letterario negli anni Venti, *Manhattan Transfer* di Dos Passos e *Berlin Alexanderplatz* di Döblin. A Raymond Williams ha dedicato una monografia dove emergono analogie con le suggestioni culturaliste di Gramsci. Sulle voci del dibattito sviluppatosi sul pensiero di Gramsci negli Stati Uniti ha pubblicato una raccolta di saggi, *Americanismi. Sulla ricezione del pensiero di Gramsci negli USA*, curando, e intervenendo sulle stesse tematiche, anche il volume *Narrazioni egemoniche. Gramsci, letteratura e società civile*, pubblicato da Il Mulino nel 2014. Tra le sue pubblicazioni recenti figurano inoltre saggi su J. Berger, J.M. Coetzee, E. Said, R. Williams, Byron e Schiller. Nel 2016 ha trascorso un semestre di ricerca presso il Trinity College Dublin come *Research Fellow*. Attualmente coordina un gruppo di ricerca su letteratura, arti e paesaggio finanziato dalla Fondazione Sardegna e sta pubblicando i risultati di una ricerca condotta in Germania sul colonialismo tedesco in Africa, iniziativa finanziata dall'Istituto Italiano di Studi Germanici.

Isole

Responsabile scientifico: **Maria Elena Ruggerini**

Gruppo di ricerca: Giuseppe Marci, Franciscu Sedda, Veronka Szőke, Duilio Caocci, Paolo Maninchedda, Tristano Gargiulo, Stefano Novelli, Aldo Accardo, Patrizia Manduchi, Claudia Ortu, Luciano Cau, Daniela Zizi

Borsisti di ricerca: Morena Deriu, Paolo Sorrentino

Il Progetto di ricerca “Isole” – avviato e coordinato nei suoi primi sei mesi di attività da Giuseppe Marci – si è sviluppato con l’apporto di studiosi appartenenti ad aree disciplinari differenti (filologia, letteratura, linguistica, semiotica, storia, geografia), esperti a vario titolo di spazi isolani. L’approccio metodologico prescelto è disceso da una considerazione dell’insularità come oggetto fisicamente e concettualmente complesso: “luogo” prodotto da stratificazioni storiche; costruito culturale plasmato dai linguaggi dell’immaginario; forma di identificazione generata o negata attraverso i testi; chiave di lettura per più generali condizioni socio-antropologiche. Il tema “isole” (o *isolanità*: il “senso delle isole”) si rivela, infatti, paradigmatico per l’esemplarità che tale dimensione geografica assume rispetto ai cambiamenti ambientali, sociali e demografici, come pure per la varietà di forme politico-giuridiche che ne segnano l’esistenza.

Il progetto si è prefisso alcuni obiettivi prioritari, a partire dall’esigenza di tracciare un quadro comparativo e tipologico di quali oggetti e linguaggi siano assurti al ruolo di testo “costituente” o “esemplare” dell’identificazione isolana (2, 10, 11, 13, 15, 16), ponendo in primo piano il rapporto fra oralità e scrittura e le nuove forme di traduzione mediatica, per poi giungere a valutare se e come i testi fondativi elaborati in

isole differenti abbiano interagito influenzandosi, e in che misura possano incidere sull’attuale processo di ripensamento dello spazio euro-mediterraneo.

Preliminarmente, è stato affrontato il nodo teorico rappresentato dal concetto di *isolanità* (indagato in una prospettiva semiotica) e dalle modalità con cui si esprime il “racconto” delle isole: dalle incisioni su pietra al *web*. Si è quindi passati allo studio delle forme letterarie contenenti simboli in grado di proiettarsi dall’antichità alla narrativa contemporanea: tra questi, ad esempio, la pianta dell’olivo che “naviga” dai versi dell’*Odissea* alle prose degli autori contemporanei quali, per citare i nomi più noti, Luigi Pirandello, Leonardo Sciascia, Vincenzo Consolo, Andrea Camilleri e Giuseppe Dessì. Le radici di questi scrittori affondano in due isole, la Sicilia e la Sardegna, le quali, per l’insistente rappresentazione variamente modulata dell’insularità, hanno assunto la funzione di “casi di studio” e hanno suggerito confronti con le forme espressive attraverso cui il medesimo tema è declinato nelle letterature di altre isole.

Una peculiare attenzione è stata rivolta al lessico dell’insularità nel suo duplice aspetto di realtà linguistica e di sedimentazione nell’immaginario. Ogni lingua, infatti, può essere portatrice di una semantica dell’*isolanità* (15, 17); al contempo, ogni

immaginario produce le sue traduzioni della forma-isola, dalla scansione dello spazio attraverso le mappe alle configurazioni del discorso poetico-letterario. È stata, inoltre, analizzata la definizione di insularità in relazione con i temi dell'identità, dell'appartenenza politica e del suo rapporto con l'intorno, l'altrove (19, 20), l'alterità (mare-arcipelago-continente): connessioni che si articolano, nei vari tempi e luoghi, attraverso incontri e scontri, presenze e assenze, imitazioni e "traduzioni". Infine, si è scelto di riflettere su come l'isola costituisca una metafora *glocale* che permea pratiche e discorsi contemporanei nella sfera socio-politica e culturale, in quanto spazio al contempo massimamente chiuso e massimamente aperto (8).

Sulla base di tali presupposti programmatici, gli afferenti al Progetto hanno sviluppato personali ricerche e attivato un confronto che si è espresso in momenti seminariali, in un Convegno internazionale – *Isole, isolanità, insularità* (Cagliari, 3-5 ottobre 2018) –, nella partecipazione a convegni svoltisi in varie sedi italiane ed estere (ove si trattassero questioni attinenti all'insularità), e nella pubblicazione di articoli, di saggi monografici e di due volumi miscelanei contenenti parte degli interventi presentati al Convegno cagliaritano, arricchiti da ulteriori studi sollecitati a ricercatori interessati al medesimo settore (12, 17). Si è altresì ritenuto opportuno costruire un sito web (www.progettoisole.eu) destinato a registrare e condividere le attività svolte, a contenere una biblioteca virtuale dei testi costitutivi dell'identità insulare e a interfacciarsi con altri centri esistenti dedicati all'insularità.

Il dialogo scientifico messo in atto si è sin dall'inizio orientato alla creazione di un raccordo tra gli studi riguardanti isole di aree geografiche e culturali distanti, quali sono le isole mediterranee (7, 11, 15, 16, 17, 18) e quelle dei mari del Nord (13, 19). In particolare, sono state prese in esame le isole greche, Malta, Sicilia, Sardegna, Corsica, le Baleari, le Isole britanniche, Islanda, Gotland (e altre isole del

Mar Baltico). Negli ambiti indicati, sono state considerate le testimonianze scritte ed epigrafiche, la tradizione letteraria e i testi storici e giuridici che descrivono, definiscono e formalizzano negli Statuti e nelle norme di legge l'idea di identità che ciascun popolo esprime.

Accanto alle forme della scrittura tradizionale, sono state sondate anche le procedure di rappresentazione dei medesimi temi insulari (e dei sentimenti connessi) nella scrittura cinematografica, attraverso una disamina della popolare e ampia serie televisiva tratta dai romanzi di Andrea Camilleri di cui è protagonista il commissario Montalbano, affidata alla regia di Alberto Sironi (ospite di uno dei seminari organizzati). Il successo riscosso in Italia e all'estero ha comportato una significativa ricaduta di tipo sociale ed economico, con l'attivazione di flussi turistici affascinati dalla rappresentazione dell'isola Sicilia, delle sue coste e del suo mare, come pure della lingua, dell'architettura e della gastronomia, un fenomeno in costante espansione cui è lecito dedicare attenta analisi.

Tale considerazione ci consente di richiamare qui lo sforzo costante del Progetto "Isole" teso a indagare non solo la tradizione culturale isolana, ma anche il *sentimento* dell'isolanità, come si declina oggi, e il suo senso: se un senso esso conserva nel mondo globalizzato e interconnesso (8). Ciò inevitabilmente rimanda a due aspetti particolarmente curati nel corso dei lavori: la ricaduta che tale tipo di studio può avere sulla comunità scientifica e l'altra – non meno importante – ricaduta, concernente la comunità *isolana* al cui interno la ricerca si è sviluppata. Per il primo aspetto, già in parte è stato detto riferendo del coinvolgimento di studiosi con competenze relative a differenti campi e modi di indagine (12, 17); per quanto riguarda la seconda ricaduta, va sottolineata la funzione svolta dalle presentazioni di libri, dai dibattiti e dagli incontri aperti al pubblico; tra questi, le conversazioni con la scrittrice Simonetta Agnello Hornby e quella con Giuseppe Barbera, dedicata

all'olivo; specifica menzione merita anche un pubblico dibattito tenutosi a Villacidro, dove il medesimo tema si è sviluppato nel contesto rappresentato dalla cerimonia della firma di una convenzione tra il Parco geominerario e la Fondazione intitolata allo scrittore Giuseppe Dessì, per la costituzione del *Parco letterario Giuseppe Dessì*.

In ogni sua articolazione, il Progetto "Isole" si è avvalso della collaborazione di due giovani studiosi reclutati mediante bando, ai quali è stato richiesto di svolgere un coordinamento tra i membri del gruppo e con l'esterno, di compiere ricerche indipendenti su tematiche insulari (nei rispettivi ambiti di specializzazione: grecistica [4, 7] e semiotica [18]) e di sovrintendere agli sviluppi del sito web.

Gli studi svolti nei due anni deputati al Progetto hanno, da un lato, approfondito visioni e situazioni del passato, dall'altro, hanno fatto emergere come la percezione e la rappresentazione dell'"isola" negli autori del terzo millennio vada progressivamente discostandosi da tale quadro, assumendo consonanza con un sentire diffuso: altrimenti detto, l'indagine sul tema dell'insularità – sul sentimento di distinzione e di separatezza che molte volte sembra apparire come segno dominante del fenomeno studiato – ha messo in luce che la geografia di per sé non determina separatezza ed esclusione, ma anche che la rottura dell'isolamento non implica necessariamente la perdita del carattere ἐκκεντρος, 'eccentrico' e marcatamente identitario, di chi la abita e di ciò che in essa viene prodotto. Come illustrato in *Amare due patrie. Scrittori sardi e siciliani alle prese con l'Unità d'Italia* (studio monografico sull'identità sarda nato nell'ambito di questo Progetto; 10) si può affermare che i percorsi della storia, gli *incroci di rotte e di navigazioni*, l'intertestualità in cui risiede l'essenza stessa della letteratura, possono creare le premesse per le quali relazioni esistenti fin dall'antichità tra periferia e centro siano esaltate nel presente con il potenziamento degli strumenti di viaggio e di comunicazione, cui fa da corrispettivo la crescita esponenziale del

numero di persone in grado di partecipare attivamente allo scambio culturale, con ciò superando il limite posto dal mare tra isola e terraferma.

Attività seminariali e convegnistiche svolte nell'ambito del Progetto "Isole"

Paolo Fabbri (LUISS), *Il senso delle isole. Fra semiotica, lingue, arte, letteratura, antropologia e storia* [14 dicembre 2017].

Antonio Politano (la Repubblica e *National Geographic Italia*), *Il racconto delle isole. Dalla carta stampata al web* [15 giugno 2018].

Presentazione del libro *Storia di Montalbano* di Gianfranco Marrone (con interventi di Duilio Caocci, Giuseppe Marci, Franciscu Sedda) [13 luglio 2018].

Gianfranco Marrone (Università di Palermo), *La Sicilia come testo* [2 luglio 2018].

Convegno internazionale *Isole, isolanità, insularità* [3-5 ottobre 2018] (con contributi dei seguenti membri del Progetto "Isole": Aldo Accardo, Duilio Caocci, Morena Deriu, Paolo Maninchedda, Franciscu Sedda, Giuseppe Marci, Paolo Sorrentino, Veronka Szőke, Daniela Zizi).

Terry Gunnell (Háskóli Íslands), Gesuino Gregu (*issohadore* di Mamoiada), *Maschere di Sardegna e maschere del Nord a confronto* [24 ottobre 2018].

VI Seminario sull'opera di Andrea Camilleri, *Il Mediterraneo. Incroci di rotte e narrazioni* [Beirut, 29 ottobre 2018].

VII Seminario sull'opera di Andrea Camilleri, *Isole e olivi. Paesaggi naturali e umani nella letteratura* [Cagliari e Villacidro, 25-28 febbraio 2019].

Simonetta Agnello Hornby, *Il 'mio' Camilleri e altre storie dall'isola* [26 febbraio 2019].

Evento *Commissario Montalbano: conversazione con il regista Alberto Sironi* (coordinato da Antioco Floris) [27 febbraio 2019].

Evento *Ulivi e altre piante nel mondo camilleriano (e non solo)*. Presentazione del libro di Aldous Huxley, *L'albero d'olivo* [Fondazione di Sardegna, 27 febbraio 2019].

Evento *Olivi di Balanotti*. Presentazione del libro di Aldous Huxley, *L'albero d'olivo* [Fondazione Giuseppe Dessì, 28 febbraio 2019].

Anna Maria Lorusso (Università di Bologna), *Gli uomini non sono isole* [8 marzo 2019].

Henrik Williams (Università di Uppsala), Lorenzo Lozzi Gallo (Università di Mes-

sina) e Laura Loddo, *Epigrafia insulare: dal Baltico al Mediterraneo* [21 marzo 2019].

Andrea Corsale, Giovanni Sistu, Luciano Cau, *Sardegna, geografie di un'isola* (coordinatore: Francesco Pigliaru) [14 maggio 2019].

Bibliografia

1. Accardo A, Salia D. Le isole di fantasia. Un viaggio immaginario di Lord Byron in Corsica e Sicilia. Roma: Donzelli, 2018.
2. Accardo A. Disegnare l'inganno: il mito dell'isola e i "disonesti giudizi dello straniero" tra realtà e utopia. In: Ruggerini ME, Szőke V, Deriu M. Isole settentrionali, isole mediterranee. Letterature e società. Milano: Prometheus, 2019: 327-344.
3. Deriu M, Marci G. Quaderni camilleriani. Volume 7. Realtà e fantasia nell'isola di Andrea Camilleri. Monastir: Grafiche Ghiani, 2019.
4. Deriu M. Una Sirena fra testo e ipotesto: leggere Maruzza Musumeci alla luce dell'Odissea. In Deriu M, Marci G. Quaderni camilleriani. Volume 8. Fantastiche e metamorfiche isolitudini. Monastir: Grafiche Ghiani, 2019: 23-41.
5. Deriu M. Premessa. In Deriu M, Marci G. Quaderni camilleriani. Volume 8. Fantastiche e metamorfiche isolitudini. Monastir: Grafiche Ghiani, 2019: 7-8.
6. Deriu M, Marci G. Quaderni camilleriani. Volume 8. Fantastiche e metamorfiche isolitudini 2019.
7. Deriu M. Odisseo, Penelope e Itaca: la homophrosyne nell'isola. In: Ruggerini ME, Szőke V, Deriu M. Isole settentrionali, isole mediterranee. Letterature e società. Milano: Prometheus, 2019: 151-180.
8. Farci C. L'isola raccontata dagli scrittori del terzo millennio. Cagliari: Master Aipsa Edizioni, 2019.
9. Marci G. Premessa. In: Deriu M, Marci G. Quaderni camilleriani. Volume 7. Realtà e fantasia nell'isola di Andrea Camilleri. Monastir: Grafiche Ghiani, 2019: 7-8.
10. Marci G. Amare due patrie. Scrittori sardi e siciliani alle prese con l'Unità d'Italia. Milano: Prometheus, 2019.
11. Marci G. Isole mediterranee nell'immaginario narrativo di Sciascia, Camilleri e Bufalino (con un cenno a Tomasi di Lampedusa). In: Ruggerini ME, Szőke V, Deriu M. Isole settentrionali, isole mediterranee. Letterature e società. Milano: Prometheus, 2019: 257-310.
12. Ruggerini ME, Szőke V, Deriu M. Isole settentrionali, isole mediterranee. Letterature e società. Milano: Prometheus, 2019.
13. Ruggerini ME. La condizione insulare. In: Ruggerini ME, Szőke V, Deriu M. Isole settentrionali, isole mediterranee. Letterature e società. Milano: Prometheus, 2019: 7-12.
14. Ruggerini ME. C'è speranza per chi vive nelle isole. Marci G. Amare due patrie. Scrittori sardi e siciliani alle prese con l'Unità d'Italia. Milano: Prometheus, 2019: 7-13.
15. Sedda F. Tradurre la tradizione. Sardegna: su ballu, i corpi, la cultura. Milano: Mimesis, 2019.
16. Sedda F. Insula, natio o republicha? La Sardegna in due testi fondatori di epoca medievale. In: Ruggerini ME, Szőke V, Deriu M. Isole settentrionali, isole mediterranee. Letterature e società. Milano: Prometheus, 2019: 345-374.
17. Sedda F. Isole. Un arcipelago semiotico. Milano: Meltemi, 2019.
18. Sorrentino P. L'isola dell'autonomia. La narrazione di sé per i 70 anni dello Statuto. Fondazione di Sardinia (editoriale del 17 marzo 2018).
19. Szőke V. A representation of islandness:

- the case of Guta saga 'The history of the Gotlanders'. In: Ruggerini ME, Szőke V, Deriu M. *Isole settentrionali, isole mediterranee*. Letterature e società. Milano: Prometheus, 2019: 81-120.
20. Zizi D. La expresión profunda de la nostalgia en el análisis lingüístico-textual de las poesías de los poetas improvisadores sardos y cubanos. In: Ruggerini ME, Szőke V, Deriu M. *Isole settentrionali, isole mediterranee*. Letterature e società. Milano: Prometheus, 2019: 451-472.

Maria Elena Ruggerini è Professore ordinario di Filologia germanica presso il Dipartimento di Lettere, Lingue e Beni culturali. Ha svolto attività di docenza presso sedi universitarie nazionali (Roma "Sapienza", Bologna, Sassari) e straniere, (Durham, Bonn, Reykjavík). Ha ricoperto incarichi istituzionali: coordinatore del Corso di Laurea in Lingue e culture europee e extra-europee e del Corso di Laurea Magistrale in Lingue e letterature moderne europee e americane (2006-2009; 2009-2011); membro della Giunta della Scuola di Dottorato in Studi filologici e letterari (2008-2010) e direttore del Centro

interdipartimentale per lo studio dei documenti storico-filologici e letterari (2017-2019). Ha fatto parte del Comitato scientifico della Associazione *Classiconorroena* (1990-2014), del Centro di Studi filologici sardi (2014-2018); attualmente, è membro del comitato scientifico della rivista "Quaderni Camilleriani" (nonché coordinatrice del CamillerIndex) e del Comitato redazionale di "Letterature &", già rivista del D.to di Filologia, Letteratura e Linguistica (e oggi del D.to di Lettere, Lingue e Beni culturali). È membro del Progetto di ricerca internazionale *Pre-Christian Religion of the North*.

Tracce di cosmopolitismo: migrazioni, memorie e attualità fra Mediterraneo ed Europa

Responsabile scientifico: **Raffaele Cattedra**

Gruppo di ricerca: Francesco Atzeni, Raffaele Cattedra, Andrea Corsale, Tatiana Cossu, Maria Lusía Di Felice, Carlo Maxia, Marcello Tanca, Cecilia Tasca, Felice Tiragallo; Maurizio Memoli; Monica Iorio, Cecilia Novelli.

Hanno contribuito anche 5 borsisti: Valeria Deplano, Eva Garau, Giulia Cubadda, Cinzia Atzeni, Stefano Pisu; 2 dottorandi: Gianluca Gaias e Carlo Dibella; una fellow Marie Curie Silvia Aru.

Presentazione e obiettivi

Con un approccio interdisciplinare basato sul contributo di geografi, storici della contemporaneità, archivisti e antropologi, e con una volontà di confronto intergenerazionale che ha visto la partecipazione di professori ordinari, associati, ricercatori, dottorandi e borsisti afferenti a tre dipartimenti, il progetto COSMOMED ha indagato, attraverso diversi focus specifici, su mutamenti sociali e territoriali, ricomposizioni culturali e simboliche o forme di resistenza inerenti processi, situazioni e contesti legati al "cosmopolitismo". Il progetto ha inteso mettere alla prova del "campo" tale concetto, inteso come paradigma interpretativo e operatorio, per leggere in chiave euristica processi storico-culturali e territoriali che caratterizzano l'area euro-mediterranea, dove la prospettiva storica dello "sguardo cosmopolita" s'inserisce nel dibattito inerente le società contemporanee. Il cosmopolitismo assume molteplicità di accezioni: dall'idea filosofica originata in ambito greco classico che esprime la consapevolezza di essere "cittadini del mondo" e l'appartenenza a una comunità umana universale, al suo riferimento ai diritti dell'uomo; dalla sua associazione a fenomeni di convivenza in relazione a contesti di diversità multi-etnica/religiosa/ linguistica/culturale, quanto alle incessanti evoluzioni del concetto di cittadinanza, di identità nazionale

e di giustizia, inserendosi oggi nell'attualità della globalizzazione delle migrazioni.

La nostra lettura del cosmopolitismo, scevra dal ritenersi elogio acritico di una società armonica, priva di tensioni o conflitti fra gruppi, comunità o minoranze nello spazio, va colta come capacità sociale e pragmatica di costruire forme di convivenza e d'inclusione nella complessità identitaria e culturale. Questione centrale è stata quella di chiedersi, seguendo la prospettiva del filosofo Pascal Bruckner (*Le vertige de Babel*, 2000): "quali sono le capacità delle società a integrare e mobilitare le 'pluralità di appartenenze'?" Facendo convergere approcci di ricerca di ambito post-coloniale in una prospettiva transnazionale (22, 57), e mettendo in relazione punti di vista teorici (3, 37) e attività di campo (pratiche sociali e simboliche, archivi, stampa, rappresentazioni e narrazioni), il progetto COSMO-MED ha indagato su processi relativi alle mobilità e alle migrazioni (dalle rotte ai sistemi di accoglienza e di insediamento, non solo contemporanei) (1, 3, 32, 34) alla reinvenzione di memorie collettive, individuali e dei luoghi, alle pratiche ordinarie negli spazi pubblici, alle forme di *mixité* culturale, di inclusione ed esclusione sociale e urbana e di identità ibride, alle scelte di valorizzazione dei patrimoni culturali (15, 17), e questo anche attraverso l'ausilio di metodologie multimediali.

Risultati

In rispondenza agli obiettivi proposti, il progetto ha permesso di: a) produrre conoscenze su nuovi terreni di studio e di consolidare filoni di ricerca già intrapresi; b) elaborare in maniera innovativa un vocabolario scientifico comune, basato sul confronto e lo scambio interdisciplinare di concetti e approcci su contesti politici, situazioni e pratiche inerenti il cosmopolitismo, come su conflitti che ne possono derivare; c) sperimentare metodologie di ricerca basate sulla multimedialità (laboratori geo-fotografici nelle scuole e con migranti, documentari) e la partecipazione dei ricercatori, privilegiando il punto di vista narrativo "interno" degli attori coinvolti nelle ricerche (7, 9, 28, 36, 48, 49, 62); e) darsi come obiettivo anche quello della divulgazione pubblica dei risultati, secondo i più recenti sviluppi delle *Public History*, *Public Geography* e *Public Anthropology* (Evento Cosmomed: convegno, mostra, laboratorio, al Lazzaretto di Cagliari dal 17 ottobre al 3 novembre 2019, sito web cosmomed.org, 65) (Fig. 1). I principali risultati della ricerca hanno riguardato, dal punto di vista tematico, areale e metodologico, i seguenti ambiti:

1. Teorie e posizioni sul cosmopolitismo

Un primo nucleo di ricerche ha consentito di fare il punto dello stato dell'arte del rapporto fra migrazioni, cosmopolitismo urbano, politiche, comunicazione e alterità (20, 30, 33, 37). La ricerca ha riguardato in particolare posizioni teoriche e migrazioni post-coloniali che hanno coinvolto gruppi di persone di origine europea, africana e asiatica, che a causa dello smantellamento dell'ordine coloniale si sono mossi verso l'Europa e in particolare l'Italia e la Sardegna. La loro storia è stata analizzata in relazione alle ridefinizioni identitarie sollecitate dal loro movimento (21, 23, 39, 53, 53).

2. Sardegna e cosmopolitismo

Si è trattato di decostruire l'idea di un'identità statica e granitica dell'isola, mettendo in luce il crogiuolo di esperienze di

diversità a carattere multiculturale che ha conosciuto la Sardegna sulla lunga durata e nella contemporaneità. Dal punto di vista storico, archivistico e antropologico sono state studiate tracce relative alla presenza ebraica nell'isola (58, 59, 60, 61) e indagate fasi della "colonizzazione interna", attraverso la memoria biografica di esperienze d'integrazione familiare e professionale di genti provenienti da oltre Tirreno nell'area mineraria del Sulcis (62, 63, 64) e durante le bonifiche a Mussolinia (Arborea) fra gli anni '20 e '60, tramite le fonti cinematografiche dell'Istituto Luce e dei film di famiglia (26, 27, 55), o la fotografia (25), e infine nel caso dei Siculo-Tunisini insediatisi a Pula e Castiadas attraverso i progetti di ricollocamento dell'ETFAS (24). Lo studio della contemporaneità ha riguardato, in particolare da una prospettiva geografica (4, 16, 18), gli effetti "sensibili" delle migrazioni – come gli spazi del sacro (6, 35) e le "voci migranti" (10, 31) –, indagando sulle forme di convivenza/integrazione/confitto nel rapporto fra spazio privato e spazio pubblico, come nel caso del Rom (42), e mettendo in rilievo come attori locali e soggetti migranti fanno, rappresentano e immaginano i luoghi, incidendo in vario modo sulla fisionomia di paesaggi urbani e rurali, e riscrivendone i rapporti fra marginalità, periferie e centralità (11, 14, 44, 46, 47, 50, 52).

3. Tracce e voci di cosmopolitismo fra Europa e Mediterraneo

Il terzo nucleo di ricerche ha riguardato un ambito relazionale e areale più vasto, ritracciando esperienze di migrazioni contemporanee dall'Africa verso l'Europa (2, 34), diaspore, reinvenzione di memorie e forme di convivenza in vari contesti (8, 29, 56), come a Marsiglia in Francia (51), in Belgio (49), Malta (40), in diversi paesi dell'Europa dell'Est – Ucraina, Bulgaria, Romania... (12, 19, 41, 43) –, Nord-Africa (5, 7, 9), cercando di dare voce e espressione agli attori marginali come bambini (Fig. 3), migranti, donne o ricostruendo traiettorie biografiche di figure cosmopolite attive in ambito mediterraneo (45).



Fig. 1. Manifesto dell'iniziativa Cosmomed. Lazzaretto di Cagliari 17-19 ottobre 2019. Foto di sfondo © Rosi Giua, Marsiglia, 2015.

Valorizzazione e prospettive

Il progetto COSMOMED ha permesso di stabilire convenzioni e partenariati con istituzioni pubbliche e del mondo associativo locale, nazionale e internazionale (Archivi pubblici; Istituto comprensivo statale di Mogoro / Scuola di San Nicolò d'Arcidano; MEM-Cagliari; MEDU-Medici per i Diritti Umani, Roma; Associazioni: Tusitala; Chourmo-Marina Café Noir (Cagliari); Senza confini di pelle (Sassari); Ong CESVI, (Bergamo); Maison de la Photographie de Marrakech; AAA- Action Autonomie Avenir (Parigi). Oltre alle pubblicazioni e alla partecipazione dei membri del progetto a convegni e seminari nazionali e internazionali, nel periodo 2017-19 sono stati organizzati o co-organizzati in partenariato da COSMO-MED: 2 convegni internazionali, 3 seminari, 3 presentazioni di volumi. Nel 2019 è stata allestita una mostra fotografica presso il Municipio di San Nicolò d'Arcidano con i risultati del laboratorio geo-fotografico "Sguardi paralleli e sguardi incrociati", e è stato realizzato un workshop nell'isola dell'Asinara (progetto Overlap/ Senza confini di Pelle).

Grazie alla concessione di una proroga, il progetto si è concluso il 3 novembre 2019, con una manifestazione pubblica della dura di oltre due settimane posta sotto il patrocinio dell'Università e del Comune di Cagliari,

presentata in conferenza stampa dal Magnifico Rettore l'11 ottobre 2019 (https://www.unica.it/unica/it/news_notizie_s1.page?contentId=NTZ195394). L'evento, inaugurato il 18 ottobre alla presenza dell'assessore alla cultura del Comune di Cagliari, è stato ospitato fino al 3 novembre 2019 al Centro culturale d'arte Lazzaretto di Cagliari. L'iniziativa (coordinata dal responsabile scientifico del progetto e curata dallo storico dell'arte Efisio Carbone), è stata destinata a promuovere in forma artistico-divulgativa a un vasto pubblico di studenti, cittadini e visitatori della Sardegna e di altrove i risultati scientifici del progetto, coinvolgendoli sui temi del cosmopolitismo e dell'inclusione sociale e culturale (Fig. 2). L'iniziativa Cosmomed si è articolata con l'organizzazione di:

- un Convegno internazionale (17-19 ottobre 2019) che ha coinvolto quattro dipartimenti, tre università straniere (Nanterre, Granada, Amsterdam) e oltre una trentina di partecipanti, i cui esiti saranno pubblicati entro il 2020. Il convegno è stato organizzato in partenariato con il progetto *Dentro/Fuori. Percorsi di prigionia e di libertà*, organizzato da Medea (<http://ojs.unica.it/index.php/medea/>);
- una mostra multimediale, *Cosmomed/Tracce* (curata da Rosi Giua e Efisio Carbone) (Fig. 3), il cui percorso espositivo è



Fig. 2. Mappa Cosmomed. Tracce di cosmopolitismo attraverso punti e fili che segnano origini e percorsi dei protagonisti della Mostra / Tracce e dei visitatori di Cosmomed a Cagliari (17 ottobre-3 novembre 2019).

© Raffaele Cattedra, Cagliari, 2019.



Fig. 3. Mostra multimediale / Tracce (di cosmopolitismo intorno al Mediterraneo), a cura di Rosi Giua e Efisio Carbone. Fotografie realizzate dagli atelier geo-fotografici nelle scuole di Fès (Marocco, 2015) e San Nicolò d'Arcidano (Oristano, 2018). Lazzaretto di Cagliari 18 ottobre-3 novembre 2019.

© Rosi Giua, Cagliari, 2019.

stato sviluppato attraverso la fotografia, il video, il sonoro e vari contributi artistici, permettendo di dare risalto a oltre una cinquantina di autori (fra cui 40 bambini e adolescenti) coinvolti nei progetti a carattere scientifico, artistico o umanitario presenti nella mostra;

- uno spazio laboratoriale permanente, Cosmolab, attivo dal 18 ottobre al 3 novembre 2019, organizzato in sette tavoli tematici, destinato alla discussione scientifica e alla presentazione di approfondimenti (lezioni, incontri, workshop, documentari, reading-musicali...) da parte di docenti, giovani ricercatori e studenti, artisti, con l'animazione dei dottorandi del Dottorato in Storia, Beni culturali e studi internazionali;

- uno spazio biblioteca/Transiti destinato alla presentazioni di percorsi di lettura sul tema del cosmopolitismo (curato dalla dott.ssa Veronica Chisu e da diversi studenti e dottorandi), realizzato in collaborazione con l'Associazione culturale Tuisita e la MEM-Mediteca del Mediterraneo del comune di Cagliari;
- la realizzazione di eventi di carattere artistico sulle tematiche del progetto, che ha coinvolto in performaces artisti interazionali e locali (Tom Walker/Linving Theatre, Senza Confini di Pelle, Lea Gramsdorff, Simone Dulcis, Stefano Giaccone, Dimitri Pourcu, Giacomo Casti, Costanza Ferrini);
- la realizzazione di un sito web dedicato al progetto, consultabile su <https://www.cosmomed.org> (65).

Bibliografia

1. Atzeni C. Rappresentare gli spazi delle rotte migratorie: per una prospettiva geografica alternativa. *Rivista geografica italiana*, 2019 (cds).
2. Atzeni C. Lo spazio migratorio Sahe-lo-Sahariano nelle rappresentazioni cartografiche dei migranti: tra ostacoli alla mobilità e autodeterminazione. In *Atti*

della VIII Giornata di studio Oltre la globalizzazione. Sessione 4, Mosaici Migratori: dimensione geopolitica e contesto euro-mediterraneo, Roma: Società di Studi Geografici, 2019 (cds), pp. 15.

3. Cattedra R. Le parole del territorio. Denominazione e controllo simbolico dei margini urbani come espressione di ter-

- ritorialità politica. In: Arbore C, Maggioni M. (eds). Territorialità: concetti, narrazioni, pratiche. Saggi per Angelo Turco. Milano: FrancoAngeli, 2017: 275-293.
4. Cattedra R. La Sardegna nel contesto del Mediterraneo. In: Corsale A, Sistu G. (eds). Sardegna. Geografie di un'isola. Milano: FrancoAngeli, 2019: 412-43.
 5. Cattedra R. Photographies Giua R. Tunis: la Révolution à la Kasbah. L'espace public au prisme de l'imaginaire et des récit de pouvoir. In: Diop A, Ghereradi M. Rivages et horizons. Hommages au géographe Jean-Marie Miossec. Paris: L'Harmattan, 2019: 341-362.
 6. Cattedra R, Gaias G. Costruzioni territoriali e migrazione. Spazio del sacro e identità religiose a Cagliari. In: Salvatori F. L'apporto della Geografia tra rivoluzioni e riforme. Atti del XXXII Congresso Geografico Italiano (7-10/05/2017 Roma), Roma: AGEI, 2019: 2789-2796.
 7. Cattedra R, Giua R, Idrissi Janati, et al. Geografie e emozioni del quotidiano. Racconti fotografici di giovani abitanti a Fès. Rivista geografica italiana, 2018; 125 (3): 289-312.
 8. Cattedra R, Idrissi Janati M, Memoli M. Les marges au prisme des représentations. Mots, discours, images. In: N. Semmoud, P. Signoles. Exister et résister dans les marges urbaines. Villes du Bassin méditerranéen. Rennes: PUR, 2019 (cds).
 9. Cattedra R, Idrissi-Janati M, Puttilli M, et al. Fès. Vingt-trois regards en liberté. Un projet géo-photographique. Marrakech: Maison de la Photographie, 2018.
 10. Cattedra R, Tanca M, Gaias G. Voci migranti e paesaggio urbano. Per una lettura sonora dei processi migratori nel centro storico di Cagliari. Sem. di Studi e Ricerche di Geografia, 2017; 2: 29-43.
 11. Cattedra R., Tanca M., Aru S., Florin F., eds. Cagliari. Visioni di una città. Milano: FrancoAngeli, 2019 (cds).
 12. Corsale A. Jewish Heritage Tourism in Bucharest. Reality and Visions. *The Geographical Journal* 2017; 183(3): 261-271.
 13. Corsale A. Issues and changes related to dissonant heritage. A case from Jewish and Polish heritage in the small towns of Western Ukraine. *International Journal of Culture, Tourism, and Hospitality Research*. 2019 (in revisione).
 14. Corsale A. Geopolitical conflicts through transnational identities: a case from the Ukrainian community in Cagliari, Italy. *Migration Studies*. 2019 (in revisione).
 15. Corsale A. Il patrimonio culturale ebraico di Bucarest. Un confronto fra diverse strategie, pratiche e rappresentazioni. In: Salvatori F. L'apporto della Geografia tra rivoluzioni e riforme. Atti del XXXII Congresso Geografico Italiano (7-10/05/2017 Roma), Roma: AGEI, 2019.
 16. Corsale A. Le dinamiche demografiche in Sardegna. In: Corsale A, Sistu G. (eds) Sardegna. Geografie di un'isola. Milano: FrancoAngeli, 2019: 115-133.
 17. Corsale A, Krakover S. Cultural tourism between local and transnational identities: Jewish heritage in Syracuse, Italy. *Tourism Geographies* 2019; 21(3): 460-481.
 18. Corsale A, Sistu G (eds). Sardegna. Geografie di un'isola. Milano: FrancoAngeli, 2019.
 19. Corsale A., Vuytsyk O. Jewish Heritage Tourism between Memories and Strategies. Different Approaches from Lviv, Ukraine, *Current Issues in Tourism* 2018; 21(5): 583-598.
 20. Cossu T, Cannas A. Immaginare mondi: l'alieno e l'altrove. Medea, 2018; 4(1). Doi: <http://dx.doi.org/10.13125/medea-4.1>
 21. Deplano V. Sardegna d'oltremare. L'emigrazione coloniale tra esperienza e memoria. Roma: Donzelli, 2017.
 22. Deplano V. La Madrepatria è una terra straniera. Libici, eritrei e somali nell'Italia del dopoguerra. Firenze: Le Monnier, 2017.
 23. Deplano, V. Verso l'Africa? Le migrazioni interne in periodo fascista e la (mancata) mobilità coloniale dei sardi. *Meridiana*, 2018; 92: 73-94.
 24. Deplano V. Contaminazioni (post)coloniali: la comunità siciliana dalla Tunisia alla Sardegna degli anni '60. Comunicazione al convegno Tracce di cosmopolitismo intorno al Mediterraneo. Cagliari: Università di Cagliari; 7-19 ottobre 2019 (cds).
 25. Di Bella C. Il mondo guarda la Sardegna: fotografie e sguardo esterno nel secondo dopoguerra. Comunicazione

- al convegno *Tracce di cosmopolitismo intorno al Mediterraneo*, Cagliari: Università di Cagliari; 7-19 ottobre 2019 (cds).
26. Di Felice ML, Società Bonifiche Sarde: modernizzazione e controllo sociale nella piana di Terralba. In: *Studi in onore di Francesco Atzeni*. 2019 (cds).
 27. Di Felice ML. Arborea sembrava il deserto del Sahara. Flussi migratori e conflittualità nella piana di Terralba, Comunicazione al convegno *Tracce di cosmopolitismo intorno al Mediterraneo*, Cagliari, 17-19 ottobre 2019.
 28. Gaias G. Webdocumentario *Spazi Migranti a Cagliari*. Luoghi, suoni e volti di un paesaggio urbano dell'immigrazione. 2017 (www.spazimigranti.it).
 29. Gaias G. *Territorialización 2.0. La red en los procesos migratorios y los social networks al servicio de las comunidades*. Cuadernos Artesanos de Comunicación 2019, Granada (cds).
 30. Gaias G. *Cosmopolitismo urbano*. In: Tanca M. (eds). *Piccolo lessico geografico. Voci in onore di Clara Incani Carta*. Milano: FrancoAngeli, 2019 (cds).
 31. Gaias G. *Voci. Spazialità sonore e nuove forme di cittadinanza nel centro di Cagliari*. In Cattedra R, Tanca M, Aru S, Florin F (eds). *Cagliari. Visioni di una città*. Milano: FrancoAngeli, 2019 (cds).
 32. Gaias G. *La construction d'un parcours méthodologique face à la métamorphization de l'espace public*. In: *Atti del Convegno Migrations et espaces publics: discours pratiques et postures*. Paris, EHESS, 2019 (cds).
 33. Gaias G., *Otras narraciones y escrituras de la migración. Mapas tradicionales y mapas otros para contar la movilidad*. Comunicazione al seminario dottorale di Granda. 2019 (cds).
 34. Gais G., Atzeni C. *Percorsi migranti e narrazioni. Altri modi di narrare la mobilità*. In Orrù P (ed). *Il dualismo Nord-Sud: vecchie e nuove questioni in Italia e nel Mediterraneo*. Firenze: Franco Cesati, 2019: 33-52.
 35. Gaias G, Brancato AM. *Nasce una luna nuova: la fine del Ramadan a Cagliari*. Il manifesto sardo.1/07/2017.
 36. Gaias G, Congiu A. video *Le città di dio*. Luoghi, suoni e volti di un dialogo mediterraneo. presentato alla mostra *Tracce Progetto CosmoMed (17-10/-3-11/2019 Lazzaretto di Cagliari)* 2018.
 37. Garau E. *Fenomeno universale e perpetuo. Chiesa cattolica e migrazioni*. *Historia Magistra* 2018; 26: 33- 50.
 38. Garau E. *Chiesa italiana e migrazioni nel periodo post-conciliare*. *Rivista di Storia della Chiesa in Italia* 2019 (cds).
 39. Garau E. *Gli studi sull'immigrazione e il caso italiano*. *Rime*. 2019 (cds).
 40. Iorio M. *Scenari migratori nell'era della crisi economica: Gli italiani a Malta*. In: Salvatori F. *L'apporto della Geografia tra rivoluzioni e riforme*. *Atti del XXX-II Congresso Geografico Italiano*. Roma: AGEI, 2019: 2011-2018.
 41. Iorio M. *Italian retirement migration across Europe: Stories from Bulgaria*. *Geoforum*, 2019 (cds).
 42. Iorio M, Corsale A. *I campi Rom a Cagliari tra marginalità, inclusione, assimilazione*. In: Cattedra R, Tanca M, Aru S, Troin F. *Geografie e visioni di una città: Cagliari*. Milano: FrancoAngeli, 2019 (cds).
 43. Iorio M, Corsale A. *Travelling to the homeland over a double diaspora: memory, landscape and sense of belonging. Insights from Transylvanian Saxons*. In: Marschall S. *Tourism and memories of home: migrants, displaced people, exiles and diasporic communities*. Bristol: Chan, 2017: 179-199.
 44. Iorio M, Renoldi S. *L'imprenditoria straniera in Sardegna: attori, pratiche, territori*. In: Cardia (ed). *70 Anni di Autonomia Speciale della Sardegna*. Cagliari: Aipsa Edizioni, 2018: 391-405.
 45. Marrocu L. *Cosmopolitismo intellettuale mediterraneo nella prima metà del Novecento: Comunicazione al convegno Tracce di cosmopolitismo intorno al Mediterraneo*. (Cagliari: Università di Cagliari; 7-19 /10/2019) (cds).
 46. Memoli M. *Le città della Sardegna (non)*

- esistono. In: Corsale A, Sistu G (eds). *Sardegna. Geografie di un'isola*. Milano: FrancoAngeli, 2019: 329-344.
47. Memoli M. Foucault e Gramsci a Sant'Elia. *Rivista Geografica Italiana* 2019, CXXVI (4) (cds).
 48. Memoli M, Aru S, Jampaglia C, et al. *L'emozione di uno spazio quotidiano. Parole, racconti, immagini di Sant'Elia-Cagliari*. Verona: Ombre Corte, 2018.
 49. Memoli M, Rosa E, Blečić I et al. *B_City. At the margins of a Public space*. Film, 2018, 29'32'', Università di Cagliari e Université catholique de Louvain. <https://vimeo.com/302034203>
 50. Memoli M., Salimbeni A., Cadeddu B. *Des cachots aux étoiles. Une expérience d'architecture participative dans une prison pour mineurs*. *Revue Habiter*, 2019 (cds).
 51. Memoli M, Governa F. *Corpo a corpo con la città. Spazi, emozioni, e incontri fra Murat e La Belle de Mai*. Marsiglia: *Rivista Geografica Italiana*, 2018; 125: 313-330.
 52. Novelli C. *La Sardegna guarda il mondo: i Murales di Orgosolo*. Comunicazione al convegno *Tracce di cosmopolitismo intorno al Mediterraneo* (Cagliari: Università di Cagliari; 7-19/2019). (cds).
 53. Novelli C. *Italy and the memory of Colonialism in the Seventies*. In: Bertella Farnetti P, Dau Novelli C. *Images of Colonialism and Decolonisation in the Italian Media*. Cambridge: Cambridge Scholars Publishing, 2017: 248-264.
 54. Novelli C. *Famiglia, matrimonio e divorzio*. In Giovagnoli A (ed). *L'Italia e gli italiani dal 1948 al 1978*. Soveria Mannelli: Rubbettino, 2019: 341- 367.
 55. Pisu S. *Da Carloforte e Arborea: Giacomo Covacovich sindaco sardo e cosmopolita di origini dalmate*. Comunicazione al convegno: *Tracce di cosmopolitismo intorno al Mediterraneo*. (Cagliari: Università di Cagliari 7-19/10/2019) (cds).
 56. Tanca M. *L'Andalusia e il mondo gitano*. In: AAVV, Bizet, Carmen. *Milano: Electa*, 2018: 111-123.
 57. Tanca M, Serra V. *Construction eurocentrique de l'imgo Africae dans les récits de voyage de Georg August Schweinfurth*. In: Repussard C, de Gemeaux C (eds). *Civiliser le monde, ensauvager l'Europe? Circulation des savoirs, transferts et Mimicry dans l'espace germanophone et sa sphère coloniale*. Paris: Éditions le Manuscrit, 2017: 17-48.
 58. Tasca C. *Ebrei e conversos nella Sardegna catalana: fra convivenza "forzata" e integrazione sociale*. In: Franco B, Pomara B, Lomas M, Ruiz B: *Identidades cuestionadas coexistencia y conflictos interreligiosos en el mediterráneo*. València: Universitat de València, 2017: 21-38.
 59. Tasca C. *Armi e cavalieri nel Mediterraneo catalano. L'ebreo Bonjusus Bondavin: medico a Marsiglia, cavaliere dell'armata reale in Sardegna*. In: Corda AM, Perrin M (eds). *Spatha, Spada, épée. Teoria e prassi*. Faenza: Flli Lega di Faenza, 2019: 337-351.
 60. Tasca C. *Rapetti M, De Carcassona I. Dalla Provenza allo Studio Generale cagliaritano Materia Giudaica 2018, XX-III: 189-200*.
 61. Tasca C. *Rapetti M. Tracce di ebraismo in Sardegna fra esodi e ritorni*. Comunicazione al convegno: *Tracce di cosmopolitismo intorno al Mediterraneo*. (Cagliari: Università di Cagliari 17-19/2019) (cds).
 62. Tiragallo F. *Implicit ethnographies. Cinema, local dimension and daily life in Sardinia*. In: Floris A, Girina I (eds). *Local Cinema: Sardinia & European Periphery*. Milano: Mimesis International, 2017.
 63. Tiragallo F. *Tunnels of voices. Acoustic images of mining life*. *Ethnologia Polona* 2019 (cds).
 64. Tiragallo F. *Cosmopolitismo e costruzioni di identità nel mondo minerario sardo*. Comunicazione al convegno: *Tracce di cosmopolitismo intorno al Mediterraneo*. (Cagliari: Università di Cagliari 7-19/10/2019) (cds).
 65. <https://www.cosmomed.org>, sito web dedicato al progetto COSMOMED.

Raffaele Cattedra (1963), dopo una carriera internazionale (Marocco, Francia), è rientrato in Italia nel 2009 come Professore ordinario di geografia. Insegna Geografia del Mediterraneo, Geografia della globalizzazione e Geografia dei beni culturali presso il Dipartimento di Lettere, Lingue e Beni culturali dell'Università degli Studi di Cagliari. Si occupa di questioni urbane e territoriali con un approccio comparativo (Mediterraneo, Europa, Mondo arabo, Africa). Nelle sue ricerche ha affrontato problematiche legate alle teorie geografiche e ai processi di territorializzazione. Le sue analisi sono sia rivolte alle politiche urbane

e all'immagine della città, sia allo studio delle pratiche simboliche inerenti gli spazi del sacro, gli spazi pubblici e le prassi di patrimonializzazione. Fin dagli anni Novanta si è occupato delle ricadute delle migrazioni internazionali, indagando nel contesto della globalizzazione le forme risorgenti di cosmopolitismo. Partecipa a diverse reti di ricerca nazionali e internazionali ed è autore di oltre 130 pubblicazioni. Ha partecipato a oltre un centinaio convegni e seminari in una decina di diversi paesi. È referee di comitati scientifici di diverse riviste e collane editoriali nazionali e internazionali.

Studio prospettico delle basi psicologiche dello sviluppo del bambino e del suo benessere, dall'infanzia all'età prescolare: il ruolo della salute mentale dei genitori

Responsabile Scientifico: **Roberta Fadda**

Gruppo di ricerca: Loredana Lucarelli, Gabriella Baptist, Cristina Cabras, Stella Conte, Claudia Secci, Laura Vismara, Michele Zedda

Il nostro progetto si inserisce nel filone di ricerca dell'*Infant Research*, che considera lo sviluppo secondo l'ottica transazionale delle teorie dell'attaccamento e dell'intersoggettività (1, 2), tali per cui gli esiti evolutivi possono essere considerati come il risultato di interrelazioni continue e dinamiche tra il comportamento del bambino, le risposte del caregiver e le variabili ambientali. Secondo questo modello i cambiamenti evolutivi nel bambino elicitano cambiamenti nei comportamenti di *scaffolding* del genitore che, a loro volta, influenzano le abilità emergenti del bambino. In questo modo, le abilità precoci preparano e sostengono lo sviluppo delle abilità successive (3). Il modello transazionale presenta numerose convergenze con il modello socio-costruttivista dello sviluppo, che attribuisce un ruolo centrale alla condivisione di stati mentali e affettivi nell'esperienza intersoggettiva pre-verbale tra bambino e caregiver (4). Nei primi anni di vita la sensibilità dei genitori ai bisogni dei bambini e le offerte di comunicazione promuovono la capacità dei bambini di coordinare socialmente l'attenzione agli oggetti mentali interni nella vita (5). Più tardi nello sviluppo, durante l'età prescolare, le capacità di attenzione congiunta vengono interiorizzate. Di conseguenza i bambini sono in grado di adottare un punto di riferimento comune con altre persone. Questa abilità è

chiamata "Teoria della Mente", una teoria ingenua che gli individui usano per prevedere e interpretare i comportamenti umani (6). La Teoria della Mente è una forma matura di intersoggettività (7). Tuttavia, la responsività dei genitori durante l'infanzia potrebbe essere ridotta in quei genitori in cui il livello di ansia, depressione, conflitto genitoriale e richieste di assistenza all'infanzia sono significativamente alti. Pertanto, le prime interazioni genitore-bambino potrebbero essere caratterizzate da rigidità, intrusività e/o distacco. Se un bambino ha a che fare troppo spesso con questo tipo di interazioni, allora deve dirigere tutte le sue energie mentali per far fronte alla rigidità, all'intrusività e/o al distacco dei genitori. Pertanto, i bambini avranno meno opportunità di concentrarsi sul loro mondo interno ed esterno (8). Di conseguenza, le successive forme emergenti di intersoggettività durante gli anni prescolari, come la Teoria della Mente, potrebbero essere compromesse. Mentre le relazioni longitudinali tra le capacità di comunicazione sociale dei primi anni e Teoria della Mente sono state ampiamente esplorate, solo pochi studi (9) hanno studiato tale relazione considerando il ruolo delle caratteristiche psicologiche individuali di bambini e genitori e la qualità delle interazioni genitore-figlio dalla prima infanzia all'età prescolare. Il nostro studio si propone di

indagare longitudinalmente i fattori psicologici coinvolti nella salute mentale dei bambini e dei genitori dall'infanzia all'età prescolare. Considereremo l'intersoggettività e la genitorialità anche da una prospettiva pedagogica e filosofica. I risultati del nostro studio saranno cruciali per lo sviluppo futuro di programmi di intervento efficaci, per promuovere la salute mentale dei bambini e dei loro genitori a partire dalla prima infanzia (10). Il nostro progetto presenta numerosi elementi di originalità rispetto agli studi precedenti. Innanzitutto si caratterizza per un approccio interdisciplinare, con interessanti convergenze tra la Psicologia Dinamica, la Psicologia Clinica, la Psicologia dello Sviluppo, la Filosofia e la Pedagogia. Il team che si occuperà del progetto di ricerca è infatti composto da studiosi afferenti a discipline diverse, con diverse *expertise* nello studio delle problematiche da noi considerate. Fa parte del gruppo la Prof. Loredana Lucarelli, Direttore del Dipartimento di Pedagogia, Psicologia, Filosofia, esperta nello studio delle interazioni precoci madre-bambino. In collaborazione con la Prof. Irene Chathoor, Prof. of Pediatrics and Psychiatry, Director of the Behavioral and Health Feeding and Eating Disorder Program, Vice Chair of the Department of Psychiatry and Behavioral Sciences, The George Washington University, Washington DC, la Prof. Lucarelli ha condotto numerosi studi sull'importanza delle relazioni precoci e il benessere psicologico del bambino. Questo progetto si pone in continuità con il progetto PRIN 2013-2016 – Programmi di Ricerca Scientifica di Rilevante Interesse Nazionale dal titolo "Parental Depression as a risk factor for affective regulation in infancy", di cui la Prof. Lucarelli è stata Responsabile Scientifico a livello Nazionale. La Prof. Lucarelli, insieme alla Dr.ssa Roberta Fadda, principal investigator di questo progetto, e alla Prof. Cristina Cabras, Prof. Associato di Psicologia sociale del Dipartimento di Pedagogia, Psicologia, Filosofia dell'Università di Cagliari e Coordinatrice dei corsi di studi di Psicologia della Facoltà di

Studi Umanistici, fa parte di un'unità del nostro progetto che studierà secondo un approccio prospettico le correlazioni tra le caratteristiche psicologiche dei genitori (es: livelli di ansia, depressione ecc.) e le abilità socio-comunicative dei bambini in età prescolare. Un'attenzione particolare verrà dedicata alle differenze di genere nella genitorialità e sui fattori di rischio associati. Fanno parte di questa unità anche la Dr.ssa Laura Vismara, ricercatrice in Psicologia Clinica e la Dr.ssa Cristina Secchi (Ph.D). Una seconda unità di ricerca è composta dalla Prof. Stella Conte, Professore Associato di Psicologia Generale, la Prof. Gabriella Baptist, Professore Associato di Filosofia Morale, il Dr. Michele Zedda, Ricercatore in Pedagogia Generale e Sociale e la Dr.ssa Claudia Secci, Ricercatrice in Pedagogia Generale e Sociale. Questa unità svilupperà, secondo una prospettiva filosofica e pedagogica, una riflessione sul concetto di intersoggettività e di identità genitoriale al giorno d'oggi. Le due unità cureranno gli aspetti di interconnessione tra i risultati dell'indagine empirica e le riflessioni filosofiche e pedagogiche sui temi da noi considerati. Una risorsa importante che è disponibile per la realizzazione di questo progetto è il Laboratorio del Dipartimento di Pedagogia, Psicologia, Filosofia. Il Laboratorio è finalizzato allo studio, in ambiente controllato, del comportamento umano e delle sue dimensioni psicologiche e ambientali. I comportamenti oggetto di studio possono essere osservati in vivo oppure videoregistrati in formato digitale. Il Laboratorio comprende una stanza per l'osservazione del comportamento umano e un'altra stanza con dispositivi ad alta tecnologia, dotati di software avanzati, per registrare e analizzare i comportamenti osservati. Due ricercatori leader a livello mondiale nel campo della genitorialità e dello sviluppo infantile precoce collaborano al nostro progetto: la Prof.ssa Tricia Striano della City College University, New York (USA) e la Prof.ssa Irene Chathoor, The George Washing University, Washington DC (USA).

Bibliografia

1. Lucarelli L. I disturbi funzionali del bambino come disturbi della relazione. In: Simonelli A (a cura di). *La Funzione Genitoriale*. Milano: Raffaello Cortina, 2014; 331-352.
2. Chatoor I, Lucarelli L. Feeding and Eating Disorders of Infancy and Early Childhood. In: Sadock BJ, Sadock VA, Ruiz P (eds). *Kaplan & Sadock's Comprehensive Textbook of Psychiatry*. Tenth ed., Vol. two. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2017: 3622-3634.
3. Fadda R, Lucarelli L. Parisi M. Interazioni madre-bambino e competenze socio-comunicative nell'infanzia. *Psicologia Clinica dello Sviluppo*, 2014; 18: 377-401.
4. Fadda R, Lucarelli L. Mother-infant and extra-dyadic interactions with a new social partner: developmental trajectories of early social abilities during play. *Frontiers in Psychology*, 2017; Vol. 8, Article 436: 1-11.
5. Mundy P. Autism and Joint Attention. *Development, Neuroscience, and Clinical Fundamentals*. New York: The Guilford Press, 2016.
6. Goldman AI. Theory of Mind. In: Margolis E, Samuels R, Stich S (eds). *Oxford Handbook of Philosophy and Cognitive Science*, Oxford: University Press, 2012.
7. Homer BD, Tamis-LeMonda CS. The Development of Social Cognition and Communication. London: Lawrence Erlbaum Associates, 2005.
8. Amadei G. *Come si ammala la mente*. Bologna: Il Mulino, 2005.
9. Murray L, Woolgar M, Briers S, et al. Children's social representations in dolls' house play and theory of mind tasks, and their relation to family adversity and child disturbance. *Social Development*, 1999; 8(2): 179-200.
10. Lucarelli L, Sechi C. Genitorialità e disturbi alimentari dell'infanzia: percorsi evolutivi "a rischio" e strategie di intervento sulla relazione genitori-bambino. In: Imbasciati A, Cena L (a cura di). *Psicologia clinica perinatale per le professioni sanitarie e psicosociali*. Milano: Franco Angeli, 2017; 3: 191-217.

Roberta Fadda è Professore associato di Psicologia dello Sviluppo e dell'Educazione presso il Dipartimento di Pedagogia, Psicologia, Filosofia dell'Università degli Studi di Cagliari. È membro ordinario dell'Associazione Italiana di Psicologia, Sezione di Psicologia dello Sviluppo e dell'Educazione, e dell'Associazione Italiana per la Salute Mentale Infantile, sezione italiana della World Association for Infant Mental Health – WAIMH (Michigan State University, East Lansing, USA). È membro associato di DATABRARY, un network internazionale di ricercatori promoss-

so dal NIH. Tra i principali interessi di ricerca, la Dr.ssa Roberta Fadda si occupa dello studio delle abilità di Teoria della Mente, dei processi di apprendimento e di decision-making nello sviluppo tipico e nel Disturbo dello Spettro Autistico. È stata componente dell'unità locale del progetto PRIN 2013/2016 (Programmi di Ricerca Scientifica di Rilevante Interesse Nazionale), con un progetto dal titolo "Parental Depression as a risk factor for affective regulation in infancy", Coordinatore Scientifico Nazionale: Prof.ssa Loredana Lucarelli (Finanziamento pari a € 632.960).

La scienza e le sue logiche, il dilemma della rappresentazione

Responsabile scientifico: **Antonio Ledda**

Gruppo di ricerca: Antonio Ledda, Hector Freytes, Marco Giunti, Roberto Giuntini, Francesco Paoli, Vinicio Busacchi, Pier Luigi Lecis, Anna Maria Nieddu, Luca Vargiu, Francesca Ervas, Stefano Federici, Elisabetta Gola, Emiliano Ilardi, Pietro Storari

Il problema della rappresentazione della conoscenza è certamente uno degli aspetti più problematici e interessanti del sapere scientifico. Seppure, da un certo punto di vista, appaia indispensabile costruire degli apparati formali adeguati per indagare la molteplicità del reale, d'altro canto, tali modelli (logici, rappresentazionali, etc.) possono al contempo indurre rappresentazioni divergenti o contraddittorie. Il nostro progetto ha inteso affrontare questa ampia questione attraverso la discussione di tre ambiti principali, dei quali si sono occupate specificamente tre distinte unità all'interno del Dipartimento di Pedagogia, Psicologia, Filosofia.

Unità 1: Logica e Filosofia della Scienza

Componenti: Antonio Ledda, Hector Freytes, Marco Giunti, Roberto Giuntini, Francesco Paoli.

Le attività dell'unità 1 all'interno del progetto "Science and its logics, the representation's dilemma" gravitano attorno al concetto di rappresentazione in logica e in filosofia della scienza. È possibile articolare il lavoro svolto in tre filoni principali. In primo luogo, la ricerca si è concentrata sulla rappresentazione dei sistemi fisici in relazione alla fondazione della computazione e della meccanica quantistica. I membri che si sono occupati di questo primo filone di ricerca sono Hector Freytes

e Roberto Giuntini. Tra gli esiti più significativi della loro indagine vi è l'analisi di diverse operazioni epistemiche di conoscenza e rappresentazione a partire da una prospettiva fondazionale quantistica (3). Inoltre, le attività si sono concentrate sullo studio degli aspetti semantici dell'approccio quantistico alla logica (14, 16, 18), con particolare attenzione alle diverse nozioni di modello che permettono di interpretare la logica quantistica (1, 2).

Il secondo filone di ricerca seguito dall'unità 1 si è focalizzato sugli aspetti semantici di alcune logiche non classiche. I membri afferenti a quest'ambito d'indagine sono Antonio Ledda, Francesco Paoli e Michele Pra Baldi. Attraverso l'impiego di strumenti propri della logica algebrica e dell'algebra universale, è stato possibile formulare nuove strutture semantiche sulle quali interpretare alcune note logiche della rilevanza e della dipendenza (19). Ciò ha condotto a molteplici elementi di novità, come la possibilità di rappresentare e tradurre a livello algebrico i vincoli sintattici tramite i quali tali logiche sono formulate. Inoltre, il lavoro svolto ha permesso di gettare nuova luce sul legame tra operatori modali, teorie dell'implicazione e particolari costruzioni algebriche universali (4, 20).

La terza linea di ricerca di cui si è occupata quest'unità riguarda la chiarificazione della nozione di modello in filosofia della

scienza e in particolare nell'ambito dell'approccio dinamico alle scienze cognitive. I membri dell'unità che si sono occupati di sviluppare questo punto sono Marco Giunti e Simone Pinna, la cui investigazione si è concentrata soprattutto sulla descrizione dinamica di modelli computazionali tradizionalmente utilizzati nell'ambito dell'approccio classico alla scienza cognitiva e all'intelligenza artificiale (22). Questa particolare interpretazione dei modelli computazionali permette di renderli adatti alla formalizzazione di teorie non-rappresentazionali di psicologia cognitiva e di sviluppare in un dominio ristretto il tema generale riguardante il rapporto tra teorie, modelli e fenomeni descritti. A tal fine è fondamentale il concetto di stile di spiegazione, che pone l'accento sulla conoscenza preliminare delle caratteristiche fondamentali del fenomeno indagato in riferimento alla scelta del modello descrittivo (23).

Unità 2: Epistemologia Normativa

Componenti: Vinicio Busacchi, Pier Luigi Lecis, Anna Maria Nieddu, Luca Vargiu.

L'unità 2 si è occupata del sistema di rappresentazione nell'ambito delle conoscenze d'area umanistica, con particolare attenzione alla problematica dell'interpretazione, degli usi retorici e della formazione del consenso sulla verità nella comunità scientifica e in riferimento alla sfera identitaria e alla dimensione della memoria collettiva.

I meccanismi della funzione rappresentativa sono stati studiati analizzando e mettendo a confronto i maggiori modelli dell'area dell'ermeneutica filosofica (Heidegger, Gadamer, Ricoeur, Apel, Ankersmit, White), del pragmatismo (Peirce, James, Rorty, Dewey) e del neo-pragmatismo di matrice analitica (Brandson) entro una prospettiva di lavoro interdisciplinare. Si è giunti a un importante chiarimento circa la funzione ponte – tra dati e fatti, tra elementi empirici e contenuti valoriali, tra cause e ragioni – della rappresentazione nella ricostruzione del passato e nello studio antropologico-sociale dell'agire umano. Si è distinto meglio, anche, lo spazio di connessione e distanza

tra la rappresentazione come problematica procedurale e conoscitiva e l'implicazione del rappresentazionale nei dinamismi soggettivi e intersoggettivi correlati all'agire umano, ai processi auto-riflessivi, di interazione e comunicazione sociale. Da un lato, è risultato che solo una dialettica stretta tra dimensione descrittiva-esplicativa e dimensione comprensiva – ovvero tra piano dei dati di fatto e piano delle interpretazioni – permette un uso scientifico della rappresentazione senza derive relativistiche, dall'altro lo studio combinato tra approccio ermeneutico e pragmatista/neo-pragmatista ha posto in evidenza la centralità della referenzialità portando all'esito dell'assunzione di un punto di vista di realismo critico sulla verità conoscitiva. Affrontando da un punto di vista estetico-filosofico il tema delle emozioni nei linguaggi, inclusi quelli artistici, l'unità 2 ha realizzato anche una significativa collaborazione con l'unità 3, da cui è emersa l'importanza delle emozioni nel loro ruolo non solo retorico ma anche costitutivo della sfera identitaria collettiva.

Per il conseguimento degli obiettivi dell'unità Anna Maria Nieddu, Vinicio Busacchi e Pier Luigi Lecis hanno attivato un network di collaborazione internazionale (i) chiamando in Sardegna studiosi di chiara fama, esperti di teoria sociale, teoria della conoscenza storica, filosofia dell'azione, epistemologia, pragmatismo, ermeneutica, (ii) attivando una stretta collaborazione con il Centro Interuniversitario "Pragmatismo, Costruzione dei Saperi, Formazione" e (iii) lavorando ad un'opera di sintesi finalizzata alla circolazione presso la comunità degli studiosi, su scala internazionale (21).

Unità 3: Filosofia del Linguaggio

Componenti: Francesca Ervas, Stefano Federici, Elisabetta Gola, Emiliano Ilardi, Pietro Storari.

Le attività dell'unità 3 hanno avuto per oggetto il concetto di rappresentazione del pensiero attraverso il linguaggio. In primo luogo, la ricerca si è concentrata sui processi cognitivi e comunicativi sottesi alla comprensione del linguaggio figurato in riferi-

mento a due ambiti d'indagine: la didattica e la divulgazione scientifica. I membri che si sono occupati di questo primo filone di ricerca sono Francesca Ervas, Stefano Federici, Elisabetta Gola, Emiliano Ilardi e Giuliano Vivanet.

In ambito didattico, l'esito più significativo della ricerca è l'aver mostrato come una didattica basata sull'evidenza possa contribuire a migliorare non solo la rappresentazione di concetti ma anche la capacità di acquisire e conservare a lungo termine competenze e procedure (12, 13). Nell'ambito della divulgazione scientifica la ricerca si è focalizzata sull'uso del linguaggio figurato nella comunicazione sanitaria, per capire in che misura può rendere più accessibile il sapere scientifico senza privarlo di correttezza e rigore (11). Si è mostrato come, per esempio, nel caso della comunicazione sui vaccini, il linguaggio degli antivaccinisti abbia influenzato la valutazione e la presa di decisione dei genitori, ma come al contempo l'uso del vocabolario metaforico specialistico (es. "immunità di gregge", "presidio medico") sia spesso necessario non solo per rappresentare dei concetti, ma anche per spiegarli e renderli più accessibili ai non esperti (10).

In secondo luogo, l'unità 3 ha studiato il ruolo dell'immaginazione e delle emozioni nel linguaggio figurato, con particolare

riferimento alla metafora. Il ruolo dell'immaginazione è stato studiato rispetto alle metafore verbali e visive, diffuse non solo nella comunicazione pubblicitaria ma anche nelle campagne sociali e politiche (7). Si è mostrato che le metafore verbali possono non solo rappresentare dei concetti ma anche evocare immagini con ulteriori effetti affettivi e comunicativi (9). Le metafore visive possono invece sottendere un processo di ragionamento in cui il pubblico è invitato a immaginare proprietà degli oggetti o delle persone cui ci si riferisce, ma nello stesso tempo è condizionato da alcune proprietà percettive salienti già "confezionate" nel messaggio (17).

In collaborazione con l'unità 1, si è mostrato che – lungi dall'essere solo una fonte di fallacie del ragionamento – le metafore aiutano il ragionamento creativo (5, 6). In collaborazione con l'unità 2, si è indagato il ruolo delle emozioni in vari tipi di linguaggi, inclusi quelli artistici, e si è sostenuto che anche le emozioni influenzano la rappresentazione della conoscenza (8). In particolare, le metafore emotive, specialmente se negative come "La povertà è una malattia", forzano le persone a trovare soluzioni alternative nel ragionamento. I membri che si sono occupati di questo secondo filone di ricerca sono Francesca Ervas, Elisabetta Gola, Amitash Ojha e Pietro Storari.

Bibliografia

1. Bosyk M, Freytes H, Bellomo G, et al. The lattice of trumping majorization for 4D probability vectors and 2D catalysts. *Scientific Reports, Nature*, 2018; 8: 3671.
2. Chajda I, Fazio D, Ledda A. A semiring-like representation of lattice pseudoeffect algebras. *Soft Computing*, 2019; 23(5): 1465-1475.
3. Dalla Chiara ML, Freytes H, Giuntini R, et al. Probabilities and epistemic operations in the logics of quantum computation. *Entropy*, 2018; 20: 1-22.
4. Dicher B, Paoli F. The original sin of proof-theoretic semantics. *Synthese*, 2018; doi: doi.org/10.1007/s11229-018-02048-x.
5. Ervas F, Ojha A. Metaphor in Argument Production vs. Understanding. In: Garsen B, Godden D, Mitchell GR, Wagemans JHM (eds). *Proceedings of the Ninth Conference of the International Society for the Study of Argumentation*; Amsterdam, 2019: 330-341.
6. Ervas F, Ledda A, Ojha A, et al. Creative

- Argumentation: When and Why People Commit the Metaphoric Fallacy. *Frontiers in Psychology*, 2018; 9: 1815; doi: doi.org/10.3389/fpsyg.2018.01815.
7. Ervas F. Metafore visive, comunità immaginate e razionalità differita. *Sistemi intelligenti* (in stampa).
 8. Ervas F. How nice does it sound? An argumentative approach to the affective aspects of irony production. In: Barnden J, Gargett A. Amsterdam: Production of Figurative Language, John Benjamins (in stampa).
 9. Ervas F. Metaphor, Ignorance and the Sentiment of (Ir)rationality. *Synthese* (in stampa).
 10. Ervas F. From the "Garrison" to the "Beehive". Metaphors and framing strategies in vaccine communication. *Politeia*, 2018; 130: 28-37.
 11. Ervas F, Gola E, Rossi MG. Argumentation as a bridge between metaphor and reasoning. In: Oswald S, Jacquin J, Herman T. *Argumentation & Language - Linguistic, Cognitive and Discursive Explorations*, Argumentation Library Series 32. Berlin: Springer; 2018: 153-170.
 12. Federici S, Medas C, Gola E. Who learns better: Achieving long-term knowledge retention by programming-based learning. In: McLaren B, Reilly R, Zvacek S, Uhomobhi J (eds). *Proceedings of the 10th International Conference on Computer Supported Education*. Madeira, Portugal, 2018, 2: 124-133.
 13. Federici S, Sergi E, Gola E. Easy Prototyping of Multimedia Interactive Educational Tools for Language Learning based on Block Programming. In: *Proceedings of CSEDU 2019*. Proceedings of the 11th International Conference on Computer Supported Education. Heraklion, Greece (in stampa).
 14. Freytes H, Holik F, Bosyk M, et al. On an explicit representation of the Łukasiewicz sum as a quantum operation. *Soft Computing*, 2019; 23(12): 3999-4007.
 15. Freytes H. Quantum probability: a reliable tool for an agent or a reliable source of reality. *Synthese*; doi: doi.org/10.1007/s11229-019-02177-x, (in stampa).
 16. Giuntini R, Ledda A, Paoli F. On Some Properties of PBZ*-Lattices. *International Journal of Theoretical Physics*, 2017; 56: 3895-3911.
 17. Gola E, Ojha A, Ervas F. Comprensione multimodale: metafore visive vs. metafore multimodali. In: Paternoster A, Pisanty V. *La comprensione linguistica*. Milano-Udine: Mimesis (in stampa).
 18. Holik F, Sergioli G, Freytes H, et al. Logical Structures Underlying Quantum Computing. *Entropy*, 2019; 21(1): 77; doi: doi.org/10.3390/e21010077.
 19. Ledda A, Paoli F, Tsinakakis C. The Archimedean Property: New Horizons and Perspectives. *Algebra Universalis*, 2018; 79-91.
 20. Ledda A, Paoli F, Pra Baldi M. Algebraic Analysis of Demodalised Analytic Implication. *Journal of Philosophical Logic*, 2019; <https://doi.org/10.1007/s10992-019-09502-2>.
 21. Nieddu AM, Busacchi V (a cura di). *Pragmatismo ed Ermeneutica. Soggettività, Storicità, Rappresentazione*. Milano-Udine: Mimesis, 2019; 24: 97-121.
 22. Pinna S. Extended Computationalism and Algorithmic Skills. *Reti, saperi, linguaggi*, 2018, 2: 319-334.
 23. Pinna S, Giunti M. Model types and explanatory styles in cognitive theories. In: Nepomuceno A, Magnani L, Salguero F, Barés C, Fontaine M (eds). *Model-Based Reasoning in Science and Technology*. Inferential Models for Logic, Language, Cognition and Computation, Springer SAPERE series (in stampa).
 24. Sergioli G, Russo G, Santucci E, et al. Quantum-inspired minimum distance classification in a biomedical context. *International Journal of Quantum Information*, 2018; 16: 1-15.
 25. Venkatrama R, Sergioli G, Freytes H, et al. Fredkin and Toffoli quantum gates: fuzzy representation and comparison. In: Aerts D, Dalla Chiara ML, De Ronde C, Krause D. *Probing and Meaning of Quantum Mechanics*. Singapore: For World Scientific, 2019: 27-40.

Antonio Ledda è Professore associato presso il Dipartimento di Pedagogia, Psicologia, Filosofia dal 2014 per il settore Logica e Filosofia della Scienza. I suoi interessi principali riguardano la logica algebrica, l'algebra universale e le logiche quantistiche. Ha pubblicato articoli di ricerca

in ambito internazionale ("Journal of Algebra", "Journal of Philosophical Logic", "Algebra Universalis", "Studia Logica" etc.) ed è attualmente responsabile di progetti di ricerca finanziati a livello nazionale e internazionale.

Strategie e tecnologie per la didattica e la divulgazione scientifica

Responsabile scientifico: **Giuseppe Sergioli**

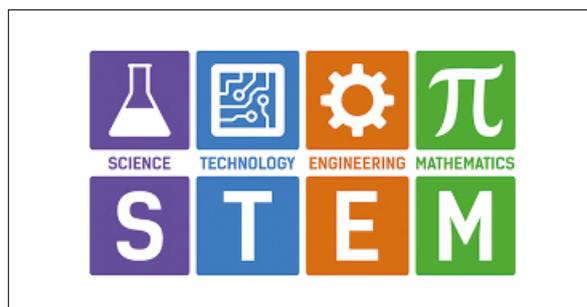
Gruppo di ricerca: Giovanni Bonaiuti, Alessandro Ottaviani, Roberto Ricciu

Responsabili degli assegni di ricerca realizzati: Giuseppe Sergioli, Giuliano Vivanet

L'evoluzione delle TIC (Tecnologie dell'Informazione e della Comunicazione) e la loro adozione nella didattica hanno permesso di ampliare le opportunità disponibili per i professionisti dell'istruzione in vari ambiti, tra cui quello scientifico e logico-matematico. Si tratta, tuttavia, di un ambito in cui, dalle recenti rilevazioni comparative internazionali (OECD PISA 2015) e nazionali (INVALSI 2016), emergono forti criticità che si concretizzano principalmente in bassi livelli di competenze matematiche in uscita degli studenti italiani e in sistematiche differenze, negli stessi ambiti di competenza, tra regioni del Nord e del Sud Italia.

Sul rapporto tra TIC e apprendimenti in ambito STEM (Scienza, Tecnologia, Ingegneria e Matematica) esiste ormai un corpus di studi significativo e pur tuttavia si registra un gap rilevante tra tale corpus e l'effettiva trasferibilità delle evidenze scientifiche in pratiche didattiche efficaci. Al riguardo, una delle variabili in grado di influire maggiormente sugli esiti dei percorsi degli studenti e su cui è possibile intervenire direttamente e in tempi più rapidi è quella costituita dalle strategie didattiche degli insegnanti, rispetto a cui le tecnologie stesse svolgono una funzione non sostitutiva, ma di supplemento. Al fine di massimizzare un insegnamento di alta qualità nell'educazione STEM, è necessario quindi integrare la competenza professionale degli insegnanti con le migliori evidenze empiriche disponibili.

Dato tale scenario, il presente progetto nasce con un duplice obiettivo: (i) favorire lo sviluppo e la diffusione di conoscenze



affidabili relative alla didattica mediata da tecnologie nelle discipline STEM, al fine di supportare il lavoro di insegnanti ed educatori e massimizzarne l'efficacia; e (ii) favorire lo sviluppo di strategie basate su evidenze per la disseminazione della conoscenza scientifica.

Nella prima fase si è definito il quadro degli studi disponibili sul tema, analizzando quanto la ricerca ha acquisito sul rapporto tra nuove tecnologie e discipline STEM. A questo scopo sono state prese in esame le sintesi di ricerca disponibili in letteratura (revisioni sistematiche e meta-analisi), cioè studi il cui obiettivo è compiere una integrazione dei risultati di più studi empirici al fine di pervenire a una generalizzazione delle loro conclusioni. Tale ricerca ha consentito di raccogliere sia un vasto corpus di dati relativi al rapporto tra usi delle tecnologie (es. computer-assisted instruction; on-line tutoring; robotica; realtà aumentata; dispositivi mobili; videogiochi) e apprendimenti (cognitivi e meta-cognitivi) in ambito STEM, sia di individuare le aree di ricerca ancora non sufficientemente coperte dalla letteratura disponibile.

Sulla base di tale analisi si è dunque deciso nella seconda fase di avviare una meta-analisi sul rapporto tra uso dei videogiochi e motivazione allo studio della matematica. Tra le tecnologie indagate, infatti, i videogiochi presentano elementi di interesse nella promozione dell'apprendimento matematico, oltre che potenzialità in termini di disseminazione di conoscenze scientifiche nelle nuove generazioni. La ricerca empirica mostra infatti che l'utilizzo dei videogiochi nel contesto scolastico è in grado di aiutare gli studenti a raggiungere importanti obiettivi di apprendimento. Tuttavia, le più recenti meta-analisi sull'argomento hanno il limite di non essersi focalizzate specificamente sul ruolo che i videogiochi possono assumere nella promozione della motivazione verso la matematica, una variabile fortemente associata all'apprendimento, all'impegno, alla partecipazione scolastica e alle scel-

te di carriera. Inoltre, si sono focalizzate quasi esclusivamente sui giochi nati a fini educativi (serious-games) trascurando i prodotti commerciali nati con scopo meramente ludico che tuttavia possono essere efficacemente utilizzati per obiettivi educativi. Infine, nonostante l'ampia letteratura sugli stereotipi legati alle differenze di genere nell'atteggiamento verso la matematica e nella scelta di carriere scientifiche, non si trovano meta-analisi che prendano in considerazione come i videogiochi possano incoraggiare le ragazze verso tali discipline.

È dunque in corso una meta-analisi sull'efficacia dei videogiochi per incrementare la motivazione verso la matematica in studenti di scuola primaria e secondaria (K-12), in cui si indagheranno eventuali differenze sulla base del livello scolastico, del genere, della tipologia di videogiochi (es. serious-game, commercial-games) e del supporto tecnologico utilizzato (es. computer, app).

Lo sviluppo del lavoro è così strutturato: (i) definizione del protocollo di ricerca; (ii) ricerca sistematica di studi primari empirico-sperimentali; (iii) selezione degli studi primari sulla base dei criteri di inclusione/esclusione definiti nel protocollo di ricerca; (iv) codifica degli studi primari sulla base delle variabili definite nel protocollo di ricerca; (v) analisi dei risultati degli studi primari selezionati; (vi) comparazione e sintesi quantitativa dei risultati; (vii) disseminazione dei risultati. Attualmente si sta completando la selezione degli studi primari (oltre 1000) raccolti tramite la ricerca sui seguenti database: ERIC, SCOPUS, Psycinfo, Educational Source, Proquest Dissertations.

Con tale progetto si intende apportare un contributo in termini di conoscenze scientificamente affidabili su come i videogiochi possano essere integrati nell'esperienza didattica per favorire la motivazione allo studio della matematica e la disseminazione di conoscenze scientifiche, tenendo conto della variabili moderatrici precedentemente citate (es. sarà possibile

utilizzare le eventuali differenze di genere riscontrate per sensibilizzare il pubblico verso il problema associato agli stereotipi di genere in matematica). Si potranno quindi distinguere, tra gli interventi volti a produrre un effetto sulla motivazione degli studenti, quelli supportati da una forte, moderata o promettente evidenza,

in ragione della quantità e qualità di studi dati disponibili.

Le conclusioni saranno ampiamente diffuse sia nella comunità scientifica sia in quella scolastica, al fine di favorire la presa di decisioni maggiormente efficaci nei contesti professionali dell'istruzione e della disseminazione scientifica.

Bibliografia

1. Bosyk M, Bellomo G, Holik F, et al. (2019). Optimal common resource in majorization-based resource theories. *New Journal of Physics*, IOP Science, 21-083028.
2. Sergioli G, Giuntini R, Freytes H. A new Quantum Approach to binary Classification. *PLoS ONE*, 2019; 14(5): e0216224.
3. de Ronde C, Freytes H, Sergioli G. Quantum probability: a reliable prediction for an agent or a reliable source of reality?. *Synthese*, 2019, ISSN: 0039-7857, Springer (forthcoming), doi.org/10.1007/s11229-019-02177-x.
4. Sergioli G, Russo G, Santucci E, et al. Quantum-inspired minimum distance Classification in Biomedical Context. *International journal of quantum information*, 2018; 16(8), World Scientific.
5. Freytes H, Giuntini R, Sergioli G. Holistic type extension for classical logic via Toffoli quantum gate. *Entropy*, 2019; *Mdpi* 21(7): 636.
6. Sergioli G. A matrix representation of quantum circuits over non-adjacent qudits. *International journal of theoretical physics*, 2019. Download.
7. Holik F, Sergioli G, Freytes H, et al. Logical structures underlying quantum computing. *Entropy*, 2019; *Mdpi*, 21(77), doi:10.3390/e21010077.
8. Dalla Chiara ML, Giuntini R, Leporini R, et al. Probabilities and epistemic operations in the logics of quantum computation. *Entropy*, 2018; *Mdpi*, <https://doi.org/10.3390/e20110837>.
9. Dalla Chiara ML, Giuntini R, Leporini R, et al. Quantum Computation and Logic – How quantum computers have inspired logical investigations. *Trends in logic*, 2018; 48, Springer.
10. Sergioli G. Towards a Multi Target Quantum Computational Logic. *Foundations of science*, 2018; Springer (to appear).
11. Freytes H, Holik F, Bosyk GM, et al. On an explicit representation of the Lukasiewicz sum as a quantum operation. *Soft computing*, 2018, 23(12): 3999-4007. doi: 10.1007/s00500-018-3361-0.
12. Ricciu R, Galatioto A, Besalduch LA, et al. Building Wall Heat Capacity Measurement Through Flux Sensors. *Journal of Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems*, 2019; 7(1): 44-56.
13. Ricciu R, Ragnedda F, Galatioto A, et al. Thermal properties of building walls: Indirect estimation using the inverse method with a harmonic approach. *Energy and Buildings*, 2019; 187(15): 257-268.
14. Ricciu R, Besalduch LA, Minisci E. Uncertainty based optimal planning of residential building stocks retrofits. *International Journal of Mechanics and Control*, 2019; 20(01): 127-132.
15. Ricciu R, Galatioto A, Besalduch LA. Uncertainty in the evaluation of the Predicted Mean Vote index using Monte Carlo analysis. *Journal of Environmental Management*, 2018; 223: 16-22.

Giuseppe Sergioli è Ricercatore presso il Dipartimento di Pedagogia, Psicologia, Filosofia, si è laureato in Fisica Teorica presso l'Università degli Studi di Catania e ha conseguito il Dottorato in Storia, Filosofia e Didattica delle Scienze presso l'Università degli Studi di Cagliari. È stato coordinatore/membro di numerosi progetti di ricerca locali, nazionali e internazionali. È autore di circa 60 pubblicazioni. Ha pubblicato su importanti riviste internazionali di Fisica, Logica, Filosofia della Scienza, Matematica e Informatica. È anche autore di testi di natura divulgativa sulla Teoria dell'Argomentazione e

sui Fondamenti della Fisica. Ha partecipato a oltre 50 conferenze di ricerca nazionali e internazionali. Ha tenuto presso l'Ateneo di Cagliari corsi di Fondamenti di Matematica, Logica e Teoria dell'argomentazione, Laboratorio di Fisica, Metodologia delle Scienze. Principali interessi di ricerca sono: la Teoria dell'Informazione Quantistica, la Computazione Quantistica, le Logiche Computazionali Quantistiche, le applicazioni non standard del formalismo quantistico. È attualmente Segretario della SILFS (Società Italiana di Logica e Filosofia della Scienza).

Oralità, scrittura e potere nell'antichità classica e nell'età medievale e moderna

Responsabile scientifico: **Lorenzo Tanzini**

Gruppo di ricerca: Nicoletta Bazzano, Bianca Fadda, Piergiorgio Floris, Maria Lepori, Rafaella Pilo, Elisabetta Poddighe, Olivetta Schena, Sergio Tognetti

Resoconto scientifico

Le dinamiche della comunicazione sono ormai al centro di un insieme variegato di discipline: l'esperienza della contemporaneità ha reso gli studiosi sensibili alle molteplici possibilità dell'uso pubblico della parola nelle sue dimensioni comunicative, regolative, rituali, memoriali.

Il progetto si propone di indagare la dinamica tra parola pronunciata e parola scritta in chiave diacronica. Vengono prese in considerazione due fattispecie, nelle quali il gioco tra la parola scritta e quella recitata-pronunciata è particolarmente evidente: il processo, in particolare nei suoi risvolti più apertamente politici, e la comunicazione epistolare. In entrambi i casi si tratta di situazioni leggibili attraverso le fonti scritte, ma nelle quali la parola ha sempre uno statuto che rinvia ad un registro di oralità: il diritto non scritto, la comunicazione informale delle relazioni personali.

Allo stesso fine è stato scelto di proiettare la ricerca su un orizzonte ampio, quello Mediterraneo, rispetto al quale il caso della storia della Sardegna è centrale e funge da termine di paragone.

Il lavoro del gruppo di ricerca è organicamente strutturato in due approfondimenti tematici, affidati a giovani studiosi reclutati appositamente con i fondi del progetto, e in una serie di seminari di studio, grazie ai quali i due approfondimenti, che hanno

carattere di spiccato specialismo disciplinare, sono diventati occasione per un serrato e fecondo scambio di esperienze metodologiche in chiave diacronica, comparativa e interdisciplinare. Per entrambi i versanti il lavoro è ancora in corso, ma sono già visibili risultati incoraggianti, di cui si segnalano qui i punti salienti.

1) Approfondimenti tematici

Per un catalogo dei processi politici ateniesi (V e IV secolo a.C.)

Ricerca affidata alla borsista sui fondi FdS
Rita Laura Loddo

Il lavoro consiste nella realizzazione di un catalogo dei processi politici celebrati ad Atene fra V e IV secolo a.C. Obiettivo del catalogo è una raccolta dei processi in cui emerge un uso politico della giustizia, prendendo in egual considerazione aspetti sia del diritto sostanziale che procedurale.

La prima fase della ricerca, che si può considerare conclusa, ha riguardato essenzialmente questioni definitorie – *che cos'è un processo politico?* – al fine di determinare i criteri per la selezione dei casi da trattare. Particolarmente utile, a questo proposito, si è rivelato il confronto con il punto di vista delle scienze politiche e giuridiche, specie con quegli studi che trattano della definizione dei processi politici nelle moderne democrazie liberali. Per la questione defi-

nitoria, tuttavia, deve essere tenuta in adeguato conto la particolarità del caso ateniese, cui si riconoscono caratteri specifici che lo differenziano dai casi di studio moderni. Sulla scorta di questa osservazione, è parso opportuno rivedere gli assunti teorici alla base della definizione dei processi politici d'epoca moderna e contemporanea con riflessioni specifiche che scaturiscono dall'analisi della realtà ateniese di epoca classica e alto-ellenistica.

Questo studio propedeutico ha condotto alla fissazione di criteri per la scelta dei casi da trattare. Sono considerati processi politici quei processi che: 1) scaturiscono da accuse pretestuose e/o non verificabili; 2) si caratterizzano per la natura ideologica, laddove ideologico è assunto nella doppia valenza di "mosso da questioni ideologiche" o "volto a sanzionare ideologie non tollerate o il dissenso politico"; 3) sono celebrati al di fuori delle condizioni imposte dal *Rule of Law* con infrazioni parziali o assolute della pratica giudiziaria ordinaria; 4) mirano all'eliminazione di un avversario politico.

La seconda fase del lavoro, ancora in corso, riguarda l'analisi della documentazione e la creazione di una tipologia classificatoria. Tale tipologia è stata stabilita nei termini seguenti: ogni processo rappresenta una voce del catalogo in oggetto ed è corredato da informazioni concernenti la cronologia, la procedura impiegata, il nome dell'accusatore (quando noto), l'esito del processo; seguono l'elenco delle fonti relative al processo, una scheda bibliografica che guida il lettore nella letteratura secondaria e l'esposizione dei motivi che hanno condotto a considerare quel processo un processo politico. I risultati dell'indagine saranno pubblicati in forma di volume.

La comunicazione scritta e l'egemonia socioeconomica nella Sardegna del '400 nel contesto mediterraneo: le lettere commerciali della famiglia Dessì
Ricerca affidata all'assegnista sui fondi FdS Giuseppe Seche

Il progetto, basato sull'analisi dell'archivio della famiglia Dessì, oggi custodito presso

l'Archivio Storico Diocesano di Cagliari, ha l'obiettivo di indagare il ruolo della scrittura nei contesti mercantili del Mediterraneo occidentale della seconda metà del XV secolo, ricostruendo al contempo il tessuto sociale ed economico della Sardegna alla fine del Medioevo.

L'analisi ha messo in evidenza quanto il genere epistolare fosse diffuso nella società tardomedievale e rappresentasse uno strumento imprescindibile per scambiare informazioni e per gestire con successo gli affari. Dalla prospettiva della storia dell'alfabetizzazione, poi, sono particolarmente importanti le lettere che arrivano da contesti periferici, come i paesi del Campidano o della Marmilla, nei quali è dunque possibile scorgere la presenza e l'attività di soggetti in grado di scrivere e di gestire affari. Accanto alla corrispondenza, è poi la produzione documentaria minore ad attirare l'attenzione dello studio, con decine di ricevute e altre carte che certificano la familiarità con la scrittura di artigiani e donne, per i quali è possibile riconoscere gradi diversi di specializzazione e conoscenza.

Per quanto riguarda il versante della storia sociale ed economica, lo studio sta consentendo di ricostruire le attività di tre mercanti sardi, Antoni, Arnau e Nicolau Dessì, residenti a Cagliari. Essi rappresentano quel ceto di mercanti locali che, con reti commerciali e personali allargate su tutto il Mediterraneo iberico, collegavano l'isola con Valenza, Barcellona e Napoli. In particolare, la loro attività permetteva l'esportazione dei prodotti tipici del mondo produttivo sardo, sia non lavorati (grano, lane, pelli, carni, animali) sia lavorati (come pasta e vino), e consentiva di fatto all'economia locale di entrare in relazione con quella dell'Europa mediterranea. Per altro verso, essi curano l'importazione dei tessuti dalle grandi manifatture iberiche, dei manufatti in terracotta e di altri oggetti, sia di uso comune sia di lusso, che la società sarda richiedeva. Tale dinamica d'affari generava un circuito circolare che portava all'esportazione e alla vendita delle produzioni di un'economia agro-pastorale, i cui proventi

erano poi reinvestiti nell'acquisto e importazione di tessuti e altri beni. Nel mettere in luce questa dinamica, le fonti offrono notizie sulla tipologia di merce prodotta nell'isola, sulle sue caratteristiche, sulle modalità di produzione e trasporto, spiegando una serie di passaggi e attività che fino a questo momento restavano totalmente oscure. Per altro verso, le decine di epistole ricevute, consentono anche di riscoprire l'attività commerciale di mercanti valenzani e barcellonesi per i quali la Sardegna era un elemento fondamentale.

Il progetto porterà alla realizzazione di una monografia, in cui troverà lo spazio uno studio di ampio respiro sulle vicende della famiglia Dessì, sul contesto sociale ed economico della Sardegna nel contesto mediterraneo del XV secolo, sulle dinamiche commerciali e finanziarie che permettevano ai mercanti di portare avanti la propria attività d'affari. Al volume seguiranno poi una serie di articoli e saggi che andranno a focalizzarsi su singoli aspetti e problematiche già isolate e definite nella prima parte del progetto.



Fig. 1. Documento relativo alla famiglia Dessì.

2) Seminari

I cinque seminari di studio, svoltisi tra dicembre 2018 e maggio 2019, approfondiscono altrettante tematiche del progetto con la partecipazione dei membri del gruppo e di alcuni studiosi di ambito internazionale. Questa modalità ha inteso valorizzare al massimo l'interazione tra gli studiosi, la comunicazione e l'internazionalizzazione del comune lavoro, ed ha in effetti portato soddisfacenti risultati in termini di coinvolgimento degli studenti, attivando un virtuoso circuito tra didattica di livello magistrale e ricerca scientifica.

I risultati dei singoli seminari verranno pubblicati entro la conclusione del progetto; tuttavia la curatrice del seminario su *Processi e dinamiche politiche nella Sardegna del tardo medioevo*, Elena Maccioni, ha già completato il suo lavoro sulle carte del Tribunale del Consolato del Mare, pubblicato come volume dal titolo *Il Consolato del mare di Barcellona: tribunale e corporazione di mercanti (1394-1462)*, Roma, Viella, 2019.

Bibliografia

1. Auzépy MF, Saint-Germain G (eds). *Oralité et lien social au Moyen Age (Occident, Byzance, Islam): parole donnée, foi jurée, serment*. Paris: ACHCByz, 2008.
2. Bercé Y-M. *Les procès politiques (XIV-XVII siècle)*. Roma: EFR, 2007.
3. Chinca M, Young Ch eds, *Orality and literacy in the Middle Ages: essays on a conjunction and its consequences in honour of D.H. Green*. Turnhout: Brepols, 2005.
4. Clanchy MT. *From memory to written record: England 1066-1307*. London: Edward Arnold, 1979.
5. De Vivo F. *Patrizi, informatori, barbieri: politica e comunicazione a Venezia nella prima età moderna*. Milano: Feltrinelli, 2012.
6. Ferraris M. *Documentalità. Perché è necessario lasciar tracce*. Roma-Bari: Laterza, 2009.

7. Hansen MH. *Eisangelia. The sovereignty of the people's court in Athens in the fourth-century B.C. and the impeachment of generals and politicians.* Odense: Odense University Press, 1975.
8. Lazzarini I (ed). *I confini della lettera. Pratiche epistolari e reti di comunicazione nell'Italia tardomedievale.* Numero monografico di Reti Medievali. Rivista, 2009.
9. Lazzarini I. *I circuiti mercantili della diplomazia italiana nel Quattrocento.* In: Tanzini L, Tognetti S (eds). *Il governo dell'economia. Italia e Penisola Iberica nel basso Medioevo.* Roma: Viella, 2014: 155-177.
10. Mackay EA (ed). *Orality, literacy, Memory in the Ancient Greek and Roman World.* Leiden-Boston: Brill, 2008.
11. Mostert M, Barnwell PS (eds). *Medieval legal process: physical, spoken and written performance in the Middle Ages.* Turnhout: Brepols, 2011.
12. Petrucci A. *Scrivere lettere: una storia plurimillennaria.* Roma-Bari: Laterza, 2008.
13. Stock B. *The implications of literacy: written language and models of interpretation in the eleventh and twelfth centuries.* Princeton: Princeton University Press, 1983.
14. Worthington I, Foley J (eds). *Epea and Grammata. Oral and Written Communication in Ancient Greece.* Leiden-Boston: Brill, 2017.

Lorenzo Tanzini è Professore associato di Storia medievale e abilitato al ruolo di Professore ordinario, membro del collegio dei docenti del Dottorato in Storia, Beni culturali e Studi internazionali. È redattore dell'Archivio storico italiano, la più antica rivista italiana di studi storici. La sua attività di ricerca è rivolta alla storia delle istituzioni, della cultura giuridica e delle relazioni politiche nell'Italia bassomedievale, alle quali ha dedicato vari volumi tra cui *Dai comuni agli stati territoriali* (Parma 2011) e *A consiglio. La vita politica nell'Italia dei comuni* (Roma-Bari 2014). Sulle

tematiche dell'uso della parola scritta ha curato, con D. Caocci, R. Fresu e P. Serra, *La parola utile. Saggi sul discorso morale nel medioevo*, Roma, 2012. In collaborazione con Sergio Tognetti ha coordinato una serie di iniziative di ricerca presso l'ateneo cagliaritano sulla mobilità sociale e le relazioni commerciali e politiche nel Mediterraneo occidentale e in Sardegna, culminate nei volumi *Il governo dell'economia. Italia e penisola iberica nel tardo medioevo*, Roma, 2014 e *La mobilità sociale nel Medioevo italiano. Conoscenza competenze e saperi*, Roma, 2016.

Profili giuridici dell'automazione e delle nuove tecnologie. Teoria e pratica dei diritti soggettivi nei nuovi scenari tecnologici

Responsabile scientifico: **Anna Pintore**

Gruppo di ricerca: Luca Ancis, Marco Betzu, Roberto Cherchi, Giovanni Coinu, Maria Francesca Cortesi, Valentina Corona, Massimo Deiana, Andrea Deffenu, Gianmarco Gometz, Silvia Niccolai, Massimiliano Piras

La ricerca ha scrutinato alcuni tra gli innumerevoli profili d'interesse giuridico collegati al tumultuoso sviluppo delle c.d. nuove tecnologie, selezionandoli in ragione del loro comune impatto sui diritti individuali e dell'urgenza di una loro sistemazione giuridica. Si è dunque occupata di ambiti che vanno dalla metamorfosi in atto dei diritti di partecipazione politica e associazionismo partitico, all'impatto delle tecnologie dell'informazione e della comunicazione (ICT) sul rapporto tra diritti e sicurezza; alle potenzialità e ai rischi della *e-democracy*; alla lesione di interessi pubblici o privati originata dalla condivisione in rete; al mutamento del quadro dei diritti e delle responsabilità prodotto dalle nuove tecnologie applicate al trasporto di persone e di merci; infine, alla tecnologia *blockchain* e dei Registri Condivisi.

Essendo l'indagine ancora in corso, il quadro d'insieme è lungi dall'essere completo e alcuni dei risultati di seguito sintetizzati sono ancora in fase di perfezionamento. Nondimeno, le ricadute della ricerca su vari settori della scienza giuridica appaiono già da ora assai promettenti.

1. Quanto al rapporto tra i diritti di partecipazione politica, internet e *reti sociali*, ci si è concentrati sul modo in cui la rete incide sulla libertà di espressione e quindi sul dibattito pubblico, sui diritti di voto e di associarsi in partiti.

In primo luogo si è rilevato che la crescente importanza della rete e dei *social* condiziona sul piano della partecipazione politica il diritto di informare e di essere informati in tre direzioni: a) dissociando nel sistema dei *media* le attività di produzione da quelle di diffusione dell'informazione, a tutto vantaggio di queste ultime. Di qui la crisi del tradizionale sistema di filtraggio e verifica qualitativa dei contenuti; b) favorendo la circolazione di notizie atte a far leva sulle emozioni a scapito delle elaborazioni critiche; c) consentendo, grazie alla capacità della rete di processare una mole ingente di dati relativi all'utente, di profilare le preferenze anche politiche del fruitore dell'informazione circolante in rete per indirizzare nei suoi confronti i contenuti che ne ricalcano meglio le opinioni. Frutto di strategie commerciali dei gestori delle piattaforme sociali, questa scelta favorisce la creazione di *filter bubbles* o *echo chambers* in cui il singolo utente si trova rinchiuso, con la conseguente polarizzazione del dibattito pubblico.

Quanto al voto e alla determinazione della politica nazionale, si è esaminata l'incidenza dell'involuzione del dibattito pubblico sul principio maggioritario-minoritario che sta alla base della democrazia rappresentativa e fa da contraltare istituzionale del diritto di voto. La rappresentanza parlamentare dovrebbe coniugare la prevalenza della maggioranza con la capacità di

quest'ultima di offrire argomenti ragionevoli per le proprie decisioni e valorizzare quelli adottati dalle minoranze. Un dibattito pubblico polarizzato ostacola questa funzione e porta a elidere il secondo dei due significati del verbo "concorrere" usato dall'art. 49 Cost.: in una democrazia ben funzionante, i partiti non solo *competono* tra loro nel momento elettorale ma anche permettono ai cittadini di *contribuire* alla determinazione della politica nazionale. Viene così alimentata una visione meramente competitiva della democrazia, in cui il voto non serve più a indirizzare ma solo a legittimare l'opera degli organi costituzionali. La ricerca delinea alcune strategie di regolazione tese a "pacificare" almeno in parte tale rapporto.

I risultati appena riassunti sono stati presentati lo scorso marzo in un seminario. Per il mese di maggio è stato organizzato un secondo seminario che si concentrerà sulla questione del fondamento dei diritti inviolabili di fronte all'intelligenza artificiale. Un terzo seminario previsto per il mese di giugno chiuderà l'attività di ricerca in corso. Le conclusioni verranno raccolte in una pubblicazione che è in corso di edizione.

2. Il gruppo di ricerca si è poi soffermato sul rischio che le ICT consentano la manipolazione occulta dei risultati delle consultazioni democratiche e del discorso pubblico digitalmente mediato che le precede. Il potenziale democratico delle tecnologie digitali e il loro ruolo nella protezione dei diritti sono smentiti da chi le vede come armi dei *populisti*, il cui successo politico spesso si basa su una retorica securitaria calata in un contesto comunicativo intriso di *fake news* e teorie del complotto, confezionate per sfruttare a fini elettorali l'emotività del pubblico e le sue paure. Dopo aver vagliato sia l'accusa a Internet di essere artefice della crisi della democrazia rappresentativa sia la visione irenica della *e-democracy* come incarnazione di una *intelligenza della rete* vocata al bene comune, abbiamo elaborato una teoria intesa a valutare le potenzialità e i rischi delle varie tecniche di *e-democracy*,

comprese quelle impiegate per regolare le situazioni di conflitto tra sicurezza e diritti. A tal fine è stato costruito un apparato analitico teso a valutare il rischio che tali tecniche siano usate come strumenti di democrazia *eterodiretta* che, dietro l'apparenza della partecipazione dei cittadini, celano il potere arbitrario e d'ultima istanza di chi controlla il *medium* usato per adottarle.

I risultati di questa parte della ricerca sono in buona parte già consolidati nelle seguenti due pubblicazioni: Gianmarco Gometz, *Democrazia elettronica*, ETS 2017; Anna Pintore, *Non c'è libertà senza sicurezza*, Ragion Pratica 2018.

3. L'influenza delle tecnologie digitali su diritti e sicurezza è stata altresì tematizzata nella sezione della ricerca focalizzata sui *danni da condivisione digitale*, una inedita categoria concettuale riferita ai danni provocati dalla divulgazione online di *fake news* o informazioni vere ma non destinate alla pubblicazione. Sono state esaminate le dinamiche di circolazione e sedimentazione dell'informazione nell'ambiente digitale, con particolare attenzione alle piattaforme *social* e si è affrontata la delicata questione dell'inquadramento giuridico della propalazione nel web di notizie e informazioni potenzialmente dannose. Le categorie approfondite riguardano i danni relativi alla divulgazione di informazioni che pongono in pericolo la salute e l'ordine pubblico, quelle nocive per i diritti della personalità come l'onore, la reputazione e l'immagine individuale, e infine quelle dannose per la reputazione aziendale.

4. La ricerca ha inoltre approfondito gli effetti delle nuove tecnologie nel ramo dei trasporti. Ci si è concentrati sull'impatto che l'automazione è destinata a provocare sulla legislazione in tema di navigazione marittima e aerea e trasporti terrestri. L'obiettivo è stato quello di ricomporre i profili giuridici più controversi resi attuali dalla sperimentazione e uso dei veicoli senza pilota, quali essenzialmente le regole della sicurezza della navigazione aerea, marittima e della

circolazione terrestre e della responsabilità per i danni alle persone e al carico.

In premessa si è rilevato che l'automazione riguarda ogni tipologia di veicolo e di operazione di trasporto ed è presente già ora in svariate modalità. La nozione descrive infatti sistemi di guida autonoma e da postazioni remote, ma anche l'impiego di software e algoritmi che condizionano già oggi il funzionamento dei veicoli e possono incidere sulla disciplina del trasporto e sul regime delle merci viaggianti.

Peraltro ogni tipologia di trasporto presenta esigenze regolative proprie. La navigazione aerea è un settore maturo nel quale il legislatore è tenuto a sostenere la produzione industriale e l'uso commerciale degli aeromobili a pilotaggio remoto. Dopo un primo decennio di assestamento della disciplina normativa, la ricerca ha evidenziato il processo di superamento dei regolamenti nazionali formalizzato dalla recente estensione di competenza delle istituzioni dell'Unione europea, che porterà all'introduzione di un nuovo quadro armonizzato. In materia marittima lo sviluppo delle *drone ships* è invece ancora frenato da incertezze normative che la dottrina di tutto il mondo è impegnata a risolvere. Il nodo centrale riguarda la costruzione di un concetto giuridico di nave senza equipaggio (*unmanned ship*) di fronte agli ostacoli rappresentati dalla vigente disciplina tecnica internazionale che esige la presenza a bordo di un equipaggio. Parimenti rilevante è risultato

l'assetto dei rapporti privatistici tra gli attori dello *shipping* coinvolti nell'innovazione tecnologica, che tendono a risolvere le questioni anzidette attraverso lo strumento del contratto ma si scontrano con la normativa inderogabile delle convenzioni internazionali. Infine, nel settore dell'automazione dei veicoli terrestri la ricerca ha rilevato la possibilità di un rapidissimo incremento mentre il legislatore discute i profili relativi alle regole di circolazione e di responsabilità civili e penali. Ci si è al riguardo focalizzati sulla disciplina giuridica più strettamente nazionale.

Il gruppo di ricerca ha organizzato un Convegno internazionale ("L'automazione nei trasporti marittimi, aerei e terrestri", Cagliari 9-10 novembre 2018) che per la prima volta ha riunito sul tema dell'automazione i più autorevoli studiosi italiani e stranieri dei trasporti, per un confronto scientifico sui temi appena descritti. L'incontro, i cui atti sono in corso di pubblicazione, ha prodotto contributi innovativi che avranno un sicuro impatto sugli orientamenti futuri della scienza giuridica sulle tematiche indicate.

5. Da ultimo, la ricerca ha approfondito con uno studio in corso di pubblicazione l'uso della tecnologia *blockchain* e dei Registri Condivisi nella documentazione del trasporto di cose, resa attuale sia dall'utilità del suo impiego per ragioni di sicurezza informatica sia dal suo recentissimo riconoscimento giuridico nell'ordinamento italiano.

Bibliografia

1. Coleman S. *Can the Internet Strengthen Democracy?* Cambridge (MA), 2017.
2. Giacomini G. *Potere digitale. Come internet sta cambiando la sfera pubblica e la democrazia.* Milano: Melt-emi, 2018.
3. Gometz G. *Democrazia elettronica. Teoria e tecniche,* Pisa: Edizioni ETS, 2017.
4. Riva G. *Fake news. Vivere e sopravvivere in un mondo di post-verità.* Bologna: Il Mulino, 2018.
5. Rodotà S. *Il mondo della rete. Quali diritti, quali vincoli.* Roma-Bari: Laterza, 2014.
6. Rodríguez Delgado JP. *La irrupción del buque autónomo (o controlado remotamente) en los aspectos jurídico-privados del derecho marítimo.* In: Petit Lavall A, Puetz MV (eds). *El transporte como mo-*

- tor del desarrollo socioeconómico, Madrid, 2018.
7. Rosafio E. Considerazioni sui mezzi aerei a pilotaggio remoto e sul regolamento ENAC. *Riv dir nav*, 2014.
 8. Sunstein CR. #Republic. La democrazia nell'epoca dei social media. Bologna: Il Mulino, 2017.
 9. Zampone A. Riflessioni in tema di responsabilità nell'esercizio di remotely-piloted aircraft system (RPAS). *Dir trasp*, 2015.
 10. Ziccardi G. L'odio online. Violenza verbale e ossessioni in rete. Milano: Raffaello Cortina, 2016.
 11. Ziccardi G. Tecnologie per il potere. Come usare i social network in politica. Milano: Raffaello Cortina, 2019.

Anna Pintore, laureata in Giurisprudenza nell'Università di Cagliari, dal 2002 è Professore ordinario di Filosofia del diritto nel medesimo Ateneo. Ha compiuto soggiorni di studio nel Regno Unito, negli Stati Uniti e in Israele. Le sue pubblicazioni, alcune delle quali tradotte in inglese e in castigliano, vertono principalmente sulle seguenti aree di ricerca: semiotica giuridica, concetti giuridici, etica/metaetica, democrazia, diritti fondamentali, costituzionalismo, terrorismo e sicurezza, tecnologia e diritto.

È stata più volte Responsabile Scientifico o partecipante a Unità di ricerca di Cagliari per Pro-

getti PRIN. Attualmente fa parte di un gruppo di ricerca che ha ottenuto un finanziamento PRIN 2017.

Fa parte del Comitato scientifico delle riviste "Diritto & Questioni pubbliche", "Quaderni di scienza politica", "Rivista di Filosofia del diritto". È stata membro del Consiglio e vicepresidente della Società italiana di filosofia del diritto. Ha fatto parte del collegio dei docenti del Dottorato in Filosofia analitica e teoria del diritto con sede a Milano ed è attualmente membro del collegio dei docenti del Dottorato in Scienze giuridiche di Cagliari.

Verso la parità di genere: donne nella storia, nelle istituzioni, nel diritto e nella società

Responsabile scientifico: **Maria Virginia Sanna**

Gruppo di ricerca: Fabio Botta, Alice Cherchi, Giuseppina De Giudici, Sonia Fernandez Sanchez, Piera Loi, Giuseppe Lorini, Michelina Masia, Enrico Maria Mastinu, Silvia Orrù, Manuela Tola

Il progetto di ricerca “Verso la parità di genere, donne nella storia, nelle istituzioni, nel diritto, nella società” è stato costituito con l’intento di analizzare con un taglio interdisciplinare le discriminazioni di genere ancora presenti nella nostra società e le ragioni che hanno impedito il loro superamento. Il gruppo di ricerca, che ha specifiche competenze e pubblicazioni sul tema in diverse branche del diritto, della filosofia e della sociologia, e aveva già organizzato sull’argomento diversi convegni (27 novembre 2015, “Donne e disuguaglianze nella storia del diritto”; 8 marzo 2016, “Non solo mimose: donne e diritto”; 4-5 maggio 2016 “*Deterior est condicio feminarum*. Verso la parità di genere tra antico e moderno”), si è fatto promotore di numerose iniziative, con l’intento di rendere noti i risultati delle ricerche e di sensibilizzare l’opinione pubblica sulle varie ragioni che hanno impedito il pieno raggiungimento della parità di genere, cercando di comprendere i motivi delle scelte legislative assunte e indagare altre possibili soluzioni. Si sono così esaminate le ragioni che ancora oggi condizionano l’accesso delle donne al mondo del lavoro, alle possibilità di carriera professionale, alla tutela giurisdizionale dei propri diritti.

L’8 marzo 2017, in occasione della ricorrenza della giornata internazionale della donna, presso il Dipartimento di Giurisprudenza dell’Università di Cagliari si è tenu-

to il convegno “Non solo mimose. donne e diritto”. Si è partiti dall’esame delle discriminazioni in epoca romana (Maria Virginia Sanna, *Matronae* e meretrici: all’origine di un’antica distinzione, Maria Josè Bravo Bosch, *Infirmis sexus*. Linguaggio e genere, Fabio Botta, Violenza di genere e adulterio. Uno scontro di civiltà), per poi passare a quelle attuali (Maria Francesca Cortesi, Le garanzie nel procedimento penale, Elisabetta Piras, Il divieto di discriminazione nell’accesso ai servizi assicurativi, Manuela Tola, Famiglia, famiglie e discriminazione delle donne nell’impresa familiare, Piera Loi, Maternità e discriminazione nel diritto dell’Unione Europea, Silvia Orrù, Donne e agricoltura. Pari opportunità e sviluppo sostenibile, Sonia Fernandez Sanchez, La conciliazione tra vita e lavoro nel Jobs Act, Stefano Tatti, L’amministrazione comunale e la rappresentanza femminile, Stefania Cecchini, Il genere del cognome. Riflessioni sulla sentenza n.286/2016 Corte Costituzionale, Grazia Maria De Matteis, L’evoluzione della normativa penale sulla violenza di genere).

Nei giorni 8 9 10 maggio 2017 è stato organizzato un seminario, “Diritto, Genere e diversità”, con la prof.ssa Barbara Giovanna Bello dell’Università di Milano.

Il 25 novembre 2017, all’interno della campagna di sensibilizzazione promossa dall’Università di Cagliari per la Giornata

mondiale contro la violenza sulla donna, il gruppo di ricerca ha promosso un convegno rivolto a tutti gli studenti della Facoltà di Scienze Economiche Giuridiche Politiche, attributivo di un credito formativo, dal titolo “Violenza di genere: un contributo al dibattito”. Nella prima parte del convegno sono state proiettate le slides predisposte dall’Ateneo, commentate assieme al numeroso pubblico da Michelina Masia, Sabrina Perra, Aide Esu, Federica Falchi, Michela Floris, nella seconda parte si sono svolte una serie di relazioni attinenti al problema della violenza e delle discriminazioni nei confronti delle donne (si vedano, ad esempio, Stefania Cecchini, La violenza di genere come forma di discriminazione sostanziale, Silvia Orrù, Violenza di genere e tutela civilistica, Sonia Fernandez Sanchez, La violenza di genere e la tutela civilistica spagnola).

L’8 marzo 2018, presso il Dipartimento di Giurisprudenza dell’Università di Cagliari, si è tenuto il convegno “Donne e accesso alla Giustizia”. La prima sezione è stata dedicata alle ipotesi di Clinica Legale, con relatori provenienti dall’Università di Brescia, di Sassari e di San Marco di Lima. Una seconda sezione è stata dedicata alle relazioni sull’accesso alla giustizia per le donne (Fabio Botta, Le donne e la *publica accusatio*, Manuela Tola, Donne e giustizia economica, Maria Francesca Cortesi, Donne e maternità in carcere, Simone Auriemma, Discriminazione e tutela giuslavoristica, Giuseppina De Giudici, Un’imputabilità al femminile? Lo studio cagliaritano a fine ’800, Silvia Orrù, Tutela giuridica della donna vittima di violenza, Stefania Cecchini, Differenza di genere e tutela costituzionale).

Dal 12 al 14 settembre 2018 si sono svolte a Lima, presso il Campus de la Pontificia Universidad Católica e la Universidad nacional mayor de san Marcos, le Jornadas Italo-Peruanas sobre derechos de las mujeres y acceso a la justicia. Si tratta di una iniziativa tra professori delle Università Italiane di Cagliari e Brescia e professori dell’Universidad Nacional Mayor de San Marcos e la Pontificia Universidad Católica del Perú,

che hanno convenuto sulla necessità di costituire uno spazio comune di scambio e discussione intorno a uno dei problemi di maggior impatto nei rispettivi contesti culturali: le discriminazioni di genere come ostacolo alla piena tutela giurisdizionale dei diritti. Si è trattato di un primo incontro, ma con l’intenzione di aprire spazi di collaborazione tra le università italiane e le università peruviane per contribuire alla rimozione degli ostacoli che impediscono la piena tutela dei diritti delle donne nel mondo. Professori partecipanti (Italia): Fabio Botta, Maria Francesca Cortesi, Michelina Masia, Silvia Orrù, Susanna Pozzolo, Manuela Tola. Professori partecipanti (Perù) Rocío Villanueva, Marianela Ledesma Narvaez, Elena Alvites, Betzabeth Marciani, Ingrid Díaz, Elvia Barrios, Rosa Mavila León, Marcela Huaita, Marisol Fernandez, Marlene Molero, Renata Bregaglio, Alfredo Villavicencio, Samuel Abad, Gilberto Mendoza, Ernesto Aguinaga.

L’8 marzo 2019, presso il Dipartimento di Giurisprudenza dell’Università di Cagliari, si è tenuto il Convegno “Donne, Lavoro, Impresa, Rappresentanza”, con la partecipazione di Daria Chernyaeva della National Research University Higher School of Economics di Mosca, Maria Teresa Carballera Rivera dell’Universidad de Santiago de Compostela, Susanna Pozzolo dell’Università di Brescia, Betzabè Marciani della Pontificia Universidad Católica del Perú. L’invito è stato esteso anche al Procuratore Generale della Corte d’Appello di Cagliari Francesca Nanni, e al Garante per l’infanzia della RAS, Grazia Maria De Matteis.

Il 6 marzo 2019 la prof.ssa Maria Virginia Sanna ha esposto i risultati del lavoro del gruppo di ricerca all’interno di un convegno organizzato dal gruppo di ricerca spagnolo di cui fa parte, Grupo docente y de Investigación Iura Romanas, Visigodas y Bizantinas, Juristas para el Estudio de la Mujer desde la Antigüedad al Tiempo Presente, Presidenta Rosalía Rodríguez López, Catedrática de Derecho Romano de la Universidad de Almería, presentando una relazione presso la Facultat de Dret dell’Universitat

de Barcelona nella III jornada dona aspectes jurídics de gènere en el dret de l'antigüitat: discriminació i violència de gènere.

Nel marzo 2019 la prof.ssa Giuseppina De Giudici ha presentato le relazioni: La donna di fronte alla legge penale. Il problema dell'imputabilità della donna tra Otto e Novecento nel Convegno Jurisperita - O Feminino no Direito: Desafios e Oportunidades, (Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de direito, 13 marzo) e Mulheres, crianças e acesso à justiça no reino da Itália. Entre o debate doutrinário e opções legislativas nel Seminário internacional o acesso á justiça e a efetividade da tutela jurisdicional ne Itália e no Brasil (Universidade Federal de Pelotas, Faculdade de direito, 20 marzo).

È stato già pubblicato un primo volume che raccoglie i contributi presentati in que-

sti convegni, *Diritto e donne: un dibattito*¹, distinto in quattro sezioni: Donne nel diritto romano, Donne e istituzioni giuridiche nella modernità, Donne: lavoro, impresa, rappresentanza, Donne e accesso alla giustizia: per un'ipotesi di clinica legale.

Si è poi proceduto alla pubblicazione di un secondo volume² che raccoglie gli interventi presentati nel convegno dell'8 marzo 2019, "Donne, Lavoro, Impresa, Rappresentanza", con una parte dedicata a "Donne e maternità". Se nel mondo antico la donna era vista quasi esclusivamente nel ruolo di moglie e madre (dare dei figli al marito e alla *civitas* era il dovere principale di una matrona romana), questo ruolo continua, infatti, a condizionare pesantemente la vita delle donne anche nei tempi attuali, limitandone la possibilità di inserimento sociale, politico e lavorativo.

¹ Masia M, Sanna MV. (a cura di), *Donne e diritto. Un dibattito*. Cagliari: Edizioni AV, 2019.

² Sanna MV, Masia M. (a cura di), *Donne: Libertà Diritti e Tutele*. Napoli: ESI; 2019.

Bibliografia

1. Pane R. Mutamenti sociali e itinerari del diritto di famiglia. Napoli, 2018.
2. AA.VV. No Tan Lejano. Una vision de la mujer romana a través de temas de actualidad, a cura di Bravo Bosch MJ, Valmaña Ochaíta A, Rodríguez López R, Valencia, 2018.
3. AA.VV. Violence against women and economic independence, a cura di Bettio F, Ticci E, Luxembourg, 2017.
4. Tola M. Famiglia, famiglie e discriminazioni nell'impresa familiare. Nuova giurisprudenza civile commentata, 2017; II: 888 ss.
5. Peppe L. Civis romana. Forme giuridiche e modelli sociali dell'appartenenza e dell'identità femminili in Roma antica. Lecce, 2016.
6. Sanna MV. Adulterio stuprum e concubinato nella lex Iulia de adulteriis. In: El principio de igualdad desde un enfoque pluridisciplinar. Prevención y represión de la violencia de género, a cura di Iglesias Canle CI, Gonzalez-Ares Fernandez JA, Alvarez Bujan MV, 2016.
7. AA.VV. Mujeres en tiempos de Augusto. Realidad social e imposición legal, a cura di Rodríguez R Lopez, Bravo Bosch MJ, Valencia, 2016.
8. AA.VV. El Cisne, Derecho romano, biologismo y algo más, Lecce, 2010; El Cisne II, Violencia, proceso y discurso sobre género, Lecce, 2012; El Cisne III, Prostitución femenina en la experiencia histórico-jurídica, Lecce, 2016, a cura di Höbenreich E, Kühne V, Lamberti F.
9. De Giudici G. «La donna di fronte alla legge penale». Il problema dell'imputabilità della donna tra Otto e Novecento. Historia et ius, 2016; 10.
10. Cocchiara MA. Donne, politica, istituzioni e società: temi e questioni di genere. Roma, 2016.

11. AA.VV. A proposito di identità. Contributi per una riflessione, a cura di Pozzolo S, Verza A, Bologna, 2015.
12. Fernandez Sanchez S. La violenza di genere nel Decreto legislativo n. 80/2015. Un primo commento con riferimento ai precedenti della disciplina spagnola. *Argomenti di diritto del lavoro*, 2015; 4-5.
13. Virgadamo P. Appunti sulla figura femminile nel diritto civile e sulla tutela ordinamentale della donna nei rapporti familiari. *Dir Fam e pers*, 2015.
14. Sanna MV. Dal *ius vitae ac necis* di una *lex regia* al *ius occidendi* della *lex Iulia de adulteriis*. Note e interrogativi. *I.A.H.*, 2014.
15. AA.VV. La soggettività politica delle donne. Proposte per un lessico critico, a cura di Giolo O, Re L, Roma, 2014.
16. Cantarella E. *L'ambiguo malanno*. Condizione e immagine della donna nell'antichità greca e romana, 4 ed. Milano, 2013.
17. Facchi A. *Breve storia dei diritti umani*. Dai diritti dell'uomo ai diritti delle donne. Bologna, 2013.
18. Stanzione D. In tema di "equilibrio tra generi" negli organi di amministrazione e controllo di società quotate. *Giurisprudenza commerciale*, 2013.
19. Nussbaum NC. *Diventare persone*. Donne e universalità dei diritti. Bologna, 2011.
20. Botta F. *Stuprum per vim illatum*. Violenza e crimini sessuali nel diritto classico e dell'occidente tardoantico. In: Botta F, Lucrezi F, Rizzelli G. *Violenza sessuale e società antiche*. Profili storico-giuridici, 2 ed. Lecce, 2011.
21. Mastinu EM. *Diritto e processo nella lotta contro le discriminazioni di genere*. Padova, 2010.
22. Orrù S. *La procreazione*. Il diritto privato oggi. In: AA.VV. (a cura di P. Cendon), *La famiglia, le persone*. Aggiornamento, Vol. III, tomo 1, Torino, 2008: 3-64 ss.
23. AA.VV. *Donne, diritti, democrazia*, a cura di Fiume G. Roma, 2007.
23. Fayer C. *La familia romana*, aspetti giuridici ed antiquari, I, Roma, 1994; II, *Sponsalia, matrimonio, dote*, Roma, 2005; III, *Concubinato, divorzio, adulterio*, Roma, 2005.
24. Feci S. *Pesci fuor d'acqua*, Donne a Roma in età moderna: diritti e patrimoni. Roma, 2004.
25. Pitch T. *I diritti fondamentali: differenze culturali, disuguaglianze sociali, differenza sessuale*. Torino, 2004.
26. Moscarini LV. *Parità uomo-donna negli organi elettivi e tutela della famiglia*. *Famiglia*, 2002.
27. Boccia ML. *La differenza politica*. Donne e cittadinanza. Milano, 2002.
28. Pitch T. *Un diritto per due*. La costruzione giuridica di genere, sesso e sessualità. Milano, 1998.

Maria Virginia Sanna è Professore ordinario nel Dipartimento di Giurisprudenza di Cagliari (SSD IUS/18 - Diritto romano e diritti dell'antichità), ha conseguito l'A.S.N. per la prima fascia. Insegna Istituzioni di diritto romano nel Corso di Laurea in Giurisprudenza e nel Corso di Laurea triennale in Scienze dei Servizi Giuridici, di cui è stata Coordinatore. È componente del Collegio dei Docenti del Dottorato in Scienze Giuridiche. Ha partecipato, in qualità di componente di Unità di ricerca, a numerosi PRIN (2001- 2004 - 2006 - 2008 2010-11) ed è attualmente parte dell'Unità di ricerca dell'Uni-

versità di Roma "La Sapienza" nel PRIN 2017 *La certezza del diritto dal mondo antico alla discussione moderna*. È componente del Gruppo docente y de Investigación IURA Romanas, Visigodas y Bizantinas, Juristas para el Estudio de la Mujer desde la Antigüedad al Tiempo Presente. Nell'ultimo decennio ha rivolto i suoi studi alla condizione giuridica delle donne, al matrimonio, all'adulterio e al concepimento, i cui risultati, oggetto di numerose pubblicazioni, sono stati presentati a convegni di carattere internazionale in Italia, Spagna, Argentina, Cuba e Repubblica Popolare Cinese.

Le Agenzie di Rating nel diritto interno, europeo e internazionale

Responsabile scientifico: **Francesco Seatzu**

Gruppo di ricerca: Daniele Amoroso, Giacomo Biagioni, Cristiano Cincotti, Dionigi Scano, Ombretta Dessì, Francesca Ippolito, Andrea Poddighe

In linea generale, le agenzie di rating valutano i mutuatari su vasta scala e si focalizzano sulle possibilità che il loro debito sia effettivamente rimborsato. In particolare il rating di uno Stato può influenzare l'ammontare del denaro che esso è tenuto a prendere in prestito emettendo titoli obbligazionari, così come è accaduto recentemente con il *downgrade* del rating in Spagna, Francia e Italia.

Sebbene non finalizzato a questo scopo, il *downgrade* (o persino la mera minaccia di un *downgrade*) del rating possono indurre uno Stato a modificare la sua politica economica, con effetti imponenti e vistosi sulle sue relazioni internazionali, per tacere poi di quelli sulla sua sovranità nazionale. Un potenziale *downgrade* (o un taglio effettivo) del rating di uno Stato sovrano può infatti innescare una serie di reazioni, tra cui cambiamenti nelle politiche finanziarie ed economiche nazionali, una diminuzione dell'affidabilità nei confronti degli investitori stranieri e di altri Stati, conseguenze a livello micro-economico e una generale destabilizzazione. Il ruolo delle agenzie di rating sui mercati è stato riconosciuto da istituzioni politiche e finanziarie come l'Unione Europea (si vedano, in particolare, i regolamenti n. 1009/2009 e 462/2013 e la direttiva 2013/14 / UE o il Securities and Exchange Commission).

L'interesse per l'argomento in parola è sorto alla luce della crisi finanziaria del

2008, che ha portato a una recessione globale tristemente ancora in atto, portando alla ribalta le inadeguatezze, i pregiudizi e i limiti intrinseci delle agenzie di rating quali attori influenti nell'economia e nella finanza mondiali. Si è così avuta una proliferazione di studi scientifici e divulgativi dedicati alle agenzie di rating, alle loro funzioni e attività.

Ad oggi, tuttavia, la letteratura giuridica si è essenzialmente concentrata su questioni di diritto finanziario interno, diritto della concorrenza, regolamentazione nazionale nonché su questioni di *governance* interna. Il fatto che le agenzie di rating operino su scala mondiale valutando anche gli Stati sovrani e il loro debito è stato invece largamente trascurato nel dibattito accademico dei giuristi. Inoltre, si è finora prestata insufficiente attenzione alle relazioni sussistenti tra i diversi livelli normativi. In una parola, il ruolo del diritto internazionale ed europeo nel governo delle agenzie di rating, nonché la sua interazione con le fonti normative dell'Unione Europea, permangono ancora sostanzialmente al di fuori del campo di studio e riflessione dei giuristi.

In questo contesto il presente progetto di ricerca, che affronta il tema in parola da una molteplicità di prospettive di diritto interno e sovranazionale, si propone essenzialmente di colmare la lacuna di

cui sopra. Da un lato, *de lege lata*, esso si prefigge di identificare i vincoli giuridici che, a livello internazionale, comunitario e nazionale (oltre che nelle fonti di *soft law*), condizionano e orientano le attività delle agenzie di rating. D'altra parte, *de lege ferenda*, esso si prefigge di esaminare critica-

mente le carenze dell'attuale quadro normativo allo scopo di identificare soluzioni alternative che possano promuovere, in modo maggiormente corretto ed efficace, il raggiungimento del fine generale della stabilità finanziaria, da intendersi come bene pubblico globale.

Bibliografia

1. Seatzu F. The Potential Contribution of Credit Rating Agencies (CRAs) in the Enhancement of Compliance with International Human Rights Law, Rules and Standards by Private Companies. In: Anuario de los cursos de derechos humanos de Donostia-San Sebastián (Dúo), 2019; 220-245.
2. Sinclair TJ. Credit rating agencies. International organization and global governance, 379-390.
3. De Bruyne J. Exploring the limits of the freedom of speech for credit rating agencies after the financial crisis, in Human rights as a basis for reevaluating and reconstructing the law: acts of the 4th ACCA Conference held in Louvain-La-Neuve on May 29th, 2015. Louvain-La-Neuve: Louvain Press, 2016: 441-456.

Francesco Seatzu ha conseguito la Laurea in Giurisprudenza all'Università degli Studi di Cagliari con punti 110/110 e lode, prima di completare i suoi studi per un Dottorato di Ricerca in diritto internazionale presso l'Università di Nottingham. È stato Visiting Scholar e Visiting Professor in diverse università straniere, tra cui l'Università Complutense di Madrid (2001), l'Università di Nottingham (2003), l'Università di Glasgow (2006), l'Università di Bordeaux IV (2010), l'Università di Siviglia (2015), l'Università "Carlos III" di Madrid (2015), l'Università di Valencia (2016 e 2018) e l'Università di Alcalá

(2017). Il Professor Francesco Seatzu è membro della Scuola di Dottorato di diritto internazionale e dell'UE dell'Università Statale di Milano dal 2007, del CIDOIE (Centro Interuniversitario sul Diritto delle Organizzazioni Internazionali Economiche), della Società Italiana di Diritto Internazionale. È membro del Board of Editors of European Papers, Ius et Scientia, Diritto Pubblico Comparato e Europeo, Cuadernos de Derecho Transnacional e Revista Electrónica Iberoamericana. Inoltre, è stato anche membro del Board of Editors del Journal of Private International Law.

Corporate governance, informazione esterna d'impresa e rapporti con i mercati finanziari: un'analisi empirica comparata

Responsabile scientifico: **Andrea Melis**

Gruppo di ricerca: Paolo Mattana, Pier Paolo Carrus, Greta Cestari, Giuseppe Riccio, Gianluigi Roberto, Alessandro Mura, Simone Aresu, Silvia Macchia, Luigi Rombi

Resoconto scientifico sullo stato dell'arte della ricerca

La ricerca sul tema delle relazioni fra governo aziendale ed informazione esterna d'impresa si sta sviluppando nei seguenti filoni: A. I meccanismi di corporate governance. In particolare, sono in corso i seguenti lavori empirici:

- Uno studio empirico della remunerazione degli amministratori indipendenti nelle principali imprese nordamericane ed europee non finanziarie quotate in borsa e la relazione con il rischio reputazionale e le responsabilità dell'amministratore. I primi risultati empirici su un campione di oltre 5000 amministratori sembrano evidenziare un ruolo importante della responsabilità dell'amministratore e del rischio cosiddetto ESG (socio-ambientale e di governance) dell'impresa in cui opera.
- Uno studio empirico della remunerazione degli amministratori esecutivi nelle principali imprese non finanziarie quotate in borsa a livello mondiale. I primi risultati empirici su un campione di oltre 2000 aziende si focalizzano sulle determinanti di criteri di incentivazione e ricompensa degli amministratori basati su criteri di sostenibilità sociale ed ambientale (cosiddetta ESG-linked compensation).
- Uno studio storico sul ruolo dei meccanismi di controllo interno nelle imprese

italiane. In particolare l'analisi verte sulla storia del ruolo del collegio sindacale dalla sua istituzione nel 1882 ai giorni odierni secondo una prospettiva di analisi della teoria di Gramsci sull'egemonia. I primi risultati sembrano evidenziare un ruolo di legittimazione dell'istituto più che una sua reale efficacia come strumento di controllo interno.

B. L'informazione esterna e le sue relazioni con l'accesso ai finanziamenti. In particolare, sono in corso i seguenti lavori empirici:

- Lo studio empirico sulla visualizzazione dei dati relativi agli indici di performance critica nelle imprese non finanziarie quotate nei principali Paesi europei e la relazione con lo sviluppo dei mercati finanziari e la presenza di analisti finanziari. Il lavoro, recentemente accettato per la pubblicazione dalla rivista dell'Association of Business Communication statunitense, International Journal of Business Communication, evidenzia come l'informazione visuale possa essere strumento di gestione delle percezioni degli utenti piuttosto che fornire un'informazione chiara, veritiera e corretta, in particolar modo nelle situazioni in cui i mercati finanziari sono maggiormente sviluppati e nelle imprese più seguite dagli analisti finanziari.
- Lo studio empirico sulla visualizzazione dei dati relativi agli indici di performan-

ce critica nelle imprese in fase di start-up e la relazione con i bias cognitivi del redattore dell'informazione e degli investitori. Lo studio, che utilizzerà il metodo dell'esperimento, è ancora in fase di definizione dei criteri di stima dei bias cognitivi dei soggetti interessati.

- Lo studio empirico sulla visualizzazione dei dati di rischio delle principali banche europee durante la crisi

finanziaria. Il lavoro, co-autorato M. Jones, A. Melis, S. Gaia, S. Aresu, evidenzia il ruolo dei bias cognitivi nella comunicazione del rischio da parte delle banche. È stato pubblicato dalla rivista britannica *Journal of Applied Accounting Research* e recentemente premiato come miglior articolo scientifico pubblicato nella rivista durante l'anno 2019.

Bibliografia

1. Beattie V. Jones, M. Corporate reporting using graphs: A review and synthesis. *Journal of Accounting Literature*, 2008; 27: 71-110.
2. Burke J, Hoitash R, Hoitash U. Auditor Response to Negative Media Coverage of Client Environmental, Social, and Governance Practices. *Accounting Horizons*, 2019; 33(3): 1-23.
3. Fama E. Agency Problems and the Theory of the Firm. *Journal of political economy*, 1980; 88(2): 288-307.
4. Gramsci A. Selections from prison notebooks. London: Lawrence and Wishart, 1971.
5. Libby R, Bloomfield R, Nelson M. Experimental research in financial accounting. *Accounting, Organizations and Society*, 2002; 27(8): 775-810.
6. Mallin C, Melis A, Gaia S. The remuneration of independent directors in the UK and Italy: An empirical analysis based on agency theory. *International Business Review*, 2015; 24(2), 175-186.
7. Spranca M, Minsk E, Baron J. Omission and commission in judgment and choice. *Journal of experimental social psychology*, 1991; 27(1): 76-105.

Andrea Melis è Professore ordinario di Economia aziendale presso il Dipartimento di Scienze Economiche ed Aziendali, Università degli Studi di Cagliari, dove svolge il ruolo di coordinatore del Dottorato in Scienze economiche ed aziendali e di Presidente della Commissione internazionalizzazione. È componente della giunta direttiva del Financial Accounting and Reporting Special Interest Group della British Accounting and Finance Association. È screening editor della rivista

“Corporate Governance: An International Review” e componente del comitato editoriale delle riviste “Accounting and Business Research”, “Corporate Ownership and Control” e “Journal of Management and Governance”. I suoi principali interessi di ricerca riguardano corporate governance, informazione esterna d'impresa (economico-finanziaria e socio-ambientale) e meccanismi di valutazione delle performance individuali e aziendali in imprese ed enti pubblici.

Fiducia e resilienza in presenza di corruzione

Responsabile scientifico: **Vittorio Pelligra**

Gruppo di ricerca: Giovanni Bella, Fabio Cerina, Andrea Isoni, Stefano Matta, Vincenzo Merella, Alessio Moro, Anna Maria Pinna, Giovanni Sulis, Beatrice Venturi

Il progetto di ricerca GRO.V.I.D (Growth, Values and Institutional Design) è stato costruito lungo tre direttrici: l'individuazione delle determinanti dei fenomeni di crescita ed in particolare del cambiamento strutturale, l'influenza dei valori culturali nello stesso e, dal punto di vista, prescrittivo, l'analisi delle relative politiche economiche ottimali.

Il processo di trasformazione strutturale descrive la riallocazione di risorse (capitale e lavoro) tra i vari settori (agricoltura, manifattura e servizi) e occupazioni di un sistema economico che accompagna e influenza il processo di crescita. Molti autori hanno posto in evidenza come la composizione settoriale rappresenti un fattore cruciale per la dinamica delle variabili macroeconomiche e microeconomiche. Un primo obiettivo generale che ci siamo posti nell'ambito del progetto di ricerca fa riferimento all'analisi delle specifiche cause del cambiamento strutturale e dei relativi effetti sugli andamenti economici.

Dopo una prima parte dedicata all'analisi descrittiva, volta all'individuazione delle cause del cambiamento strutturale, ci siamo orientati verso una prospettiva prescrittiva, orientata all'individuazione delle indicazioni di politica economica.

In un primo saggio (5), che si inserisce nell'ambito della teoria della teoria della biforcazione globale, abbiamo analizzato il ruolo della politica fiscale in un modello

di sfruttamento delle risorse non rinnovabili, dimostrando che le azioni di politica economica adottate possono produrre l'insorgere di equilibri multipli, uno dei quali caratterizza una potenziale trappola della povertà, come si nota nel grafico in Figura 1. Abbiamo dimostrato formalmente sotto quali condizioni e per quali condizioni e per quali regioni dei parametri di politica fiscale, in presenza di società pazienti dal punto di vista delle scelte di consumo intertemporale, sia possibile guidare l'economia verso il sentiero che conduce all'equilibrio più virtuoso, e sfuggire così alla trappola del sottosviluppo, nel quale la società si troverebbe intrappolata in presenza di società più impazienti nel consumo delle risorse a disposizione.

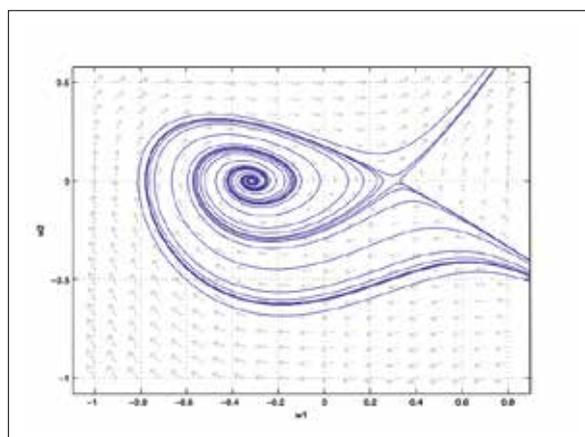


Fig. 1. La trappola della povertà.

Dal punto di vista empirico, invece, abbiamo preso in considerazione un insieme di 22 indici azionari per un panel di paesi per simulare l'andamento del prezzo dei derivati finanziari. L'analisi ha dimostrato che i rendimenti degli indici sono stazionari ma non identicamente e indipendentemente distribuiti (1). A tal riguardo, si è utilizzata l'analisi R/S (7) per dimostrare che tale fenomeno occorre soltanto nei mercati emergenti, e quindi più impazienti sotto il profilo delle scelte di consumo intertemporale, e caratterizzati da maggiore incompletezza dei mercati e minore efficienza finanziaria. Concentrando l'analisi su tali mercati, si è notato che, confrontando la metodologia classica Black-Scholes (4) con altre più recenti che tengono conto della dipendenza temporale (2, 8), si è provato che l'efficienza nella determinazione del prezzo dei derivati aumenta se si riduce il tempo di maturità dell'opzione, e un controllo dell'indice di volatilità dei rendimenti azionari permette altresì di minimizzare il divario tra le due metodologie e quindi tra i due mercati analizzati.

Un secondo filone della ricerca, analizzato nell'ambito del progetto, ha considerato il ruolo dei fenomeni nella loro interazione con il capitale sociale e le attività imprenditoriali. In un esperimento di laboratorio (3) si è studiato l'effetto causale della presenza di corruzione rispetto alla disponibilità di ipotetici imprenditori a portare avanti iniziative comuni. I dati dell'esperimento mostrano che la presenza del rischio di incappare in fenomeni corruttivi favorisce l'insorgenza di comportamenti "eroici" da parte di pochi imprenditori, i quali, in virtù dell'effetto segnalazione, suscitano un eccesso di reciprocità e quindi esiti pareto-superiori.

Una terza linea di indagine ha esplorato, sia da un punto di vista teorico che empirico, la relazione tra la crescita del settore dei servizi e la crescita bilanciata. L'idea che il processo di crescita economica sia "bilanciato" ha una lunga tradizione in economia che si rifà ai cosiddetti "fatti di Kaldor" (*Kaldor facts*) (6), fenomeni stilizzati secondo i quali lungo il sentiero di crescita di un sistema economico si rinvergono alcune re-

golarità che danno luogo a rapporti tra variabili che rimangono costanti nel tempo. In particolare, una delle principali conclusioni è che il rapporto capitale/PIL è costante nel processo di crescita. Tuttavia, con riferimento al periodo post-bellico negli U.S.A., la conclusione di Kaldor è vera per il rapporto tra capitale e PIL solo se entrambi gli aggregati sono espressi in termini nominali; se invece questi vengono espressi in termini reali, sia il rapporto capitale/PIL, sia quello investimento/PIL esibiscono una tendenza alla crescita.

Questi fatti stilizzati caratterizzano un processo di crescita "non bilanciata" dell'economia, che può avere conseguenze importanti per gli andamenti macroeconomici. È ben noto, infatti, che nella teoria della crescita la costanza del rapporto capitale/Pil implica che l'output addizionale che può essere ottenuto investendo un'unità in più di capitale (il prodotto marginale del capitale) e il rendimento di un progetto di investimento (il tasso di interesse reale) sono uguali e costanti nel tempo. Se il rapporto capitale/output si modifica lungo il sentiero di crescita, quest'uguaglianza non è più dinamicamente valida e il prodotto marginale del capitale può evolversi in modo diverso dal tasso di interesse reale. Questa differenza può essere misurata solo in un quadro teorico che può spiegare un rapporto capitale/PIL crescente lungo il percorso di crescita, insieme ad altre caratteristiche salienti della crescita di lungo periodo.

In questo ambito di ricerca mostriamo che un modello di crescita a due settori con trasformazione strutturale dalla manifattura ai servizi può spiegare l'aumento del rapporto investimenti/PIL e del rapporto capitale/PIL, e che tale modello può essere utilizzato per misurare le variazioni del prodotto marginale del capitale, del tasso di interesse reale e del tasso di crescita dell'economia (9). Il modello esibisce crescita bilanciata quando gli investimenti e il capitale sono misurati in termini di un numerario opportunamente scelto, ossia un'appropriata unità di valore. Tuttavia, quando il capitale è misurato in termini di

unità di PIL o di consumo aggregato, la crescita esibita dal modello è “non bilanciata”, a causa del cambiamento nel prezzo dei servizi relativamente alla manifattura, che, date le preferenze, cambia la composizione del paniere dei beni di consumo e del PIL. Dunque, in questo contesto, la crescita del settore dei servizi nell’economia influisce sul processo di crescita economica complessiva lungo diverse dimensioni, che mostriamo essere qualitativamente coerenti con i dati di crescita degli U.S.A.

Relativamente all’economia degli Stati Uniti, infatti, il modello prevede correttamente gli andamenti delle seguenti variabili nel periodo considerato (1950-2015): i) una diminuzione del prodotto marginale del capitale del 36% in unità di PIL e del 43% in unità di consumo aggregato; ii) una riduzione del tasso di interesse reale del 5% in termini di unità PIL e del 7% in termini di unità di consumo; iii) una riduzione del tasso di crescita del PIL dal 2,29 all’1,93% annuo dall’inizio alla fine del periodo di riferimento. Nonostante quest’ultima sia economicamente significativa, poiché la deviazione standard rispetto al trend di crescita del PIL pro-capite è a sua volta di circa il 2,3%, statisticamente risulta difficile separare nei dati la caduta nella crescita dall’oscillazione dei cicli economici.

In un ulteriore sviluppo di questa linea di ricerca abbiamo analizzato se il modello possa riprodurre le differenze osservate tra paesi nei tassi di investimento. Nei dati cross-country, i tassi di investimento reali sono correlati positivamente con il reddito pro-capite, mentre i tassi di investimento nominali mostrano un’assenza di correlazione con il reddito pro-capite. Per analizzare queste differenze in un quadro teorico, si deve di solito supporre che i paesi siano su diversi percorsi di crescita bilanciata o che i paesi siano a diversi livelli di una dinamica di transizione. Il primo caso è trattabile, ma richiede di assumere che i paesi si differenzino per alcuni parametri fondamentali, mentre il secondo di solito implica una stretta relazione tra tassi di investimento reali e tassi di crescita del PIL, che non è sempre vera. Un modello a due settori di trasformazione strutturale rappresenta un nuovo strumento per analizzare queste differenze: lungo un sentiero di crescita bilanciata, facilmente trattabile in teoria, esso predice un tasso di investimento reale che cresce all’aumentare del reddito, a causa della trasformazione strutturale. Allo stesso tempo, il tasso di crescita del PIL diminuisce, ma in misura contenuta in confronto alla variazione del tasso di investimento.

Bibliografia

Con * indichiamo i lavori in bibliografia, che riportano risultati ottenuti nell’ambito del progetto di ricerca e in grassetto i membri delle unità di ricerca.

1. * Arzedi L, Merella V, Venturi B. R/S Analysis and Option Pricing: An Application to The World Most Important Stock Indices. *International Journal of Management and Applied Science*, 2018; 4(2): 104-106.
2. Baillie RT. Long memory processes and fractional integration in econometrics. *Journal of Econometrics*, 1996; 73: 5-59.
3. * Becchetti L, Corazzini L, Pelligra. We Can Be Heroes: Trust and Resilience in Corrupted Economic Environments. *Centre for Financial and Management Studies Discussion Paper n. 140*, SOAS, University of London, 2017.
4. Black F, Scholes M. The pricing of options and corporate liabilities. *Journal of Political Economy*, 1973; 81: 637-654.
5. * Bella G, Mattana P. Global indeterminacy and equilibrium selection in a model with depletion of non-renewable resources. *Decisions in Economics and Finance*, 2018; 41(2): 187-202.

6. Kaldor N. Capital Accumulation and Economic Growth. In: Lutz F, Hague D, eds. *The Theory of Capital*. New York: St. Martins Press, 1961: 177-222.
7. Lo A. Long-term memory in stock market prices. *Econometrica*, 1991; 59: 1279-313.
8. Morimoto T. European Option Pricing Under Fractional Brownian Motion with an Application to Realized Volatility (July 27, 2016); <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2564408>.
9. Leon-Ledesma M, Moro A. The Rise of Services and Balanced Growth in Theory and Data. Discussion Papers 1714, Centre for Macroeconomics (CFM), 2017.

Vittorio Pelligra (PhD, University of East Anglia, Norwich), è Professore associato di Politica Economica all'Università degli Studi di Cagliari, dove insegna Politica Economica, Economia dell'Informazione ed Economia Comportamentale. Coordina il Dottorato in Scienze Economiche ed Aziendali e il gruppo di ricerca BERG (Behavioral Economics Research Group). Le sue ricerche riguardano la behavioral ed experimental economics, l'economia civile e le neuroscienze sociali e cognitive. È invited professor presso

l'International University Institute "Sophia" di Firenze dove insegna Economics of Innovation and Information, è anche ricercatore del CRE-NOs, fa parte del comitato scientifico della SEC – Scuola di Economia civile e della rete NEXT – Nuova Economia per Tutti. È co-fondatore di SmartLab (spin-off universitario) e di Wecoop, due imprese che operano nel settore della data science e dell'edutainment.

Cura una rubrica settimanale, "Mind the Economy", sul quotidiano finanziario *Il Sole 24 Ore*.

La misurazione delle *performance* nelle destinazioni turistiche

Responsabile scientifico: **Romano Piras**

Gruppo di ricerca: Carla Massidda, Aldo Pavan, Elisabetta Reginato, Isabella Fadda, Giuseppe Melis, Patrizia Daniela Modica, Patrizio Monfardini, Paola Paglietti, Roberta Pinna, Cecilia Ferrai.

1. Introduzione

Lo sviluppo turistico sostenibile delle destinazioni è un obiettivo importante nelle politiche di crescita internazionale, nazionale e locale. Sotto questo profilo la disponibilità di dati e indicatori è di cruciale importanza. Tuttavia, ancora oggi vi è un considerevole divario tra la capacità di reperire le necessarie informazioni e quella di utilizzare tali informazioni ai fini della definizione di politiche e azioni decisionali. Tutto ciò risulta essere in contrasto rispetto alle reali esigenze delle destinazioni turistiche. Le entità locali dovrebbero, infatti, non solo disporre di un sistema efficace di indicatori, ma dovrebbero anche saperlo utilizzare per misurare le prestazioni della destinazione al fine di personalizzare politiche e programmi.

L'obiettivo generale del progetto è quello di colmare tale divario e migliorare la conoscenza e la consapevolezza dell'importanza strategica di adeguati sistemi di gestione e monitoraggio tra gli *stakeholders*. Nello specifico, mira a utilizzare un sistema efficiente di monitoraggio delle attività turistiche, basato su standard internazionali, al fine di stimolare le destinazioni all'adozione di un modello di sviluppo sostenibile ove sia centrale la cooperazione tra soggetti pubblici e privati. I beneficiari finali della ricerca sono, quindi, autorità pubbliche, istituzioni, organizzazioni e imprese dal livello subregionale a quello sovranazionale.

2. Analisi di contesto

Negli ultimi decenni il turismo ha visto una crescita esponenziale del suo peso economico a livello mondiale, tanto da essere considerato un fattore chiave per uno sviluppo socio-economico sostenibile. Sotto questo profilo, il monitoraggio dell'attrattività e della competitività delle destinazioni, così come la conoscenza delle nuove tendenze nelle preferenze turistiche, risultano essere aspetti cruciali per i decisori pubblici e privati. Tuttavia, nonostante il suo alto potenziale in termini di sviluppo economico, il turismo può anche produrre impatti negativi sull'ambiente naturale e socio-culturale. Pertanto, essere una destinazione turistica sostenibile rappresenta una sfida per i decisori che devono bilanciare le attuali esigenze di sviluppo economico e sociale con quelle delle generazioni future di protezione dell'ambiente naturale e culturale.

Nella prospettiva del progetto, il binomio sviluppo-sostenibilità evidenzia l'importanza dell'adozione, a livello di destinazione turistica, di una vasta gamma di tecniche e metodologie che garantiscano la prosperità di aree e comunità turistiche. A tal proposito, la Commissione Europea e altre organizzazioni internazionali hanno elaborato norme per la misurazione del turismo nelle destinazioni, come gli indicatori ETIS e UNWTO, che risultano potenzialmente utili, se inclusi in azioni politiche coordinate. Alla luce del limite precedentemente esposto, emerge quin-

di la necessità di sviluppare e implementare dei *data system* sul turismo nelle destinazioni sulla base di standard internazionali al fine di migliorare e rafforzare la coerenza dei processi decisionali e politici di soggetti pubblici e privati.

3 Descrizione del progetto

L'obiettivo generale è quello di contribuire a colmare il divario tra le misurazioni della performance nelle destinazioni e le relative politiche ed azioni decisionali, attraverso il perseguimento di 3 obiettivi specifici:

1. misurazione degli impatti del turismo attraverso lo standard europeo ETIS 2016;
2. valutazione di modelli gestionali pubblici e privati per le destinazioni;
3. miglioramento della cooperazione tra gli *stakeholders* pubblici e privati nelle destinazioni;

Nell'intento di perseguire i suddetti obiettivi, la ricerca si articola nelle seguenti 5 fasi:

1. misurazione degli impatti turistici;
- ii. valutazione di modelli manageriali per le destinazioni;
- iii. miglioramento della cooperazione tra *stakeholders* pubblici e privati;
- iv. divulgazione dei risultati;
- v. monitoraggio delle attività.

Il metodo di ricerca si basa sulla predisposizione e somministrazione di questionari attraverso l'utilizzo del software Lime Survey, il quale consente di identificare i dati, raggrupparli in indicatori quantitativi/qualitativi e supportare nell'analisi ed interpretazione degli stessi. È altresì previsto lo sviluppo di una piattaforma IT quale strumento di collezione ed elaborazione dati, che permette di tradurre gli indicatori in un modello gestionale.

4. Risultati attesi e contributo

Il progetto è incentrato sull'importanza del monitoraggio del turismo in relazione ai suoi effetti sulle politiche locali di sviluppo. In questa prospettiva, l'utilizzo delle informazioni sulle destinazioni turistiche è uno strumento fondamentale per il miglioramento dei processi decisionali e, più in generale, per l'adozione di un modello di sviluppo turistico sostenibile. In quest'ottica, appare es-

senziale colmare il divario tra le misurazioni delle performance e l'utilizzo efficace di dati e informazioni. A tale riguardo, il progetto viene sviluppato considerando due aspetti principali dell'utilizzo delle misure di performance. Il primo, di carattere generale, riguarda l'utilizzo delle informazioni sulla performance. Il secondo fa riferimento al contesto specifico rappresentato dalle amministrazioni pubbliche italiane.

La ricerca consentirà di migliorare la conoscenza e la consapevolezza degli *stakeholders* in merito ai sistemi di gestione e monitoraggio degli impatti turistici, al fine di promuovere la definizione delle relative politiche e azioni decisionali. Ciò richiede anzitutto l'identificazione di un territorio nella regione Sardegna da utilizzare come modello per le attività sul campo a cui segue la raccolta e analisi dei dati con riferimento agli indicatori oggetto della rilevazione. Costituiranno parte integrante del processo di analisi dei dati anche le criticità nei processi di collaborazione e cooperazione tra i diversi attori pubblici e privati delle destinazioni, con particolare riferimento all'impatto sui processi di creazione di valore.

Verranno successivamente proposti modelli gestionali e organizzativi per le destinazioni volti a facilitare la collaborazione tra soggetti pubblici e privati. Infine, si mira a stimolare la cooperazione tra questi soggetti attraverso l'istituzione di gruppi di lavoro per attività di *networking* quali occasioni di condivisione di esperienze, dati e informazioni, e attraverso lo sviluppo di un sistema di cloud IT che consenta di condividere i dati raccolti e rafforzare in tal modo il legame tra gli attori.

Il test pilota di implementazione di standard internazionali offrirà l'opportunità ai territori coinvolti di diventare un modello europeo e internazionale nel campo del turismo sostenibile in linea con l'Agenda 2030 delle Nazioni Unite per Sviluppo sostenibile a favore di imprese, comunità, turisti e protezione dell'ambiente.

Il territorio oggetto dell'attività di ricerca comprende le 5 municipalità facenti parte della *DMO Visit South Sardinia* (Domus de Maria, Cagliari, Muravera, Pula e Villasimius) per ognuna delle quali è prevista la somministra-

zione di questionari alle categorie di *stakeholders* individuate dal *Toolkit ETIS*: visitatori, residenti, imprese e pubblica amministrazione.

5. Stato attuale della ricerca

Il gruppo di lavoro si è occupato della predisposizione e della somministrazione dei 4 questionari operando attraverso un confronto delle versioni 2013 e 2016 del *Toolkit ETIS* e selezionando gli indicatori ritenuti più appropriati, tenendo conto delle specificità delle destinazioni e della rilevazione effettuata nel 2015.

La piattaforma IT prevede l'inserimento, la visualizzazione e l'estrazione di dati qualita-

tivi e quantitativi derivanti da fonti primarie e secondarie. L'utente ha la possibilità di visualizzare dati generici sulla destinazione e specifici sugli indicatori ETIS classificati per tema (gestione della destinazione, valore economico, impatto sociale e culturale, impatto ambientale), sia in forma numerica che grafica in tempo reale, per serie storiche e in forma previsionale per singolo operatore e per destinazione nel suo complesso. La piattaforma consente inoltre l'effettuazione di comparazioni in maniera aggregata e anonima e l'estrazione completa e parziale di dati in forma di report e foglio elettronico.

Bibliografia

1. DeLacy T, Jiang M, Lipman G, Vorster S Green (Eds). *Green Growth and Travelism. Concept, Policy and Practice for Sustainable Tourism*. New York: Routledge, 2014.
2. Holden A. *Environment and tourism* (3rd ed.). London: Routledge, 2016.
3. Massidda C, Etzo I, Piras R. Migration and Inbound Tourism: An Italian perspective. *Current Issues in Tourism*, 2015; 18: 1152-1171.
4. Massidda C, Etzo I, Piras R. Migration and Outbound Tourism: Evidence From Italy. *Annals of Tourism Research*, 2014; 48: 235-249.
5. Massidda C, Etzo I. The determinants of Italian domestic tourism: a panel data analysis. *Tourism Management*, 2012; 33: 603-610.
6. Miller G, Twining-Ward L. *Monitoring for a sustainable tourism transition: the challenge of developing and using indicators*. Wallingford, UK: CABI Publishing, 2005.
7. Modica P, Uysal M (Eds). *Sustainable Island Tourism. Competitiveness and Quality-of-life*. CABI Series in Tourism Management Research. Wallingford, UK: CAB International, 2016.
8. Modica P. *Sustainable tourism management and monitoring. Destination, business and stakeholder perspectives*, Milano: FrancoAngeli, 2015.
9. Pavan A, Reginato E, Fadda I. *The implementation gap of NPM reforms in Italian local government. An empirical analysis*, Milano: FrancoAngeli, 2014.

Romano Piras è Professore ordinario di Economia Politica presso il Dipartimento di Scienze Politiche e Sociali dell'Università degli Studi di Cagliari. Dopo la Laurea in Economia e Commercio presso l'Università di Cagliari, ha ottenuto il Master in Economia presso il CORIPE Piemonte di Torino, il Master in Economics e l'MPhil in Economics entrambi presso l'Università dell'Essex (Gran Bretagna). Ha inoltre conseguito presso l'Università di Napoli il Dottorato di ricerca in Economia Politica, per il quale ha ricevuto il premio CEIS-Q8 per Dottorato di Ricerca in Economia.

I suoi principali interessi di ricerca sono l'economia della crescita, l'economia delle migrazioni e l'economia del turismo. Attualmente insegna Microeconomia, Economia Politica ed Economia della crescita e della globalizzazione. Ha partecipato a diversi progetti di ricerca finanziati dal MIUR, tra i quali: *Poverty traps and multiple equilibria: a framework to interpret Mezzogiorno's development* (PRIN 2006); *Mezzogiorno: New growth theories and Development* (PRIN 2003); *Regional econometrics: data base and models* (PRIN 1999).

Strategie di hedging per la massimizzazione delle energie rinnovabili

Responsabile scientifico: **Stefano Zedda**

Gruppo di ricerca: Giovanni Batista Masala, Marco Micocci, Giuditta Pisano

Il progetto di ricerca ha sviluppato l'analisi del mercato elettrico, a livello regionale per la zona Sardegna, con un approccio integrato altamente innovativo che mantiene i punti di forza della modellazione economica ed econometrica delle serie storiche, delle conoscenze tecniche derivanti dall'approccio dell'ingegneria elettrica e dell'efficacia e flessibilità della modellazione basata su agenti.

L'obiettivo principale di questo progetto di ricerca è quello di sfruttare le condizioni particolarmente adatte del sistema elettrico sardo per sviluppare le conoscenze sulla struttura e le caratteristiche del mercato elettrico e consentire l'inclusione progressiva di quote più elevate di fonti energetiche rinnovabili (RES).

L'approccio interdisciplinare è basato sull'integrazione delle precedenti esperienze di modellizzazione e simulazione di sistemi bancari complessi (Stefano Zedda) che è stato sviluppato per essere effettivamente utilizzato come metodo di riferimento dalla Commissione europea, formazione dei prezzi e consumo / carico nel mercato elettrico (Giovanni B. Masala), e produzione e consumo di energia elettrica in termini tecnici (Giuditta Pisano).

Nel corso della ricerca il mercato elettrico è stato analizzato sotto diversi punti di vista.

In una prima fase sono state analizzate le sue caratteristiche in termini di distri-

buzione statistica dei prezzi, caratterizzati da picchi che sono stati spiegati con un approccio modellistico di tipo economico (1 e 9).

Le caratteristiche della variabilità dei prezzi e dei trend di breve, medio e lungo periodo sono state analizzate attraverso i metodi econometrici (2).

Le possibilità di diversificazione della produzione eolica sono state inoltre studiate applicando metodologie mutuata dalla finanza quantitativa, che hanno prodotto strategie nuove che possono permettere un maggiore utilizzo delle fonti energetiche rinnovabili (3).

Ulteriori lavori hanno riguardato la modellizzazione dei carichi e potenzialità di produzione di energia elettrica (4, 5, 6 e 8), e delle interazioni tra mercato elettrico e mercato finanziario (7 e 10).

In questo progetto di ricerca è stato sviluppato uno strumento di simulazione del mercato elettrico della Sardegna, basato sulle effettive offerte di produzione ed acquisto, in termini di quantità e dei relativi prezzi, per ciascuna ora dell'anno, per ciascun produttore.

Questo strumento permette di valutare le variazioni orarie, giornaliere e stagionali delle offerte di produzione e consumo, di verificare l'evoluzione delle diverse tecnologie di produzione, di documentare l'impatto delle variazioni dei prezzi dei carbu-

ranti sulle offerte, e degli impatti incrociati di queste variabili.

Lo strumento di simulazione può inoltre fornire un importante supporto per valutare gli effetti attesi delle variazioni della produzione (maggiore quota di FER, introduzione di nuove centrali elettriche) e delle eventuali modifiche nei meccanismi del mercato, e potrà permettere la realizzazione di analisi costi-benefici degli investimenti pubblici nel settore (ad esempio per l'eventuale sostegno degli investimenti nella produzione idroelettrica).

In questo modo si potranno dare importanti indicazioni a supporto del processo decisionale pubblico e privato e sostenere il processo continuo di massimizzazione della quota di fonti rinnovabili per la massima efficienza e sostenibilità della produzione elettrica.

In termini accademici, sono stati sviluppati diversi lavori scientifici, pubblicati e in corso di pubblicazione, riportati di seguito nella "bibliografia", o presentati a conferenze di rilevanza internazionale, ed ulteriori lavori sono attualmente in corso.

Nella foto, il Dr. Stefano Zedda, responsabile del progetto, riceve dal prof. Muhammad Arfin Khan Lodhi, della Texas Tech University, USA, il riconoscimento di "best presentation award".



A completamento di quanto realizzato nel progetto di ricerca, dal 20 al 22 giugno si è tenuto a Cagliari il congresso "International Conference on Financial and Energy Markets: Modeling and Simulation", alla quale sono stati proposti paper provenienti anche da America, Asia e Australia, oltre che italiani ed europei, che sono selezionati da un comitato scientifico altamente qualificato, che include 6 invited speakers (provenienza: Inghilterra, Italia, Svizzera, Polonia e Belgio-EC) di chiara fama internazionale, e che ha permesso il confronto e la discussione tra le diverse metodologie, approcci e risultati dei ricercatori partecipanti.

Bibliografia

1. Zedda S, Masala G. Price Spikes in the Electricity Markets: how and why. In 3rd HAEE Annual Conference "Energy Transition: European & Global Perspectives"; Atene, 3-5 maggio 2018. Pubblicazione elettronica nel sito della conferenza.
2. Zedda S, Ghiani E, Pisano G. et al. Assessment of long-term wholesale Italian electricity market prices in view of European power industry decarbonization targets. In International Conference on Financial and Energy Markets: Modelling and Simulation; Cagliari, 20-22 giugno 2019.
3. Zedda S. Portfolio Strategies for Renewable Energy Share Maximization. In 3rd International Conference on Energy Economics and Energy Policy (ICEEEP 2019); Coimbra (Portogallo), 5-7 aprile 2019; 9th International Conference on Renewable and Clean Energy (ICRCE 2019); Tokyo, 26-29 gennaio 2019.
4. Pilo F, Pisano G, Troncia M. Updated typical daily load profiles for LV distribution networks customers. In 1st International Conference on Energy Transition in the Mediterranean Area SyNERGY MED 2019; Cagliari, 28-29 maggio 2019.
5. Masala G, D'Amico G, Petroni F, et al. A

- probabilistic model of wind farm power generation via Copulas and indexed semi-Markov models. In SMTDA2018, 5th Stochastic Modeling Techniques and Data Analysis International Conference; Chania, Creta, Grecia, 12-15 giugno 2018; 9th International Workshop On Applied Probability (IWAP 2018); Budapest, 18-21 giugno 2018.
6. Casula L, D'Amico G, Masala G, et al. Economic loss production estimation of a wind farm through Indexed Semi-Markov processes. In 18th Conference of the Applied Stochastic Models and Data Analysis International Society, Firenze, 11-14 giugno 2019.
 7. Casula L, Masala G. Electricity derivatives: an application to the futures Italian Market. Proposto per la stampa.
 8. D'Amico G, Masala G, Petroni F, et al. A multi-turbine aggregated output power modelling via indexed semi-Markov model and copula. Proposto per la stampa.
 9. Zedda S, Masala G. Price Spikes in the Italian Electricity Markets: an economic analysis. *Modern Economy*, 2019; 10.
 10. Patanè M., Tedesco M., Zedda S., CDS-Bond Basis Dynamic and Credit Spread Price Discovery: A Test for European Corporate and Sovereign Bond Markets, *Modern Economy*, 2019; 10(8): 1984-2003.

Stefano Zedda è Ricercatore presso il Dipartimento di Scienze Economiche ed Aziendali dell'Università degli Studi di Cagliari da maggio 2000. Le sue attività di studio e ricerca hanno riguardato in particolare la modellizzazione e simulazione dei sistemi bancari e finanziari, e i metodi per l'analisi e la verifica dell'impatto di interventi in campo economico, bancario e finanziario. Nel 2008 ha realizzato il modello matematico e il software di implementazione del modello SYMBOL attualmente utilizzato dalla Commissione Europea quale strumento di riferimento per le analisi di stabilità dei sistemi bancari e dei possibili effetti sui bilanci

statali. L'attività più recente include lo studio, la modellizzazione e simulazione del mercato dell'energia. I suoi lavori sono stati pubblicati in alcune tra le più prestigiose riviste scientifiche in campo bancario e finanziario, tra le quali il "Journal of Banking and Finance", "Journal of Financial Services Research", "Computational Economics", capitoli di libro editi dall'MIT di Boston e da Springer, ed una monografia per l'editore Wiley. Le sue ricerche sono state inoltre presentate in diverse conferenze internazionali, e presso le più importanti istituzioni finanziarie, inclusa la Commissione Europea e il Dipartimento del Tesoro degli Stati Uniti.

Aree Rurali in Transizione oltre la Crisi Economica. Nuove Imprenditorialità, Agency Giovanile ed Empowerment Comunitario nelle Aree Interne Sarde

Responsabile scientifico: **Ester Cois**

Gruppo di ricerca: Barbara Barbieri, Giuliana Mandich, Marina Mura, Margherita Sabrina Perra, Marco Pitzalis, Maria Letizia Pruna, Filippo Zerilli, Marco Zurru

La domanda di ricerca

La ricerca si iscrive nel dibattito sugli effetti della crisi economica e del ridimensionamento dell'offerta pubblica di servizi nelle aree interne della Sardegna, con l'obiettivo non solo di analizzare i vincoli di contesto (spopolamento, invecchiamento demografico, disoccupazione, dispersione scolastica, degrado ambientale), all'origine dell'incremento delle disuguaglianze territoriali, ma anche di mettere in luce le dinamiche di resilienza del tessuto locale, le potenzialità auto-organizzative dei territori, la dialettica tra la capacità di *agency* e di resistenza alle difficoltà strutturali espresse dai soggetti che in queste aree "in piena transizione" investono le proprie biografie personali e professionali.

Questo intento cognitivo è stato declinato su tre focus tematici specifici, corrispondenti ad altrettante unità di ricerca.

In primo luogo, si è delineata una mappatura della trama di piccole e medie imprese agricole e agro-pastorali a conduzione familiare e a postura multifunzionale operanti in ambito rurale, al fine di individuare le caratteristiche organizzative ricorrenti, quali presidi territoriali volti non solo alla produzione contadina di qualità, ma anche alla generazione di servizi integrati e di beni collettivi di tipo *non commodity*, nell'ambito dell'accoglienza turistica, della tutela ambientale e della biodiversità,

della custodia del patrimonio culturale localmente radicato, dell'offerta di prestazioni di welfare informale e di animazione sociale su base comunitaria (1). In particolare la disamina dell'articolazione funzionale tra ruoli di genere, generazione e collateralità nelle aziende contadine analizzate ha consentito di sottolineare la rilevanza delle rappresentazioni sociali e del capitale psicologico degli imprenditori e delle imprenditrici nei processi di innovazione socio-economica in corso nel comparto (2).

In prospettiva longitudinale, la seconda cifra analitica si è concentrata sulla fascia socio-demografica dei giovani residenti in contesti rurali, costantemente erosa negli ultimi decenni, per dare conto delle differenti modalità di espressione della loro *capacità d'aspirare* (3), intesa come insieme di risorse sociali e immaginari culturali che permettono loro di proiettarsi nel futuro e contemporaneamente di agire nel presente. Quest'anticipazione individuale della propria vita adulta è stata collocata nel quadro più ampio delle visioni dei giovani sul destino non solo della propria comunità d'origine, ma anche di una realtà nazionale e globale caratterizzata da potenti sfide economiche, ambientali, tecnologiche e sociali.

La percezione dei vincoli e delle opportunità connesse ai corsi decisionali personali circa il restare, il partire o il tornare nei comuni delle aree interne isolate è stretta-

mente correlata all'efficacia dimostrata dalle amministrazioni locali nel dare corpo alla cornice d'azione entro cui gli imprenditori e i cittadini residenti siano messi in grado di contrastare le principali criticità demografiche, formative e occupazionali emergenti. Su questa premessa, una terza connotazione della ricerca ha dato voce alla fitta trama di *stakeholders* che compongono le dinamiche di government locale e che contribuiscono a sostenere e rafforzare i processi di *empowerment* nelle proprie comunità, su un piano individuale e collettivo (Fig. 1).

1. Analisi della multifunzionalità e imprenditorialità rurale

La persistenza del ruolo centrale delle famiglie come unità di produzione e riproduzione nelle aree rurali costituisce una signifi-

cativa chiave di lettura dei meccanismi di trasformazione delle aziende agro-pastorali sarde, per finalità adattive e di contrasto ai fenomeni di abbandono di territori già profondamente connotati da spopolamento e isolamento (Fig. 2). A essere rimesso a tema è lo stesso significato di "aree interne", alla luce di una diffusa definizione basata su un'idea di centro-periferia che assumerebbe le zone rurali quali margini in condizione di sostanziale dipendenza dai fuochi amministrativi statali, a livello regionale e nazionale, a cominciare dal capoluogo di regione. La ricerca ha mirato a interpretare le vicende delle aziende contadine non solo sulla base delle risorse finanziarie che ricevono e dell'impiego che ne fanno, ma quali produttrici di risorse che transitano dall'interno verso le zone costiere, considerate come urbane perché più popolate. In realtà il confine tra urbano e rurale appare in Sardegna difficilmente definibile: vi sono, infatti, comuni costieri che condividono con quelli interni molte caratteristiche socio-economiche contestuali, e in primis la prevalenza di specifici sistemi di organizzazione familiare. La ricognizione della normativa anche europea, su questo fronte, ha offerto all'indagine una rappresentazione precisa delle aree interne e rurali, stabilendo indicatori e misure di intervento, e l'ha indirizzata a interrogarsi su quanto tale definizione esterna incida sulle scelte relative alla produzione agricola, soprattutto sull'organizzazione del lavoro, sulla costituzione delle aziende e sulla corrispondente organizzazione delle famiglie.

In Sardegna, soprattutto in alcune aree a marcata economia agro-pastorale, il modello della famiglia-azienda è ancora presente, benché emergano profonde trasformazioni rispetto alle forme sperimentate fino agli anni '70 del Novecento. Parallelamente alle modalità di produzione e commercializzazione delle imprese agricole, i mutamenti più interessanti hanno riguardato due aspetti:

a) I ruoli interni al sistema familiare aziendale: le tradizionali differenziazioni di genere e di età sono meno radicate e riguar-

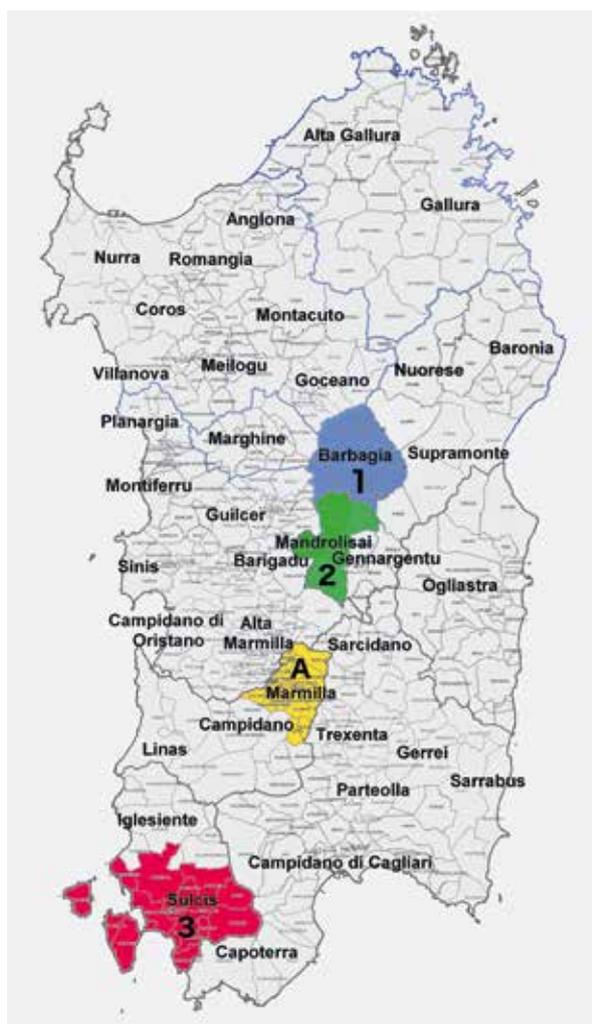


Fig. 1. Aree-campione della Sardegna sulle quali si sono focalizzate le tre direttrici tematiche della ricerca.

Circoscrizione	Quinquennio con il più elevato numero di nati	Quinquennio in cui il numero dei nati si è dimezzato	Numero di quinquenni intercorsi
Nord-Ovest	1885-89	1980-84	19
Nord-Est	1920-24	1975-79	12
Centro	1920-24	1995-99	16
Mezzogiorno	1920-24	1995-99	16
Italia	1920-24	1985-89	14
Sardegna	1945-49	1990-94	9

Fig. 2. Dinamica delle nascite, con indicazione del quinquennio con più elevato numero di nati e di quello in cui si è verificato il dimezzamento (Ripartizioni territoriali e Sardegna, 1885-2015).

dano soprattutto la classe operaia agricola e la piccola proprietà, in cui le ridotte dimensioni aziendali costringono a rapporti di dipendenza anche i titolari. I dati dei censimenti in agricoltura, a partire dal 1951, denotano una trasformazione del ruolo delle donne nelle famiglie-aziende, segnalando una crescita costante delle imprese agricole a conduzione femminile, tra le più dinamiche per la loro capacità di innovazione dei prodotti e dei processi, parametro sul quale l'indagine ha delineato una tipologia di classificazione aziendale.

b) Il ruolo che tali aziende svolgono nei territori. Negli anni della crisi si è assistito a un parziale ritorno alla produzione agricola e alla trasformazione aziendale in direzione multifunzionale, fenomeni che hanno visto un ruolo femminile centrale, sia nell'offerta di beni e servizi collocati in un alveo tradizionale (dai prodotti agro-alimentari di trasformazione alle produzioni artigianali connesse), sia nella messa a sistema di attività del tutto nuove (di tipo didattico e culturale).

2. Giovani in contesti rurali: radicamento locale e capacità di aspirare

L'approfondimento sulle coorti socio-demografiche più giovani ha avuto come scenario due regioni storiche: il Mandrolisai e la Marmilla, entrambe aree interne caratterizzate dall'assenza di agglomerati industriali, un'economia prevalentemente rurale, una percentuale della popolazione

giovanile molto bassa e un invecchiamento costante.

Specificamente, nel Mandrolisai la popolazione totale è diminuita dell'8% dal 2002 al 2018, mentre l'indice di vecchiaia (il rapporto tra il numero degli ultrasessantacinquenni e il numero dei giovani fino ai 14 anni) è passato da 160 nel 2002 a 292 nel 2018 (su una media nazionale di 168,9), e i giovani dai 15 ai 25 anni costituiscono il 9,7% della popolazione. Nello stesso arco di tempo, in Marmilla la popolazione è diminuita del 14% e l'indice di vecchiaia è cresciuto da 228 a 374, e i giovani sono solo l'8,32% del totale. Gli indicatori del mercato del lavoro presentano un quadro piuttosto negativo, sia in Marmilla, con un tasso di occupazione del 34%, di disoccupazione del 19% e di disoccupazione giovanile del 48%, sia in Mandrolisai, con tassi rispettivi del 36%, 18% e 46%, dati allarmanti se comparati alle soglie nazionali (58,6%, 10,7%, 31,9%).

La ricerca ha mirato a rilevare cosa significhi essere giovani in tale contesto, a partire dalla loro *capacità di aspirare*, un concetto che permette di radicare preferenze, desideri e progetti nella condizione sociale in cui si vive. In questo senso, la località è un fattore importante, sia come insieme di condizioni strutturali che definiscono i vincoli e le opportunità entro cui le aspirazioni dei giovani si realizzano, sia come luogo vissuto che fornisce un sentimento di appartenenza cruciale nel disegnare il loro modo di stare al mondo e di andare avanti nella vita.

Per cogliere questi elementi sono state condotte 40 interviste semi-strutturate a un campione di giovani tra i 18 e i 24 anni, simmetrico per genere, nel quale sono state rappresentate 3 categorie: studenti/esse, NEET (Not in Education, Employment, or Training) e occupati/e.

La struttura dell'intervista ha consentito l'espressione di *narratives of futurity*, sia sul futuro individuale di breve termine (anticipazioni, aspettative, aspirazioni, progetti) che sulle visioni strutturali di lungo periodo, facendo emergere alcune dimensioni rilevanti:

a) In primo luogo il modo in cui i giovani pensano al loro futuro rispetto alle generazioni precedenti fa emergere l'aspirazione a una discontinuità rispetto alla situazione dei genitori, che non implica necessariamente la tensione verso il miglioramento della collocazione sociale, ma risponde piuttosto alla logica della realizzazione personale del *sé riflessivo* (4). In particolare è forte l'aspirazione all'allontanamento dalle attività agricole, che pure costituiscono opportunità concrete.

b) In secondo luogo, il rapporto tra aspirazioni, mobilità sociale soggettiva e mobilità spaziale denota un forte legame con la località, benché prevalga un forte pessimismo rispetto al futuro del paese. La mobilità spaziale si conferma un dispositivo fondamentale per proiettarsi nel futuro (5), e al contempo non si contrappone all'appartenenza locale (6).

3. Government locale ed empowerment di comunità

Il focus sul ruolo delle amministrazioni locali si inserisce nel variegato filone che indaga i processi di "territorializzazione delle politiche sociali", una trasformazione istituzionale che si è realizzata con esiti differenti in termini di coinvolgimento e partecipazione comunitaria.

Per comprendere la direzione delle dinamiche operanti nel territorio prescelto, la Marmilla – una delle zone incluse nella Strategia Nazionale per le Aree Interne, per contrastare lo spopolamento delle zone periferiche creando opportunità di lavoro e sviluppo – si è delimitato il contesto di analisi ai 32 paesi iscritti nel Piano Locale Unitario dei Servizi, adottato con accordo di programma tra gli *stakeholders* quale strumento per la programmazione sociale e sociosanitaria dell'ambito distrettuale, e quale meccanismo di promozione dei livelli essenziali di assistenza e di tutela dei diritti sostanziali della popolazione, di responsabilizzazione dei cittadini, di coordinamento delle politiche sociali dei comuni.

Per definire la mappa dei servizi sociali offerti in quest'area, il loro livello di con-

gruenza con il set dei bisogni sociali espressi dal territorio e il livello di partecipazione degli attori ai processi di costruzione delle policies, si è scelto un percorso metodologico quali-quantitativo, costituito sia da interviste in profondità a interlocutori politico-amministrativi, sia dall'analisi dell'*Indagine ISTAT sugli interventi e i servizi sociali dei comuni singoli o associati* (7). Oltre alle informazioni presenti nei questionari dei singoli comuni (tipologie di servizi erogati, dati finanziari e statistici, categorie di destinatari – presenza del servizio sul territorio, forma gestionale diretta o indiretta e subordinazione del diritto alla prestazione alla prova dei mezzi), si sono raccolti i Piani Socio-Assistenziali redatti a livello locale, integrati da interviste alle operatrici del servizio sociale in merito ai nodi irrisolti delle relazioni tra società civile e istituzioni e alle proposte per una maggiore integrazione tra il livello locale e l'Ufficio di Piano del Plus. In tal modo l'analisi dei dati quantitativi dell'Indagine Istat si è arricchito



Fig. 3. Spopolamento e Radicamento Territoriale in aree interne. Ottana, Nuoro (2.254 abitanti), Monumento Boes e Merdules.

ta di una riflessione critica sulla mappa dei servizi offerti, definendo un primo profilo di esigenze che la popolazione locale o esprime diffusamente o cela alle istituzioni pubbliche, inficiando la loro capacità di programmare e organizzare il welfare locale.

Conclusioni

L'intreccio delle tre linee di riflessione lungo cui si è dipanata l'indagine biennale condotta dal Dipartimento di Scienze Politiche

e Sociali ha consentito di destrutturare la retorica statica sulle zone interne, a lungo rubricate esclusivamente come fragili e deficitarie, al fine di rintracciare i "movimenti" in atto in alcune aree-campione isolate, scelte per i loro indizi di vivacità economica, sociale e culturale, pur nella penuria strutturale di risorse, capaci di orientarsi verso la messa a valore di economie relazionali diffuse ed esperienze di cittadinanza pro-attiva (Fig. 3).

Bibliografia

1. Van der Ploeg JD. *The New Peasantries. Struggles for Autonomy and Sustainability in an Era of Empire and Globalization*. London: Earthscan, 2008.
2. Cois E. Dalla casa al campo. Percorsi biografici femminili nelle imprese agricole familiari sarde. In: Marrocu L, Bachis F, Deplano V. *La Sardegna contemporanea. Idee, luoghi, processi culturali*. Roma: Donzelli, 2015: 475-501.
3. Appadurai A. *The Future as a Cultural Fact: Essays on the Global Condition*. London: Verso Books, 2013.
4. Giddens A. *Modernity and Self-Identity. Self and Society in the Late Modern Age*. Cambridge: Polity Press, 1991.
5. Cuzzocrea V, Mandich G. Students' Narratives of the Future: Imagined Mobilities as Forms of Youth Agency? *Journal of Youth Studies*, 2016; 19(4): 552-567.
6. Farrugia D, Smyth J, Harrison T. Rural Young People in Late Modernity: Place, Globalisation and the Spatial Contours of Identity. *Current Sociology*, 2014; 62(7): 1036-1054.
7. Istat. *Interventi e servizi sociali dei comuni singoli o associati*. Roma: Istat, 2019.

Ester Cois è Ricercatrice in Sociologia dell' Ambiente e del Territorio e insegna presso i corsi di Laurea Magistrale in Politiche Società e Territorio (SPOL) e Architettura (DICAAR) dell'Università degli Studi di Cagliari. Ha conseguito un PhD in Ricerca Sociale Comparata presso l'Università di Torino, sotto la supervisione della Prof.ssa Chiara Saraceno. Dal 2013 è Managing Editor della Rivista Scientifica Internazionale di Fascia A "Sociologica. International Journal for Sociological Debate" e dal 2006 è Co-Coordinatrice Scientifica della Scuola Nazionale

di Sviluppo Locale "Sebastiano Brusco". I suoi interessi di ricerca si focalizzano sui temi della sostenibilità socio-economica nei processi di sviluppo territoriale locale in ambito rurale e urbano e sulle asimmetrie di cittadinanza secondo parametri di genere, età, salute e orientamento sessuale nei percorsi di accessibilità allo spazio pubblico. Tra le sue monografie, *Piani Strategici. Questioni di Valutazione. Riflessioni ed Esperienze in Sardegna* (Allemandi & Co, 2013) e *Gruppi di famiglie in un esterno. Famiglia, familismo e divari di sviluppo* (CUEC, 2010).

Potere soft della stampa, dei media e di internet nelle politiche nazionali e internazionali degli Stati

Responsabile scientifico: **Barbara Onnis**

Gruppo di ricerca: Annamaria Baldussi, Gianluca Borzoni, Federica Falchi, Daniele Marongiu; Christian Rossi, Isabella Soi, Nicola Tedesco

La ricerca, che vede coinvolti numerosi componenti di diversi ambiti scientifico-disciplinari del Dipartimento di Scienze Politiche e Sociali, si inserisce nel campo di studio, ormai decennale, del dibattito sul soft power, parte integrante della diplomazia culturale, che è a sua volta una delle componenti chiave della diplomazia pubblica. Scopo principale della ricerca è di analizzare il ruolo della stampa, dei media e dei nuovi social media in generale, nella politica degli Stati e delle loro relazioni internazionali, la loro possibile influenza nei processi decisionali e nella percezione dell'opinione pubblica su questioni specifiche (immigrazione, Brexit, ruolo UE, percezione della RPC, tanto per citare alcuni esempi). Partendo da un approccio storico, a partire dalla politica di propaganda, un'attenzione particolare è stata dedicata all'attuale fenomeno delle *fake news*. Il fenomeno delle notizie falsate non è certamente nuovo, ma sicuramente le tecnologie odierne hanno contribuito ad amplificarne, in modo esplicito, sia la portata sia la diffusione. Un recente rapporto di *Freedom House* (ottobre 2018) sulla libertà nel *web* evidenzia come la diffusione delle *fake news* costituisca oggi una delle principali modalità di influenza sull'opinione pubblica, in grado di determinare risultati elettorali, scelte economiche e sociali. Lo scandalo di Cambridge Analytica ha inoltre evidenziato come l'utilizzo dei dati privati, lasciati sul web dagli utenti, in maniera più o

meno consapevole, possa avere fini politici e commerciali.

La ricerca prevede l'analisi di casi studio in contesti molto diversi, a dimostrazione del fatto che il fenomeno non conosce confini, né di natura geografica né tantomeno di natura politico-ideologica. Un aspetto importante, nell'analisi dei vari contesti, è l'uso governativo dei dipartimenti/ministeri per l'informazione (in alcuni casi propaganda) dei diversi governi (due esempi per tutti, il Central Office of Information del Regno Unito; il Dipartimento della Propaganda della RPC).

Finora sono state bandite quattro borse di ricerca (dott. Roberto Ibba, Francesca Congiu, Alessio Zuddas, Alessandro Uras), alcune delle quali si sono già concluse (Ibba; Congiu), mentre altre sono in corso (Zuddas; Uras).

In particolare, la ricerca svolta dal dott. Roberto Ibba (sotto la supervisione della prof.ssa Federica Falchi), intitolata *Fare pace con la Storia. La Public History come campo di mediazione tra falsi, invenzioni, fake news, uso politico e costruzioni identitarie*, si è focalizzata sulla Public History, la quale si sta affermando sul contesto italiano ed europeo, sulla scia della tradizione nordamericana, sia dal punto di vista metodologico, sia da quello applicativo. Il Manifesto della Public History italiana fissa tra i pilastri della disciplina «il contrasto degli "abusi della storia", ovvero le pratiche di mistificazione sul pas-

sato finalizzate alla manipolazione dell'opinione pubblica». Il lavoro di ricerca di Ibba ha inteso indagare, anche attraverso alcuni casi di studio che vanno dall'età moderna a quella contemporanea, sul rapporto tra eventi storici, uso pubblico della disciplina storica e utilizzo distorto della storia da parte delle organizzazioni politiche.

La ricerca della dott.ssa Francesca Congiu (sotto la supervisione della prof.ssa Barbara Onnis), intitolata *L'espansione globale dei mezzi di comunicazione della Repubblica Popolare Cinese, quale strumento di accrescimento del soft power cinese*, ha indagato sul significativo aumento della presenza internazionale dei mezzi di comunicazione della Repubblica Popolare, che rientra in un progressivo processo di affinamento e potenziamento delle tecniche di *soft power*. Il principale obiettivo si rintraccia non solo nella vasta letteratura riservata al *soft power*, e alla Cina, ma anche in una lettura attenta del pensiero di Antonio Gramsci che già definiva l'egemonia a livello internazionale, fatte salve la forza economica e militare, come la capacità del paese interessato di costruire un'immagine di sé in grado di andare oltre i propri ristretti interessi nazionali e di saper rappresentare, agli occhi degli altri stati ad essa subalterni, interessi condivisibili. Per il suddetto obiettivo il controllo dell'informazione internazionale rappresenta necessariamente un fattore chiave.

L'analisi si è focalizzata su un caso studio in particolare, ossia il 'Kenya' durante la leadership di Xi Jinping (2012 -), essendo il Kenya un luogo particolarmente significativo per la presenza di sedi locali dei principali mezzi di comunicazione ufficiali cinesi quali il *China Daily*, *Xinhua* o *CCTV*. Dopo aver delineato un quadro esaustivo degli interessi nazionali cinesi in Kenya, in particolare lungo l'arco di tempo sotto analisi e nell'ambito del progetto della Nuova Via della Seta, la ricerca si è occupata di evidenziare per quali ragioni, in quali modi e con quali effetti sia stato posto in essere un processo di espansione dei mezzi di comunicazione della RPC in Kenya. A tal fine sono stati utilizzati sia fonti ufficiali interne (come la produzione

di direttive politiche e legislative inerenti la regolamentazione della propaganda internazionale) sia fonti giornalistiche interne e esterne. Attraverso un'analisi di alcuni testi mediante l'uso di tecniche di *text mining*, per le quali la dott.ssa Congiu si è avvalsa del prezioso contributo del prof. Nicola Tedesco, il lavoro di ricerca ha inteso mettere in evidenza le differenti prospettive che le fonti locali keniane e le fonti locali cinesi hanno su questioni analoghe, al fine di consentire una riflessione finale sull'attuale difficoltà di Pechino di costruire un'opinione pubblica keniana pronta a far propria la visione cinese del mondo.

Strettamente collegata alla ricerca della dott.ssa Francesca Congiu è l'analisi (in itinere) del dott. Alessandro Uras (sotto la supervisione della prof.ssa Annamaria Baldussi), che ha per oggetto *Soft power e nuovi media. Nazionalismo e patriottismo nella RPC tra cinema e youtube*, e che indaga sull'utilizzo dei nuovi media da parte della RPC quale strumento e veicolo della diffusione del *soft power* cinese nell'arena internazionale. Nello specifico saranno presi in considerazione alcuni cortometraggi e alcuni video di propaganda nazionalista caricati sulla piattaforma YouTube. Metodologicamente il borsista farà ricorso all'analisi discorsiva del materiale multimediale, al livello di engagement e al riscontro in termini di interazioni avuto dai video, nonché alla copertura della stampa italiana.

La ricerca del dott. Alessio Zuddas (sotto la supervisione del prof. Christian Rossi), infine, intitolata *Il soft power britannico tra interessi economici e politici durante il mandato di Margaret Thatcher. Il ruolo del Foreign Office e della BBC nella politica dei media britannici e stranieri all'estero* si prefigge di indagare il ruolo del Foreign Office e della BBC nella politica dei media britannici e stranieri all'estero durante il mandato di Margaret Thatcher (1979-1990).

A completamento del lavoro di ricerca è l'analisi svolta dal dott. Daniele Marongiu, relativa al ruolo dell'Autorità per le Garanzie nelle Comunicazioni (Agcom), come controllore dell'informazione/disinformazione online.

Bibliografia

1. Anderson B. *Imagined Communities*. London, New York: Verso, 1991.
2. Barber J. *Who makes British foreign policy?*. Milton Keynes: The Open University Press, 1976.
3. Bertella Farnetti P, Bertuccelli L, Botti A (a cura di). *Public History. Discussioni e pratiche*. Milano-Udine: Mimesis, 2017.
4. Byrd P. *British foreign policy under Thatcher*. Oxford: Philip Allan Publishers, 1988.
5. Humphreys PJ. *Mass media and media policy in Western Europe*. Manchester: Manchester University Press, 1996.
6. Ingham B. *The wages of spin*. London: John Murray, 2003.
7. Kurlantzick J. *Charm Offensive: How China's Soft Power is Transforming the World*. New Haven-London, 2007.
8. Mensi M., Falletta P. *Il diritto del web. Casi e materiali*. Padova: Cedam, 2015.
9. Milne A. *The memoirs of a British broadcaster*. London: Hodder and Stoughton, 1988.
10. Noiret S. "Public History" e "Storia pubblica" nella rete. *Ricerche storiche*, 2009; XXXIX (2-3): 275-327.
11. Nye JS. *Bound to Lead: The Changing Nature of American Power*. New York: Basic Books, 2008.
12. Nye JS. *Soft Power: The Means to Success in World Politics*. New York: Public Affairs, 2004.
13. Pitruzzella G, Pollicino O. *Quintarelli S. Parole e potere. Libertà di espressione, hate speech e fake news*. Milano: Egea, 2017.
14. Sustain C. *Republic.com*. Bologna: Il Mulino, 2003.
15. Thompson JB. *Studies in the Theory of Ideology*, Berkeley, California: University of California Press, 1984.
16. Vittadini N. *Social media: truth will out, eventually*. *Comunicazioni sociali*, 2017; 3: 462-472.
17. Wang Yiwei. *Public Diplomacy and the Rise of Chinese Soft Power*. *Annals, AAPSS*, 2008; 616: 257-273.
18. Wuthnow J. *The Concept of Soft Power in China's Strategic Discourse*. *Issues & Studies*, 2008; 44(2): 1-28.
19. Zhang Yiwu. *China goes global: why China's global cultural strategy needs flexibility*. *The Soft Power 30. A global ranking of soft power 2018*. Portland: USC Center on Public Diplomacy, 2008.
20. Zhao Suisheng *A State-Led Nationalism: The Patriotic Education Campaign in Post-Tiananmen China*. *Communist and Post-Communist Studies*, 1998; 31(3): 287-302.
21. Zhao Suisheng *Nation-State by Construction: Dynamics of Modern Chinese Nationalism*. Stanford, California: Stanford University Press, 2004.

Barbara Onnis, Dottore di Ricerca in Storia e Istituzioni dell'Asia e dell'Africa moderna e contemporanea presso l'Università degli Studi di Cagliari, è attualmente Professore associato in Storia e Istituzioni dell'Asia presso il Dipartimento di Scienze Politiche e Sociali.

È coordinatore del Corso di Laurea Magistrale in Relazioni Internazionali, dove insegna Contemporary China e Lingua Cinese II, e referente scientifico dell'Aula Confucio dell'Università degli Studi di Cagliari.

I suoi interessi di ricerca spaziano dalla strategia usata dalla Cina negli ultimi decenni per tentare

di recuperare il terreno perduto nell'ambito delle relazioni internazionali durante il cosiddetto 'secolo di vergogna e umiliazione'; all'elaborazione di un soft power con caratteristiche cinesi e la conseguente nascita di un "modello Cina"; al dibattito accademico e intellettuale relativo al ruolo che una Cina in crescita dovrebbe giocare sulla scena internazionale, con particolare riferimento alla continua valenza della tradizionale dottrina della non-interferenza e all'opportunità di adottare o meno un nuovo approccio più pro-attivo. Ha all'attivo numerose pubblicazioni, in italiano e in inglese.

Finito di stampare
nel mese di febbraio 2020

L'Università degli studi di Cagliari è una Università multidisciplinare e, in linea con tale caratteristica, i resoconti delle ricerche contenuti in questa pubblicazione rappresentano i molteplici aspetti degli studi che si svolgono nell'Ateneo.

Sono presenti contributi delle scienze "dure", matematica-informatica, fisica, chimica e geologia e dell'ambito biomedico che includono sia approcci di ricerca di base che di ricaduta verso il territorio per i primi e verso la clinica per i secondi. Inoltre sono descritte ricerche dell'ambito ingegneristico che comprendono sia l'architettura e l'ambiente, che l'ingegneria industriale, meccanica e informatica. Riguardo gli ambiti umanistici, ritroviamo ricerche incentrate sulla filosofia, psicologia e pedagogia insieme ad ambiti più prettamente filologici-letterari e storici. Per completare il quadro sono rappresentate ricerche orientate all'economia e agli studi giuridici e sociali.

Un mondo complesso e variegato che illustra molto bene le potenzialità dell'Ateneo di Cagliari nell'ambito della ricerca.

