



UNIVERSITÀ
DI PARMA

aprile 2020

UNIPR
Ricerca

risultati, persone, fatti della ricerca di Ateneo

UNIPR Ricerca: un nuovo strumento per fare conoscere la nostra migliore ricerca

in evidenza:

Le ceneri da combustione dei rifiuti: da problema a risorsa

Efficienza energetica nelle costruzioni: il contributo dalla fisica tecnica

Fotovoltaico alternativo per un'energia sostenibile

Modelli e metodi per la gestione integrata delle reti energetiche

Sostenibilità ambientale di packaging e processi dell'industria alimentare

Quando il packaging diventa sinonimo di sostenibilità

Le scienze che tutelano le acque

Rigenerazione urbana e adattamento al cambiamento climatico nella città consolidata

UNIPR Ricerca

Aprile 2020

a cura di:

Università di Parma

Area Ricerca, Internazionalizzazione e Terza Missione

Via Università n. 12 - 43121 Parma

inviare commenti, segnalazioni e spunti a:

dirigenza.ricerca@unipr.it

archivio:

www.unipr.it/ricerca

in copertina: *parco fotovoltaico associato alle Aule delle Scienze, Campus universitario di UNIPR.*

immagini: fornite e concesse dai docenti autori delle ricerche

Le notizie a pagina 29 sono in parte tratte e riadattate dall'archivio notizie del portale www.unipr.it

Gentili lettrici e lettori,

quest'anno accademico si è aperto all'insegna della sostenibilità. Molti sicuramente ricorderanno la cerimonia di apertura del 29 novembre, con la non rituale presenza del Presidente Mattarella e la prolusione del Prof. Giovannini dedicata allo sviluppo sostenibile. In quell'occasione, il nostro Rettore dedicò gran parte del suo discorso a sottolineare i tre aspetti della sostenibilità coi quali l'Università si confronta ogni giorno: sostenibilità economica, ambientale e sociale. Tutti concetti che si ritrovano nel [Rapporto di sostenibilità dell'Università di Parma](#), presentato ufficialmente a dicembre 2019, e che hanno portato alla definizione di precise azioni miranti, fra l'altro, a ridurre gli sprechi di acqua e di energia, a sostituire i veicoli più inquinanti, a programmare nuove piantumazioni ed aree verdi, a nuove forme di inclusione e di supporto alle fasce più deboli, a nuove iniziative di divulgazione scientifica.

"Salvare il pianeta e salvare l'umanità. Utopia o dovere morale?" era il titolo dell'intervento del Prof. Giovannini. Personalmente avrei ritenuto più giusto un secco "Dovere morale!" ma, guardando ai comportamenti medi delle società di tutto il mondo, temo che con gli appelli ai doveri morali non si risolverebbe un gran ché. Figuriamoci se lo spauracchio dell'effetto serra può modificare le abitudini consolidate dei popoli se persino in tempi di pandemia, con ospedali stracolmi e i drammi vissuti da tante famiglie, bisogna far ricorso a divieti categorici, alla mobilitazione massiccia delle forze dell'ordine, nonché a droni e verifiche sulle celle telefoniche, per riuscire a far rispettare una direttiva dalla quale dipende anche la propria vita oltre a quella di tanti altri. Mentre una frazione, in aumento fortunatamente, di popolazione è ben consapevole della necessità di apportare modifiche radicali allo stile di vita, un'altra frazione appare refrattaria a qualsiasi cambiamento. E la classe politica non aiuta certo a migliorare le cose: si va dalla negazione esplicita dei cambiamenti climatici (!) da parte di importanti capi di stato all'organizzazione di summit mondiali dai quali escono bei protocolli, poi purtroppo elusi da molti degli stati partecipanti.

In attesa di improbabili inversioni di tendenza a breve termine, l'università può e deve comunque agire. In due direzioni: primo, promuovendo la cultura della sostenibilità fra il suo personale e gli studenti e, in generale, nella società, facendo comprendere che anche atti apparentemente simbolici, se considerati individualmente, ad esempio l'uso della borraccia o la rinuncia all'auto privata nel tragitto casa-università, possono invece assumere grande significato quando ripetuti quotidianamente da migliaia di individui. In secondo luogo - e questo è l'aspetto più rilevante - l'università può promuovere ricerche su tematiche di forte impatto ambientale e sociale. Tanti docenti di diversi dipartimenti del nostro Ateneo da anni sono attivi sul fronte della sostenibilità ambientale. In questo numero di UNIPRicerca diamo conto di alcune delle ricerche da loro condotte, in particolare nell'ambito delle energie rinnovabili e del risparmio energetico, dello smaltimento e riciclo dei rifiuti, della protezione delle falde acquifere, del packaging innovativo e biodegradabile, della rigenerazione urbana.

Buona lettura e un cordiale saluto,

Roberto Fornari

Prorettore per la Ricerca

Parma, 3 aprile 2020



LE CENERI DA COMBUSTIONE DEI RIFIUTI: DA PROBLEMA A RISORSA

Il team di ricerca

da sinistra: Mario Tribaudino, Chiara De Matteis e Luciana Mantovani (dottoranda e ricercatrice RTD-A, entrambe assunte sul progetto di eccellenza)

A Parma, il gruppo di ricerca guidato dal Prof. Mario Tribaudino, Professore Ordinario di Mineralogia del Dipartimento di Scienze Chimiche, della Vita e della Sostenibilità Ambientale, sta conducendo una ricerca, finanziata dal Ministero della Istruzione e della Ricerca, per conoscere quali minerali sono presenti nei residui solidi di un inceneritore. È una nuova ricerca che parte dalla considerazione che, nonostante se ne parli spesso, la reale costituzione delle ceneri prodotte dagli inceneritori è poco nota. Questa conoscenza potrà fornire nuovi approcci per rendere inerti e riutilizzabili questi materiali.

Prof. Tribaudino, ci spieghi perché è importante studiare i residui solidi di un inceneritore?

Quando pensiamo ai rifiuti, pensiamo a grandi masse di plastiche, residui alimentari, vetri, pezzi di metallo inutilizzabili e così via. In realtà molto di questo materiale viene direttamente riciclato. La parte restante viene spesso inviata agli inceneritori, nei quali gran parte della massa viene trasformata in vapore durante l'incenerimento. Tuttavia, ne rimane una parte residua sotto forma di ceneri: le ceneri pesanti, quelle che si depositano sul fondo della camera e che vengono continuamente rimosse (avete presente le ceneri del camino?), e le ceneri volanti, che si diffondono nella camera di combustione e che richiedono processi di abbattimento più complessi. Le ceneri pesanti sono circa il 20% della massa dei rifiuti inceneriti, quelle volanti il 4%. Se contiamo che l'inceneritore di

Parma brucia circa 195.000 tonnellate di rifiuti l'anno questo risulta nell'imponente massa di 39.000 tonnellate di cenere pesante, e circa 7.000 di cenere volante. Massa per la quale si vuole trovare un riciclo per evitare che finisca nelle discariche. In particolare, la cenere pesante è considerata un rifiuto non pericoloso, di cui è possibile un utilizzo.

Da cosa sono composte queste ceneri pesanti?

Le ceneri pesanti sono un aggregato di composti solidi: una parte è costituita da residui metallici o ceramici incombusti, ma la maggior parte è costituita da un vetro (amorfo) e da un insieme di minerali, analoghi a quelli presenti anche in natura. Questo insieme, quando esce dall'inceneritore, è molto reattivo ed assorbe molto rapidamente CO_2 dall'atmosfera formando carbonati di calcio. Una volta stabilizzato può essere sfruttato in vari modi: per recuperare

il metallo, nell'industria dei cementi o nell'industria ceramica, oppure direttamente nell'edilizia. Il maggior problema al riutilizzo estensivo delle ceneri è dato dalla presenza di elementi potenzialmente tossici, come il piombo, lo zinco ed il rame, che si trovano nelle ceneri in quantità vicine al limite di legge. Conoscere dove si trovano questi elementi, se possono essere rilasciati nell'ambiente, e come si comportano durante i vari trattamenti industriali è alla base del riutilizzo del residuo di combustione. In molti casi occorre fare un trattamento mirato delle ceneri.

Sembrano problemi di interesse per l'ingegneria, la chimica, ambientale o civile, o per la chimica applicata, che contributo potete dare partendo dalla mineralogia?

Esiste una forte somiglianza chimica e mineralogica tra le ceneri pesanti e molte rocce presenti ad alta temperatura. Non è una cosa tanto strana:



figura 1. Le ceneri pesanti si presentano come un aggregato chiaro, con grani di dimensioni variabili. La base della foto è lunga 12 cm.

l'inceneritore è un imbuto in cui finiscono tutti i prodotti dell'uomo e l'uomo a sua volta li prende dalla terra in cui vive. Tolta la componente organica, quel che rimane è la componente solida inorganica, cioè materiali cristallini e amorfi, analoghi a quelli che costituiscono le rocce. Ci sono comunque delle differenze: per esempio il silicio nelle scorie degli inceneritori è maggiormente presente (come SiO_2 , spesso allo stato amorfo) rispetto alla media delle rocce della crosta terrestre, e così è anche per il cloro, ubiquitario nelle plastiche. Queste differenze viste dalla prospettiva delle scienze della terra illustrano come e che cosa l'uomo abbia utilizzato nell'ambiente circostante. Il mineralogista studia la costituzione chimico-cristallografica dei minerali che si formano durante la combustione nell'inceneritore, le reazioni che si osservano, le strutture con cui cristallizzano, e li confronta con quanto è noto dallo studio degli stessi minerali in natura. Tutto questo dà una indicazione delle condizioni chimiche e fisiche in cui si sono formati, principalmente tipo e temperatura di combustione dei rifiuti. Inoltre, permette di prevedere come si comporteranno in condizioni di trattamento, cioè inertizzazione e riciclo.

Ci illustri l'approccio metodologico del vostro gruppo di ricerca.

Le ceneri pesanti sono un materiale molto composito. Sono eterogenee per composizione chimica e granulometria (Figure 1 e 2). Noi dobbiamo cercare di studiare questa eterogeneità, ma anche di capire come sono costituite in media. Andare in dettaglio sui vari minerali presenti serve per capire dove vanno a finire gli elementi chimici potenzialmente tossici e capire che tipo di reazioni avvengono all'interno delle ceneri, sia durante l'incenerimento che durante la fase successiva di maturazione. Questo viene effettuato con l'uso del microscopio elettronico a scansione (SEM), con annessa microanalisi, su campioni lucidati (Figura 3). Il microscopio permette di distinguere grani

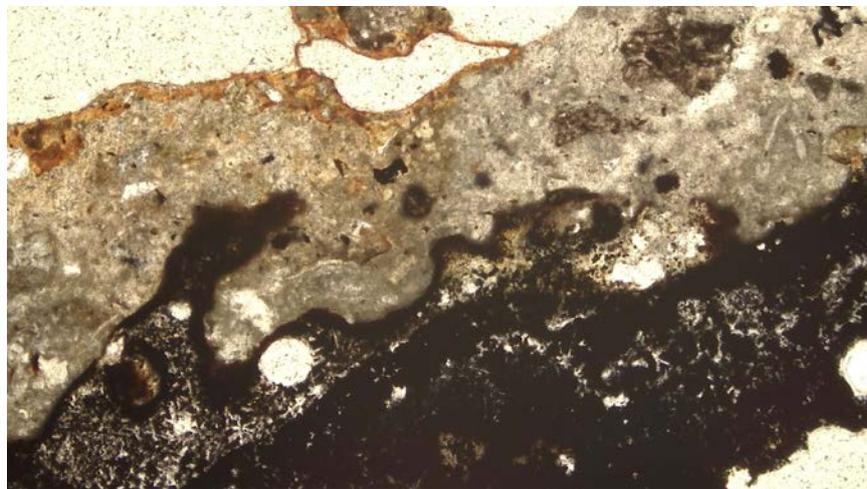
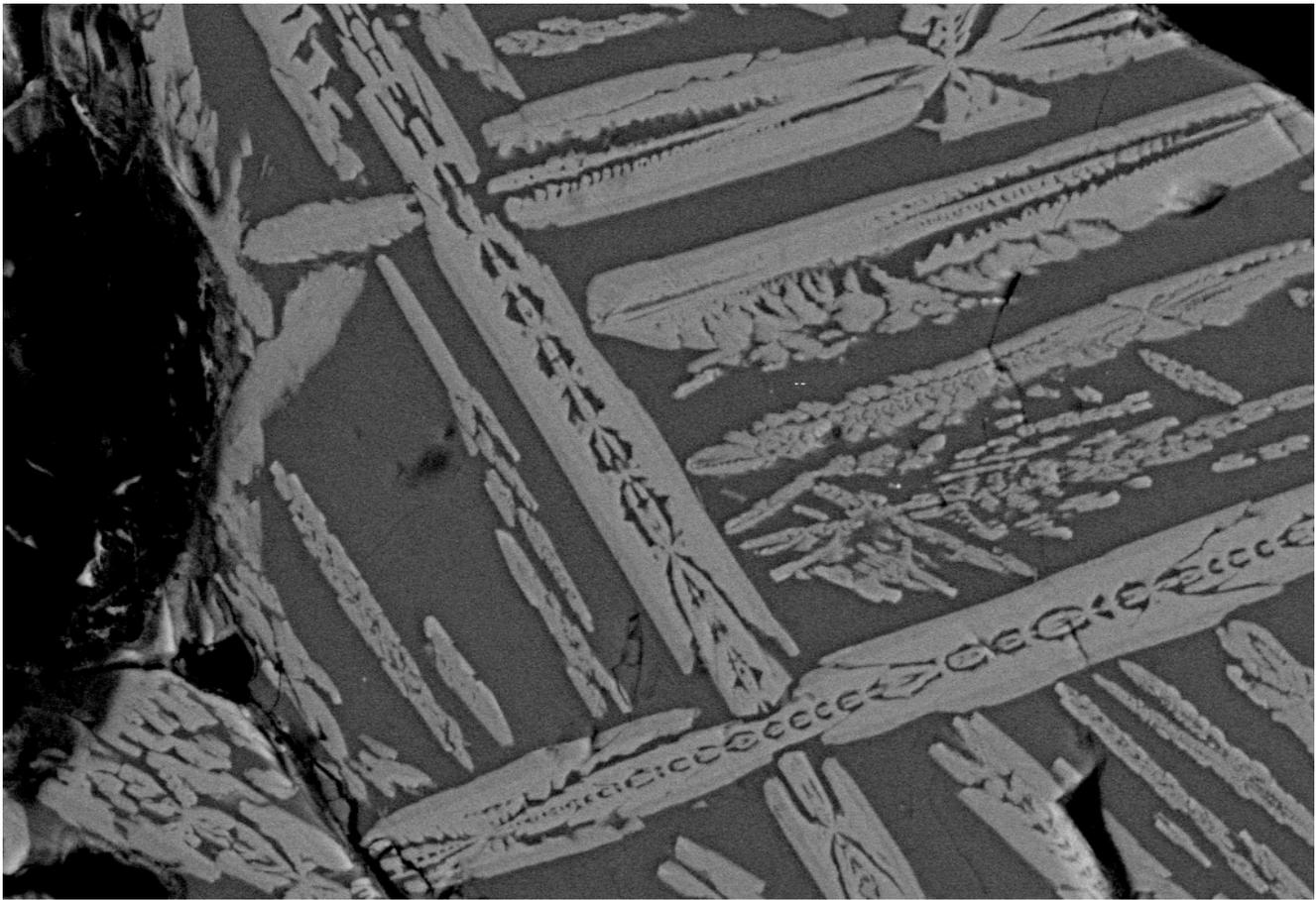


figura 2. Una volta inglobati in resina e lucidati i granuli presentano una elevata eterogeneità, legata ad una variazione chimica e mineralogica. Si nota ad esempio una porzione più scura, ricca in elementi metallici ed una più chiara costituita essenzialmente da silicati di Calcio (Ca) e di Alluminio (Al). In entrambe è presente del vetro. La base della foto è lunga due millimetri.

di dimensioni inferiori al micrometro, di vedere come sono cristallizzati e, con l'ausilio della microanalisi, di definirne la loro composizione chimica, identificando i minerali che li compongono. Invece per l'analisi media noi utilizziamo analisi chimiche globali, su alcuni grammi di campione, e analisi di diffrazione a raggi X. Le analisi chimiche globali ci dicono la composizione media, mentre la diffrazione rivela i minerali più comuni. Tutto questo viene effettuato per differenti granulometrie. Ma il punto più importante è, a partire da questi dati e dalla letteratura, capire che cosa sono e come si formano i minerali che abbiamo osservato: ci forniscono indicazioni importanti sulle condizioni di formazione e potenzialmente sul loro riutilizzo.

Professore, che impatto può avere questa ricerca sul progresso delle conoscenze?

È molto importante sapere dove si trovano gli elementi potenzialmente tossici. Se sono legati a un minerale che si decompone facilmente saranno rilasciati altrettanto facilmente nell'ambiente, mentre se sono fortemente incorporati e legati in una struttura cristallina il riutilizzo delle ceneri diventa possibile. Conoscere dove sono localizzati gli elementi chimici ci permette quindi di valutare la effettiva tossicità delle ceneri. Una ricerca su questo tema ci è stata finanziata da IREN SpA. In generale, conoscere come sono legati, e con quale concentrazione, i vari elementi chimici ci permette di prevedere



100µm

Electron Image 1

figura 3. Una volta osservati al microscopio elettronico le sezioni si presentano come un agglomerato di cristalli finissimi, con strutture come quella a lisca di pesce che si osserva nell'immagine, che indicano una cristallizzazione molto veloce durante l'incenerimento. Il minerale chiaro è kirschtenite (CaFeSiO_4), in una matrice vetrosa più scura.

il comportamento nel riciclo e di immaginare idonee metodologie di trattamento. Si tratta di argomenti di grande impatto economico e sociale, che sono oggetto di pubblicazioni scientifiche in riviste di alto livello. Per esempio, sono state già state pubblicate ricerche rivolte alla caratterizzazione magnetica dei metalli nelle ceneri pesanti, in collaborazione con l'Università di Bologna, e sul riutilizzo delle ceneri volanti come riempitivi negli asfalti, in collaborazione con il Dipartimento di Ingegneria e Architettura del nostro Ateneo.

La ricerca vede il coinvolgimento di studenti?

Senza altro. Questi temi sono ampiamente discussi nel corso di Mineralogia Ambientale di recente attivato e tenuto dalla dott.ssa Luciana Mantovani. Diversi studenti hanno già chiesto di effettuare la tesi in questo ambito, a testimonianza dell'interesse suscitato da queste tematiche. Inoltre, una posizione di dottorato è stata assegnata al tema WG5

(ambiente) del progetto d'eccellenza del dipartimento di Scienze Chimiche, della Vita e della Sostenibilità Ambientale. Speriamo che anche in futuro questi argomenti possano ricevere adeguato spazio didattico, personalmente credo che possano aprire nuove prospettive agli studenti di scienze geologiche.

Guardiamo avanti, su quali progetti state lavorando?

Il primo progetto è quello di caratterizzare mineralogicamente i prodotti dell'inceneritore di Parma. Su questo stiamo lavorando e contiamo di

concludere a breve una pubblicazione. Poi pensiamo di estendere queste ricerche ad altri inceneritori e di valutare come si comportano le ceneri in funzione del tempo di maturazione e della temperatura di inertizzazione. Ma tantissimi altri campi sono aperti, dalla ricerca degli equilibri termodinamici delle reazioni osservate, alla definizione di minerali indice delle condizioni di trattamento, alla creazione di una relazione tra composizione chimico-mineralogica e tipo di rifiuti apportati nell'incenerimento.

Il gruppo di ricerca

Il gruppo di ricerca di Parma si inserisce in un progetto nazionale che coinvolge 10 sedi differenti, sia universitarie che CNR (Consiglio Nazionale delle Ricerche), e 6 unità operative sulla caratterizzazione e sul riciclo della componente minerale dei residui industriali. In particolare, l'Unità di Parma, che comprende al suo interno anche personale dell'Università di Bologna, si occupa dei residui dall'incenerimento dei rifiuti solidi urbani, con una collaborazione continua con il dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Torino. In prospettiva si vogliono poi ampliare le collaborazioni internazionali: nel 2021 verrà organizzata una scuola internazionale sulla caratterizzazione mineralogica dei rifiuti da tenersi a Bardonecchia (TO).



Giorgio Pagliarini



Luca Cattani



Fabio Bozzoli



Pamela Vocale



Sara Rainieri

EFFICIENZA ENERGETICA NELLE COSTRUZIONI: IL CONTRIBUTO DALLA FISICA TECNICA

Tematiche rilevanti per lo sviluppo sostenibile, quali l'efficienza negli usi finali dell'energia, il risparmio energetico e l'utilizzo delle fonti rinnovabili in campo civile e industriale sono tradizionalmente ambiti di interesse per i team di ricerca universitari di Fisica tecnica. Da anni il gruppo coordinato da Giorgio Pagliarini del Dipartimento di Ingegneria e Architettura dell'Università di Parma si occupa di migliorare l'efficienza energetica nel settore delle costruzioni.

Prof. Pagliarini, il settore delle costruzioni è particolarmente sensibile al tema dell'efficienza energetica, sia nella fase di realizzazione di edifici e impianti, sia in quelle di gestione e smaltimento. In che cosa consiste il vostro contributo di ricerca in questo ambito veramente cruciale per uno sviluppo sostenibile?

Oltre a lavorare in diversi ambiti di interesse generale, il nostro gruppo da diversi anni intraprende un'attività dedicata a tematiche di interesse locale: Piazza Ghiaia, Ospedale Nuovo, Campus Universitario. Abbiamo studiato e proposto soluzioni molto innovative per questi comparti di grande interesse per la città di Parma.

Tutte tematiche che stanno particolarmente a cuore alla nostra città, e che hanno comunque applicabilità anche su scala globale. Ne sono prova le pubblicazioni scientifiche apparse su primarie riviste internazionali del settore. Ci racconti i risultati ottenuti dal gruppo di Fisica Tecnica partendo dagli studi sulla copertura di Piazza Ghiaia.

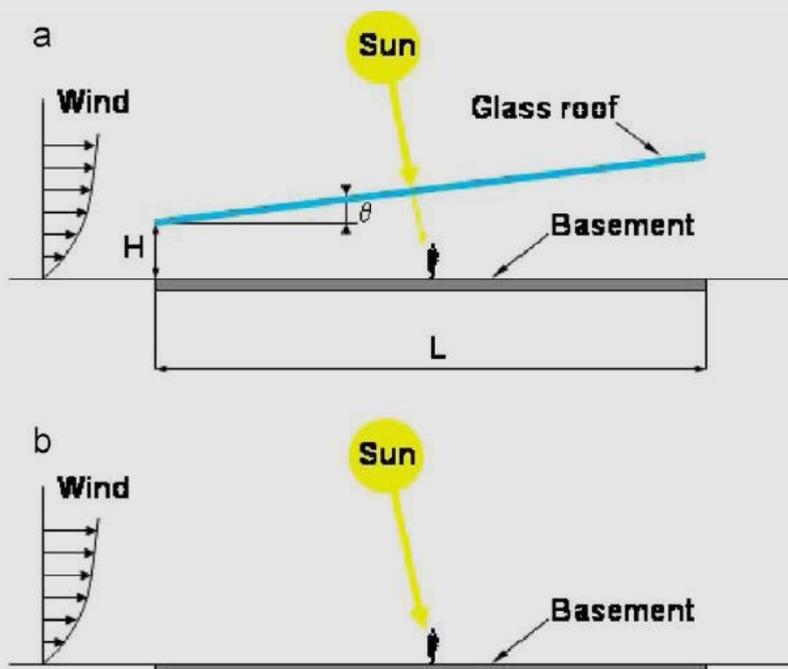


figura 1. Nella stagione fredda la copertura vetrata può rendere lo spazio sottostante più confortevole; in quella calda, invece, in assenza di opportuni accorgimenti, può essere causa di discomfort termico.

Pagliarini G., Rainieri S. "Dynamic Thermal Simulation of a Glass-Covered Semi-Outdoor Space with Roof Evaporative Cooling". *Energy and Buildings*, 43 (2011) 592-598; Pagliarini G., Rainieri S. "Thermal environment characterization of a glass covered semi-outdoor space subjected to natural climate mitigation". *Energy and Buildings*, 43 (2011) 1609-1617.

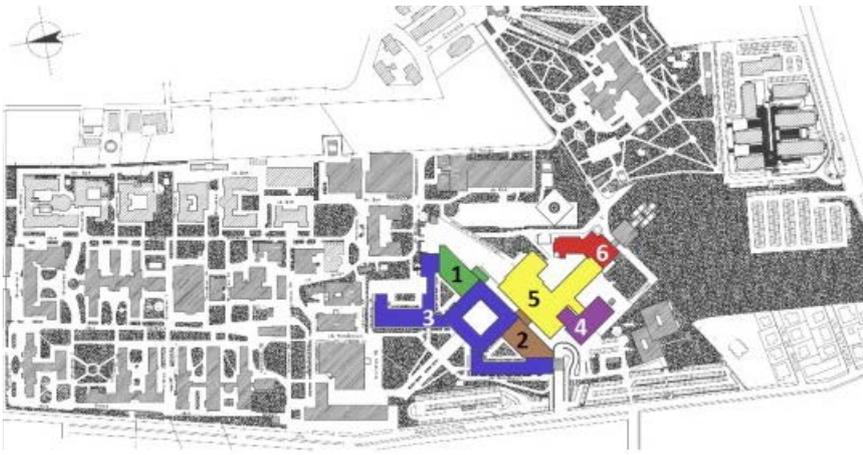


figura 2. L'Ospedale Nuovo di Parma include 6 edifici, per complessivi 93968 m² climatizzati. Pagliarini G., Corradi C., Rainieri S., Hospital CHCP system optimization assisted by TRN-SYS building simulation tool. Applied Thermal Engineering, vol. 44, p. 150-158, (2012).

Si voleva valutare l'effetto della copertura vetrata sulla sensazione termica degli utenti della piazza: in inverno, la presenza della copertura mitiga la sensazione di freddo, rendendo lo spazio più confortevole; in estate, invece, il surriscaldamento della lastra di vetro dovuto all'assorbimento della radiazione solare può produrre un effetto contrario (figura 1).

Per alleviare questa possibile causa di disagio termico, è stato studiato il fenomeno del raffreddamento evaporativo: la superficie della copertura viene irrorata con un flusso di acqua nebulizzata che, a contatto con la copertura, evapora, sottraendo alla lastra di vetro il calore latente di vaporizzazione e, dunque, raffreddando la copertura, anche al di sotto della temperatura dell'aria. Questa tecnica non è stata implementata ma, all'occorrenza, consentirebbe di alleviare il discomfort termico con un costo che è di circa il 10% rispetto a un impianta-

to di climatizzazione tradizionale che producesse lo stesso raffreddamento della lastra di vetro.

Citava prima altre importanti ricerche, ad esempio sull'Ospedale Nuovo, dove avete condotto uno studio di fattibilità per un impianto trigenerativo. Può raccontarci i risultati ottenuti e che evoluzioni, in termini di applicabilità, hanno avuto le vostre ricerche?

Lo studio relativo all'Ospedale Nuovo derivava dall'esigenza di ridurre il consumo di gas naturale e di energia elettrica per la climatizzazione (figura 2). L'analisi, energetica ed economica, ha portato all'individuazione della configurazione ottimale d'impianto e al suo ottimale dimensionamento. Negli anni seguenti l'Azienda Ospedaliera ha effettivamente adottato una soluzione impiantistica basata sulla trigenerazione, sostanzialmente in linea con quella da noi studiata.

Mentre al Campus universitario avete ipotizzato e progettato un impianto di cogenerazione accoppiato a un innovativo sistema di accumulo termico. Ce lo può descrivere?

Il Campus Universitario rappresenta la tipica utenza termica discontinua: l'esigenza di riscaldamento è fortemente ridotta, se non annullata, nelle ore notturne, nel fine settimana e nei periodi festivi. Questa caratteristica del carico rende problematico l'impiego efficiente di un impianto cogenerativo, di energia elettrica e calore. L'impiego di un accumulatore termico può aiutare a superare tale limitazione. Nel caso del Campus dell'Università di Parma (figura 3), si è dimostrato adeguato un sistema di accumulo costituito da 1000 - 1500 m³ di acqua.

Sono numerosi i finanziamenti da voi ottenuti dalla Regione Emilia-Romagna su fondi strutturali europei, per progetti su efficienza energetica nel settore delle costruzioni, in particolare della climatizzazione. Segno che la vostra ricerca corrisponde a quanto l'Europa ci chiede in termini di innovazione verso la sostenibilità. Ci racconti quali sono gli obiettivi di queste ricerche e quale il potenziale impatto.

Nell'ambito del POR-FESR 2014-20 il gruppo di ricerca ha ottenuto dalla RER l'approvazione di tre progetti, per complessivi circa 567.000 euro: HEGOS (Nuove pompe di calore per l'harvesting energetico in smart buildings), NANOFANCOIL (Applicazione delle micro/nanotecnologie per lo sviluppo di componenti innovativi

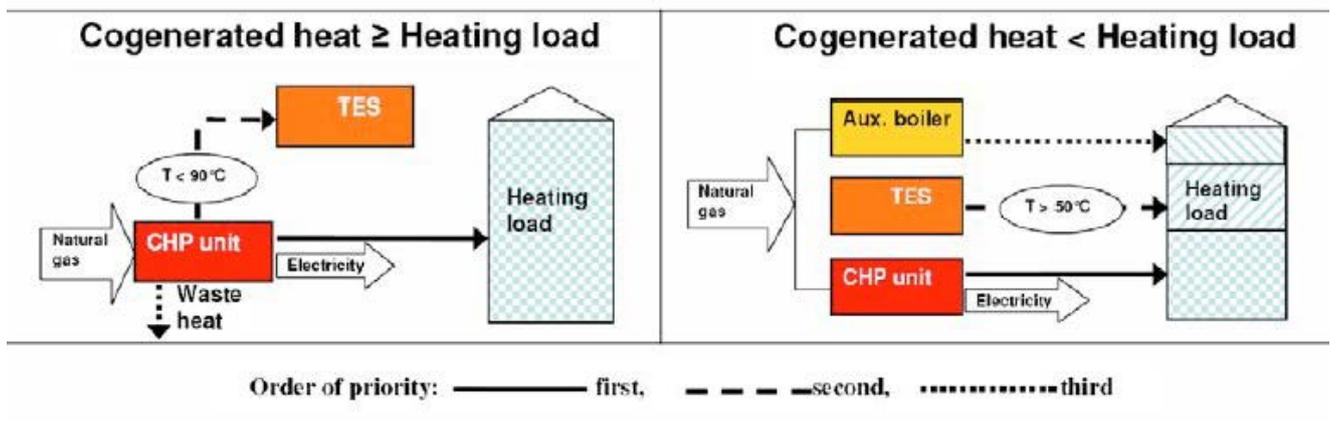


figura 3. Figura 3 Il calore prodotto in eccesso dal motore cogenerativo viene immagazzinato nell'accumulatore termico, per essere utilizzato qualora il fabbisogno superi la produzione.

Pagliarini G., Rainieri S., "Coupling of a thermal energy storage system with combined heat and power generation for the heating requirements of a university campus", Applied Thermal Engineering, 30 (2010) 1255-1261.

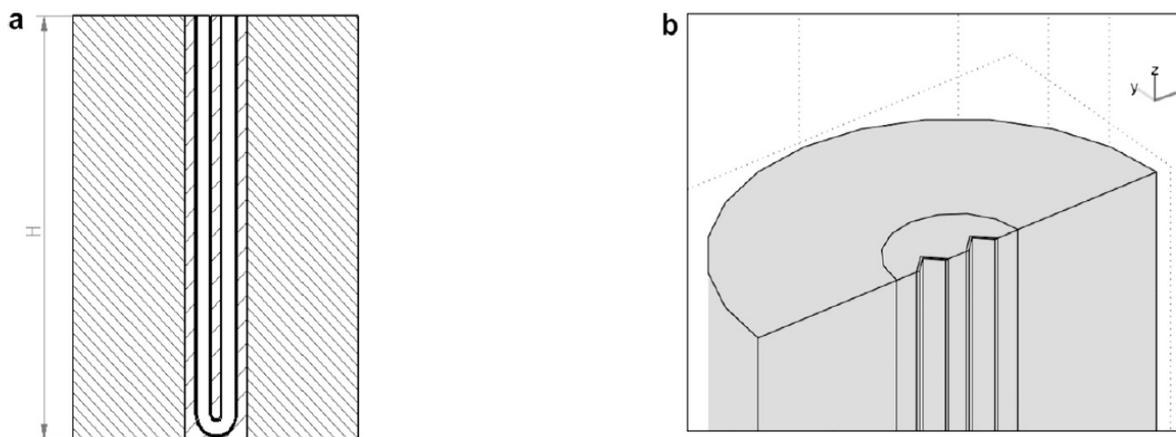


figura 4. L'utilizzo del terreno come accumulatore termico accoppiato alla pompa di calore richiede un'accurata conoscenza delle sue proprietà termiche. Sulla base del metodo di stima dei parametri è stata messa a punto un'innovativa procedura di misura delle proprietà termiche caratteristiche del sistema terreno-sonda geotermica.

Bozzoli F., Pagliarini G., Rainieri S., Schiavi L., "Estimation of soil and grout thermal properties through a TSPEP (two-step parameter estimation procedure) applied to TRT (thermal response test) data", *Energy*, 36 (2011) 839-846.

per gli impianti di condizionamento), CLIWAX (Materiali a cambio di fase per l'harvesting energetico in climatizzazione). Principale tema dei progetti sono le nuove tecniche di climatizzazione, basate sull'uso delle pompe di calore, eventualmente azionate da energia elettrica da fonte rinnovabile. La pompa di calore consente lo sfruttamento di sorgenti termiche a bassa temperatura, quale, per esempio, la sorgente geotermica (figura 4), in alternativa all'impiego dei combustibili fossili, responsabili dell'inquinamento atmosferico da gas serra.

Su fondi strutturali europei abbiamo inoltre ottenuto il finanziamento di una borsa di dottorato, che si è appena conclusa con una tesi sulla correlazione tra consumo di energia elettrica per la climatizzazione e condizioni climatiche. Lo studio ha consentito di quantificare la dipendenza del consumo di energia elettrica dalla temperatura esterna e, in particolare, ha dimostrato che il consumo di energia elettrica per la climatizzazione estiva aumenta con la temperatura esterna molto più rapidamente di quanto previsto da una relazione di semplice proporzionalità (figura 5). Questa circostanza è rilevante in relazione alla sempre maggiore diffusione degli impianti di condizionamento dell'aria e all'incremento della temperatura ambiente conseguente al riscaldamento globale causato dai gas serra.

Che ricadute ha avuto sulla didattica la vostra attività di ricerca in ambito energetico?

L'attività di ricerca in ambito energetico ha avuto un'importante ricaduta sulla didattica. Per il Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Meccanica abbiamo attivato il corso di insegnamento "Energetica", che ha come oggetto i metodi dell'analisi exergetica e termoeconomica, e per il Corso di laurea Magistrale in Architettura, il corso di insegnamento "Efficienza

energetica e fonti rinnovabili", che ha come oggetto l'efficienza energetica in edilizia, con particolare riferimento alla certificazione energetica e all'impiego delle fonti rinnovabili. Vogliamo fattivamente contribuire alla formazione di nuove generazioni di ingegneri e architetti con maggiori competenze in termini di progettazione di edifici a basso impatto energetico.

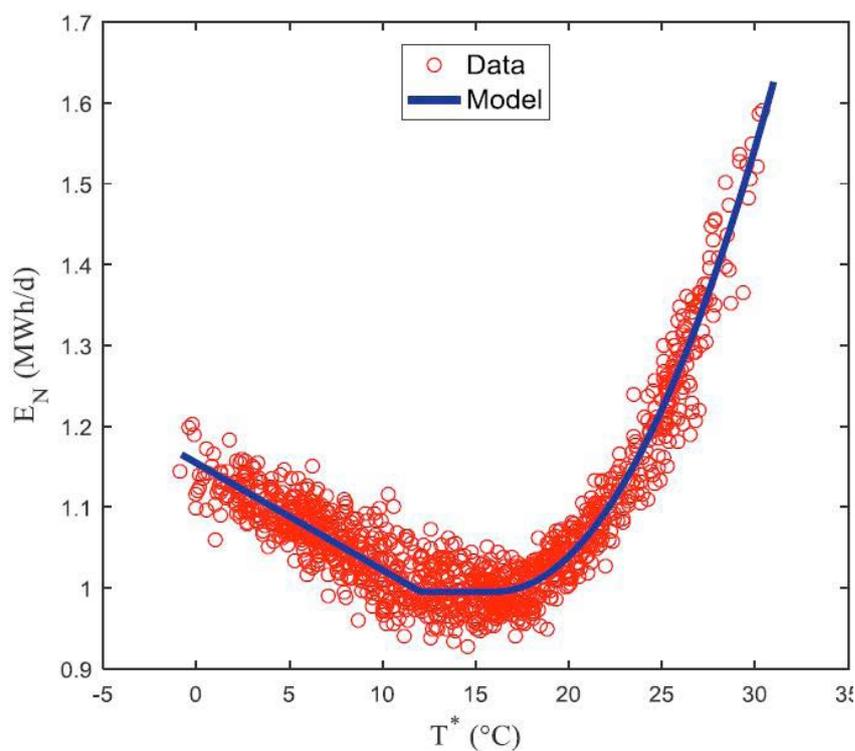


figura 5. Il consumo di energia elettrica per la climatizzazione aumenta al diminuire della temperatura ambiente in inverno e al crescere della temperatura ambiente in estate. Mentre la prima correlazione è lineare, nel periodo estivo il consumo di elettricità aumenta con legge quadratica, come previsto dal secondo principio della termodinamica.

Pagliarini, G., Bonfiglio, C., Vocale, P., *Outdoor temperature sensitivity of electricity consumption for space heating and cooling: An application to the city of Milan, North of Italy.* *Energy and Buildings*, vol. 204, (2019).



Alessio Bosio

FOTOVOLTAICO ALTERNATIVO PER UN'ENERGIA SOSTENIBILE

Agli inizi degli anni '80, in conseguenza della prima crisi del petrolio, si comincia a parlare di fonti di energia rinnovabile. In quello stesso periodo nasce il Laboratorio ThiFiLab (Thin Film Laboratory) dell'allora Dipartimento di Fisica, grazie ad una collaborazione tra Alessio Bosio e Nicola Romeo, con l'intento di sviluppare nuove tecnologie per la produzione di celle solari a basso costo ed alta efficienza, ovvero produrre energia elettrica a buon mercato direttamente dal sole. L'approccio innovativo derivava dall'utilizzare strati estremamente sottili (film sottili) di materiali con proprietà fisiche superiori a quelle del silicio, fino ad allora l'unico semiconduttore utilizzato nel campo fotovoltaico civile. Con questi nuovi materiali e relative tecnologie a film sottile era possibile fabbricare un'intera cella solare in pochi micrometri (milionesimi di metro) di spessore. L'esigua quantità di materiale e, di conseguenza, la bassa impronta energetica ha permesso di realizzare dispositivi altamente sostenibili da un punto di vista ambientale.

Prof. Bosio, ci spiega meglio l'innovatività delle celle solari a film sottile da voi studiate?

La grande maggioranza di moduli fotovoltaici oggi installati viene prodotta con la consolidata tecnologia del silicio mono e policristallino, parente molto stretto della tecnologia per realizzare i micro-chip per l'elettronica, ma le complesse operazioni di taglio e assemblaggio delle fette ricavate dai lingotti di silicio monocristallino (wafer) rendono questa tecnica intrinsecamente complicata e costosa. Al ThiFiLab si sono studiati materiali diversi, alternativi al silicio, in grado di assorbire la luce del sole in strati di spessore inferiori al μm , aprendo così la strada a processi di

produzione industriale basata sulla tecnologia a film sottili. I materiali alternativi utilizzati come assorbitori sono il tellururo di cadmio (CdTe) e il diseleniuro di indio gallio e rame (CuInGaSe_2) con cui si sono realizzate celle solari con efficienze di conversione superiori al 17%. L'efficienza di conversione misura quale frazione della luce solare che arriva sulle celle viene effettivamente convertita in elettricità. I processi di fabbricazione e di scalabilità industriale sono coperti da più di 10 brevetti, depositati dal nostro gruppo di ricerca negli anni 2000-2010. In quegli anni sono stati realizzati moduli fotovoltaici a base di tellururo di cadmio (CdTe) di grandi dimensioni ($\approx 1 \text{ m}^2$) e con efficienza di circa 12% - 13% (figura 1).

Qual è la sfida oggi?

Moduli a base di diseleniuro di indio gallio e rame (CuInGaSe_2) e tellururo di cadmio (CdTe) hanno recentemente raggiunto un'efficienza di conversione superiore al 23% rendendo la tecnologia del film sottile confrontabile, o addirittura superiore in termini di efficienza, alla tecnologia del silicio. Tuttavia, questi composti semiconduttori presentano lo svantaggio di includere elementi non abbondanti sulla crosta terrestre (indio per CuInGaSe_2 e tellurio per CdTe) oppure tossici, come il cadmio. Inoltre il processo produttivo richiede spesso l'uso di sostanze tossiche o pericolose come acido solfidrico e selenidrico, idrazina, acidi forti, arsina e

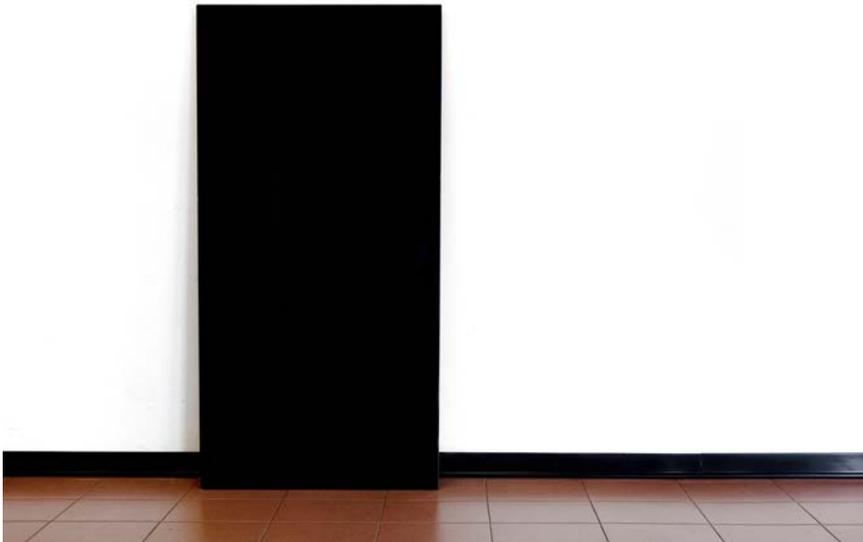


figura 1. Modulo fotovoltaico a base di film sottili policristallini di CdTe con efficienza di conversione di circa il 15%. In piena luce solare eroga una potenza di 110 W per un'area di 0,72 m².

fosfina. Diventa pertanto sempre più pressante utilizzare semiconduttori innovativi come kesteriti ($\text{Cu}_2\text{ZnSnSe}_4$), seleniuro di antimonio (Sb_2Se_3) e grafene, i cui costituenti sono molto abbondanti sulla crosta terrestre. Questo è l'asse portante della nostra attuale ricerca. Utilizzando la kesterite è stata realizzata una piastrina fotovoltaica (figura 2) particolarmente adatta all'integrazione architettonica negli edifici a basso impatto energetico. Questa tecnologia rappresenta un esempio strategico di come materiali avanzati e nanotecnologie potrebbero aiutare a liberare la Comunità Europea da una forte dipendenza da elementi rari e/o processi di produzione non sicuri, per un approvvigionamento energetico sostenibile.

Nel vostro laboratorio ThiFiLab vengono realizzati prototipi di celle solari di

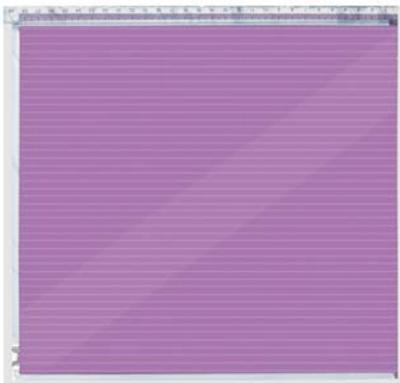


figura 2. Mini-modulo a film sottili policristallini di $\text{Cu}_2\text{ZnSnSe}_4$ realizzato su piastrina ceramica commerciale da integrare direttamente in pareti ventilate di case a impatto energetico nullo; dispositivo prodotto all'interno del progetto di Industria 2015 dal titolo "Piastrine Ceramiche Fotovoltaiche per Involucro Edilizi Sostenibili".

piccole dimensioni: come si arriva da questi alla produzione industriale?

La tecnologia sviluppata al ThiFiLab permette la realizzazione di tutti



figura 3. Il cuore della linea produttiva di moduli fotovoltaici a base di CdTe assemblata nel 2011: impianto di Close-Spaced Sublimation (CSS), completo del tunnel di riscaldamento a 550°C e di raffreddamento a temperatura ambiente, per la deposizione dello strato assorbitore (CdTe). Nel 2011 con queste macchine si sono ottenuti moduli di area 1 m² ed efficienze superiori al 13%.

Interazione degli studenti con il ThiFiLab

L'attrattività del laboratorio riguardo alla scienza dei materiali e alla tecnologia fotovoltaica è molto alta presso gli studenti dei corsi di laurea in Fisica. Le tecniche utilizzate, la comprensione di ogni singolo step realizzativo, la caratterizzazione del dispositivo finito permettono l'acquisizione di una conoscenza completa che va ben al di là del mondo delle celle solari. Questo know-how è molto apprezzato dal mondo industriale del coating, dell'elettronica e della diagnostica strumentale. I nostri laureati e dottorandi trovano facilmente occupazione a pochi mesi dalla fine del loro ciclo di studi presso laboratori di ricerca e sviluppo di aziende ed enti.

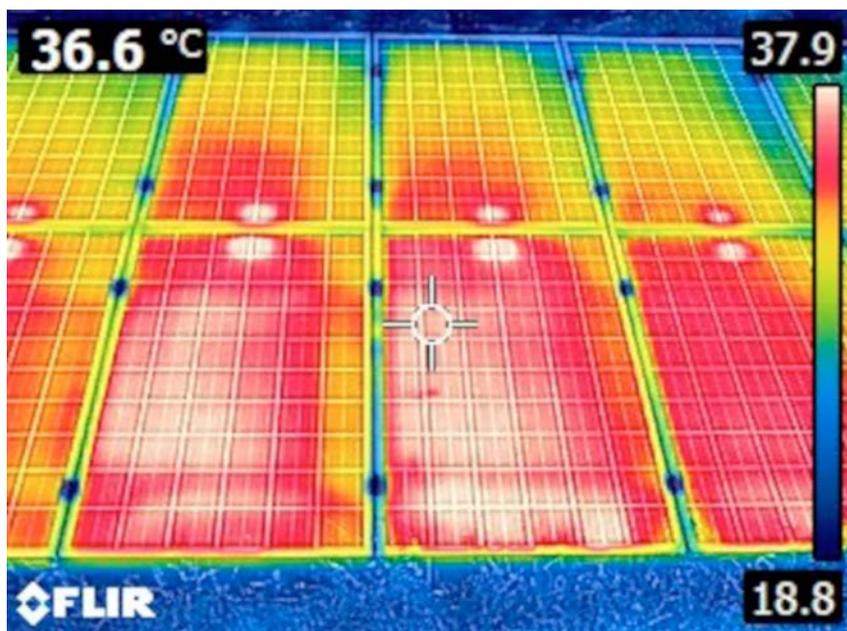


figura 4. Immagine termografica di un modulo fotovoltaico (tecnologia poli-silicon) presa in condizioni operative mediante drone. I punti più caldi, evidenziati in colore tendente al bianco nella termografia, evidenziano difetti che rendono il modulo sottoproduttivo.

gli strati costituenti la cella solare, questo ha permesso di studiare tutti i materiali ma anche le interfacce, ovvero come gli strati interagiscono tra di loro. La ricerca ha puntato all'ottimizzazione di ogni singolo step del processo realizzativo della cella solare, utilizzando tecniche adatte per essere scalate a livello industriale. Tutti gli strati vengono depositati mediante sputtering, tecnica nata per depositare film sottili su grandi superfici di vetri o altri substrati a basso costo, poi adattata alle esigenze dei laboratori di ricerca. Noi abbiamo utilizzato questa tecnica consapevole della fattibilità del processo inverso, ovvero di come passare dalla ricerca in laboratorio (prototipo) alla produzione industriale. Il ThiFiLab ha sviluppato know-how (coperto da 8 brevetti) in grado di ingegnerizzare il processo produttivo della cella a base di tellururo di cadmio (CdTe), realizzando una macchina in linea, completamente automatizzata, in grado di produrre moduli fotovoltaici di grande dimensione, al ritmo di un modulo al minuto e con capacità produttiva di 18 MW/anno (figura 3).

Professore, che tipo di valore ambientale ha la vostra ricerca?

Nel mondo circa l'80% dell'energia utilizzata da azioni antropiche è prodotta con fonti fossili. È ormai accettato che vi è un legame forte tra l'aumento della temperatura media del pianeta e l'emissione in atmosfera di anidride carbonica (CO₂). Diventa sempre più pressante rispondere alle esigenze dei paesi in via di sviluppo, di crescita in modo da eliminare il divario con le nazioni più industrializzate. Questo è possibile solo se si realizzano politiche di approvvigionamento energetico carbon-free in grado di contenere le emissioni di CO₂, in accordo con il concetto di sviluppo sostenibile, capaci di mantenere l'aumento di temperatura medio entro 1,5 °C rispetto agli anni '90. Solo una produzione energetica mediante Fonti di Energia Rinnovabile (FER) assicura un abbattimento delle emissioni di CO₂ fino al 95% rispetto alle fonti fossili. Un kWh elettrico prodotto con i nostri moduli fotovoltaici immette in atmosfera 90 grammi di CO₂ contro i 1800 grammi prodotti da una centrale a carbone!

Lei è fondatore dello Spin-off universitario SpoT - Smart Photovoltaic Technology, di cosa si occupa?

Negli anni il ThiFiLab ha sviluppato,

parallelamente alla ricerca sulle celle solari a film sottili, notevole conoscenza anche sui moduli commerciali basati sulla tecnologia del silicio mono e policristallino. La continua richiesta di diagnostiche su impianti fotovoltaici da parte di produttori, gestori ed operatori del settore ha portato alla elaborazione di una procedura standardizzata in grado di predire in che modo i moduli fotovoltaici invecchiano e quindi perdono efficienza, denominata Diagnostica Predittiva.

Per far fronte alle sempre più numerose richieste di intervento su impianti fotovoltaici sottoproduttivi è stato fondato SpoT s.r.l., Spin-off dell'Università di Parma in grado di effettuare test direttamente sugli impianti mediante termografia ed elettroluminescenza con droni ad autonomia aumentata (figura 4). L'elettroluminescenza in campo, assieme alla Diagnostica Predittiva, ha permesso a Spot s.r.l. di essere classificato lo scorso novembre tra le prime dieci start up innovative che hanno partecipato a Mr. Startup, Contest a livello nazionale per imprese innovative lanciato da MISTER - Smart Innovation.

La collaborazione con gruppi di ricerca e aziende innovative internazionali europei

Fin dai primi anni '80 il ThiFiLab è stato molto attivo a livello europeo partecipando a progetti di ricerca all'interno di alcuni Progetti Quadro (Joule, FP7, Horizon 2020) finanziati dalla Commissione Europea. In quest'ambito ha collaborato con numerosi gruppi di ricerca ed aziende innovative in Germania, Francia, Belgio, Spagna, Slovenia e Svizzera. Con loro ha sviluppato progetti di ricerca e studi sui materiali assorbitori per celle solari a film sottili e tecnologie innovative di taglio laser utilizzate negli impianti produttivi di moduli fotovoltaici. Di recente ha istituito collaborazioni con gruppi di ricerca in Uzbekistan, Cuba, Regno Unito, Ungheria, Messico e USA.



Agostino Gambarotta



Andrea De Lorenzi



Costanza Saletti



Edoardo Di Mattia



Mattia Alzapiedi



Mirko Morini

MODELLI E METODI PER LA GESTIONE INTEGRATA DELLE RETI ENERGETICHE

La riduzione dei consumi di energia da fonti fossili è un tema che impone oggi un approccio multidisciplinare, soprattutto quando si applica a sistemi complessi quali scuole, campus universitari, quartieri e città. Da anni impegnato nello studio dei Sistemi Energetici per ridurre i consumi di energia e le emissioni nell'ambiente è il team di ricerca guidato da Agostino Gambarotta, docente presso il Dipartimento di Ingegneria e Architettura e Direttore del CIDEA, Centro interdipartimentale per l'energia e l'ambiente.

Prof. Gambarotta, siete partiti anni fa dallo studio della rete di teleriscaldamento del Campus e siete arrivati a progettare soluzioni avanzate per il controllo e la gestione efficiente delle reti energetiche. Come avete iniziato e qual è la peculiarità delle soluzioni che proponete?

A dire il vero siamo partiti ancora prima studiando sistemi di controllo per i Motori a Combustione Interna. In quel campo sono fondamentali i modelli matematici per simulare il sistema da controllare, e molti algoritmi di controllo utilizzano modelli dinamici per prevederne in "real-time" il comportamento. Gli strumenti utilizzati in questi campi (si pensi soprattutto ai veicoli ibridi) sono del tutto applicabili alle reti energetiche complesse, quali sono quelle che oggi utilizziamo per soddisfare i nostri "bisogni" di energia. La capacità di gestire la complessità è fondamentale per integrare sempre più le fonti rinnovabili nelle reti energetiche esistenti. Poter simulare con modelli matematici il comportamento di un sistema complesso permette di definire algo-

ritmi di gestione innovativi che non si basano solamente sull'esperienza di un operatore (costruita sul passato), ma anche sulla capacità di prevedere l'evoluzione del sistema nel futuro tenendo conto delle reali richieste di energia e delle condizioni al contorno (in particolare le condizioni meteo). Su queste considerazioni si basano gli algoritmi di "Model Predictive Control" (MPC) che stiamo utilizzando con successo.

In quale misura le soluzioni che avete sviluppato per il controllo e la gestione delle reti termiche permettono di ridurre i consumi di energia primaria senza significativi interventi sugli impianti? Come funziona realmente il sistema e con quali risultati?

Nella nostra ricerca siamo riusciti fin dall'inizio a tradurre le soluzioni proposte in sistemi di controllo prototipali che abbiamo inizialmente applicato (in collaborazione con un'Azienda del settore) ad un complesso scolastico (tre edifici ed una palestra) servito da un'unica centrale termica. Il primo passo fondamen-

tale è stato realizzare un sistema di monitoraggio per determinare in ogni istante, misurando i parametri di interesse, le condizioni operative della rete di teleriscaldamento. Quindi abbiamo realizzato un sistema remoto di gestione che ogni quindici minuti, conoscendo le richieste termiche e le previsioni meteo, con una procedura di ottimizzazione basata su un algoritmo MPC calcola i parametri di regolazione trasmessi poi agli attuatori degli impianti. Il sistema è operativo sul complesso scolastico da tre anni ed ha permesso una riduzione dei consumi termici nella stagione invernale tra il 12 e il 16%. Un analogo sistema è operativo al plesso di Scienze della Terra del Campus (figura 1). In questo caso la procedura di gestione, analoga a quella appena descritta, controlla le valvole che regolano il flusso di acqua calda dalla rete di teleriscaldamento agli scambiatori di calore dell'edificio. Il sistema ha permesso di ottenere nelle ultime due stagioni invernali una riduzione dei consumi termici tra l'8 ed il 12%.



figura 1. Il sinottico del controllore MPC ("Model Predictive Control") operante da due stagioni sul ramo della rete che alimenta l'edificio di Scienze della Terra al Campus.

Da un plesso scolastico - monitorato e gestito con un algoritmo innovativo orientato al risparmio energetico - a un intero quartiere: come si può affrontare la complessità di tali sistemi?

La chiave per affrontare lo studio di sistemi complessi è la modularità, ovvero la capacità di scomporre il sistema nei suoi componenti tenendo conto delle loro interazioni. Definiti i modelli matematici dei singoli componenti, si possono assemblare i diversi elementi per costruire il modello globale di un sistema complesso, riuscendo a simularne adeguatamente il comportamento dinamico. Si tratta di costruire opportunamente "mattoncini" che si "incastrano" l'uno nell'altro per costruire e studiare realtà complesse, al fine di poterne ottimizzare l'architettura e la gestione.

Con questa strategia è possibile studiare con gli stessi strumenti Sistemi e Reti Energetiche complesse e diverse. Il punto è sviluppare competenze orientate ad una visione "sistemistica" in cui le conoscenze dei singoli componenti e delle singole tecnologie (quali quelle ad esempio trattate negli altri approfondimenti di questo numero della rivista) possano essere integrate.

Obiettivo di un progetto europeo che vi è stato di recente finanziato (DISTRHEAT) è proprio applicare le metodologie che avete sviluppato a livello di comparti urbani. Che tipo di risultati vi aspettate?

Il progetto DISTRHEAT è nato da una delle collaborazioni che abbiamo sull'argomento. Con i nostri partner svedesi lavoriamo su aspetti com-

plementari, integrando le nostre esperienze per sviluppare strumenti innovativi per la progettazione e la gestione ottimizzata delle reti di teleriscaldamento. L'obiettivo è estendere le metodologie descritte a comparti più ampi, quali aree urbane. Abbiamo anche l'obiettivo di applicare queste metodologie al nostro Campus (figura 2), che rappresenta di fatto un comparto esteso (77 ha, più di 30 edifici e circa 12.000 persone giornalmente) e che potrebbe diventare un "living lab" a scala reale per applicare e sperimentare nuove tecnologie, e per sviluppare collaborazioni con soggetti pubblici (Università, CNR, ENEA, ecc.) e privati su temi di ricerca strategici nel campo dell'Energia e dell'Ambiente.



figura 2. Il controllo digitalizzato: dal singolo edificio a un intero quartiere.

Un esempio è costituito dai sistemi Power-to-Gas per la conversione di energia elettrica da fonte rinnovabile in metano sintetico: su questo tema è attualmente attivo il progetto di ricerca E-CO₂ (finanziato su fondi POR-FESR dalla Regione Emilia-Romagna) in cui siamo coinvolti come CIDEA e che prevede la realizzazione di un pilota al Campus. Un altro esempio è la ricerca sulla gassificazione di biomasse: nell'ambito del progetto SYNBIOSE (finanziato dal MiSE) abbiamo realizzato un impianto pilota con un gassificatore ed un motore cogenerativo integrato nelle reti del Campus.

Stare considerando anche altre tipologie di reti energetiche? Quali sono le criticità e le possibilità?

Il futuro (ed anche il presente!) dell'Energia richiede una visione "olistica" che permetta di inserire nuovi e diversi componenti in reti energetiche complesse. Nella maggior parte dei casi occorre operare sulle reti esistenti, integrando in esse le nuove tecnologie (prime fra tutte le fonti rinnovabili). È quindi necessario estendere lo studio anche alle reti elettriche, alle reti gas, fino ad arrivare alle reti di trasporto: questo è evidente se si pensa ad esempio a nuove soluzioni per lo storage di energia, alle tecnologie Power-to-Gas, ai veicoli elettrici che richiedono -è ormai chiaro- una integrazione ottimizzata nelle reti energetiche.

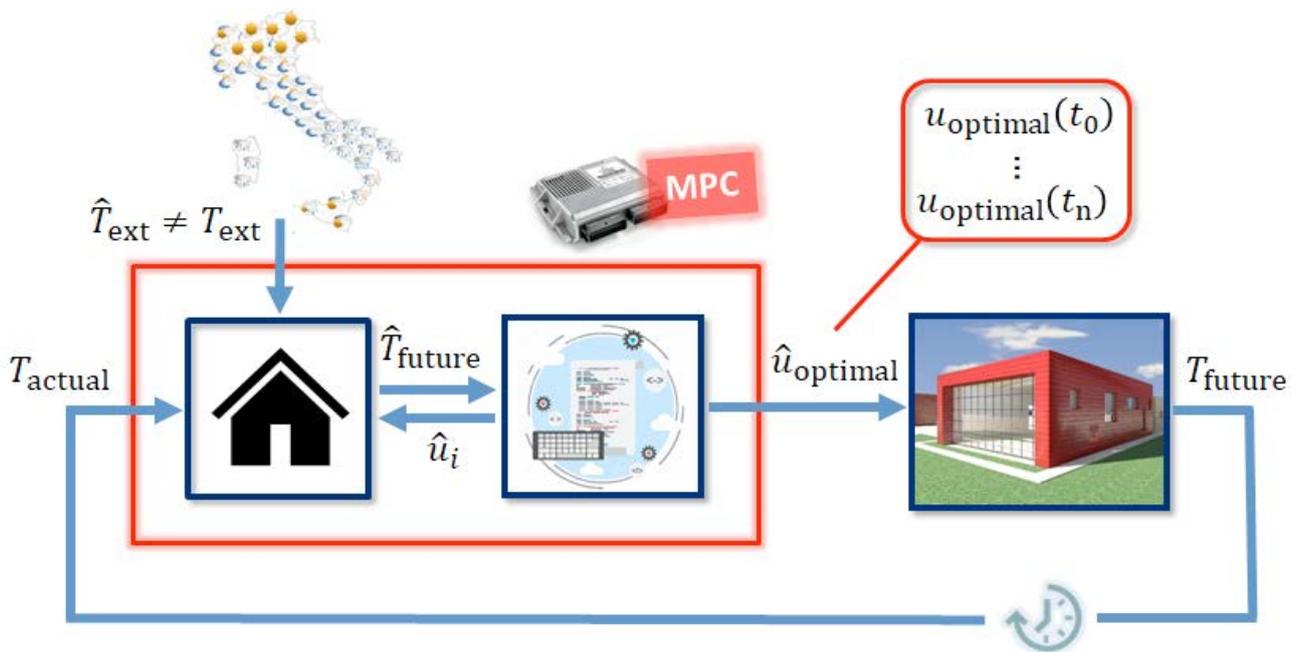


figura 3. Uno schema che illustra come opera un controllore MPC.

È necessario pensare all'integrazione delle diverse tipologie di reti energetiche di interesse, ed è possibile utilizzare un approccio del tutto simile a quello che abbiamo usato per le reti di teleriscaldamento: studi riportati nella letteratura scientifica ci

incoraggiano in questa direzione. Su questo tema è recentemente partito un progetto di ricerca (finanziato su fondi POR-FESR dalla Regione Emilia-Romagna) denominato "ENERGYNIUS" cui partecipiamo come CIDEA finalizzato all'integrazione di reti energetiche diverse (termiche, elettriche, gas) per ottimizzare i flussi di energia e ridurre i consumi e le emissioni.

Ci sembra di capire che questo approccio richieda un know-how specifico che va sviluppato nell'ambito delle professionalità attualmente esistenti. Che tipo di prospettive vedete nella formazione di queste competenze e quali problemi nello sviluppo della didattica e nel reclutamento di ricercatori in grado di coniugare le competenze trasversali richieste?

L'esigenza di affrontare con una visione "olistica" le tematiche legate all'Energia ed all'Ambiente richiede un approccio multidisciplinare. Il dialogo costruttivo tra competenze diverse è oggi un requisito fondamentale per affrontare lo studio di Sistemi e di Reti Energetiche sempre più digitalizzati ed interconnessi. Dal punto di vista della didattica questo non significa, però, che tutti debbano sapere poco di tutto, ma che le competenze specifiche che già forniamo ai nostri studenti siano unite a competenze "trasversali" che favoriscano la creazione di legami ef-

ficaci tra professionalità anche molto diverse tra loro (ad esempio prevedendo insegnamenti "trasversali" che diano ai neolaureati di aree diverse la capacità di "dialogare" tra loro). Per quanto riguarda la ricerca, dobbiamo rilevare che purtroppo esiste un significativo problema di "reclutamento" di laureati intenzionati a sviluppare competenze specifiche attraverso una esperienza iniziale in Università (con borse, assegni di ricerca o dottorato di ricerca), e ciò vale per molte attività di carattere tecnico-scientifico. Mentre all'estero le esperienze di ricerca post-laurea in Università sono una opportunità per sviluppare studi di interesse industriale (che aprono le porte ad un inquadramento in azienda), da noi queste vengono percepite come "parentesi" con scarso peso a livello occupazionale. Occorre cambiare questa tendenza, dimostrando sia alle aziende che ai laureati come l'attività di ricerca post-laurea non sia un periodo di "parcheggio", ma un momento formativo in cui si acquisiscono ulteriori competenze "spendibili" nel mondo del lavoro. A prova di ciò, voglio segnalare che due nostri collaboratori (un borsista ed un assegnista) sono stati recentemente assunti da una Azienda del settore proprio per il know-how da loro sviluppato lavorando ai progetti presentati sopra.



figura 4. Visita guidata alla Centrale Termica del Campus, l'impianto di cogenerazione nato all'interno del progetto Synbiose in occasione della Notte dei Ricercatori 2019.



Giuseppe Vignali



Anna Ronzano



Giulia Borghesi



Roberta Stefanini



Giovanni Tancredi

SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE DI PACKAGING E PROCESSI DELL'INDUSTRIA ALIMENTARE

Il packaging, in particolare l'imballaggio degli alimenti individuale e "monoporzione", è una soluzione pratica che sperimentiamo ogni giorno, qualche volta magari chiedendoci se questa comodità possa essere sostenibile: e se non ora, almeno, nel prossimo futuro. In prima linea nello studio e nella proposta di soluzioni impiantistiche, di packaging e di processo finalizzate a ridurre l'impatto ambientale della distribuzione al dettaglio è il gruppo di ricerca coordinato da Giuseppe Vignali del Dipartimento di Ingegneria e Architettura, che utilizza da anni un approccio di sistema: *"occuparsi di packaging significa, anche e soprattutto, valutare l'impatto ambientale associato a un prodotto, processo o attività, attraverso l'identificazione e la quantificazione dei consumi di materia, energia ed emissioni nell'ambiente in tutte le fasi di vita di un prodotto alimentare"*.

Prof. Vignali, il tema del packaging va dunque affrontato nel quadro di un approccio trasversale legato all'intero ciclo di vita di un prodotto: dalle materie prime alla produzione, dal trasporto alla distribuzione, dal consumo fino allo smaltimento. Ci racconta che tipo di ricerca si fa nel nostro ateneo su una questione così dibattuta, quella degli imballaggi, e qual è il vostro contributo distintivo?

Da circa dieci anni mi occupo, insieme al mio gruppo di lavoro, di tematiche legate all'impatto ambientale del packaging alimentare inteso appunto come insieme di fasi che hanno come aspetto finale il confezionamento e la vendita di un alimento.

Lavoro da sempre in questo settore, come ingegnere meccanico, con la finalità di migliorare i processi; ad un certo punto, tuttavia, in accordo con le imprese, abbiamo capito come il miglioramento dovesse riguardare



figura 1. Possibile approccio per incrementare la sostenibilità del packaging.



figura 2. Evidenza del ruolo del packaging nella GDO.

anche l'impatto ambientale e non solo le performance o l'aspetto economico, che restano tuttavia imprescindibili per le imprese e i consumatori. Per questo motivo stiamo affrontando il problema tramite metodologia Life Cycle Assessment (LCA), per una serie di prodotti alimentari confezionati, valutando diverse alternative possibili sul mercato e valutando i diversi scenari di fine vita di tutti i materiali di packaging.

Un'esperienza molto significativa è quella che vi ha portato a un finanziamento regionale a fianco della cooperativa Lattemilia. Ci racconta i risultati ottenuti?

In quel caso la sfida era duplice, ossia cercare di ottenere prodotti ad elevato valore aggiunto e basso impatto ambientale, partendo da residui della lavorazione del Parmigiano Reggiano. Siamo particolarmente fieri dei risultati ottenuti con una ricotta avente all'interno parte di latticello, e confezionata e trattata in modo innovativo per preservarne gusto e aroma per più giorni. Tutto questo è stato possibile grazie al contributo regionale che ha permesso al gruppo operativo, con all'interno attori aziendali e del settore ricerca, di ottimizzare preparazione, trattamento e confezionamento della stessa senza ricorrere a trattamenti termici impattanti sulle caratteristiche sensoriali e nutrizionali del prodotto. Oltre a questo progetto, tanti altri sono stati portati avanti nell'ultimo periodo, anche con finanziamenti esclusivamente aziendali, frutto della visione sempre più aperta alla innovazione e alla riduzione di impatto ambientale che le aziende del settore stanno dimostrando.

In generale le aziende si pongono questa sfida: avere un packaging che sia riciclabile, se possibile biodegradabile o compostabile, con buone prestazioni di conservazioni degli alimenti e di lavorazione. Immagino non sia facile racchiudere in un'unica soluzione tutti questi aspetti, soprattutto quello della riciclabilità.

Solitamente è necessario raggiungere un compromesso fra questi aspetti, ma ci sono margini di miglioramento. Abbiamo così assistito negli ultimi anni a miglioramenti non solo nelle prestazioni, ma anche nella disponibilità e nel prezzo di alcuni materiali innovativi. Oggi esistono molte soluzioni che si definiscono "green" ma, a nostro avviso, solo una attenta valutazione del ciclo di vita può garantire una valutazione quanto più oggettiva possibile del loro impatto ambientale (figura 1). Ruolo molto importante hanno anche le municipalizzate che dovranno investire per migliorare le tecnologie di selezione e riciclaggio di molti materiali, potenzialmente riciclabili, ma che nella pratica non lo sono.

L'approccio LCA sta dando risultati anche su altri fronti, dal settore del "food waste and losses" a quelli del riciclo e del risparmio energetico. Quali sono le vostre ultime ricerche sul tema? Quali gli sviluppi futuri della vostra ricerca?



I nostri comportamenti possono influenzare il futuro delle prossime generazioni.

Ritengo che oggi uno dei maggiori generatori di impatto ambientale sia proprio lo spreco alimentare. Diversi studi della FAO dimostrano come le quantità di cibo sprecato lungo tutta la filiera (da quella agricola "losses" a quella industriale e alla fase di consumo domestico "waste") siano ingenti e con elevatissimo impatto ambientale. In questo settore, come in altri, la priorità è sicuramente ridurre gli sprechi e, di seguito, rendere possibile il loro riciclo ed eventuale recupero energetico (figura 2). Molte ricerche attuali sono rivolte ad ottenere prodotti a valore aggiunto da scarti agricoli o industriali di lavorazione di vegetali. Queste si rivolgono principalmente al settore farmaceutico o cosmetico. In questo caso la nostra sfida è industrializzare e rendere profittevoli le soluzioni tecnologiche testate in laboratorio o su scala pilota.

In che modo le vostre ricerche danno un effettivo contributo alle politiche per la sostenibilità ambientale?

Per prima cosa cercando di portare la discussione a livello scientifico, quantitativo e quindi il più possibile oggettivo. Esistono molti indicatori di impatto ambientale, al punto che soluzioni di packaging che appaiono virtuose da un lato, possono risultare addirittura più impattanti di altre per altri aspetti. Un approccio quantitativo, basato su modelli ed esperimenti, riesce a dare una valutazione più completa ed affidabile del reale impatto di un certo tipo di packaging, dalla sua fabbricazione allo smaltimento o riciclo. Il Centro Interdipartimentale per il Packaging CIPACK, del quale faccio parte, ha competenze multidisciplinari ed è in grado di testare diversi tipi di materiali, e di proporre nuove soluzioni adattate al contesto nelle quali si vogliono introdurre (ad esempio settore alimentare o farmaceutico). Proprio questo è lo spirito con il quale è stato fondato e condotto tale centro, ossia facilitare il trasferimento tecnologico da Università a impresa.



Claudio Corradini



Alessia Bacchi

QUANDO IL PACKAGING DIVENTA SINONIMO DI SOSTENIBILITÀ

Il Dipartimento di Scienze Chimiche, della Vita, e della Sostenibilità Ambientale (SCVSA) vanta una pluriennale attività nel campo del packaging, iniziata nel 1997 su iniziativa di Angelo Montenero con il diploma universitario in Chimica e Tecnologia del Packaging, convertito nel 2001 in corso di laurea triennale ed evoluto dal 2011 in un master di I livello in Packaging. Diversi docenti e ricercatori di SCVSA si dedicano attivamente a ricerche sul packaging: il gruppo guidato da Claudio Corradini ha come obiettivo lo sviluppo di packaging attivo, ottenuto funzionalizzando film polimerici quali il polietilene tereftalato (PET) o acido polilattico (PLA) in grado di veicolare sostanze con proprietà antimicrobiche; un secondo team, guidato da Alessia Bacchi, ha ottenuto nel 2019 un finanziamento del MIPAAF (Ministero delle Politiche Agricole Alimentari e Forestali) per la realizzazione di packaging attivo basato su cocristalli.

Prof. Corradini, che ruolo ha il packaging in un'ottica di sostenibilità?

Recentemente il "gran parlare" delle variazioni climatiche, dell'impatto ambientale che hanno le materie plastiche generate in larga maggioranza da derivati del petrolio e altre fonti non rinnovabili, hanno sensibilizzato mondo produttivo ed opinione pubblica verso una soluzione rivolta all'impiego di materiali che possano sostituire i materiali plastici, in particolare quelli impiegati nel packaging. Con la Prof.ssa Antonella Cavazza, valida ricercatrice di chimica analitica, e diversi dottorandi e borsisti, ho costituito un gruppo di ricerca che da anni è attivo nel campo della produzione e caratterizzazione di biopolimeri compositi di origine naturale, biodegradabili ed edibili. Con tali polimeri vengono realizzati film e

soluzioni spray da impiegare sia per la realizzazione di packaging attivo, sia come coadiuvanti alimentari rivolti alla protezione, conservazione ed eventuale arricchimento di alimenti, sia di origine animale che vegetale.

I film realizzati, oltre ad essere tutti di origine naturale, biodegradabili ed edibili, possono inoltre venir trattati con ulteriori sostanze che aggiungono nuove funzioni a quelle proprie del film (figura 1).

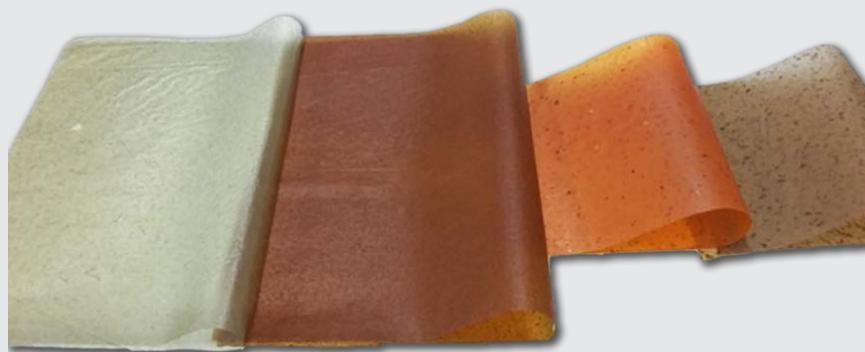


figura 1. Serie di film edibili aromatizzati con derivati vegetali (cipolla, carciofo, peperoncino ed altro).

I vantaggi delle soluzioni di packaging proposte sono molteplici in quanto consentono di proporre soluzioni idonee ad essere consumate assieme all'alimento confezionato (figura 2) e di ridurre l'impatto ambientale sostituendo in tutto, o in parte, gli imballaggi costituiti dai materiali plastici di uso corrente.



figura 2. Esempio di confezione di Ham-burger in cui il film impiegato è totalmente edibile e funzionalizzato con estratti naturali in grado di rallentare i processi ossidativi causa del conseguente imbrunimento.

Abbiamo anche approntato una versione spray che consente la formazione di una pellicola direttamente sugli alimenti trattati (figura 3). Il risultato finale è quello di ottenere una pellicola che presenta le medesime proprietà dei film attualmente in uso nel segmento del packaging attivo.

Il suo gruppo di ricerca presta molta attenzione alla innovazione e all'impatto sul mercato e sull'ambiente, a quali progetti state lavorando in questo momento?

Ridurre l'impiego della plastica monouso a contatto con gli alimenti, con particolare attenzione al riuso degli scarti del comparto agroalimentare, è oggi di grande attualità in un'ottica di economia circolare. Diversi nostri risultati sono stati brevettati e utilizzati per iniziative imprenditoriali indirizzate alla valorizzazione di sottoprodotti agricoli ed orticoli. Per un concreto sfruttamento dei risultati fino ad ora conseguiti, il nostro gruppo è ora inserito nel laboratorio imprenditoria-

le PARMA E-LAB promosso dall'Università di Parma, e supportato dalla regione Emilia Romagna con fondi FSE destinati a rafforzare le sinergie fra ricerca, formazione e imprese nell'ambito dell'ecosistema regionale. Abbiamo ottenuto un assegno di ricerca per sviluppare la tematica: "materiali innovativi, edibili e biodegradabili derivanti da sottoprodotti agroalimentari per applicazioni nel settore del packaging e degli integratori alimentari, in un'ottica di economia circolare e riduzione degli sprechi".

L'apporto fornito al progetto dalla Dr.ssa Maria Grimaldi, Dottoranda di Scienze Chimiche, e la partecipazione al laboratorio imprenditoriale PARMA E-LAB ci offre l'opportunità di poter trasformare in progetti imprenditoriali (spin off, start up innovative o altre tipologie d'impresa) i risultati fino ad oggi conseguiti e quelli che saranno raggiunti dall'assegnista che presto sarà assunto. Tali iniziative verranno svolte in sinergia sia con il Tecnopolo di Parma che con aziende

del settore agricolo e dell'industria alimentare, per sviluppare ulteriormente il packaging primario edibile e nuove soluzioni a base polimerica da irrorare su alimenti al fine di un miglioramento qualitativo e di prolungare la shelf-life dei prodotti alimentari. La nostra ricerca ha anche altri aspetti applicativi e contatti col mondo produttivo. In questi giorni abbiamo formalizzato una collaborazione con un'azienda del reggiano finalizzata alla realizzazione di posate monouso da proporre in sostituzione di quelle in plastica che in base alla direttiva proposta dalla Commissione Europea dovrebbero essere eliminate dal 2021. Inoltre, ci dedichiamo a problematiche di sicurezza alimentare, inerenti i materiali ed oggetti a contatto con gli alimenti (MOCA), noti anche come FCM (Food Contact Materials); cito ad esempio lo studio delle eventuali cessioni da parte degli stampi impiegati nella formatura del cioccolato fatto per conto di Nestlé Research Center in Svizzera.



figura 3. Trattamento con la soluzione spray realizzata in laboratorio che consente la formazione di una pellicola direttamente sugli alimenti trattati e conseguentemente di rallentare il processo di ossidazione della frutta.

Prof.ssa Bacchi, ci può parlare del progetto "PAC/Packaging Attivo Cristallino"?

Il progetto è stato finanziato dal MI-PAAF (Ministero delle Politiche Agricole Alimentari e Forestali) nell'ambito di un bando per progetti innovativi finalizzati alla limitazione degli sprechi e all'impiego delle eccedenze alimentari. L'idea base del progetto si fonda su due riconosciute competenze del Dipartimento SCVSA: la solida tradizione cristallografica e la grande esperienza nel campo della chimica analitica nell'ambito del packaging. Il nostro gruppo ha lavorato con successo allo sviluppo di cocristalli, che sono materiali formati da due diversi partner molecolari abbinati nello stesso cristallo (figura 4). La combinazione dei due partner permette di controllare proprietà quali il rilascio di un principio attivo, o la solubilità. Abbiamo quindi pensato di formulare dei cocristalli che contengano ingredienti naturali, quali oli essenziali (figura 5), da impiegare

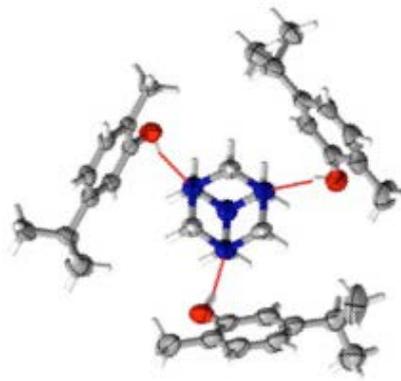


figura 4. Esempio di struttura cristallina di un cocrystallo prototipo formato da carvacolo ed esametilentriammina.

come conservanti naturali per l'active packaging, per realizzare imballaggi che siano capaci di estendere il tempo di vita dei prodotti alimentari (figura 6). Il progetto è sviluppato principalmente da me e dal Prof. Paolo Pelagatti, in collaborazione con il gruppo della Prof.ssa Maria Careri e della Prof.ssa Federica Bianchi, tutti del Dipartimento SCVSA.

Quali sono i punti di forza e le difficoltà, e quali i risultati ottenuti dal vostro progetto?

Il principale punto di forza del progetto è quello di coniugare un tema tipico della ricerca di base, come lo sviluppo di cocristalli mediante tecniche di crystal engineering, con una tematica totalmente applicativa quale la realizzazione di materiali per l'imballaggio. Fra le difficoltà, quella di confrontarci con aspetti totalmente pratici, ad esempio le dimensioni dei macchinari industriali per l'estrusione di film polimerici in cui avevamo incluso i cocristalli. Infatti, in funzione della lunghezza della trafilatura cambiava la velocità di raffreddamento del materiale e quindi la modalità di formazione dei cocristalli. Questi aspetti sono stati una sfida e nel contempo una difficoltà per l'esigenza di combinare modelli teorici con problematiche pratiche. Le competenze nell'ambito dell'analisi chemiometrica dei dati (statistica avanzata applicata alla chimica) hanno inoltre consentito



figura 5. Alcuni oli essenziali utilizzati in questo lavoro estratti da timo, chiodi di garofano e origano.

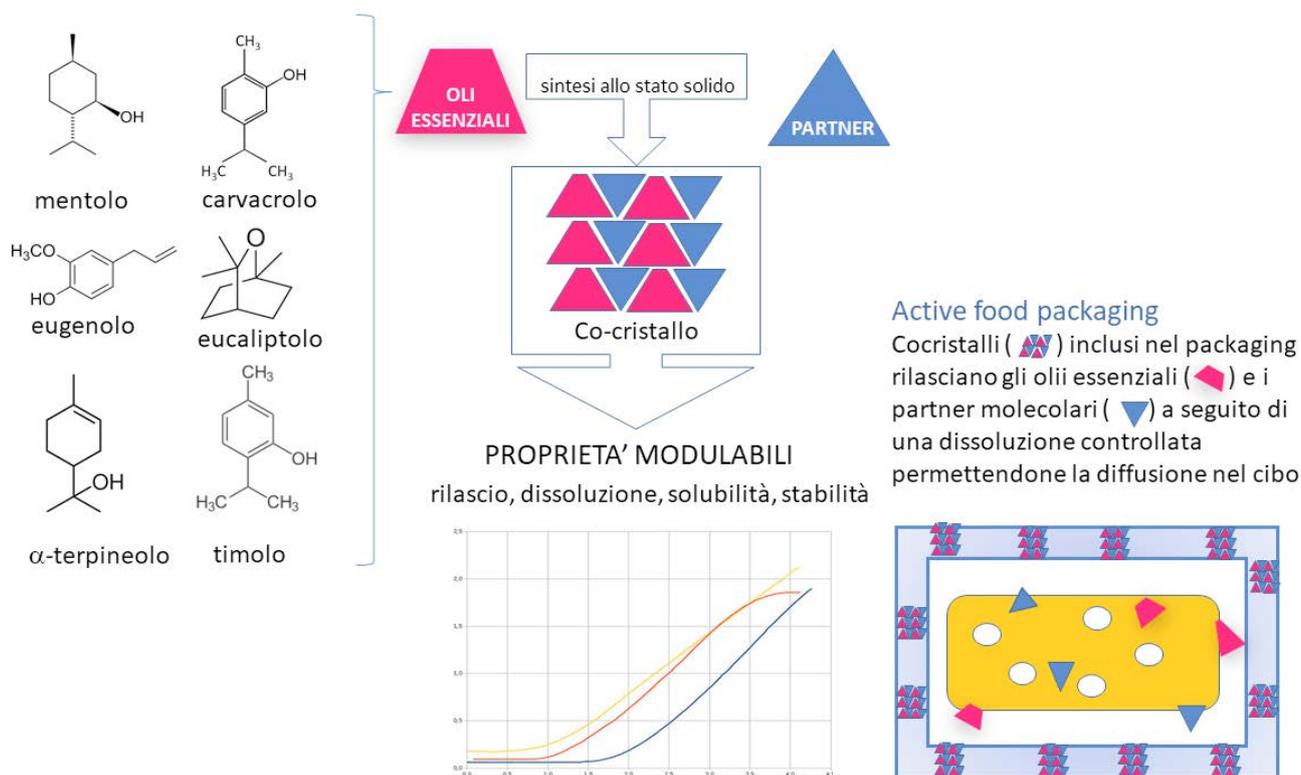


figura 6. Le molecole naturali estratte dagli oli essenziali (a sinistra) vengono abbinare a partner opportuni per ottenere dei cocristalli solidi, che possono rilasciare in modo modulabile gli ingredienti attivi (schema al centro). A destra, lo schema dei cocristalli introdotti nella pellicola di un imballaggio alimentare, per diffondere gli oli essenziali e prolungare la shelf-life dell'alimento.

di ottimizzare le condizioni operative limitando il numero di esperimenti e quindi permettendo di contenere i costi della sperimentazione. Siamo riusciti ad individuare un piccolo numero di materiali prototipo per continuare la sperimentazione anche dopo la conclusione del progetto. Un altro grande punto di forza del progetto è stato la formazione di giovani ricercatori e ricercatrici: abbiamo attivato una borsa di ricerca e abbiamo coinvolto nella sperimentazione una dottoranda e un ricercatore post-doc,

che hanno contribuito con idee e con un ottimo lavoro sperimentale. Inoltre grazie al progetto abbiamo potuto migliorare la strumentazione per la caratterizzazione dei cocristalli. La divulgazione dell'idea e dei risultati al pubblico è stata infine un punto di qualità, in quanto abbiamo portato questa idea sui grandi mezzi di informazione, ma anche alle scuole superiori del nostro bacino universitario attraverso incontri seminariali, e durante la Notte dei Ricercatori (figura 7).



figura 7. Attività divulgative in occasione della Notte dei Ricercatori (settembre 2019).

Master di I livello in Packaging

Il Master in Packaging dell'Università di Parma, il primo in Italia ad essere attivato su queste tematiche, è stato attivato anche nell'anno accademico in corso per proporre una formazione altamente specializzata, un percorso multidisciplinare destinato ai nuovi profili per l'industria e la ricerca in quest'ambito. Il Master si propone di fornire le conoscenze sul Packaging, materia assolutamente interdisciplinare, offrendo un ampio spettro di competenze legate a discipline specifiche che coprono settori disciplinari eterogenei, ma essenziali per una formazione aderente alle necessità professionali. L'ammissione è riservata a un numero ristretto di partecipanti in modo da garantire la guida personale di docenti e tutor. Il Master consente la possibilità di accesso ad «uditori» che potranno partecipare a singoli corsi. Per maggiori informazioni: www.masterpackaging.unipr.it



Fulvio Celico

LE SCIENZE CHE TUTELANO LE ACQUE

La tutela delle acque sotterranee rappresenta un obiettivo di primaria importanza ambientale, sociale ed economica che richiede azioni integrate e interdisciplinari: in gioco, al di là del rispetto delle normative vigenti, c'è la tutela della nostra salute e dell'ambiente.

In prima linea sul fronte della ricerca in questo campo è il gruppo coordinato da Fulvio Celico del Dipartimento di Scienze Chimiche, della Vita e della Sostenibilità Ambientale, che vanta un approccio alla tematica unico sul panorama nazionale: *“Per affrontare con efficacia il tema dell'inquinamento delle acque sotterranee è fondamentale mettere insieme competenze diverse: dalle Scienze della Terra all'Ingegneria, dalla Biologia alla Chimica alla Fisica. Solo con un approccio interdisciplinare è possibile passare dalla teoria alla risoluzione dei problemi reali dei territori”.*

Prof. Celico, ci descriva l'approccio che ha portato il suo gruppo a essere così forte nell'attrarre attenzione e finanziamenti per la tutela delle acque sotterranee.

L'approccio, basato su interdisciplinarietà e condivisione, nasce dalla volontà di analizzare compiutamente la complessità dei fenomeni naturali - e l'impatto delle attività antropiche su di essi - attraverso lo studio approfondito non solo delle singole componenti abiotiche e biotiche dell'ambiente, ma soprattutto delle interazioni tra le componenti stesse.

Nell'ambito della ricerca applicata e industriale, siamo stati individuati da grandi aziende - tra cui Eni, Enel, Thyssenkrupp - come interlocutori privilegiati per affrontare e risolvere problemi complessi legati alla tutela dell'ambiente e delle risorse idriche. Recentemente ci siamo aggiudicati gare del valore di diversi milioni di euro bandite da Eni per studi ambientali in aree di giacimento ed in siti contaminati. Questo successo, oltre al prestigio e alla ricaduta in termini economici, ha configurato l'Università di Parma quale primo ateneo

italiano in grado di aggiudicarsi dei contratti che sono stati finora appannaggio di sole società private.

Qual è la situazione oggi della Pianura Padana in termini di qualità delle acque sotterranee? Esiste uno spazio di partecipazione alle politiche locali e regionali in questo ambito?

In Pianura Padana, come nelle aree appenniniche, le acque sotterranee sono in alcuni casi caratterizzate da fenomeni di contaminazione o da concentrazioni piuttosto elevate di alcuni analiti, per cause che possono essere di origine naturale o antro-



figura 1. Attività di campionamento nei pressi di una sorgente caratterizzata dalla presenza naturale di idrocarburi. Questa attività è parte dello studio finalizzato all'identificazione di batteri utilizzabili nell'ambito della bonifica di acquiferi contaminati.

pica (figura 1). Nel corso degli anni abbiamo messo le nostre conoscenze e la nostra esperienza a disposizione degli enti pubblici coinvolti nei processi decisionali, anche siglando appositi accordi di collaborazione. Auspicio tuttavia un coinvolgimento sempre maggiore della scienza, e segnatamente della nostra università, nella definizione delle politiche locali e regionali in questo ambito.

Il problema della tutela delle acque sotterranee non è però di natura locale.

La natura sovranazionale di alcuni bacini idrogeologici rende estremamente importante la collaborazione e la condivisione di dati, di strategie e di soluzioni progettuali ad ampio spettro. Anche per questo motivo il nostro gruppo ha sviluppato e sviluppa le proprie ricerche nell'ambito di diversi progetti europei (figura 2).

Credo che la vostra attività scientifica abbia anche una dimensione internazionale, vero?

Si esatto. Recentemente siamo stati scelti, insieme con una società di Ingegneria di Sydney (Ecoseals Development Pty Ltd), da un ente acquedottistico del New South Wales per affrontare un problema per il quale non avevano precedentemente identificato soluzioni efficaci. Vorrei ricordare anche lo studio idrogeologico effettuato nell'area di confine tra

Striscia di Gaza ed Israele, in uno scenario dove le questioni sulle risorse idriche sotterranee acquistano risvolti geopolitici che aggiungono complessità agli aspetti meramente scientifici. E infine, l'impegno del nostro gruppo nello sviluppo di ricerche *pro-bono* in Africa e in America Latina, insieme con Onlus, ONG e istituzioni locali.

Dal punto di vista della disponibilità delle risorse idriche sussiste solo un problema qualitativo o anche quantitativo? Quanto incidono i cambiamenti climatici in atto?

I cambiamenti climatici possono incidere negativamente sulla disponibilità di risorse idriche sotterranee utilizzabili a scopo potabile, irriguo e industriale, con conseguenti impatti negativi anche sulla produzione e la trasformazione degli alimenti. Questo tema, di rilievo internazionale, è particolarmente delicato in una regione come l'Emilia-Romagna famosa nel mondo per i suoi prodotti alimentari. In nostri studi dimostrano che i cambiamenti climatici possono incidere negativamente anche sulla qualità delle risorse idriche sotterranee, sia attraverso un progressivo incremento delle concentrazioni di alcuni analiti, sia attraverso un incremento della frequenza di episodi di contaminazione, laddove quest'ultima si manifesta in modo discontinuo nel tempo (figura 3).



figura 2. Attività di misura all'interno di un corso d'acqua. Questa attività è parte dello studio finalizzato alla disamina dei rapporti di interazione tra corpi idrici sotterranei e corpi idrici superficiali, in acquiferi caratterizzati da contaminazione da nitrati.

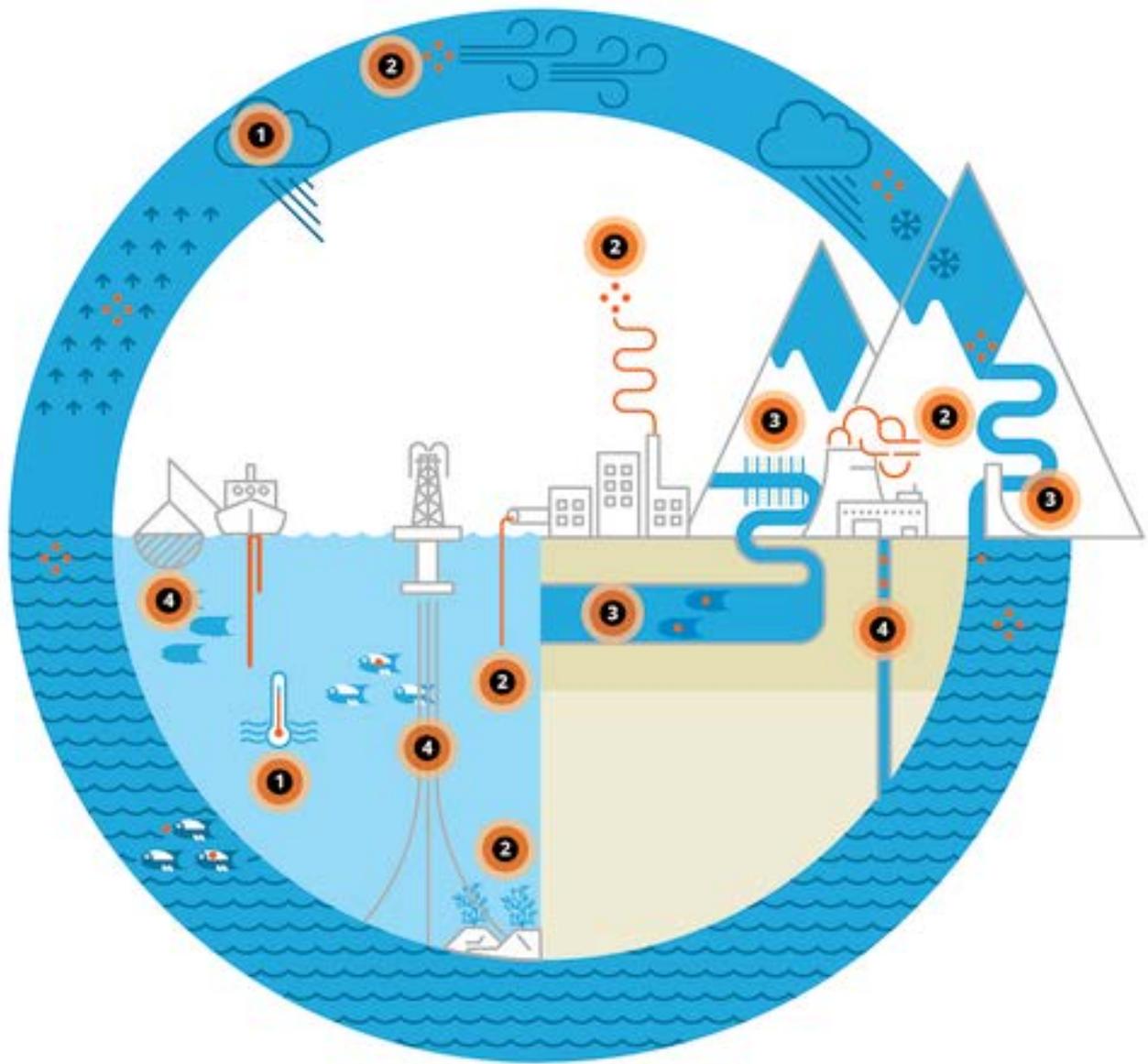
Qual è il ruolo dell'idrogeologo in uno scenario così complesso?

In un simile scenario, quando l'oggetto principale dello studio ruota intorno al reperimento, alla gestione ed alla protezione delle risorse idriche sotterranee, l'idrogeologo diventa una sorta di regista: deve ottimizzare il contributo di esperti delle altre discipline per giungere alla corretta e completa disamina di un problema, nonché alla successiva identificazione della soluzione progettuale. È



figura 3. Attività di campionamento a valle idrogeologica di una raffineria. Questa attività è parte dello studio della biodiversità e della qualità biologica della porzione insatura dell'acquifero costiero.

Water cycle — Main issues affecting water quality and quantity



- 1 Climate change 2 Pollution 3 Physical alteration 4 Over exploitation

Source: EEA Signals 2018.

figura 4. Visione schematica delle pressioni antropiche che possono depauperare e/o deteriorare le risorse idriche.
HYPERLINK: <https://www.eea.europa.eu/signals/signals-2018-content-list/infographic>

“La modellazione numerica e lo studio dei siti contaminati”

Un contributo fondamentale agli studi sulla tutela delle acque sotterranee viene dal lavoro di ricerca dell'Ing. Andrea Zanini del Dipartimento di Ingegneria e Architettura, esperto in modellazione numerica dei fenomeni di flusso e trasporto di inquinanti nelle falde acquifere. “Da oltre 15 anni – spiega Zanini - faccio parte del gruppo di ricerca del Dipartimento di Ingegneria e Architettura, coordinato dalla Prof.ssa Tanda, che si occupa di studiare vari aspetti dell'idrologia delle acque sotterranee, e da quasi 10 anni collaboro con il Prof. Celico per quanto riguarda lo studio dei siti contaminati. Nell'ambito della ricerca, negli ultimi anni, abbiamo studiato i fenomeni di inquinamento delle acque sotterranee e sviluppato nuove tecniche di identificazione della posizione della sorgente di contaminante per supportare il principio di chi inquina paga. Inoltre, abbiamo sviluppato e applicato nuove metodologie per la stima dei parametri idraulici degli acquiferi. Parametri di fondamentale importanza per conoscere la velocità dei fenomeni di inquinamento, i tempi di trasferimento e quantificare le risorse idriche disponibili”. Al fine di applicare queste tecniche a casi reali il team ha costruito, mediante l'uso di software specializzati, modelli numerici di acquiferi più o meno complessi. “La modellazione numerica è un processo articolato che ha bisogno di solide basi geologiche e idrogeologiche; per questo, la sinergia con il gruppo di lavoro del Prof. Celico è stata e resta vitale per raggiungere risultati di alto livello. Dall'inizio della nostra collaborazione abbiamo costruito diversi modelli, su diverse scale e con obiettivi differenti, che hanno permesso di approfondire le conoscenze su specifiche problematiche. Per esempio, abbiamo utilizzato modelli numerici per: progettare e gestire opere di bonifica sia su piccola che larga scala; delimitare aree di salvaguardia; determinare bilanci idrici di bacini di acque minerali”. Uno sbocco di queste applicazioni è stata una convenzione con il Comune di Parma, nell'ambito del progetto europeo AMIIGA finanziato nel programma INTERREG CE. “La convenzione ha avuto come obiettivo lo sviluppo di un modello numerico della falda superficiale dell'acquifero parmense e lo studio dell'evoluzione di una contaminazione da solventi clorurati. Il progetto e la convenzione si sono conclusi recentemente con ottimi risultati”. Il gruppo di ricerca è stato recentemente finanziato dal programma europeo PRIMA (Partnership for Research and Innovation in the Mediterranean Area) per sviluppare un progetto di gestione innovativa e sostenibile delle risorse idriche sotterranee (InTheMed - Innovative And Sustainable Groundwater Management In The Mediterranean).

importante allora che sviluppi una visione interdisciplinare (figura 4).

Crede che gli attuali percorsi formativi siano adeguati per formare laureati capaci di affrontare problematiche così complesse?

In questo momento il nostro gruppo è coinvolto nei progetti di revisione, riqualificazione, ampliamento e internazionalizzazione di alcuni corsi di laurea, soprattutto magistrali, ad esempio “Scienze e Tecnologie per l'Ambiente e le Risorse” e “Scienze

Geologiche applicate alla Sostenibilità Ambientale” (figura 5). A titolo esemplificativo, mi soffermo sul primo tra i corsi di laurea citati, perché il progetto didattico è in fase già molto avanzata ed è sfociato anche nell'istituzione di due curricula, di cui uno incentrato su “Tutela delle acque e bonifica di siti contaminati” ed un altro incentrato su “Tutela e valorizzazione del capitale naturale”.



figura 5. Attività didattica effettuata all'interno del Laboratorio di Idrogeologia del Plesso di Scienze della Terra. Questa attività di laboratorio è finalizzata alla simulazione della migrazione di contaminanti idrovelicolati in mezzi porosi ed è rivolta contemporaneamente a studentesse e studenti dei Corsi di Studio magistrali in Scienze Geologiche applicate alla Sostenibilità Ambientale, Scienze e Tecnologie per l'Ambiente e le Risorse, Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio.

Il gruppo di ricerca

Area Scienze della Terra:

Fulvio Celico, Alessandro Chelli, Roberto Francese, Paola Iacumin, Giovanni Leonelli, Matilde Malerba, Emma Petrella, Sara Remelli, Pietro Rizzo, Edoardo Severini.

Area Scienze Biologiche:

Marco Bartoli, Rossano Bolpagni, Cristina Menta, Anna Maria Sangelantoni, Giovanna Visioli

Area Scienze Chimiche:

Federica Bianchi, Claudio Mucchino

Area Ingegneria Civile e Architettura:

Andrea Segalini, Roberto Valentino

Area Scienze Fisiche:

Alessandra Feo

RIGENERAZIONE URBANA E ADATTAMENTO AL CAMBIAMENTO CLIMATICO NELLA CITTÀ CONSOLIDATA



Michele Zazzi

Gli obiettivi 11 (Rendere le città e gli insediamenti umani inclusivi, sicuri, duraturi e sostenibili) e 13 (Adottare misure urgenti per combattere i cambiamenti climatici e le sue conseguenze) dell'Agenda 2030 per lo sviluppo sostenibile approvata dalle Nazioni Unite impongono un nuovo modo di governare le trasformazioni urbanistiche delle nostre città. Nel mondo delle economie sviluppate, significa, innanzitutto, attivare profondi processi di rigenerazione della città esistente. La tipica città italiana si caratterizza per la dialettica tra due elementi dominanti: la permanenza di nuclei antichi, oggetto di conservazione, e l'espansione urbana dei primi decenni del dopoguerra, generalmente di carente qualità insediativa. È questa porzione della città, in particolare quella costruita tra gli anni Cinquanta e Settanta, a mostrarsi inadatta di fronte ai principali fenomeni ascritti al cambiamento climatico: l'aumento dell'intensità delle precipitazioni piovose e le isole di calore. Su questi temi il gruppo di ricerca degli urbanisti dell'Università di Parma è attivo da diversi anni.

Prof. Zazzi, da anni il vostro gruppo di ricerca si occupa di rigenerazione urbana nella città media, ci spieghi quali sono le vostre principali linee di ricerca.

Assieme al collega Paolo Ventura ho ritenuto importante concentrare l'attenzione sulla città media. Una dimensione non semplice da definire ma alla quale sicuramente appartengono Parma e le altre città emiliane. L'urbanistica è disciplina fortemente condizionata dal contesto sociale, economico, ambientale nel quale si applica. Parma è, quindi, diventata il laboratorio naturale nel quale sviluppare le nostre attività di ricerca. Tali attività si sono concentrate prevalentemente sulla periferia urbana, cercando di definire criteri e metodi per affinare i processi di rigenerazione urbana in relazione alle diverse parti che la compongono, con piena consapevolezza – potrei dire di carattere quasi “filologico” – dei processi

generatori che ne hanno determinato la realizzazione. All'attenzione per i modi che hanno connotato la pianificazione della grande espansione urbana del Secondo dopoguerra, abbiamo sempre affiancato l'approfondimento della dimensione ambientale dei processi di trasformazione urbana, oggi identificabile nelle misure e nelle tecniche di adattamento al cambiamento climatico.

Un approccio differenziato ai processi di rigenerazione urbana nello spazio pubblico e privato della città appare indispensabile nel vostro lavoro. Ci può illustrare meglio il campo di azione e le interazioni con il territorio?

Come anticipato, la ricerca sulla rigenerazione urbana richiede approcci differenziati per le diverse parti che connotano la città esistente. Sono tre i fenomeni principali che hanno caratterizzato la nascita della periferia urbana e che, a nostro avviso,

richiedono oggi azioni differenziate. Una prima azione riguarda l'intervento sui quartieri di edilizia residenziale pubblica, esito dapprima dell'applicazione della Legge “Fanfani” finalizzata alla realizzazione di case per lavoratori mediante la Gestione INA-Casa (1949-1963) e successivamente della realizzazione dei piani di edilizia economica popolare (PEEP) da metà anni Sessanta in poi, per i quali si è proposto un approccio di “rigenerazione conservativa”. Una seconda azione concerne i quartieri per le attività produttive, la cui evoluzione è stata spesso descritta mediante l'arguta definizione di “riuso senza riqualificazione”. Infine, una terza azione coinvolge i quartieri della lottizzazione residenziale di iniziativa privata, forse i più negletti nell'attenzione dei ricercatori a causa delle difficoltà nel trovare affidabili principi di efficacia degli interventi ipotizzabili.

Come pensate si possa, o si debba, dar seguito a queste linee d'azione?

Per dare consistenza alle tre linee di ricerca abbiamo sempre ritenuto necessario coinvolgere i soggetti direttamente coinvolti: le amministrazioni comunali per la ricerca sui quartieri di edilizia residenziale pubblica e, più in generale, per l'esigenza di ordinare una ricca documentazione archivistica sugli strumenti di pianificazione della città; le associazioni di categoria, per il paziente lavoro di analisi e proposta sui quartieri artigianali; le associazioni dei costruttori edili, per una sperimentazione sulla rigenerazione sostitutiva dell'isolato urbano delle lottizzazioni degli anni Cinquanta e Sessanta. Queste attività, che si sono svolte per circa un decennio e che sono tuttora in corso in alcune città emiliane, ci hanno permesso di ottenere esiti con elementi di generalità non consueti nella ricerca urbanistica, che hanno conseguito riconoscimenti in sedi di confronto anche internazionali.

La città contemporanea sta rigenerandosi ponendo maggiore attenzione ai cambiamenti climatici e alla sostenibilità. Ci può parlare della vostra attività di ricerca riguardo a questi aspetti?

Il tema del cambiamento climatico, nonostante le acquisizioni scientifiche e l'inserimento nei diciassette obiettivi dell'Agenda 2030 per lo sviluppo sostenibile citata in precedenza, rimane una questione molto dibattuta, che fatica a essere pienamente considerata nei processi decisionali inerenti alle trasformazioni del territorio. La nostra ricerca pone enfasi sull'esigenza di una migliore conoscenza di tali fenomeni in ambito urbano e sui modi più opportuni per rendere maggiormente efficaci gli strumenti di pianificazione della città e del territorio. L'intensificarsi dei fenomeni meteorologici ci obbliga ad affrontare situazioni ormai note, ma per i quali la città contemporanea non sembra essere pienamente attrezzata. Nel quadro ampio delle prerogative della ricerca urbanistica, il nostro gruppo di lavoro ha deciso di concentrare l'attenzione sul rischio da isola di calore per le fasce di popolazione più sensibili e, più recentemente, sul tema della "de-sigillazione" - o de-sealing - dei suoli urbani.

L'attenzione per la gestione delle criticità conseguenti all'intensificarsi delle isole di calore in ambito urbano è un tema centrale della vostra attività di ricerca. Ci può illustrare le collaborazioni in corso e i principali risultati ottenuti fino a ora?

Le isole di calore sono un fenomeno conosciuto e prevalente delle città di dimensioni significative in quanto il surriscaldamento dipende dalle caratteristiche termiche e radiative delle superfici artificiali, spesso sfavorevoli in contesti di elevata urbanizzazione. Infatti, le superfici degli edifici e delle infrastrutture della città assorbono calore con

facilità e non consentono un'adeguata traspirazione ed evaporazione del terreno e delle masse verdi. Spesso, in ambito urbano, questo fenomeno si accompagna alla carenza di aree verdi, altrettanto importanti per la regolazione del microclima locale. La nostra ricerca sulle conseguenze degli effetti delle isole di calore nella periferia urbana si è consolidata con un dottorato di ricerca svolto da una funzionaria del Comune di Parma presso il Dipartimento di Ingegneria e Architettura a testimoniare l'interesse comune delle due istituzioni. Questa attività ha visto il coinvolgimento di altri enti di ricerca tra cui, in

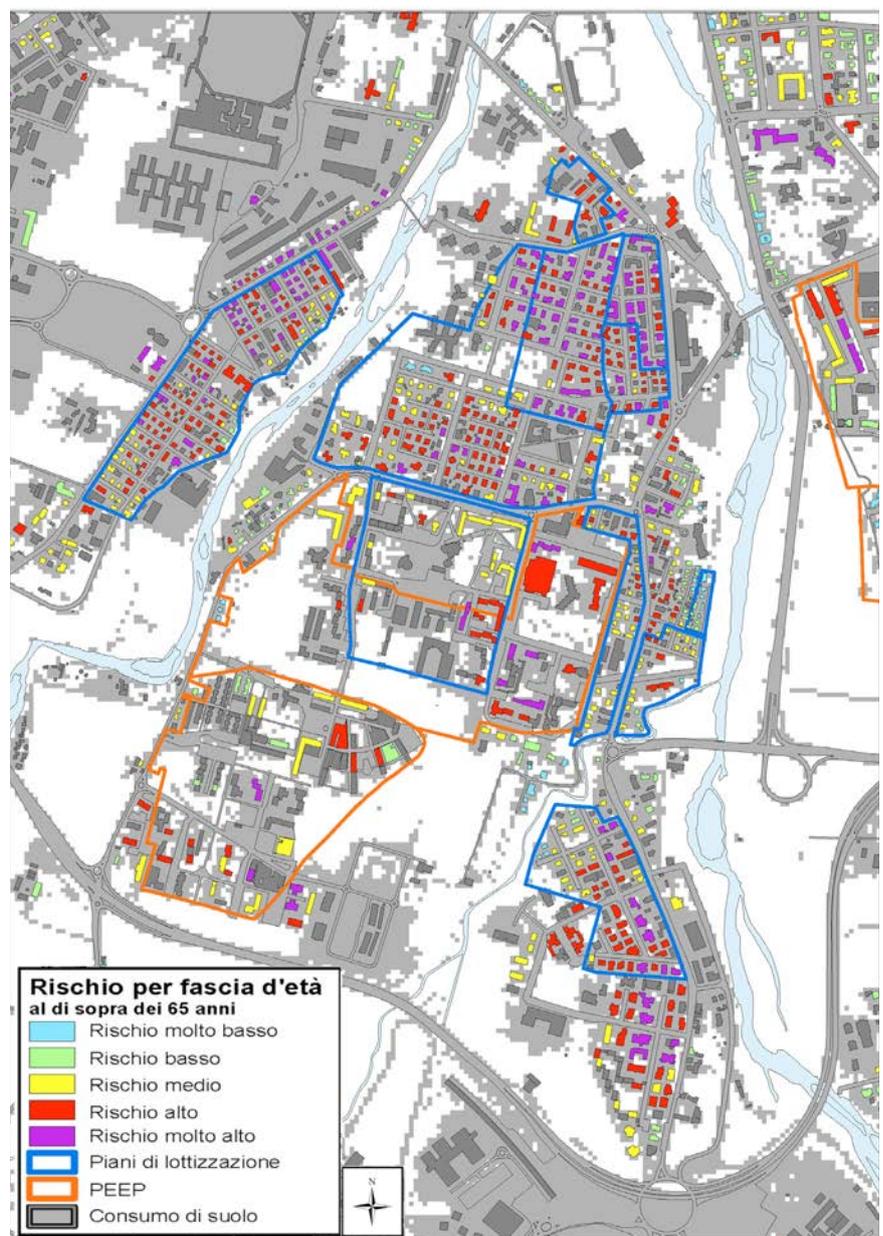


figura 1. Rischio da isola di calore per la popolazione con età superiore ai 65 anni, Quartiere Montanara in Parma. I colori degli edifici, dall'azzurro al viola, indicano l'aumentare dei livelli di rischio; le linee blu e rosse individuano, rispettivamente, i perimetri degli originari piani di lottizzazione residenziale e INA-Casa nonché dei piani di edilizia economica e popolare (PEEP) (elaborazione di Patrizia Rota)



figura 2. Esempificazione di interventi per l'adattamento al cambiamento climatico nel Quartiere PEEP Montanara in Parma (elaborazione di Patrizia Rota).

primis, le sedi di Firenze e di Bologna dell'Istituto di Biometeorologia del Consiglio Nazionale delle Ricerche, e successivamente il Centro di Bioclimatologia dell'Università di Firenze, l'Istituto superiore per la protezione e la ricerca ambientale (ISPRA) e il Dipartimento di Architettura e Design dell'Università La Sapienza di Roma. Gli esiti della ricerca hanno riguardato dapprima la realizzazione di una mappa del rischio da isola di calore per l'intera città di Parma, uno dei primi, se non il primo, risultato per rilevanza nel quadro italiano (figura 1). Questa mappa ha permesso di valutare il rischio da esposizione a temperature elevate per la popolazione fragile (i bambini e gli anziani)

residente nei singoli edifici della città. Dal punto di vista scientifico è però di maggior interesse la dimostrazione della relazione causale tra variazione termica superficiale, impermeabilizzazione dei suoli e morfologia dei tessuti urbani: un alto grado di impermeabilizzazione modifica il microclima urbano e, per la prima volta con questa sistematicità e generalità, lo studio per Parma e gli approfondimenti specifici per i due quartieri residenziali Montanara e San Leonardo ne hanno quantificato l'influenza sulla temperatura superficiale in prossimità degli edifici residenziali. La mappa del rischio può diventare allora uno strumento prezioso per selezionare le azioni di piano e le

simulazioni progettuali prioritarie per contrastare l'intensificazione crescente del fenomeno (figura 2).

Ha menzionato in precedenza un secondo campo di attenzione per quanto attiene alle tecniche di contrasto al cambiamento climatico in ambito urbano richiamando interventi di "de-sigillazione" dello spazio pubblico impermeabilizzato. Ci può dire qualcosa di più?

Il nostro obiettivo al riguardo consiste nell'avviare una riflessione su nuove pratiche di rigenerazione urbana finalizzate alla promozione di un programma sistematico di "de-sigillazione" di aree attualmente impermeabilizzate in maniera ecces-

Offerta formativa e ricerca universitaria

Dall'anno accademico 2013-2014, su proposta del prof. Paolo Ventura, professore ordinario di Tecnica e pianificazione urbanistica oggi in quiescenza, l'Università di Parma ha attivato un Master europeo di II livello in "Rigenerazione urbana. Tecniche di analisi per la protezione e la riqualificazione dell'ambiente costruito", svolto in collaborazione con la Universidad Politécnica de Madrid e presieduto attualmente dal prof. Michele Zazzi. Questa attività di didattica specialistica ha costituito nel corso del tempo un'ulteriore occasione per qualificare la ricerca universitaria secondo un fertile scambio di esperienze con i numerosi soggetti interessati alla trasformazione urbana, assicurando, nel contempo, la formazione di figure professionali con alte competenze nella pianificazione e gestione della città contemporanea.

Ulteriore occasione di trasferimento degli esiti delle ricerche è stato il Corso di perfezionamento su "Cambiamento climatico: opzioni di adattamento", che nell'anno accademico 2017-2018 ha per la prima volta affrontato in modo sistemico il tema delle soluzioni di adattamento al cambiamento climatico nell'ambito dei sistemi urbani, della salute e del benessere dell'uomo, degli ecosistemi naturali e dei sistemi rurali e produttivi.

siva rispetto alle esigenze (parcheggi, sedi stradali, spazi di stoccaggio), ma anche edifici di ampia superficie in stato di abbandono, mediante un metodico recupero di aree verdi permeabili in sostituzione degli spazi originari. Così facendo le nostre città potrebbero assicurarsi una migliore resilienza ai cambiamenti climatici e un generale miglioramento delle loro prestazioni ecologiche. Senza dimenticare – ricordando un insigne ecologo quale Valerio Giacomini – che un ecosistema funzionale ed efficiente è quasi sempre un ambiente di alta valenza estetica.

Si tratta di una linea di indagine avviata in tempi recenti e che nasce dalle seguenti osservazioni: la rapida urbanizzazione che ha interessato le nostre città negli ultimi decenni deve essere considerata responsabile di una continua trasformazione di spazi verdi in superfici artificiali; sono tuttavia molto carenti i rilevamenti sistematici del fenomeno alla scala del dettaglio urbano e la letteratura scientifica solo di recente ha cominciato a definire criteri rigorosi per ordinare tali dati. In collaborazione con il Comune di Parma abbiamo iniziato una campagna di rilevamento per diverse porzioni del territorio cittadino con il fine di definire un sistema informativo territoriale per lo spazio pubblico pavimentato, e cioè “sigillato”. Queste conoscenze, insieme alla definizione di priorità dell'intervento pubblico di “de-sigillazione” dello spazio pavimentato, permetterà di assicurare migliori azioni di contrasto all'intensificarsi dei fenomeni di

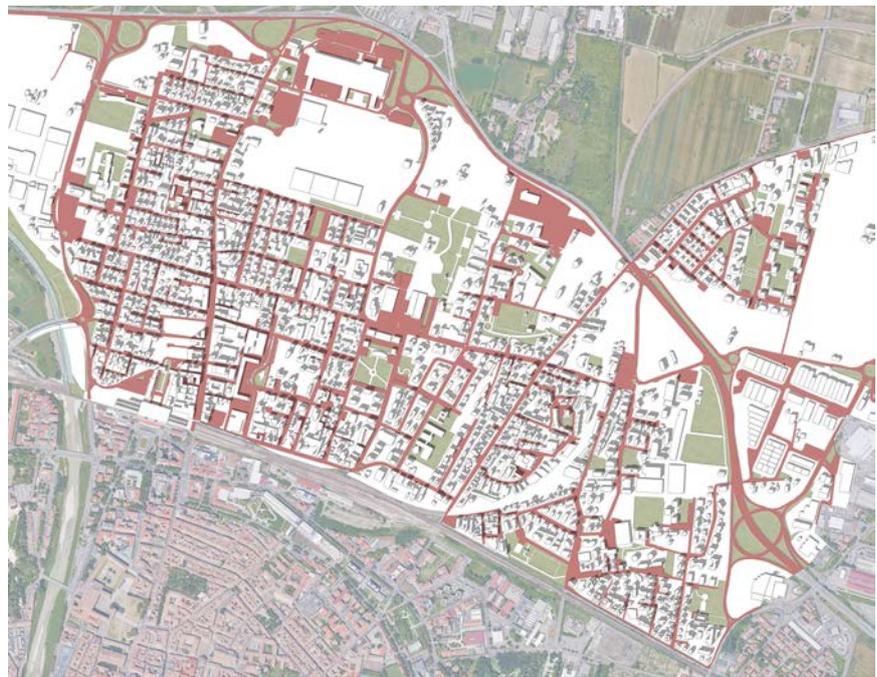


figura 3. Spazio pubblico impermeabilizzato, in rosso, e principali aree permeabili, in verde, nella zona Nord di Parma (elaborazione di Marianna Ceci e Luca Storchi).

pioggia, diminuendo la necessità di più costosi interventi sulle reti che assicurano il deflusso delle acque in ambito urbano (figura 3).

Parallelamente abbiamo avviato una collaborazione con il Comune di Modena per approfondire gli aspetti inerenti alla permeabilità del suolo nella regolamentazione delle trasformazioni edilizie e urbanistiche all'interno dei lotti di proprietà privata, con lo scopo di affinare un modello di intervento che tale amministrazione aveva già predisposto in attività precedenti.

La composizione delle due attività di ricerca permetterà di definire un quadro di criteri e azioni completo e

coerente per disciplinare e ordinare il complesso degli interventi di gestione delle acque superficiali, nell'insieme degli spazi urbani pubblici e privati.

Posso, quindi, risponderle con piena convinzione che l'interazione con i diversi attori che rivestono i principali ruoli nelle trasformazioni urbane, e particolarmente con le amministrazioni pubbliche, costituisce una delle principali garanzie per far sì che la ricerca universitaria possa produrre i suoi effetti nella prassi amministrativa dando particolare forza a quell'esigenza di considerare la città come autentico “laboratorio” di sperimentazione della nostra ricerca.

Progetti per il futuro: il ruolo del dottorato di ricerca

Le attività di ricerca menzionate in questo articolo si sono potute avvalere del contributo di un ampio gruppo di docenti, ricercatori, dottori e dottorandi di ricerca che attualmente sono impegnati nel Dipartimento di Ingegneria e Architettura della nostra Università: Paolo Ventura, Michele Zazzi, Barbara Caselli, Silvia Rossetti, Martina Carra, Alessandra Gravante, Patrizia Rota, Gloria Pellicelli, Giovanni Tedeschi, Marco Cillis, Isabella Tagliavini. È tuttavia di particolare rilevanza, rispetto ai temi trattati, la continuità virtuosa assicurata da alcune tesi di dottorato, svolte dapprima nel Dottorato in “Forme e strutture dell'architettura” e successivamente nel Dottorato in “Ingegneria civile e Architettura”, curriculum “Architettura e città”. Ci si riferisce, in particolare, alle ricerche di Alessandra Gravante su “Conoscere, conservare, rigenerare. Un archivio urbanistico per il PEEP di Parma” (ciclo XXVI) e di Patrizia Rota su “Una fragilità adattabile. Mappe climatiche e indirizzi urbanistici per la resilienza dei quartieri residenziali della città emiliana” (ciclo XXIX). Si tratta, in entrambi i casi, di funzionari tecnici direttivi del Comune di Parma che hanno scelto di svolgere una ricerca dottorale in ambito universitario secondo quello scambio virtuoso a cui ci si è riferiti in precedenza.

Le attività di ricerca nell'ambito del dottorato continueranno con le due tesi che si stanno avviando in questi mesi nell'ambito del XXXV ciclo: i due dottorandi sono Gloria Pellicelli, che tratterà del rapporto tra processi di rigenerazione urbana e innovazione tecnologica, e Giovanni Tedeschi, che si occuperà della definizione di strumenti di pianificazione per la trasformazione del verde pubblico urbano ai fini del contrasto al cambiamento climatico.

Brevi dalla nostra ricerca

A Paolo Giandebaggi la targa d'oro dall'Unione Italiana per il Disegno

Paolo Giandebaggi, docente del Dipartimento di Ingegneria e Architettura dell'Università di Parma, ha ricevuto la Targa d'Oro UID, prestigioso riconoscimento che viene conferito ogni anno a chi si è particolarmente distinto per l'attività nell'ambito disciplinare del Disegno. Il riconoscimento è stato consegnato in occasione del 41° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione - Congresso della Unione Italiana per il Disegno che si è svolto a Perugia in Settembre 2019

Approfondisci

Mingione e Del Rio tra i ricercatori più citati al mondo

Giuseppe Mingione, docente di Analisi matematica al Dipartimento di Scienze Matematiche, Fisiche e Informatiche, e Daniele Del Rio, docente di Alimentazione e nutrizione umana al Dipartimento di Scienze Medico-Veterinarie e Presidente della Scuola di Studi Superiori in Alimenti e Nutrizione sono stati nuovamente inseriti nella classifica "Highly Cited Researchers 2019" (HCR) stilata dal Web of Science Group - Clarivate Analytics.

Approfondisci

Susanna Esposito è una delle "Top Italian Women Scientists"

Susanna Esposito, Ordinario di Pediatria all'Università di Parma e Direttore della Clinica Pediatrica dell'Ospedale dei Bambini dell'Azienda Ospedaliero-Universitaria, ha ricevuto l'importante riconoscimento, nel corso dell'evento "Scienza e comunicazione", tenutosi a Milano il 29 gennaio 2020, con la menzione "per i traguardi raggiunti grazie a passione, tenacia, curiosità e forte spirito di sacrificio"

Approfondisci

A Davide Ferrari dottorando in Tecnologie dell'Informazione il premio "IBM Q Awards Circuit Optimization Challenge"

A lui un finanziamento di 4.000 dollari per il suo lavoro di ricerca nel campo dell'ottimizzazione di algoritmi quantistici (quantum circuit compilation) svolto nell'ambito della sua tesi di Laurea Magistrale in Ingegneria Informatica. Le competenze acquisite durante il corso di laurea e una successiva borsa di ricerca gli hanno permesso di sviluppare un compilatore di circuiti quantistici di tipo general purpose ritenuto meritevole del primo premio.

Approfondisci

Nuovo progetto di ricerca dell'Università di Parma sull'additive manufacturing

Nell'ambito del progetto H2020 "Structural Integrity and Reliability of Advanced Materials obtained through additive Manufacturing" - SIRAMM sono stati assegnati 800mila euro all'unità di ricerca coordinata da Roberto Brighenti del Dipartimento di Ingegneria e Architettura. L'obiettivo del progetto SIRAMM è quello di potenziare la ricerca scientifica nel settore della stampa 3D, tecnologia in forte crescita per la produzione di componenti plastici e metallici in differenti campi dell'ingegneria quali aeronautica, biomeccanica e automotive.

Approfondisci

Oltre un milione di euro a progetto di ricerca su nutrizione e prevenzione

I fondi arrivano dal Ministero delle Politiche Agricole Alimentari e Forestali - MIPAAF in cofinanziamento con La Joint Programming Initiative di Horizon 2020 R&I Programme. Il progetto è focalizzato sul ruolo che i composti fitochimici presenti negli alimenti di origine vegetale possono avere nella prevenzione delle patologie cronico-degenerative. L'Unità di Parma, coordinata da Daniele Del Rio, docente di Nutrizione umana al Dipartimento di Scienze Medico-Veterinarie, comprende diversi componenti del gruppo di Nutrizione umana. Del consorzio fanno parte anche prestigiose unità di ricerca europee ed extraeuropee.

Approfondisci

Studio dell'Università di Parma sulla realizzazione di dispositivi medici 5D con nano-particelle

È stato di recente pubblicato Nature-Scientific Reports uno studio coordinato dal Dott. Ruben Foresti in collaborazione coi proff. Claudio Macaluso, Michele Miragoli e Antonio Freyrie del Dipartimento di Medicina e Chirurgia e con altri docenti di UNIPR e di istituti cooperanti. Lo studio descrive una nuova metodica per realizzare oggetti 5D contenenti nano-particelle partendo direttamente dalla tomografia computerizzata del paziente, al fine di sviluppare nuove applicazioni che possano personalizzare i trattamenti con angioplastica percutanea delle arteriopatie. Questa ricerca permette di supportare i training pre-chirurgici e la fabbricazione di organi artificiali, avviando di fatto la transizione dalla Bionica alla Biologia sintetica (in linea con Industria 5.0).

Approfondisci

Studio del ricercatore Francesco Potì sulla prestigiosa rivista Leukemia

Per la prima volta è stato dimostrato il ruolo del recettore S1P3 della sfingosina 1-fosfato (S1P) nello sviluppo di alcune forme di leucemia mieloide acuta (AML). Lo studio coordinato da Francesco Potì, ricercatore della Sezione di Farmacologia del Dipartimento di Medicina e Chirurgia dell'Università di Parma, è stato pubblicato sulla prestigiosa rivista Leukemia nel Novembre 2019. Questa ricerca, durata più di cinque anni, è stata effettuata in collaborazione con l'Università di Modena e Reggio Emilia, ed altri tre centri universitari esteri specializzati nell'ematologia clinica e sperimentale, di Friburgo e Heidelberg, in Germania, e di Rotterdam, in Olanda.

Approfondisci

Prestigioso award della European Crohn's and Colitis Organisation al team di ricerca coordinato dai proff. Simona Bertoni e Marco Radi.

La European Crohn's and Colitis Organisation (ECCO), associazione internazionale da anni impegnata nell'assistenza dei pazienti con malattie infiammatorie croniche intestinali, ha assegnato a un team multidisciplinare dell'Università di Parma, coordinato dai docenti Simona Bertoni e Marco Radi del Dipartimento di Scienze degli Alimenti e del Farmaco, uno dei 12 awards concessi a livello europeo, per sviluppare un approccio terapeutico innovativo basato su piccole molecole di sintesi. Grazie alla sinergia tra l'Unità di Chimica farmaceutica diretta dal prof. Radi, deputata alla progettazione e sintesi di composti ad attività antagonista verso i recettori CCR6, e l'Unità di Farmacologia della prof.ssa Bertoni, impegnata negli studi pre-clinici di efficacia, si compirà un passo significativo verso la validazione di un target farmacologico originale.

Approfondisci

Su Nature Scientific Reports pubblicato uno studio sulla fuga per rotolamento della formica Myrmecina graminicola

La ricerca è stata condotta da un gruppo di Etologi guidato dai proff. Donato A. Grasso e Alessandra Mori del Dipartimento di Scienze Chimiche, della Vita e della Sostenibilità Ambientale.

Nell'articolo viene riportato il peculiare sistema di fuga adottato da una specie estremamente elusiva e criptica di formica, la Myrmecina graminicola, particolarmente piccola (lunga appena 3 mm) che vive nella lettiera dei boschi.

Approfondisci



UNIPR **Ricerca**



UNIVERSITÀ
DI PARMA

www.unipr.it