



UNIMORE

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI
MODENA E REGGIO EMILIA

SYMBOLS

N.2 GENNAIO/FEBBRAIO 2020



Mappa del numero

In questo numero sono illustrate le attività di ricerca svolte nei Dipartimenti di Ingegneria dell'Ateneo: Dipartimento di Ingegneria "Enzo Ferrari" a Modena e Dipartimento di Scienze e Metodi dell'Ingegneria a Reggio Emilia. Vederle tutte insieme può suscitare un positivo effetto di sorpresa. Alla parola 'ingegneria' spesso viene associata la fabbrica, la tecnologia, la produzione, il calcolo, la precisione, ma anche – nel senso comune – un tratto di rigidità... È questa una rappresentazione di certo riduttiva. C'è una parte creativa entusiasmante. Lettori e lettrici rimarranno sorpresi nel vedere come le attività di ingegneri e ingegnere siano molto variegate, ma tutte centrate sull'*essere umano*.

Ci sono attività, forse più tradizionali, che sono dedicate alla facilitazione della attività dell'uomo in una linea di produzione: l'ingegneria meccanica e quella gestionale progettano soluzioni per rendere il lavoro più umano e facilmente eseguibile, ma non solo; insieme ad altri ambiti (elettronico, informatico, dei materiali...) sviluppano nuove tecnologie per rendere i prodotti più resistenti e durevoli e a basso costo per permettere ad un più ampio insieme di esseri umani di potervi accedere.

L'ingegneria (civile, meccanica, gestionale, ambientale) si occupa anche di rendere più moderne le fabbriche sotto molti punti di vista. Oltre allo sviluppo di nuove metodologie di produzione, si occupano anche della gestione del processo di produzione e dell'immagazzinamento mettendo insieme le teorie più classiche con quelle più moderne, abilitate anche da nuovi strumenti di calcolo e di progettazione basati su software e sistemi elettronici in continua evoluzione: basti pensare ai nuovi veicoli nati dall'interazione tra meccanica e tecnologie Information Communication Technology (ICT) e con l'ambiente circostante.

L'ingegneria civile si occupa anche di progettare e costruire una fabbrica con strutture che siano resistenti anche alle forze della natura e adatte alle macchine da lavoro. L'ingegnere studia come rendere la produzione più sostenibile proponendo nuove soluzioni per sfruttare al meglio i prodotti durante tutto il loro ciclo di vita e curandone anche la rottamazione e il riciclo in modo compatibile con l'ambiente studiandone le proprietà

chimico fisiche e le variazioni durante tutte le fasi, utilizzando anche dati da rilevamenti ambientali.

L'ingegneria studia anche come rendere la vita dell'uomo più facile al di fuori della fabbrica. Partendo da dati ambientali, per esempio, fa ricerca per proporre modelli predittivi per riuscire a intervenire in maniera tempestiva rispetto a eventuali disastri: riattivando le linee di comunicazione, gestendo le procedure di supporto e recupero, analizzando tutte le possibili cause.

Le attività di ricerca degli ingegneri e delle ingegnere Unimore contribuiscono quindi alle attività umane. Ma esistono intere filiere di ricerca che coinvolgono ricercatori e ricercatrici del DIFE e del DISMI, che vedono l'essere umano non più come attore al centro di un mondo tecnologico e produttivo, ma come soggetto da studiare e da supportare con apparati che ne possano potenziare le attività: dal campo della biomedicina a quello della robotica, dalle tecnologie per interfacciare l'essere umano con le macchine ai sistemi multimediali.

In questo contesto si collocano le ricerche sull'intelligenza artificiale e quelle sullo sviluppo di sistemi elettronici neuromorfici che cercano di riprodurre il comportamento del cervello umano consumando pochissima energia. Ancora, la capacità di analizzare ingenti quantità di dati per estrarre informazione e apprendere nuove regole è un tema di ricerca molto attuale. Il contributo dell'ingegneria alle scienze mediche e alle scienze umane sta diventando sempre più dirompente e le nuove tecnologie abilitano un numero altissimo di applicazioni e innovative soluzioni per rispondere ad ogni nuova esigenza che possiamo immaginare: sensori avanzati per misurare parametri fisiologici, circuiti integrati per analizzare la composizione di fluidi, componenti con materiali impiantabili. I robot antropomorfi e i *chatbot* sono ormai una realtà presente nella nostra vita quotidiana, così come le auto a guida autonoma potrebbero diventarlo in un prossimo futuro nel nostro paese (nel mondo in alcuni stati e regioni circolano già), ponendo anche nuove sfide, da non sottovalutare, sul piano etico.

I contributi che compongono questo fascicolo mostrano, con efficacia, la grande creatività che anima la ricerca in ambito ingegneristico presso il nostro Ateneo.



Il futuro è già presente

Il Dipartimento "Enzo Ferrari" tra ricerca internazionale e innovazione per le imprese

di Massimo Borghi - Direttore del Dipartimento d'Ingegneria "Enzo Ferrari"



Ingegneria a Modena nel 2020 compie trent'anni. Il Dipartimento di Ingegneria "Enzo Ferrari" (DIEF), che ha ereditato il nome dalla Facoltà omonima, fa parte della Scuola di Ingegneria di Unimore e conta oggi 109 docenti e ricercatori, ed oltre 5.000 studenti. L'offerta formativa si articola in 7 corsi di laurea, 10 corsi di laurea magistrale, 3 corsi di dottorato di ricerca, tutti centrati su settori all'avanguardia nel campo dell'ingegneria: dalla meccanica al veicolo, dai materiali all'elettronica, dall'informatica alle strutture civili, dalle telecomunicazioni all'ambiente.

Riconoscendo il forte legame esistente tra ricerca di elevata qualità e attività formative in grado di generare cultura, sapere ed innovazione a favore dell'essere umano, della vita e dell'ambiente, il DIEF in questi ultimi anni ha attuato la propria politica favorendo interconnessioni tra le aree e rafforzando la propria presenza nelle reti e nei progetti di ricerca internazionali ed in quelli della Unione europea. È stato così favorito l'arrivo di nuovi docenti e ricercatori di provato talento per attivare o potenziare settori innovativi, a forte tasso di sviluppo, con l'intento di aggiornare e rigenerare continuamente le competenze attraverso la ricerca. Sono

così aumentati il numero e la qualità dei progetti derivanti da bandi di ricerca competitivi, nazionali ed internazionali ai quali il Dipartimento partecipa. Nell'ottica del miglioramento del dialogo con enti, istituzioni e partner industriali, recentemente il DIEF ha contribuito alla creazione della cosiddetta Motorvehicle University dell'Emilia-Romagna (MUNER), un'associazione sinergica tra più Università, la Regione Emilia-Romagna e le case automobilistiche che rappresentano l'eccellenza del "Made in Italy" automobilistico nel mondo e che sono radicate storicamente nel territorio in cui il Dipartimento si trova ad operare.

Negli ultimi anni l'offerta formativa si è perciò ampliata e modificata, con l'introduzione, a fianco dei corsi di studio più tradizionali, di corsi di laurea magistrale internazionali e/o interateneo, che rappresentano il potenziamento dell'offerta nel campo dell'Ingegneria del Veicolo, che sempre più contraddistingue il DIEF. I corsi di studio vengono così a beneficiare di conoscenze sempre aggiornate che attirano gli studenti, li appassionano e conferiscono loro una formazione robusta e duratura, molto apprezzata dal mondo del lavoro.

Di fondamentale importanza per il contributo alla ricerca applicata sono i Centri Interdipartimentali, ed in particolare quelli incardinati sul DIEF, quali AIRI (Artificial Intelligence Research and Innovation Center, naturale evoluzione con respiro sempre più internazionale del Softech), CRIS (Centro di ricerca interdipartimentale sulla Sicurezza e Prevenzione dei Rischi) e CRICT (Centro Interdipartimentale di Ricerca e per i servizi nel settore delle Costruzioni e del Territorio), oltre a INTERMECH-MORE (Centro Interdipartimentale per la Ricerca Applicata e i Servizi nel Settore della Meccanica avanzata e della Motoristica), tutti collocati all'interno del Campus DIEF.

Nel seguito del volume sono riportate, in maniera sintetica, ma esaustiva, le tematiche di ricerca caratterizzate da maggiore innovatività, insieme alla descrizione delle strutture laboratoriali nelle quali sono sviluppate. Esse fanno capo alle seguenti aree disciplinari: automotive, manufacturing, ingegneria e scienza dei materiali, dispositivi e sistemi elettronici e sensoristici, telecomunicazioni e controllistica, intelligenza artificiale, big data, cybersecurity e sostenibilità ambientale.

Brain-Inspired Computing: frontiera tra Elettronica e Neuroscienze

Le sinergie tra elettronica e neuroscienze guideranno la rivoluzione dell'Intelligenza Artificiale

Professor Francesco Maria Puglisi, è possibile replicare le singolari capacità del cervello umano e trasferirle ai sistemi elettronici?

Saremmo ottimisticamente tentati di dire sì, ma la domanda merita più attenzione. Di recente, risultati rilevanti in questo settore hanno permesso innovazioni straordinarie (come la vettura a guida autonoma), grazie alla possibilità, fino a pochi anni fa impensabile, di implementare nei sistemi elettronici algoritmi capaci di apprendere, in modo simile al cervello. Il risultato è straordinario, tanto che termini come “Intelligenza Artificiale” e “Sistemi Autonomi” sono sempre più diffusi anche tra i non addetti ai lavori. Tuttavia, i progressi nello sviluppo di tali algoritmi si scontrano con un prezzo troppo alto da pagare: l'energia richiesta dai computer per eseguire complesse elaborazioni in tempi ragionevoli.

Quindi, cosa manca all'Intelligenza Artificiale per innescare una vera rivoluzione “a tutto tondo”?

Lo sviluppo di algoritmi è fondamentale, ma la vera rivoluzione dell'intelligenza artificiale avverrà quando i computer saranno *strutturalmente* più simili al cervello, permettendo agli algoritmi innovativi di poter essere eseguiti in tempi rapidi e con poca energia. Attualmente, il computer più potente al mondo si avvicina alle prestazioni del cervello umano ma richiede, secondo stime ottimistiche, oltre 50000 volte più energia (ed occupa la superficie di due campi da basket). Affinché l'intelligenza artificiale diventi pervasiva c'è bisogno di ripensare l'hardware (i computer), non solo il software (gli algoritmi). Senza questa innovazione, l'intelligenza artificiale potrà arrivare ai dispositivi periferici solo con la trasmissione di enormi quantità di dati, a costi energetici esorbi-

tanti e in tempi troppo dilatati. Di recente, stiamo cercando, in sinergia con i colleghi neuroscienziati, di ripensare l'hardware grazie a dispositivi nano-elettronici innovativi, ispirandoci a neuroni e sinapsi. Su questo tema siamo anche coinvolti in un importante progetto di ricerca europeo iniziato a gennaio 2020: BEFERROSYNAPTIC.

Di cosa si occupa, in particolare, il progetto BEFERROSYNAPTIC?

È un progetto finanziato dalla Commissione Europea che si propone di integrare dispositivi nano-elettronici emergenti (basati su innovativi materiali ferroelettrici) in architetture di calcolo non convenzionali per realizzare un processore neuromorfico, in grado di elaborare l'informazione alla stregua del cervello umano, consumando pochissima energia. Vi partecipano undici tra centri di ricerca, Università ed industrie di massimo rilievo con sede in Germania (NaMLab, Università di Dresda, Centro di Ricerca “Helmholtz”, Università di Bielefeld, XFAB), Francia (CEA), Svizzera (IBM, Università di Zurigo, ETH), Grecia (Centro di Ricerca “Demokritos”) ed Italia (Consorzio Nazionale Interuniversitario per la Nanoelettronica – IU.NET – con l'Università di Modena e Reggio Emilia e l'Università di Udine).

Quali le competenze messe in campo e le iniziative intraprese dall'Università di Modena e Reggio Emilia in BEFERROSYNAPTIC?

Siamo coinvolti nella caratterizzazione elettrica e nella modellizzazione di dispositivi nano-elettronici ferroelettrici che costituiranno le “sinapsi elettroniche”, oltre che nello sviluppo di circuiti neuro-sinaptici. Ciò è possibile anche grazie alla dotazione strumentale all'avanguardia del Laboratorio Strumentazione del DIEF. Abbiamo già ottenuto signifi-

cativi risultati, testimoniati da una nutrita produzione scientifica, dalla pubblicazione sulla piattaforma www.nanohub.org del modello di un dispositivo neuro-sinaptico e dal deposito di un brevetto per un circuito innovativo da noi sviluppato. Inoltre, con i colleghi di dipartimento Prof. Pavan e Calderara, ed al Prof. Mapelli (Dipartimento di Scienze Biomediche, Metaboliche e Neuroscienze), abbiamo organizzato la prima edizione del “Brain-Inspired Computing Workshop” che ha visto la presenza di relatori di altissimo livello, riscuotendo notevole entusiasmo e promuovendo la creazione di un network nazionale di esperti. Stiamo ora organizzando la seconda edizione, con l'obiettivo di creare un evento di riferimento per la comunità scientifica italiana ed internazionale impegnata in queste tematiche.



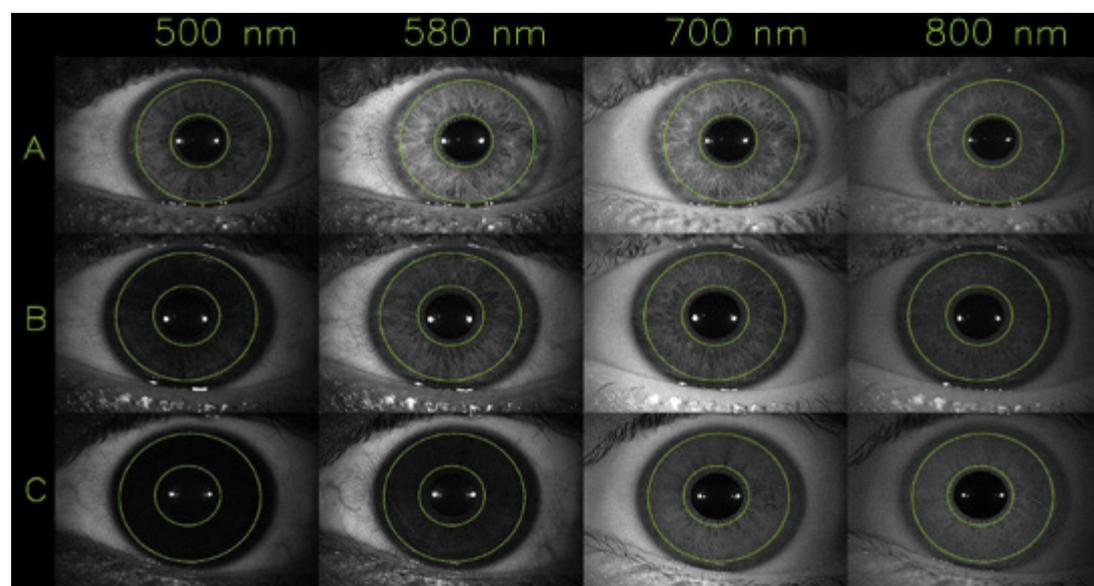
Strumentazione e Misure

Laboratori in rete per l'industria 4.0 ed il settore biomedicale

“La nostra attività di ricerca – spiega il Prof. Luigi Rovati – parte da competenze consolidate in ambito metrologico per sviluppare metodi di misura, sensori e strumentazione innovativa per applicazioni biomediche ed industriali”. In molti ambiti applicativi, infatti, sensori e tecniche di misura d'avanguardia rappresentano un fattore di primaria importanza per l'innovazione tecnologica. Le attività del gruppo di ricerca si focalizzano prevalentemente sulle misure in ambito automotive e biomedico sviluppando sensori e strumentazione innovativi e nuove metodiche di misura con particolare attenzione ai limiti prestazionali, alla valutazione dell'incertezza di misura, alle procedure di taratura sia statica sia dinamica.

La rete di laboratori

Il gruppo si avvale di più laboratori: il Laboratorio di Optoelettronica (OptoLab- Dipartimento di Ingegneria “Enzo Ferrari”), specializzato nella strumentazione optoelettronica; il Laboratorio di

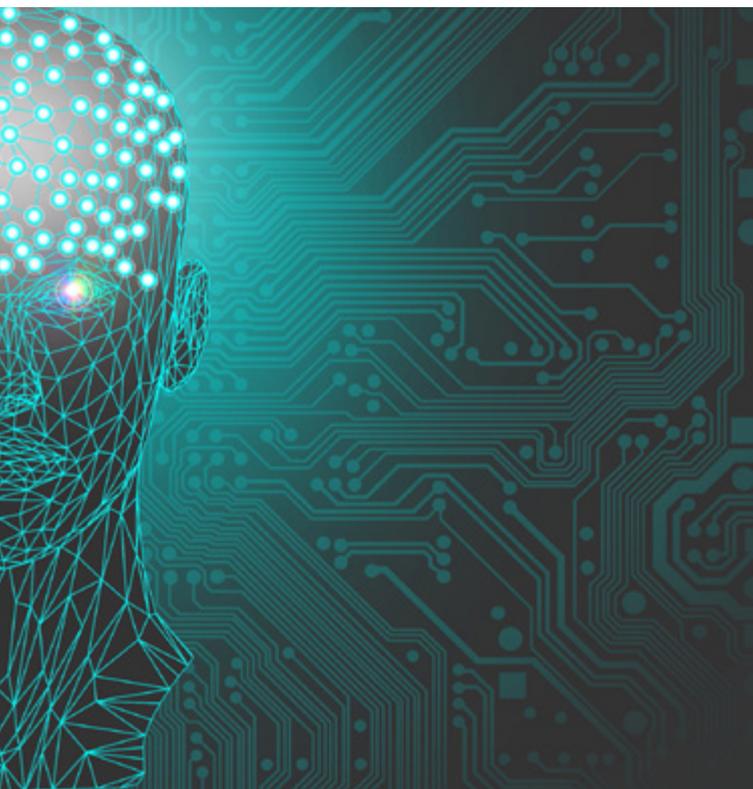


Automotive Sensors and Electronics (ASELab- Dipartimento di Ingegneria “Enzo Ferrari”), specializzato nello sviluppo e caratterizzazione di sistemi di misura in ambito automotive; il Laboratorio di Misure, Sistemi e Sensori (MS2Lab- Tecnopolo “Mario Veronesi” di Mirandola), dedicato allo sviluppo di strumentazione biomedicale con particolare riferimento ai sistemi di circolazione extracorporea; il Laboratorio di metrologia ottica (BrightLab- Tecnopolo di Reggio Emilia), specializzato nella caratterizzazione metrologica di sorgenti e rivelatori ottici. Tutte le informazioni sui laboratori sono disponibili al sito: www.misure.unimore.it.

Il laboratori sono dotati di molteplici strumenti d'avanguardia; tra questi, a titolo di esempio, val la pena citare il bioplotter, gli analizzatori di spettro per luce ultravioletta, visibile e infrarossa, la bondatrice, le sorgenti e strumentazione per misure di grandezze ottiche (LED, Laser, sfera integratrice, spettrogiometro, spettrometro, etc.), la termocamera, lo scanner 3D a luce strutturata, una stampante 3D, un cock-pit strumentato per la verifica funzionale di sensori automotive e un binario attrezzato con sistema interferometrico per la caratterizzazione metrologica di sistemi LiDaR.

Ricerca e innovazione

“Il nostro gruppo vuole essere attivo anche nell'ambito della ricerca applicata e della terza missione - prosegue il Prof. Rovati”. A titolo di esempio, abbiamo recentemente sottoposto una domanda di brevetto per un sensore innovativo per la misura in-linea del pH ematico durante circolazione extracorporea che vede come co-inventori Luca Accorsi, Stefano Cattini, Giorgio Mari, Luigi Rovati e Stefano Truzzi. Inoltre, il nostro primo strumento per l'analisi iperspettrale dell'iride, sviluppato in OptoLab, è attualmente in fase di validazione clinica presso la Fondazione Bietti di Roma. “Per tutte queste attività sono fondamentali le collaborazioni a livello nazionale ed internazionale che abbiamo e consolidato in questi decenni e che di recente ci hanno portato – conclude il Prof. Rovati – a partecipare ad un progetto con il Policlinico S. Matteo di Pavia e con la Fondazione Bietti di Roma, finanziato da Velux Stiftung, per lo sviluppo di nuovi metodi e strumentazioni per lo screening senza contatto del glaucoma ad angolo chiuso, e anche ad un progetto di ricerca NANOSSENS4LIFE finanziato nell'ambito del POR-FESR 2014-2020”.



Tutto sotto controllo

(e in ogni condizione)

La teoria dei controlli è l'ambito di ricerca di un nutrito gruppo di docenti presso il DIEF e Unimore. Essa contribuisce da almeno due secoli allo sviluppo di tecnologie nei più svariati settori. Il settore automobilistico è sicuramente tra quelli la cui evoluzione è stata maggiormente influenzata dai controlli automatici. Infatti, l'introduzione di attuatori elettromeccanici, ad esempio per lo sterzo e il cambio automatico, e la disponibilità di videocamere e nuovi sensori RADAR e LIDAR a basso costo hanno richiesto la presenza di un "collante": il sistema di controllo. È questo sistema che elabora le informazioni provenienti dai sensori e sfrutta gli attuatori per ottenere dal veicolo le prestazioni desiderate. Le decisioni prese dal sistema di controllo sono di fondamentale importanza e devono garantire il rispetto di vincoli precisi. Nel caso di un veicolo autonomo, ad esempio, si deve garantire come minimo la sicurezza dei passeggeri e delle persone circostanti, dando quindi priorità alle

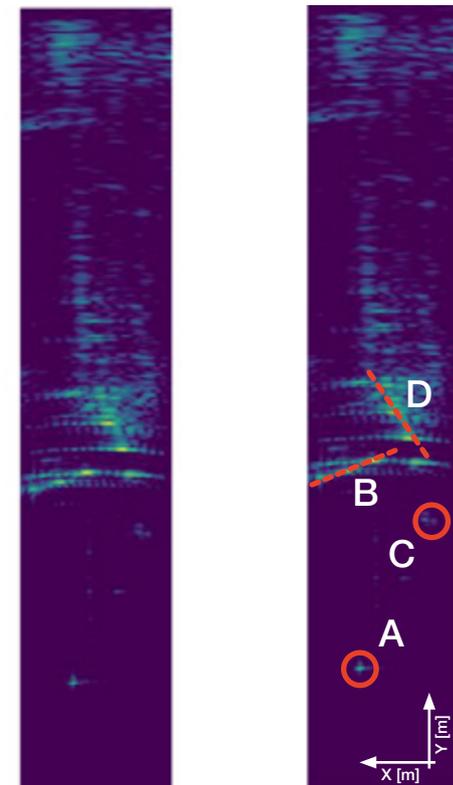
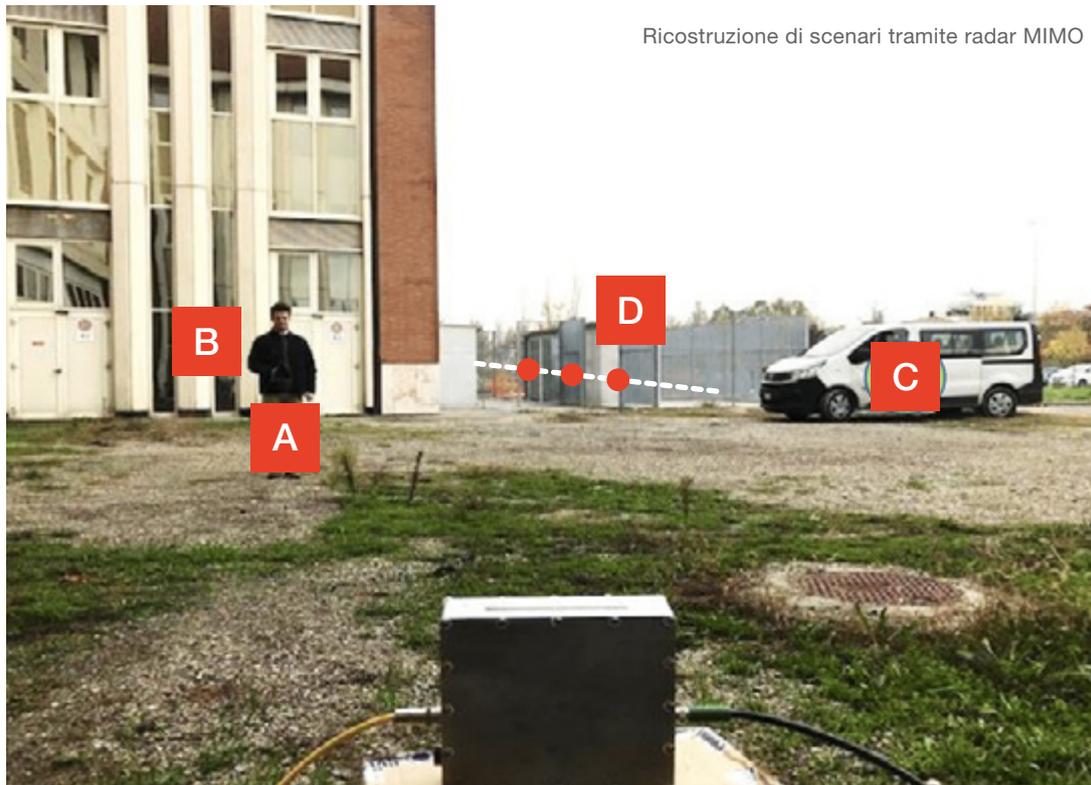


verifica della sicurezza in tutti gli scenari di guida. Questa verifica è più semplice se si adottano algoritmi di controllo che "impongono" la sicurezza, o che garantiscono altre proprietà del sistema utili a semplificare le successive fasi di verifica. È di questo che si occupa, tra l'altro, la teoria del controllo.

Come spiega il Prof. Paolo Falcone, recentemente trasferitosi al DIEF dall'Università svedese di Chalmers, garantire un'interazione sicura con le

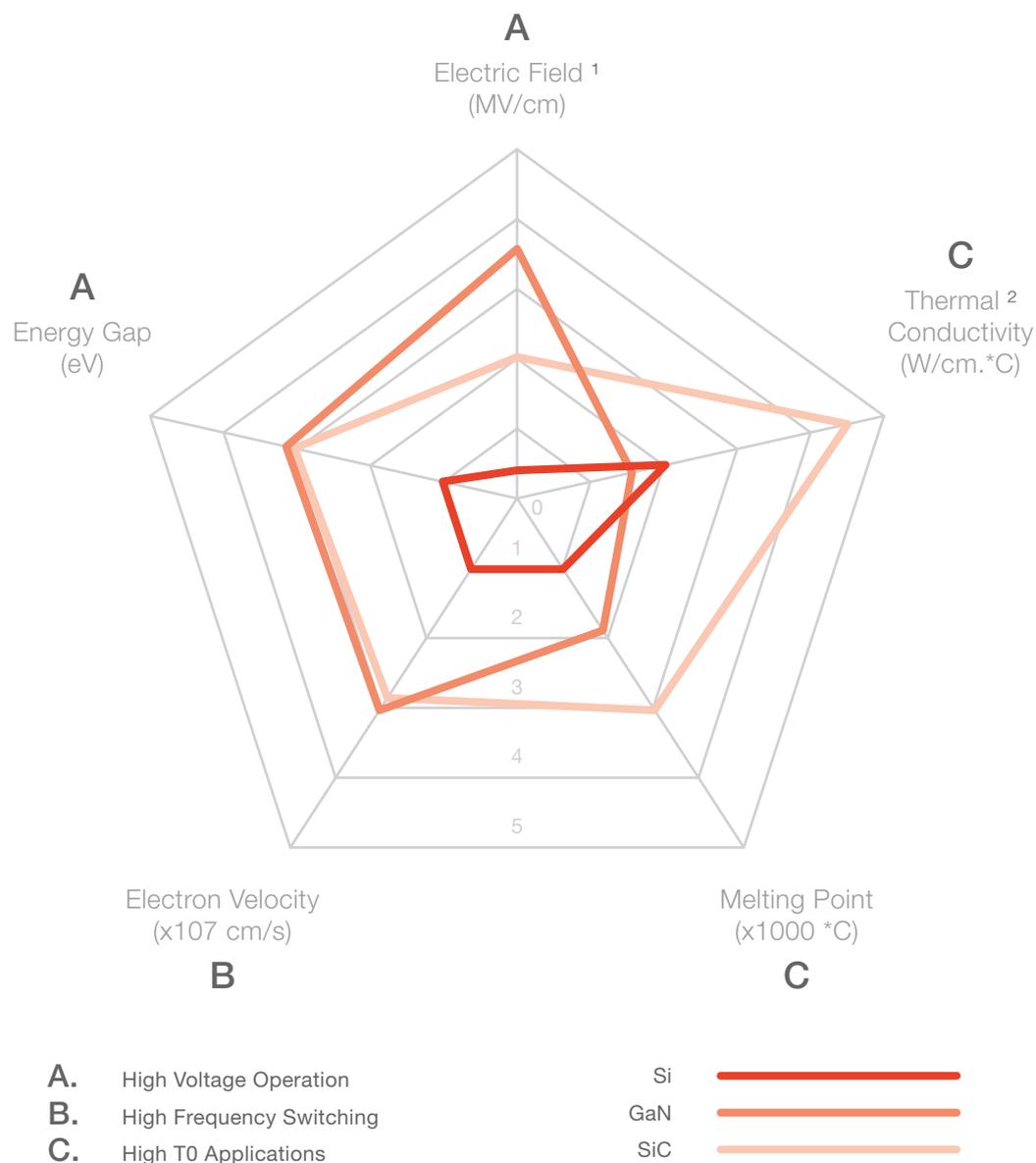


persone circostanti (pedoni, ciclisti, guidatori...) è una delle sfide più impegnative nella progettazione di algoritmi di controllo per la guida autonoma. Si pensi alla difficoltà di predire le intenzioni di un pedone nel traffico urbano, illustrata nell'immagine, e di usare le previsioni per pianificare il percorso del veicolo. Previsioni sbagliate potrebbero causare incidenti o, più probabilmente, cautele eccessive ed inaccettabili. In mancanza di modelli matematici per predire accuratamente il comporto-



Elettronica di potenza ad alta efficienza energetica

La necessità di ridurre i consumi di energia e migliorare l'efficienza dei sistemi elettronici è particolarmente sentita quando la potenza in gioco è elevata. Come superare i limiti delle tradizionali tecnologie in Silicio e consentire nuove applicazioni in settori strategici quali l'Internet of Energy, la comunicazione 5G, la mobilità sostenibile? La soluzione sta arrivando dallo sviluppo di dispositivi a base di nuovi semiconduttori quali il carburo di silicio (SiC) e il nitruro di gallio (GaN). I dispositivi in GaN consentono di trasmettere i segnali 5G con alta efficienza energetica, mentre quelli in GaN e SiC permettono importanti riduzioni delle dimensioni e dei costi dell'elettronica per la conversione dell'energia. Il Dipartimento di Ingegneria di Unimore è attivo da anni in questo campo, anche grazie alla disponibilità di un sofisticato sistema di misura load-pull a radiofrequenza installato presso il Laboratorio Strumentazione del DIFE. Il Prof. Alessandro Chini, che coordina la ricerca, è coautore di cinque brevetti rilasciati a livello europeo e USA, e al momento ha attivi ben tre progetti di ricerca con la Comunità Europea, l'Agenzia Spaziale Europea e il MIUR, oltre che collaborazioni con i gruppi industriali STMicroelectronics e Leonardo.



tamento dei pedoni nel traffico, si può pensare di ricorrere all'abbondanza di dati messa a disposizione da telecamere o reti cellulari di ultima generazione. Dati contenenti la posizione di pedoni, ciclisti e guidatori potrebbero essere utilizzati per impararne il comportamento e, successivamente, predirne i movimenti in situazioni simili.

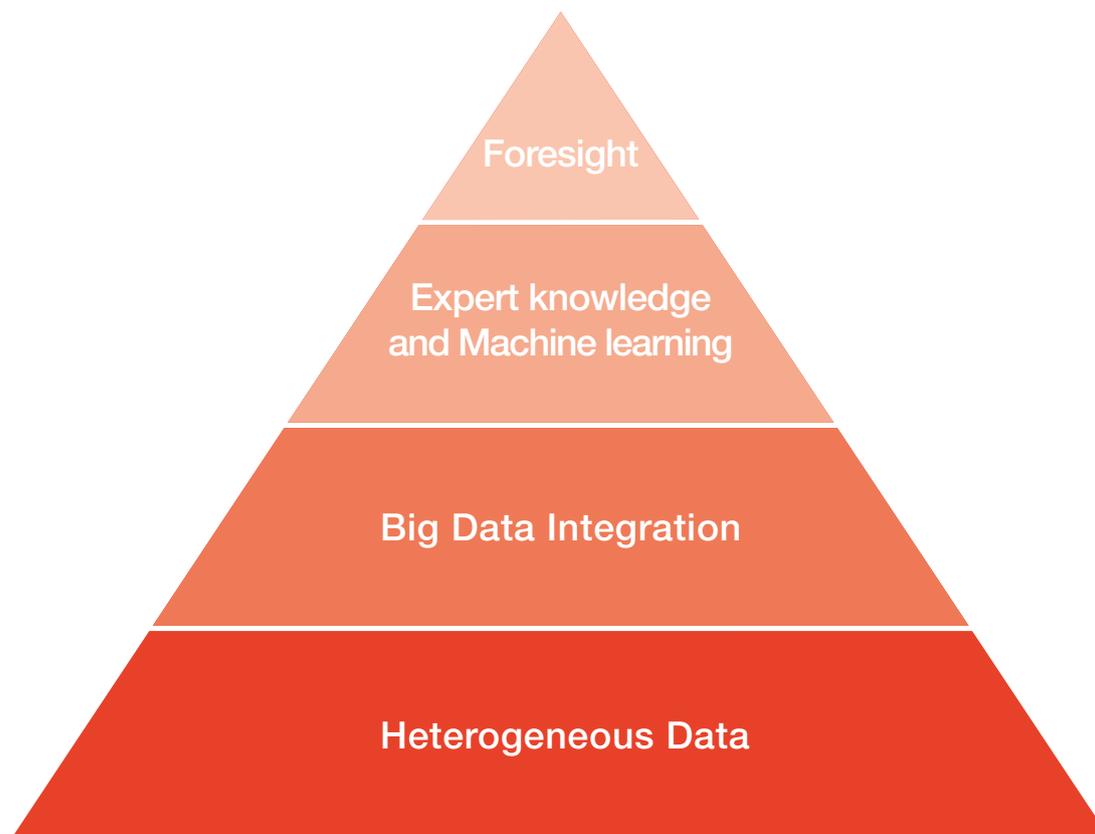
Il problema della predizione nella progettazione di sistemi di controllo è comune ad altri ambiti, ad esempio la robotica. Si va infatti diffondendo la coesistenza tra sistemi robotici eterogenei (bracci, piattaforme mobili, etc.) ed esseri umani, che supera la rigida divisione tra macchine e operatori tradizionalmente presente nell'industria. Di più, l'interazione tra operato-

ri umani e robot ha già superato lo stadio della semplice coesistenza e sta assumendo le forme di una vera e propria collaborazione con condivisione dello spazio e degli oggetti di lavoro.

Un modello statico dell'ambiente circostante non è però sufficiente per governare l'evoluzione nel tempo di un veicolo o di un robot. Predizioni accurate sono possibili soltanto se tutte le caratteristiche più rilevanti dello scenario vengono acquisite dinamicamente da un adeguato insieme di sensori affidabili, robusti e capaci di operare in qualunque condizione ambientale. "Un ruolo importante in questo ambito – spiega il Prof. Giorgio Vitetta – è svolto dai moderni dispositivi radar integrati che

operano ad altissima frequenza tramite una molteplicità di antenne per la trasmissione e la ricezione dei segnali radio (in breve, radar MIMO)". Questi nuovi componenti offrono il grande vantaggio, rispetto ad altre tecnologie, di poter operare anche in presenza di polvere, nebbia e pioggia; con i dati che essi forniscono si può dunque generare una rappresentazione affidabile, anche se meno dettagliata, dello scenario circostante. Facile immaginare che lo studio di come acquisire segnali e immagini con i radar MIMO sia di grande interesse anche per altri ambienti, ad esempio per quello dei veicoli agricoli. Non a caso il Prof. Vitetta collabora oggi su questo tema con la ditta CNH Industrial, leader mondiale del settore.

Estrarre Valore dai Big Data



Cosa sono i Big Data e la Data Integration:

Nell'ultimo decennio abbiamo assistito alla rivoluzione portata dai Big Data: imprese ed organizzazioni producono e memorizzano un'enorme quantità di dati su ogni aspetto delle loro attività. Questi dati vengono spesso conservati senza sapere in anticipo come utilizzarli per produrre valore. Si tratta di dati generati in formati differenti: dati strutturati relativi alle attività commerciali dell'azienda, *spreadsheets* e CSV prodotti da impiegati e analisti, dati semi-strutturati generati dai sensori o raccolti dal web, etc. Attraverso le tecniche sviluppate nell'ambito dell'area di ricerca dei Big Data si intende sfruttare pienamente il valore latente di questi dati per permettere un'analisi completa delle attività delle aziende e delle organizzazioni che li producono. L'integrazione di più sorgenti dati volu-

minose e fortemente eterogenee è fondamentale per estrarre valore. Di questo si occupa la Big Data Integration (BDI), l'ambito di ricerca principale del gruppo di ricerca database DBGroup coordinato dalla Prof.ssa Bergamaschi, dove da oltre 20 anni sono sviluppate tecnologie per supportare l'estrazione e l'integrazione di dati, utili alla generazione di nuova conoscenza.

La ricerca del DBGroup su Big Data Integration

L'attività del DBgroup su data integration vanta di un'esperienza pluridecennale sul campo ed emerge come uno dei punti di riferimento su territorio italiano ed internazionale per qualità dei prodotti di ricerca realizzati. Le attività spaziano in numerosi campi dal Healthcare, alla gestione dei dati industriali fino all'analisi di dati ambientali per il benessere dei cittadi-

MOMIS (Mediator EnviroNment for Multiple Information Sources)

È stato realizzato un sistema, MOMIS (Mediator EnviroNment for Multiple Information Sources), che usa tecniche semantiche, linguistiche e intelligenza artificiale per supportare l'utente nella realizzazione di una integrazione di sorgenti di dati eterogenee. Una versione open source di MOMIS viene distribuita da DataRiver, (www.datariver.it), una PMI innovativa, accreditata come laboratorio per l'innovazione nella ricerca della Regione Emilia Romagna, fondata nel giugno 2009 come Spin-Off dell'Università di Modena e Reggio Emilia dall'iniziativa di professori e ricercatori del DBGroup.

ni e alla promozione della cultura in contesto smart cities e digital humanities.

Tra queste attività spicca il progetto **Smart Health Care**, in collaborazione con DataRiver (www.datariver.it). Nel contesto sanitario, dove i dati provengono da diverse fonti molto eterogenee, le tecniche di Big Data Integration sono fondamentali per fornire una visione completa e sintetica delle informazioni sulla salute di un paziente o di una serie di pazienti selezionati. La successiva analisi applicata a tali Big Data sanitari integrati consente un monitoraggio diffuso per prevenire eventi clinici e pianificare trattamenti di assistenza personalizzati. L'Internet of Medical Things (IoMT) è l'insieme di dispositivi medici e applicazioni collegati ai sistemi IT sanitari, comprese quelle soluzioni che seguono i pazienti nei loro luoghi di vita, consentendo l'assistenza domiciliare e la telemedicina. DBGroup e DataRiver sono coinvolti in numerosi



Gruppo di ricerca del progetto TRAFair

progetti Smart Health Care per la ricerca e lo sviluppo di soluzioni innovative, affrontando i problemi di BDI nel contesto sanitario e fornendo applicazioni all'avanguardia per l'IoMT.

Il progetto **Re-search Alps** (www.researchalps.eu) invece è un progetto finanziato dall'Europa INEA attraverso un bando CEF-Telecom terminato a Giugno 2019. Il progetto ha realizzato un dataset, pubblicato nell'European Data Portal, relativo alle organizzazioni europee che

svolgono attività di ricerca e un motore di ricerca per esplorare, visualizzare e scaricare i dati. Ad oggi il dataset contiene dati su 127.692 organizzazioni, 260.178 progetti e 825.443 pubblicazioni.

In ambito industriale il progetto regionale **SB-DIOI40**, programma POR FESR Emilia-Romagna 2014-2020, ha come obiettivo quello di assistere le aziende nella realizzazione di servizi a supporto sia dei processi di produzione sia

dei servizi di post-vendita. Si stanno studiando delle tecniche di data mining e machine learning per analizzare i dati registrati da sensori posti in impianti industriali.

Particolare enfasi viene data al progetto **TRAFair** (www.trafair.eu) che coinvolge direttamente la municipalità di Modena attiva in sperimentazioni su territorio cittadino. TRAFair è un progetto co-finanziato dall'agenzia Europea INEA attraverso un bando CEF-Telecom su Open Data e HPC. Il progetto mira a monitorare e fare previsioni sulla qualità dell'aria a livello urbano e a studiare l'impatto del traffico veicolare sull'inquinamento utilizzando sensori low-cost e implementando modelli di simulazione su 6 città Europee. Il progetto è realizzato in collaborazione con il team LARMA del Dipartimento di Ingegneria e con altri 9 partner.

Infine nell'ambito delle **digital humanities** il DBGroup studia tecnologie innovative di interazione come i **Chatbot Intelligenti**, anche noti come personal assistant (PA). Le attività sui Chatbot convergono all'interno di un progetto in collaborazione con l'azienda Quix (finanziatrice di una borsa di dottorato) e con le attività di ricerca del centro "Digital Humanities and Digital Communication". In particolare, la summer school che si terrà a giugno 2020 a Modena vedrà la realizzazione congiunta di un chatbot di supporto alle visite museali.

Per maggiori informazioni www.dbgroup.unimore.it



Gruppo di ricerca DBGroup

I Chatbot: assistenti intelligenti

Il chatbot è una tecnologia di uso sempre più comune nell'assistenza ai clienti e ai pazienti. I grandi protagonisti di Internet, come Amazon, Google, IBM e Oracle, competono sulle piattaforme di sviluppo, offrendo anche soluzioni e dispositivi per l'interazione con i chatbot come ad esempio Alexa. La sfida è infatti quella di passare a chatbot "intelligenti", dotati di interfacce in linguaggio naturale e capaci di apprendere e migliorare il proprio comportamento.



Intelligenza Artificiale, Visuale e Deep Learning

L'intelligenza Artificiale a Unimore

Nata a metà del XX secolo, l'intelligenza Artificiale (AI) è stata protagonista della ricerca nel mondo dell'informatica concretizzando nell'ultimo decennio i maggiori risultati nell'ambito

AI Academy e Artificial Intelligence Innovation Center (AIRI)

Con l'obiettivo di lavorare e collaborare con le imprese del territorio abbiamo creato l'AI Academy, un contenitore di molteplici iniziative per l'AI che trovano sede nel centro interdipartimentale AIRI (AI Research and Innovation Center), e raccoglie non solo i ricercatori del DIEF di AlmageLab ma anche di altri dipartimenti dell'ateneo.

del machine learning, della computer vision, del natural language processing e dei sistemi multi-agente e di pianificazione.

Sin dal 1998 Unimore ha introdotto insegnamenti di AI sulla comprensione di immagini e la pattern recognition anche con reti neurali, costituendo il gruppo di ricerca AImageLab, che oggi conta più di 30 ricercatori coordinati dai docenti Rita Cucchiara, Costantino Grana, Roberto Vezzani e Simone Calderara. All'interno degli spazi di AImageLab si svolge attività di ricerca e sperimentazione nel riconoscimento di immagini e video, nella generazione automatica di testo, nella comprensione di dati temporali, 3D e dati da sensori in IoT.

La Ricerca in Intelligenza Artificiale e Computer Vision tramite Reti Neurali Profonde

Il Laboratorio sta ottenendo risultati scientifici di eccellenza sia nella ricerca fondazionale in deep learning per la computer vision sia nelle applica-

zioni in temi assai diversi quali la medicina (contribuendo alle costituzione delle librerie europee di AI per il medical imaging nel progetto Horizon DeepHealth), l'analisi del comportamento umano all'interno di Smart Cities (tramite importanti collaborazioni nazionali e internazionali tra cui Panasonic Beta Labs, Leonardo, NVIDIA, Alan Turing Institute) il riconoscimento di pattern e azioni in contesti industriali, l'automotive con il laboratorio congiunto Red Vision Unimore- Ferrari, la robotica e i beni culturali (in cooperazione con le Gallerie Estensi e finanziato dalla Fondazione Cassa di Risparmio di Modena), e l'analisi di dati satellitari (tramite collaborazioni con l' European Spatial Agency e Istituti Zooprofilattici nazionali in capo al ministero della salute).

Un laboratorio internazionale con infrastrutture all'avanguardia

Negli ultimi anni sempre più numerose sono le collaborazioni con aziende internazionali: nel

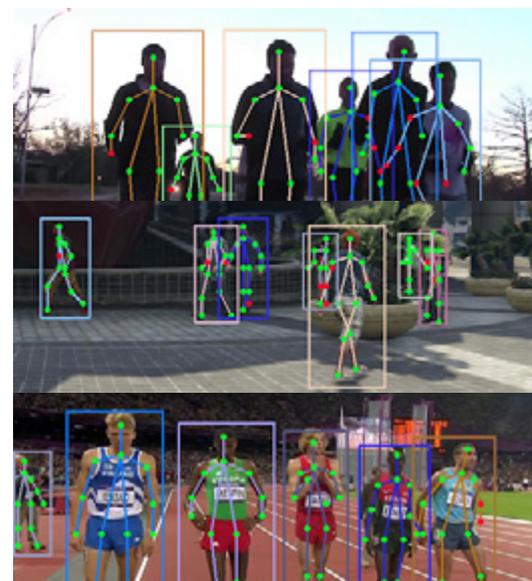


2015 AImagelab è stato selezionato da Facebook come uno dei 15 lab di eccellenza in AI, collabora con Panasonic e recentemente ha istituito il primo laboratorio congiunto con NVIDIA in Italia (Nvidia AI Technology Center), per lo sviluppo di algoritmi di human analysis e human-robot interaction. Questo ultimo risultato è stato possibile grazie all'azione congiunta con il CINI e del suo laboratorio AIIS (Artificial Intelligence and Intelligent Systems). Questo accordo darà un supporto della multinazionale nel nuovo curriculum di AI Engineering per la formazione di ingegneri specializzati nei temi più promettenti dell'AI.

AImagelab investe continuamente in inizia-

tive nazionali ed internazionali per rafforzare la propria posizione e le proprie competenze in ambito AI. Grazie a un finanziamento della regione stiamo progettando un ampliamento dell'attuale sede operativa che ci permetterà di avere spazi sempre maggiori per laboratori congiunti con aziende e con laboratori internazionali, di ospitare sempre più studenti e ricercatori e di potenziare la nostra infrastruttura hardware per poter addestrare modelli neurali sempre più complessi e performanti.

“Abbiamo chiesto al Direttore del Centro di Ricerca prof.ssa Rita Cucchiara qual è la visione futura di AImageLab in un campo in continua evoluzione come l'intelligenza artificiale”



“La ricerca in AI è ancora all'infanzia e AImageLab vuole lavorare verso la *future AI*, centrata sull'uomo e sulla sua interazione con il mondo e con le applicazioni ad esse collegate. Per questo abbiamo e avremo sempre più sinergie con tutto l'Ateneo, con i colleghi di beni culturali (tramite il centro DHMoRe), di economia, di meccanica e di elettronica, di neuroscienze e medicina. L'AI è un tema vasto e i sistemi di apprendimento e ragionamento automatico saranno sempre più pervasivi nelle scienze e nelle scienze umane.”

Per maggiori informazioni
www.aimagelab.unimore.it

Sistemi Software Distribuiti

L'Agent and Pervasive Computing Group è attivo dal 1998 e i suoi partecipanti appartengono ai tre Dipartimenti che costituiscono la Scuola di Ingegneria. Conta 8 strutturati (L. Leonardi, F. Zambonelli, G. Cabri e M. Mamei, M. Lippi, N. Biccocchi, S. Mariani e N. Capodieci), dottorandi, assegnisti di ricerca e laureandi. Le attività di ricerca spaziano dall'informatica più teorica a quella applicata, attraverso collaborazioni con aziende e con gruppi multidisciplinari, e riguardano i sistemi distribuiti e con agenti mobili, i middleware per applicazioni mobili e

pervasive (che agiscono come collante e tessuto connettivo tra le applicazioni software), i sistemi adattativi e auto-organizzanti, i sistemi basati su IoT (Internet of Things) e Data Mining, i sistemi basati su approcci bio-inspired, le Smart Cities e le Virtual Factories.

Il gruppo di ricerca è ed è stato attivo in numerosi progetti internazionali e vanta collaborazioni con aziende e università nazionali ed internazionali, ad esempio Telecom Italia-TIM, Florida Institute for Human & Machine Cognition (USA) e Università di Groningen (NL).

Per maggiori informazioni
www.agentgroup.unimore.it



More Electric Aircraft

Un respiro per i cieli d'Europa

Le relazioni internazionali: l'Università è una finestra sul mondo

Il Dipartimento partecipa a un programma Marie-Curie che coinvolge numerose Università europee. Tra le altre, oltre all'Università di Modena e Reggio Emilia, l'Università di Nottingham, e la Aston University, l'Università di Zagabria, l'Università di Aalborg e la Sweden Chalmers University. Tra le aziende, Cummins (UK), Motor Design (UK) ABB Sweden, HPE Coxa, la Liebherr aerospace (D) e la CopperING (D). Anche il MIT (Massachusetts Institute of Technology) e l'Harbin Institute of Technology, probabilmente le due più prestigiose realtà internazionali nel campo della ricerca applicata, fanno parte del gruppo di ricerca.

L'attività fin qui svolta ha portato allo sviluppo di particolari sistemi di test: camere termiche pressurizzate per ricreare le condizioni di temperatura e pressione tipiche delle applicazioni aerospaziali. Sistemi di acquisizione di correnti e tensioni di elevato valore e con banda passante fino a un GHz per analizzare le commutazioni dei moderni dispositivi di potenza e il loro effetto sugli avvolgimenti dei motori elettrici. Software di simulazione elettromagnetica agli elementi finiti, sistemi di prototipizzazione circuitale per sistemi di potenza.

Una di queste apparecchiature, in grado di replicare i profili di missione tipici degli aerei per quanto riguarda l'impatto di diverse grandezze fisiche sui motori elettrici, è attualmente in uso presso l'Institute for Aerospace Technology dell'Università di Nottingham.

L'aumento della popolazione urbana, dell'età media e dell'inquinamento ambientale richiedono un nuovo modello di mobilità.

Il Dipartimento di Ingegneria Enzo Ferrari dedica al tema della mobilità sostenibile diverse attività di ricerca: il miglioramento dei materiali e dei loro processi produttivi; l'impiego di combustibili alternativi; lo studio dell'impatto della connettività sul trasporto collettivo e, ovviamente, l'impiego della trazione elettrica. In questo particolare settore lo sviluppo di nuovi convertitori elettronici basati su dispositivi di ultima generazione ha migliorato la qualità e l'efficienza della conversione dell'energia elettrica, permettendo di raggiungere livelli di affidabilità e densità di potenza impensabili fino a ieri, tanto che, al giorno d'oggi, si parla di elettrico non solo per le auto ma anche per gli aerei. Tuttavia, l'evoluzione di questi sistemi è stata così rapida da mettere in crisi il componente fin qui considerato più robusto: il motore elettrico. "Lo studio dell'impatto di queste nuove tecnologie è di grande interesse per la comunità scientifica, che vede la possibilità di arrivare a valori di densità di potenza tali da poter sostituire gli attuatori tradizionali in tantissime applicazioni. Ad esempio, in campo aerospaziale, vige da qualche anno una parola d'ordine: MEA (More Electric Aircraft) e la comunità europea all'interno del programma Horizon 2020 finanzia una linea di ricerca, denominata Clean Sky, con l'intento di portare una ventata di aria nuova nei nostri cieli sostituendo i sistemi oleodinamici, inquinanti e complessi, con moderni sistemi elettrici, più flessibili e compatibili con l'ambiente". Così ci racconta il prof. Davide Barater che prosegue: "Su questo tema, di grande attualità e interesse, i ricercatori del Dipartimento di Ingegneria Enzo Ferrari sono particolarmente attivi e il Dipartimento coordina due progetti europei (RAISE e AUTO-MEA) col compito di studiare

la distribuzione degli stress elettrici e lo sviluppo di nuove modalità di realizzazione degli avvolgimenti dei motori elettrici per aumentare la densità di potenza e l'affidabilità. AUTO-MEA, in particolare, si prefigge di mettere a punto un sistema innovativo e flessibile per la fabbricazione degli avvolgimenti di motori elettrici adatti a lavorare in modo affidabile a velocità elevate per la realizzazione di componenti aerospaziali".



Insieme si vola!

La ricerca, che ha un carattere fortemente trasversale, coinvolge diversi laboratori della Scuola di Ingegneria. Il Laboratorio di Elettronica di Potenza e Automazione Industriale – MeltingLab che si occupa della realizzazione di convertitori di potenza basati su dispositivi in carburo di silicio o nitruro di gallio funzionali alla realizzazione di set-up di misura per valutare l'impatto di questa tecnologia sui motori elettrici. www.ingmo.unimore.it/site/meltinglab.html

Il Laboratorio AUTOLAB: supporta le attività di simulazione che ricreano i cicli di lavoro cui i componenti saranno sottoposti www.automatica.unimore.it
Il Laboratorio Millechili: supporta le attività di analisi degli avvolgimenti per quanto riguarda l'aspetto meccanico www.ingmo.unimore.it/site/lab-millechili.html.

Infine, l'attività di caratterizzazione dei componenti elettrici ha coinvolto anche diversi ricercatori del Dipartimento di Scienze e Metodi dell'Ingegneria (DISMI).

Formula Student

Correre assieme incontro al futuro

Learnig by Doing è un metodo didattico innovativo alla base dei progetti Formula e Moto Student. Progetti che si svolgono presso il DIF col contributo di tutti i Dipartimenti della Scuola di Ingegneria. I Team, costituiti dagli studenti, progettano e costruiscono prototipi che gareggiano con centinaia di Università provenienti da tutto il mondo. Formula Student, suddiviso in quattro progetti, è attivo dal 2003 e coinvolge oltre 150 studenti.

Ci racconta il prof. Rinaldini che il team è organizzato in modo aziendale, con una suddivisione di ruoli in base a competenze e obiettivi. Studenti provenienti da corsi differenti possono così incontrarsi e interagire, sviluppando la capacità di lavorare in gruppo. Il progetto incrementa l'attrattiva internazionale della Scuola di Ingegneria in virtù della competizione con le altre Università, mentre le imprese, gli enti, le



Fondazioni Bancarie che sponsorizzano economicamente il progetto e che forniscono servizi e personale specializzato aiutano a sviluppare e consolidare le relazioni col territorio.

I progetti della Formula Student

La monoposto con motore a combustione: "M19-L", si distingue per due caratteristiche esclusive: il telaio monoscocca in fibra di carbonio "mold free" e la disposizione longitudinale del motore, come nelle vetture di Formula 1. Il propulsore, di derivazione Suzuki, in seguito alla riprogettazione di diverse parti, fornisce eccellenti prestazioni ed è stato insignito del premio "Most Innovative Powertrain". Il team, che quest'anno si è aggiudicato la vittoria finale a Silverstone (UK), è entrato di diritto nella top 50 del ranking Formula Student mondiale, classifica che comprende oltre 600 team.

Il progetto Hybrid sfrutta le potenzialità della propulsione ibrida, come l'elevata efficienza e la minor dipendenza dai combustibili fossili. La base di partenza della Power-Unit ibrida è un bicilindrico Ducati in cui un cilindro è "sostituito" da un motore elettrico. Il motore elettrico permette di far lavorare il motore a combustione nel punto di massima efficienza, recuperare energia in frenata e fornire coppia in più per accelerazioni brucianti.

L'università di Modena e Reggio Emilia ha iscritto a una competizione Formula Student la prima monoposto ibrida e il progetto ha vinto il "Best Powertrain Installation Award" conferito da Mercedes AMG.

Il progetto Driverless punta a sviluppare una vettura a guida autonoma in grado di percepire l'ambiente circostante. Un sofisticato software di guida pianificherà la traiettoria da seguire per portare a termine la missione nel minor tempo. Con tale progetto l'Università di Modena e Reggio Emilia diventa uno dei principali punti di riferimento per la formazione degli studenti in questo ambito.

Il progetto MotoStudent nasce nel 2016 con lo scopo di realizzare una moto da competizione a trazione elettrica. Il risultato è la RT1-E, una moto equilibrata dal punto di vista dinamico e molto leggera (120 kg) grazie al telaio ottimizzato per ospitare batterie, inverter e motore elettrico. Tra le caratteristiche più innovative il pacco batterie senza saldature, la monoscocca in fibra di carbonio e il controllo vettoriale del motore. Nell'ottobre 2018 il Team ha partecipato alla competizione di Aragon (Spagna) ottenendo un dodicesimo posto assoluto e un secondo posto tra gli esordienti. Il team si è classificato al quinto posto nella classifica "Best Innovation" e al sesto posto nella classifica "Best Industrial Project".

Collaborare con la città: l'esempio di MASA - Modena Automotive Smart Area

Masa nasce nel 2017 dalla convergenza delle strategie del Comune di Modena, dell'Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia e di Maserati S.p.A. Lo scopo è realizzare il

primo laboratorio nazionale "a cielo aperto" per la sperimentazione, la ricerca, la verifica, la standardizzazione e la certificazione delle tecnologie di comunicazione tra veicolo e infrastruttura cittadina e di quelle di guida assistita e autonoma. Gli obiettivi mirano all'applicazione delle tecnologie digitali ai servizi di mobilità in ambito urbano ed extraurbano, per il miglioramento delle condizioni sociali

dei cittadini (monitoraggio dello stato di salute, riduzione degli incidenti stradali, sicurezza dei dati e rispetto della privacy), per il miglioramento della qualità della vita urbana (più servizi, città più attraente, modelli di viabilità adattabili alle condizioni del traffico e dell'infrastruttura stradale), per il risparmio energetico e il miglioramento dell'ambiente (qualità dell'aria, rumore).

DIMANT: Progettare materiali per le tecnologie del futuro

Il gruppo di ricerca DIMANT (Design of Innovative Materials for New Technologies) nasce nel 2013 con lo scopo di creare una sinergia tra ricerca e didattica, di perseguire l'eccellenza nella prima e l'efficacia nella seconda, offrendo nel contempo supporto al tessuto produttivo regionale in materia di produzione e trasformazione dei materiali. Ad oggi il gruppo conta 20 docenti e quasi altrettanti tra assegnisti, borsisti e dottorandi. DIMANT raggruppa esperti e competenze sulla scienza e ingegneria di tanti tipi di materiali differenti: plastici, ceramici, metallici e biomateriali. DIMANT si occupa anche di tecnologie sostenibili per la sintesi e la trasformazione dei materiali oltre che delle interazioni superficiali tra materiali e ambiente circostante, inclusi fenomeni tribologici in diversi processi di usura (strisciamento, abrasione, erosione).

“Nell'ultimo quinquennio – spiega il Prof. Paolo Veronesi, vicedirettore del DIF e membro del gruppo – DIMANT ha contribuito con successo allo sviluppo di vari materiali, processi e prodotti, tra i quali, ad esempio, le leghe magnetocaloriche

per frigoriferi d'avanguardia a refrigerazione magnetica, le celle a combustibile e i sistemi di produzione di Idrogeno, i processi di valorizzazione dei rifiuti industriali per produrre materiali ceramici strutturali e funzionali”. Alcune ricerche, ad esempio sulla preparazione di nuovi composti inorganici per celle a combustibile, fotocatalisi e conversione della energia solare, vedono il DIMANT ben inserito in numerosi progetti europei ed extraeuropei con continui scambi aperti sia a docenti che a studenti.

Il DIMANT dispone di numerosi laboratori strumentali per misurare le proprietà chimiche, fisiche e meccaniche dei materiali. Il laboratorio di più recente costituzione è dedicato alle analisi termiche (vedi inserto). Tra i principali strumenti disponibili al DIMANT ricordiamo reometri e granulometri per caratterizzare in comportamento di polveri e sospensioni, tribometri e scratch tester per misurare la resistenza dei rivestimenti all'usura e all'adesione, strumenti per prove accelerate di corrosione. I ricercatori DIMANT inoltre si avvalgono delle dotazioni del Centro Interdipartimentale Grandi Strumenti (CIGS) di

Unimore, accessibile a tutti i docenti e aperto anche ai servizi esterni per i privati e le aziende.

L'attività sulla scienza e tecnologia dei materiali polimerici si estende su molti fronti: la caratterizzazione chimico-fisica e meccanica di materiali termoplastici e termoindurenti, la progettazione e lo sviluppo di innovative formulazioni a base polimerica, la progettazione, sintesi o modifica di strutture macromolecolari per applicazioni speciali. Le più recenti attività di ricerca riguardano la valorizzazione di scarti di origine vegetale da utilizzare come riempitivo di biopolimeri ottenuti da fonti rinnovabili e lo sviluppo di resine d'avanguardia polimerizzabili alla luce e utilizzabili per la manifattura additiva.

DIMANT comprende anche eccellenze nello sviluppo di materiali ceramici e vetrosi per l'edilizia e le costruzioni; si tratta di un'area che vanta collaborazioni con i principali produttori di materiali ceramici tradizionali (laterizi, piastrelle, sanitari), con i colorifici (pigmenti, smalti, inchiostri), per applicazioni sia strutturali che di rivestimento.





Nell'ambito della metallurgia, il gruppo vanta una pluriennale esperienza nell'ambito dei trattamenti termici, della metallurgia delle polveri e dello sviluppo di nuove leghe non ferrose. È tra i pionieri a livello mondiale nella sinterizzazione assistita da microonde di polveri metalliche e nell'applicazione di metallurgia delle polveri alla produzione di composti intermetallici e di leghe ad alta entropia. Collabora con rilevanti gruppi industriali europei per lo sviluppo di nuovi processi per l'estrazione di metalli da minerali o sottoprodotti di lavorazioni industriali.

Proprio nel settore delle tecnologie sostenibili per la sintesi chimica e del *processing* dei materiali operano da decenni una parte dei ricercatori DIMANT: "Il nostro obiettivo – ci spiegano le Proff. sse Leonelli e Barbieri – è trovare in sinergia con le aziende delle soluzioni nuove o migliorative a varie sfide nell'ambito dell'abbattimento di inquinanti da processi, dell'estrazione di sostanze pericolose o pregiate da rifiuti, dell'inertizzazione e valorizzazione di rifiuti mirata alla bioedilizia". Queste attività sono valorizzate nella collaborazione con l'LCA Working Group del DISMI per la simulazione dell'impatto su larga scala dei risultati sperimentali.

Un aspetto importante degli studi sui materiali è quello dell'analisi delle superfici. "Le superfici sono sede dell'interazione tra i materiali e l'ambiente circostante – ci spiega il Prof. Luca Lusvardi – e giocano un ruolo fondamentale per le reazioni chimiche e la catalisi, per la tribologia, e per le funzionalità di molti dispositivi elettronici". "Presso il DIEF ci occupiamo di superfici e interfacce con strumentazione in ultra-alto-vuoto,

contribuendo anche al coordinamento di attività presso il laboratorio di luce di sincrotrone Elettra a Trieste" prosegue il Prof. Luca Paquali. "Le nostre ricerche si estendono al settore della tribologia e dei rivestimenti protettivi; in particolare, allo sviluppo di rivestimenti metallici e compositi ottenuti con un impianto pilota di termospruzzatura HVOF e allo sviluppo di film sottili ricavati per deposizione fisica o chimica da fase vapore (PVD, PE-CVD)".

"Ulteriore punto di forza del gruppo", illustra la Prof.ssa Cannillo, "è lo studio dei biomateriali: a causa dell'invecchiamento della popolazione a livello mondiale, è di interesse strategico sviluppare materiali sintetici che possano sostituire tessuti o organi del corpo umano non più in grado di assolvere la propria funzione. Il nostro gruppo si occupa della progettazione, realizzazione e caratterizzazione di biomateriali innovativi, in particolare di bioceramici,

biovetri, compositi e *Functionally Graded Materials*. Sono disponibili tutte le apparecchiature per la produzione di questi materiali anche in forma di rivestimento. Inoltre il laboratorio è dotato di tutte le strumentazioni per la caratterizzazione e per i test di bioattività *in vitro*".

Ultima ma non meno importante tra le attività di ricerca del DIMANT è quella per la produzione di celle a combustibile e di idrogeno coordinata dal Prof. Romagnoli che in collaborazione con altri gruppi di ricerca e avvalendosi anche di metodi di stampa 3D persegue un approccio multidisciplinare a questo tema, importante ed emergente. Il gruppo ha partecipato a numerosi progetti di promozione dello sviluppo sostenibile (LIFE+), di studio della produzione massiva di celle a combustibile (ad esempio Mama-Mea.eu) e di elementi fotocatalitici per la purificazione di aria ed acqua.

Nuova strumentazione nel laboratorio di analisi termiche per materiali

Il laboratorio di analisi termiche possiede numerose strumentazioni per esporre un materiale ai cicli di riscaldamento o raffreddamento che emulano il suo ciclo produttivo e per osservarne il comportamento in termini di variazione di parametri chimico-fisici. Ad esempio, è possibile misurare la dilatazione o il ritiro dei campioni, la perdita in peso (mediante analisi termogravimetrica TG)

e le energie che entrano in gioco durante le trasformazioni chimiche avvenute durante il processo (ad esempio, variazione di entalpia con le tecniche DTA e DSC, e di calore specifico). Recentemente il laboratorio si è arricchito di una strumentazione di ultima generazione (TG-DTA) associata alla spettroscopia FTIR (Fourier-Transform InfraRed) che consente di analizzare le emissioni gassose che si hanno durante il ciclo di riscaldamento di materiali quali ad esempio inchiostri ceramici, polimeri, ottenendo così preziose informazioni sulla composizione delle emissioni durante la produzione industriale.

Ecotech

Tecnologia e modellistica per l'ambiente e il territorio

Sosteniamo l'ambiente

La Sostenibilità Ambientale è tra le priorità della didattica e della ricerca del DIEF. Nei nostri laboratori si studiano, ad esempio, processi per rendere inerti i rifiuti e valorizzare gli scarti nell'ottica dell'economia circolare e della chimica verde, il tutto affiancato a misure sperimentali di emissioni e rilasci di inquinanti. Il risultato di queste ricerche, condotte in partnership con istituti nazionali ed internazionali nell'ambito di network e reti di ricerca tra specialisti del settore, alimenta i corsi delle nostre lauree magistrali. Inoltre, per una sostenibilità ambientale di tutto l'Ateneo, Unimore aderisce alla Rete delle Università per lo Sviluppo Sostenibile (RUS), una rete per promuovere la gestione sostenibile delle attività istituzionali degli atenei italiani. Il gruppo di lavoro Unimore Sostenibile, coordinato dal delegato Unimore per la RUS, prof. Grazia Ghermandi, promuove le attività della Rete nel nostro ateneo. Tra queste attività rientrano anche inserimento ed aggiornamento di Unimore nel ranking internazionale Green Metric, che ha evidenziato virtuosità ed anche ambiti che necessitano di intervento.

Professor Bigi, di cosa si occupa ECOTECH?

La rete di laboratori di ricerca ECOTECH ha l'obiettivo di sviluppare ed applicare soluzioni ingegneristiche per il patrimonio costruito, la sostenibilità ambientale, la gestione del territorio e del rischio idraulico, sismico e sanitario-ambientale. Ne fanno parte i seguenti laboratori del DIEF: laboratorio LARMA (www.larma.unimore.it), laboratorio di Geomatica (www.geomatica.unimore.it),



laboratorio di Scienza e Tecnica delle Costruzioni (www.ingmo.unimore.it/site/lab-costruzioni.html) ed il laboratorio di Idrologia (www.idrologia.unimore.it). ECOTECH raduna 9 tra docenti e ricercatori, più un meteorologo dedicato all'Osservatorio Geofisico (vedi inserto), e collabora con vari istituti CNR, con INAR - University of Helsinki, EMPA e ETH di Zurigo, e con il Laboratorio di Biomedical Imaging all'Università della Sorbona (France).

Avete dei progetti di ricerca in corso?

ECOTECH è coinvolto in progetti di ricerca regionali, nazionali ed europei che spaziano dalla qualità dell'aria, all'utilizzo di dati al suolo e telerilevati per supporto alla modellistica ambientale, alle tecnologie di rilievo e monitoraggio di strutture e infrastrutture nonché dei fenomeni di dissesto idrogeologico, per lo sviluppo di materiali e strutture innovative in edilizia ed a scopi biomedicali. ECOTECH è anche sede del centro interdipartimentale CRICT, che fornisce servizi alle imprese nel settore delle Costruzioni e del Territorio e che partecipa a numerosi progetti POR-FESR finanziati dalla Regione Emilia Romagna. Tra questi merita citare IMPRESA, per l'impiego di materiali pla-

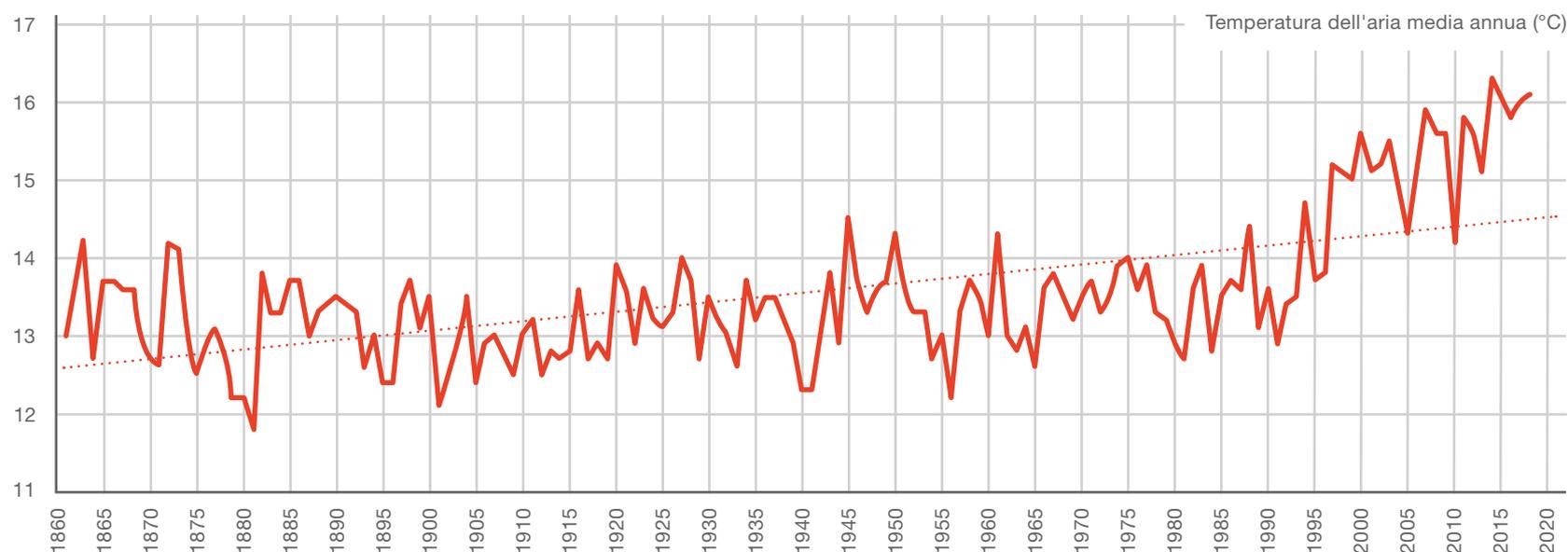
Shot Earth: un nuovo materiale green

ECOTECH è impegnato in soluzioni radicalmente innovative sia per le nuove costruzioni che per quelle esistenti; soluzioni in grado di coniugare la sicurezza strutturale, la resistenza sismica, buone prestazioni energetiche e la sostenibilità ambientale. Il laboratorio di Scienza e Tecnica delle Costruzioni infatti ha ottenuto due finanziamenti MIUR per lo sviluppo della cosiddetta "terra proiettata" (*shot earth*), che consiste nell'applicazione a spruzzo di una miscela a base di terra in sostituzione del calcestruzzo tradizionale per il rinforzo o la realizzazione *ex-novo* di pareti e lastre, eventualmente portanti. La tecnologia *shot earth* riduce l'utilizzo di materie prime ed il consumo di acqua, limita i consumi di energia per il trasporto di materie prime e l'impiego di inerti riciclati. Questi aspetti rendono *shot earth* un materiale *green* per le costruzioni sostenibili.

Il clima cambia

Chissà a cosa pensava il Professor Giuseppe Bianchi, direttore del Regio Osservatorio Astronomico di Modena, quando il primo gennaio 1830 iniziò a scrivere il primo volume delle "Osservazioni Meteoriche". Grazie a lui i parametri meteorologici raccolti ininterrottamente dal 1830 a Modena, costituiscono ora una delle serie storiche più lunghe disponibili in Italia. Oggi l'Osservatorio Geofisico, situato nella Torre di Levante del Palazzo Ducale di Modena, è aperto al pubblico, che può ammirare gli strumenti per le prime osser-

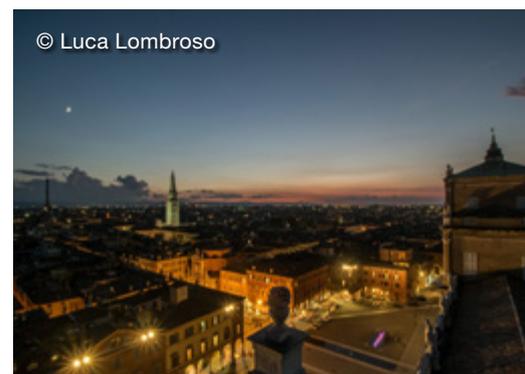
vazione astronomiche e meteorologiche, oltre al patrimonio di volumi manoscritti. Ma l'Osservatorio non è solo un museo, è un luogo dove tuttora si svolge attività di ricerca. Numerosi parametri atmosferici sono misurati lì, ad esempio la temperatura dell'aria, la velocità e la direzione del vento, la pressione atmosferica, la radiazione solare e a breve anche una webcam meteorologica. Questi dati sono indispensabili per studi ambientali e climatologici e permettono uno sguardo privilegiato sull'effetto dei cambiamenti climatici a Modena negli ultimi 200 anni. Siete curiosi e volete ispezionare i dati in tempo reale? visitate www.ossgeo.unimore.it.



stici da riciclo in malte e calcestruzzo alleggerito; TIMESAFE, per lo sviluppo di tecnologie d'avanguardia per il miglioramento sismico degli edifici che siano integrate, a basso impatto e poco invasive, e InSPiRE, sul monitoraggio del patrimonio edilizio con metodi innovativi. In particolare in quest'ultimo stiamo sviluppando nuove metodologie di analisi immagini ad alta risoluzione per controllare i cambiamenti dei materiali nel tempo con l'obiettivo di diagnosticare preventivamente lo stato di conservazione del patrimonio costruito.

Tra altri progetti di ricerca finanziati recentemente a ECOTECH ci sono il progetto europeo TRAFair (www.trafair.eu) in ambito qualità dell'aria

e smart city in sinergia con il DB-Group del Dipartimento, il progetto di ateneo BlackAir (www.tiny.cc/blackair) in ambito Ambiente e Salute, il progetto nazionale ASBESTOP (www.tiny.cc/



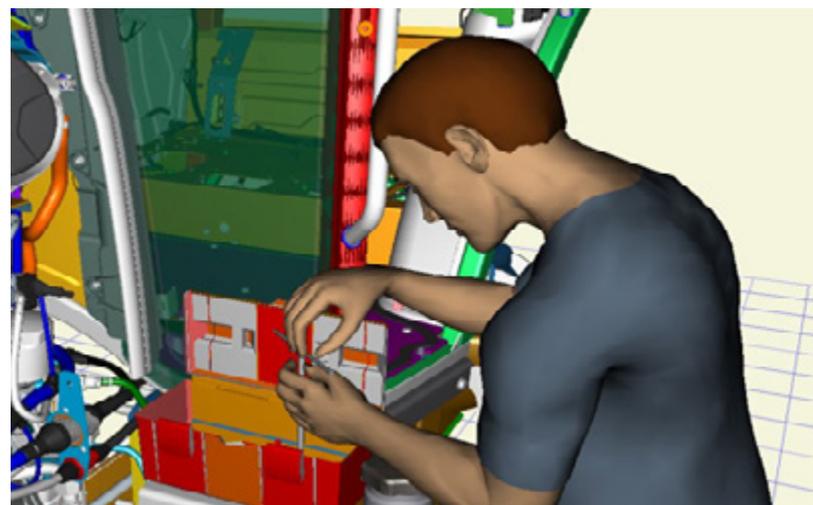
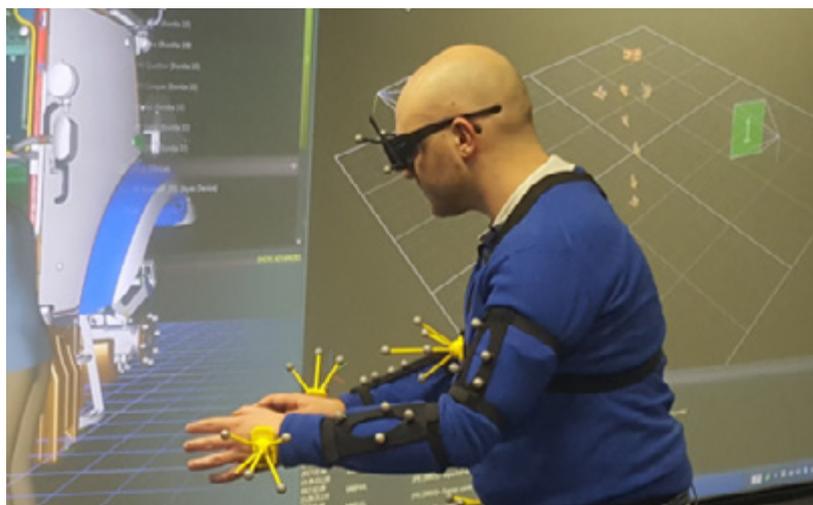
www.tiny.cc/ *asbestop*) sull'identificazione delle coperture in cemento amianto, il progetto istituito dal Dipartimento di Protezione Civile, DPC-RELUIS 2019-21, orientato allo sviluppo di metodologie per il monitoraggio strutturale e infrastrutturale basate sull'uso di dati radar satellitari.

Avete strumenti specifici per le vostre attività?

I laboratori di ECOTECH dispongono di strumentazione di eccellenza per lo studio del territorio e dell'ambiente: laser scanner per il rilievo 3D, varie tipologie di sensori per il monitoraggio della composizione dell'atmosfera e laboratori attrezzati per prove sulla resistenza dei componenti edilizi.

XiLab: simulazione e UX

Nasce il nuovo laboratorio di simulazione avanzata e prototipazione virtuale per la progettazione centrata sulla User eXperience



Nel nuovo scenario industriale 4.0, l'**interazione uomo-macchina** evolve e prende nuove forme. Oggi più che mai, progettare sistemi intuitivi e facili da usare e comprendere, studiare come gli operatori lavorano nella **smart factory** è di fondamentale importanza per garantire l'uso corretto di macchine, prodotti e processi sempre più complessi. In tale contesto, la simulazione aiuta a **prevedere ed oggettivare esperienze, necessità e criticità**, secondo un approccio "**human-centred**". La prof. Peruzzini lavora da tempo per promuovere la centralità dell'utente nella progettazione e per introdurre la digitalizzazione in ambito industriale. Dalla sua esperienza nasce il **Laboratorio X-in-the-Loop Simulation**, in breve **XiLAB**, che si occupa di simulazione avanzata utilizzando tecnologie all'avanguardia (Virtual Reality, Augmented Reality, Mixed Reality, Digital Manufacturing) per la creazione di **ambienti virtuali immersivi** e l'analisi della **User eXperience (UX)** in contesti industriali.

"La UX è un elemento importante anche nella progettazione di sistemi industriali", commen-

ta la stessa prof.ssa, "poiché con le nuove tecnologie sono e saranno sempre più le persone a fare la differenza all'interno delle organizzazioni. L'automazione 4.0 e la robotica offrono oggi soluzioni sempre più efficienti e prestanti, e al contempo non escludono le persone dalle fabbriche, ma valorizzano il contributo umano: la gestione, l'interazione e l'impatto emozionale con le macchine sono i fattori chiave per il successo dell'industria di adesso e del futuro. Nello

XiLAB **ideiamo e sviluppiamo esperienze d'uso** di prodotti industriali e processi di produzione, migliorandone l'**ergonomia** e la **facilità d'uso**, rendendone l'impiego intuitivo e piacevole". **XiLAB unisce i temi della simulazione avanzata e dell'automazione industriale con l'ergonomia e i fattori umani**. La simulazione permette di capire e anticipare l'interazione uomo-macchina e di ricostruire l'esperienza utente prima della realizzazione, utilizzando anche protocolli specifici per l'analisi dello stress fisico e mentale.

Il Laboratorio è dotato di una sala di realtà virtuale con tecnologie immersive, sistemi di cattura dei movimenti, visori e sistemi di sviluppo per la realtà virtuale ed aumentata, oltre che piattaforme per la digitalizzazione, la simulazione dell'ergonomia e l'analisi dello stress degli operatori.

Tra i risultati salienti ottenuti di recente merita citare la definizione di metodologie strutturate per l'analisi della UX in contesti di Industria 4.0, Simulazioni avanzate in Virtual Reality a supporto della progettazione, Protocolli per l'analisi dell'interazione uomo-macchina in contesti di assemblaggio, manutenzione e training.



All'avanguardia sulla stampa 3D

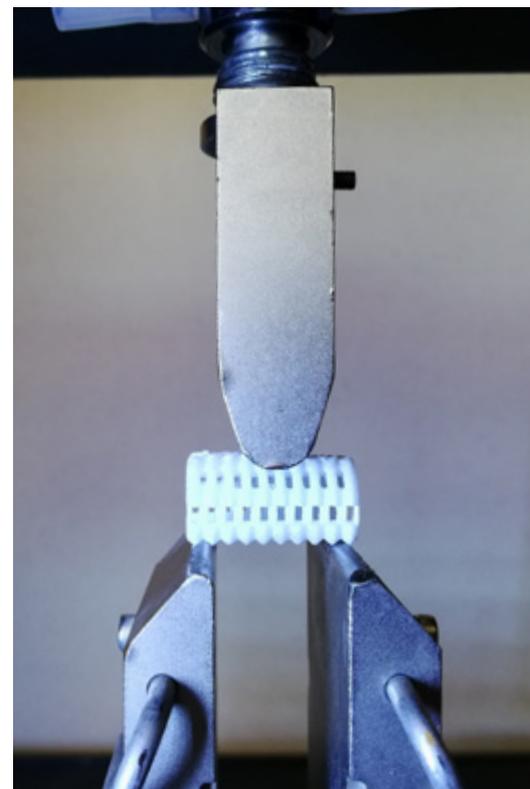
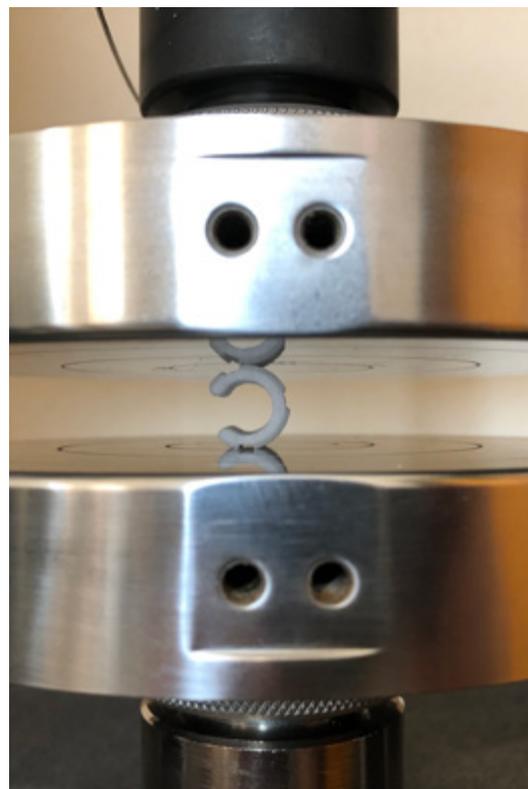
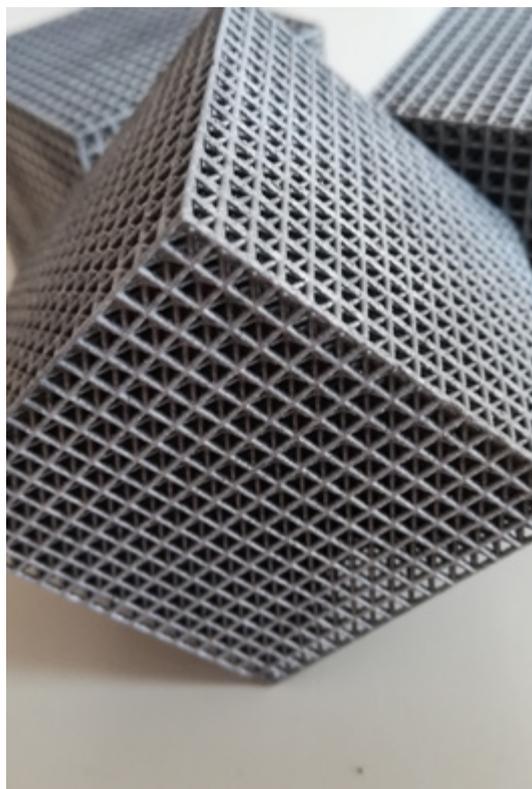
La costruzione additiva o stampa 3D, oggi considerata uno dei pilastri di Industria 4.0, è il focus delle attività del gruppo di ricerca in Tecnologie e Sistemi di Lavorazione di Unimore. Il gruppo si è dotato, nel laboratorio MORE Manufacturing, di varie stampanti 3D: una macchina per fusione laser di polveri metalliche (3D4STEEL); una macchina per la costruzione di parti funzionali in polimero (OBJET24) e diverse macchine ad estrusione per la costruzione di prototipi polimerici.

“Il nostro approccio”, spiega la Prof.ssa Elena Bassoli, “combina la comprensione del processo di produzione con le proprietà dei pezzi da produrre. Grazie a questa metodologia abbiamo recentemente raggiunto risultati di grande rilievo, in particolare sul processo di fusione laser di polveri metalliche”. Il gruppo ha studiato, fra i primi in Europa, il comportamento a fatica di acciaio, titanio ed alluminio prodotti per costruzione additiva, grazie alla collaborazione

con attori di primo livello nel settore, quali EOS GmbH, Poly-shape e Ferrari GES. In questo ambito è stato istituito anche un gruppo di ricerca specifico, RAM (Research group on Additive Manufacturing), che coinvolge l'Università di Modena e Reggio Emilia, l'Università di Parma e l'Università Politecnica delle Marche. I ricercatori Unimore stanno inoltre studiando la finitura di pezzi metallici ottenuti da stampa 3D, attraverso tecnologie innovative come la fresatura elettrochimica, eseguita presso i propri laboratori, o il processo *laser shock peening*, sul quale è attiva una collaborazione con il Politecnico di Madrid. Le ampie possibilità di caratterizzazione disponibili presso i laboratori Unimore, insieme ad un'esperienza ormai ventennale nel settore, consentono di supportare lo sviluppo di macchinari e leghe innovative. Il caso più recente è quello della messa a punto, primi a livello mondiale, della stampa 3D di ottone, lega dif-

ficile da trattare con un processo laser a causa dell'alto potere riflettente. Non mancano anche le applicazioni biomedicali: emblematica l'applicazione chirurgica rivoluzionaria di un bronco tridimensionale in polimero bioassorbibile, sviluppata in collaborazione con l'Ospedale Bambino Gesù. I ricercatori Unimore, sotto la guida del Prof. Andrea Gatto, hanno contribuito *pro bono*, sviluppando ed applicando un protocollo di prova che ha consentito al Ministero di dare il via libera all'operazione chirurgica. L'intervento, compiuto ad ottobre 2019, ha consentito ad un paziente di 5 anni di riprendere a respirare autonomamente.

Il quadro descritto ha condotto all'importante risultato dell'approvazione del progetto “*Driving up Reliability and Efficiency of Additive Manufacturing (DREAM)*”, parte del programma H2020 Factory of the Future, di cui il gruppo di ricerca è coordinatore.





Ricerca e innovazione nel settore delle macchine agricole

Il progetto TASC per nuove Trattorie Agricole “Smart & Clean”

Il progetto di ricerca e innovazione TASC (www.tascproject.eu) si propone di sviluppare e sperimentare soluzioni innovative di ibridizzazione elettrica per macchine agricole alimentate da motori diesel, con particolare attenzione alle trattorie di media potenza, essendo queste molto diffuse, ma di non facile riprogettazione visto il loro utilizzo in terreni di diversa tipologia e con modalità di gestione molto varie. TASC riunisce cinque laboratori della Rete Alta Tecnologia dell’Emilia-Romagna: il centro interdipartimentale Intermech-MORE, CIDEA di Parma, MECHLAV di Ferrara, il laboratorio regionale MISTER e l’Istituto Macchine e Movimento Terra del CNR (IMAMOTER). La ricerca è condotta in collaborazione con CNH Industrial, leader nel settore, che sostiene le attività mettendo a disposizione il veicolo oggetto del studio, la propria conoscenza e il supporto alla sperimentazione. Walvoil S.p.A., infine, porta le proprie competenze in termini di soluzioni innovative ibride e della loro integrazione nel sistema trattore.

“Le fasi principali del progetto sono tre”, spiega la Prof.ssa Barbara Zardin, partecipante al progetto. La prima fase consiste nell’identificare le dissipazioni di potenza all’interno delle architet-

ture di distribuzione. Queste cambiano in base alle attività, come possono essere il lavoro sul campo o il trasporto su strada. La seconda fase è la costruzione di un modello del veicolo (il cosiddetto digital twin), in grado di replicare virtualmente il comportamento del mezzo ed i cicli di lavoro risultanti dalle misure. La disponibilità dei dati sperimentali derivante dalla collaborazione con CNHi permette la validazione del digital twin, che a sua volta viene utilizzato per proporre, studiare e progettare le soluzioni ibride elettriche da integrare nei sistemi di produzione e trasmissione della potenza. Potranno così essere prototipate solo le soluzioni più promettenti, con grande risparmio di tempi e di costi. Le misure sui prototipi serviranno a confermare la funzionalità delle soluzioni e a migliorarle fino alla loro definitiva integrazione nel mezzo prevista a fine progetto. Come ci spiega il Prof. Massimo Borghi, il Dipartimento “Enzo Ferrari”, partner di Intermech-MORE, si occuperà di due aspetti fondamentali: il sottosistema di gestione della sterzata, frenatura, raffreddamento, movimentazione degli attrezzi agricoli e del sollevatore posteriore, ed il sottosistema di trasmissione, ovvero il cuore della movimentazione del mezzo.



Ricerca e ingegneria per lo sviluppo tecnologico del futuro

Le competenze trasversali del Dipartimento di Scienze e Metodi dell'Ingegneria al servizio dell'innovazione

di Cesare Fantuzzi - Direttore del Dipartimento di Scienze e Metodi dell'Ingegneria



Il Dipartimento di Scienze e Metodi dell'Ingegneria (DISMI), fondato nel gennaio 1999, si occupa di ricerche metodologiche e applicate, formazione universitaria e trasferimento tecnologico in vari ambiti dell'ingegneria e delle scienze di base. Il DISMI riunisce docenti e ricercatori con esperienze e conoscenze di riconosciuta levatura internazionale, attivi in progetti di ricerca internazionali, nazionali e locali. Le competenze trasversali e l'approccio fortemente interdisciplinare che caratterizza il DISMI sono essenziali per avere successo nelle sfide tecnologiche più moderne e complesse. Infatti, il DISMI è in grado di fornire risposte dinamiche e qualificate a esigenze di tipo ingegneristico sia nei suoi aspetti prettamente teorici che in quelli della progettazione, prototipazione e test. Le attività didattiche, di ricerca e trasferimento tecnologico coprono principal-

mente le seguenti aree:

- Ingegneria Gestionale
- Ingegneria Meccatronica
- Scienze di Base applicate all'ingegneria

Il DISMI ha numeri di tutto rispetto per quanto riguarda la capacità di fornire ricerca di elevata qualità, essendo stato inserito nella lista dei 180 migliori dipartimenti universitari di Italia (ed entro i primi 20 nell'ambito dell'ingegneria Industriale e dell'Informazione), e nella attrazione di fondi Regionali, Nazionali ed Europei per la ricerca industriale, avendo vinto 42 progetti negli ultimi 10 anni per un totale finanziamenti di oltre 15 milioni di Euro con circa 50 unità di personale dedicato alla ricerca. Il DISMI ha avuto la capacità di integrare questo potenziale di sviluppo della ricerca con le imprese stringendo oltre 400 contratti per progetti congiunti tra Università ed Aziende, per un valore economico di oltre 10 Milioni di euro. Molti di questi

contratti sono stati favoriti dalla combinazione virtuosa di finanziamento pubblico con fondi privati, promuovendo quindi un modello integrato di collaborazione pubblico-privato che costituisce un modello nel settore della ricerca ed innovazione.

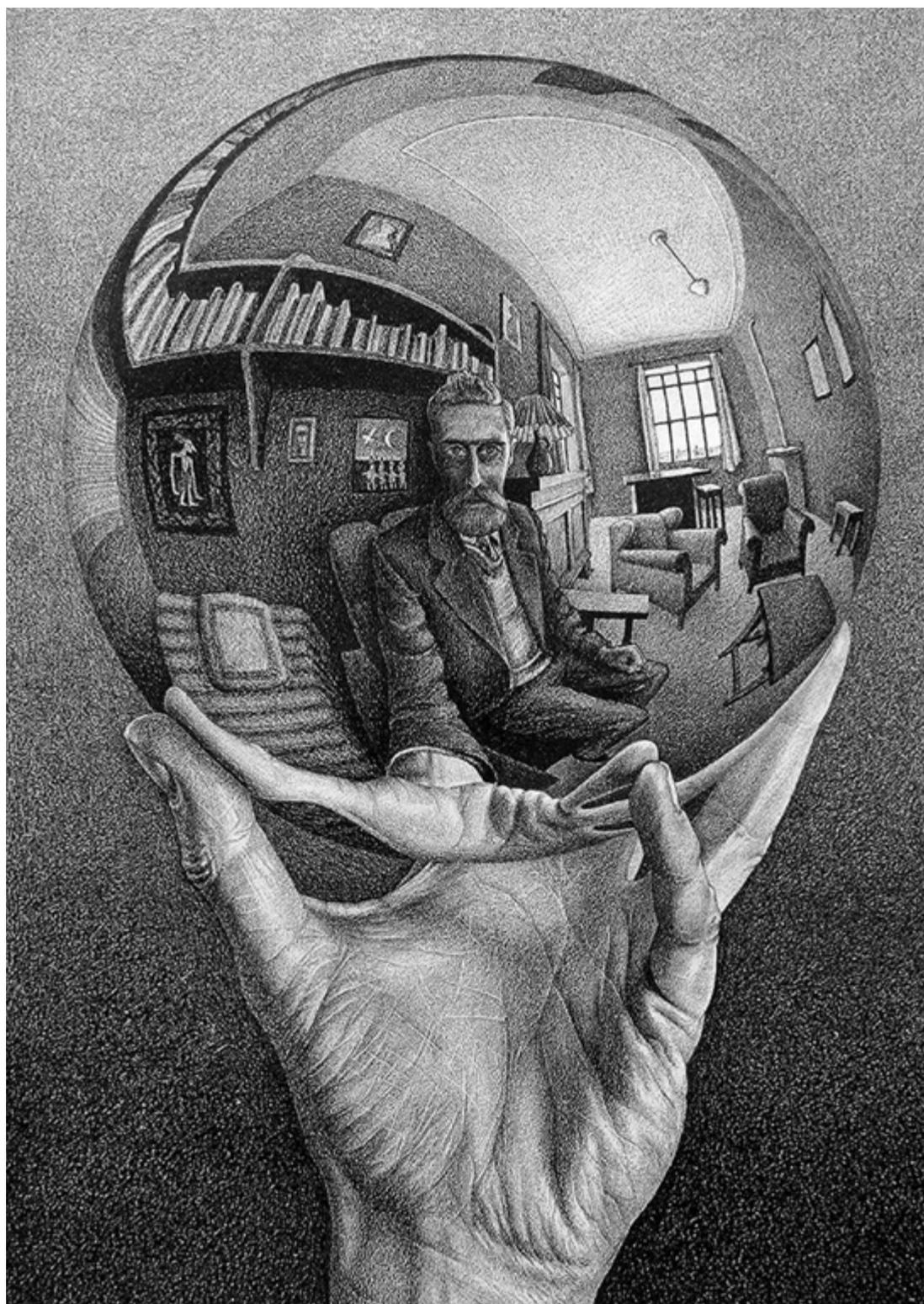
La capacità di attrarre giovani ricercatori da fare crescere in questo contesto virtuoso è assicurata dal corso di Dottorato di Ricerca in "Ingegneria dell'Innovazione Industriale" offerto dal Dipartimento di Scienze e Metodi dell'Ingegneria. Il corso di Dottorato, che si trova al termine del percorso universitario di Laurea Magistrale, ha l'ambizione di preparare "manager della ricerca", vale a dire persone competenti per gestire e promuovere progetti di ricerca industriale presso le aziende, implementando di fatto il percorso formativo per coloro i quali vogliono ambire alla posizione di manager degli uffici di Ricerca e Sviluppo delle imprese, oltre che costituire il punto di accesso per le carriere universitarie.

La matematica nelle scienze, tecnologie e società

Qual è il ruolo della matematica in un Dipartimento di Ingegneria?

La presenza di docenti di area matematica, C. Giberti, L. Grasselli, C. Landi, L. Malaguti, G. Rinaldi, V. Taddei, costituisce una scelta strategica compiuta dal Dipartimento fin dalla sua costituzione. Oltre al naturale supporto alla didattica, l'attività di ricerca gioca un ruolo fondamentale sotto diversi punti di vista. Da un lato, la matematica, prototipo del metodo ipotetico-deduttivo, costituisce uno strumento fondamentale e imprescindibile per la formazione di profili professionali ingegneristici. Su un versante per così dire complementare, la matematica viene sempre più intesa come "Teoria dei Modelli", capace di descrivere la realtà che ci circonda, fornendo strumenti qualitativi e quantitativi per la comprensione e risoluzione di tematiche complesse. Ciò spiega anche la straordinaria pervasività della matematica, che emerge con sempre maggiore evidenza nelle altre scienze, nelle tecnologie, nella cultura e nella società.

La stessa attività artistica è da sempre fortemente connessa con lo sviluppo del pensiero matematico: in particolare, l'intreccio tra *arti figurative e forme geometriche*, dal mondo egizio ai nostri giorni, ha reciprocamente influenzato le differenti attività creative. Su queste tematiche le competenze matematiche del DISMI hanno contribuito alla realizzazione di pubblicazioni, mostre e conferenze orientate a far emergere questa "unitarietà del sapere" in differenti momenti storici: dalle teorie prospettiche sviluppate dai grandi artisti rinascimentali, alle simmetrie geometriche tipiche degli ornamenti arabi dell'Alhambra di Granada, ai ricoprimenti periodici del piano che caratterizzano le opere di Escher e della sua scuola.

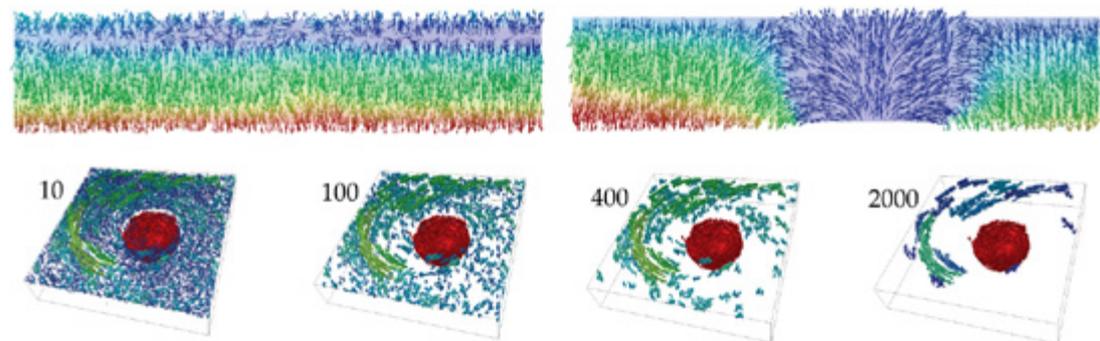
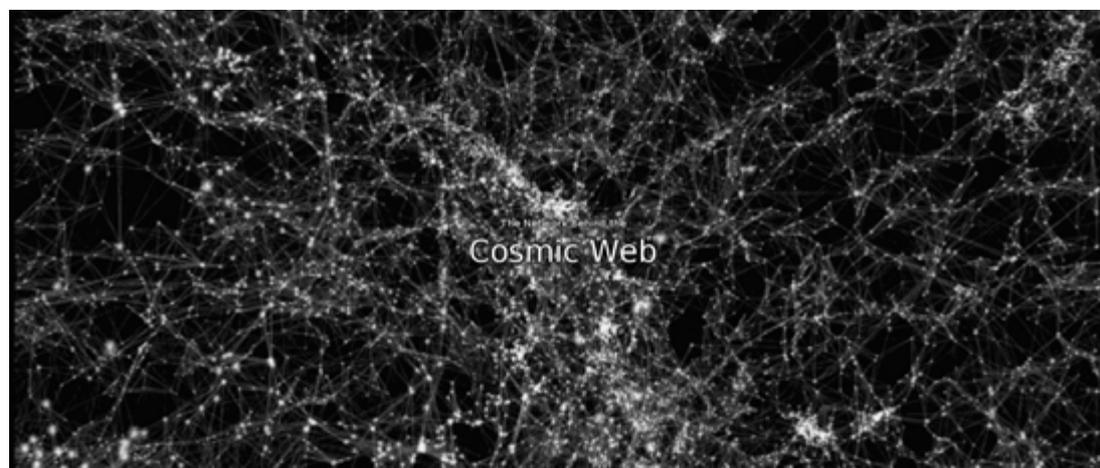


Comunemente si associa lo studio della geometria allo studio di figure geometriche secondo l'insegnamento di Euclide. È quindi naturale chiedersi se lo studio di una forma geometrica possa ancora porre nuove sfide.

L'affermarsi delle regole del disegno prospettico e il successivo sviluppo delle geometrie non euclidee sono testimonianze di come, in sintonia con lo sviluppo delle arti, delle scienze e della tecnologia, nascano sempre domande nuove relativamente al concetto di forma. Anche oggi, nell'era dell'Intelligenza Artificiale e dei Big Data, emergono nuovi quesiti: come può un computer imparare a riconoscere la forma di un oggetto? È vero che i dati, pensati come nuvole di punti nello spazio, hanno una forma e che tale forma è significativa per l'interpretazione dei dati stessi? Ovviamente gli strumenti geometrici per affrontare tali problemi non sono più solo quelli rigidi della geometria euclidea. Abbiamo ora a disposizione la *topologia*, che permette di modellare gli spazi ammettendo la possibilità che vengano deformati, e in particolare la *topologia geometrica* e quella *computazionale*, che vengono attivamente sviluppate anche al DISMI per modellare e analizzare la forma degli oggetti.

Una geometria con spazi deformati, dunque una geometria “senza forma”?

Dipende da cosa si intende per “forma”. Si possono considerare ad esempio le “forme” che assumono le relazioni (fra oggetti o persone), come accade nelle reti sociali. Queste reti hanno una “forma” che può essere descritta e studiata attraverso la nozione matematica di grafo. Un grafo è una struttura costituita da un insieme di oggetti (vertici), e da un insieme di relazioni (spigoli) tra coppie di vertici. Problemi come studiare percorsi su una rete stradale, impostare un programma di calcolo, studiare legami tra gli atomi di una molecola, individuare una rete di relazioni tra individui, sono alcuni esempi in cui il concetto di grafo trova applicazione. Trovare soluzioni richiede la conoscenza di metodi matematici sofisticati. Al



Per il devastante uragano Isabel che si è abbattuto sulla costa orientale degli Stati Uniti nel 2003 abbiamo moltissimi dati che si riferiscono a singole variabili atmosferiche. Nella prima riga, a sinistra vediamo la variazione della temperatura e a destra quello della pressione. L'analisi di questi dati permette al computer di individuare l'occhio del ciclone.

DISMI ci occupiamo dello studio teorico dei grafi utilizzando tecniche proprie dell'*Algebra* e delle *Combinatoria*. Tuttavia, quando le reti sono molto grandi come il World Wide Web, con milioni di pagine linkate fra loro, conviene una descrizione in termini probabilistici. Si fondono così due nozioni apparentemente lontane: quella di forma e quella di *probabilità*. Ma c'è di più, gli individui rappresentati dal grafo, come i membri di una rete sociale, possono avere uno stato “interno” che dipende dagli altri individui con cui si è in relazione. Anche lo stato può essere convenientemente descritto in termini di probabilità. Si ha così un nuovo ambito di studio, anche questo coltivato al DISMI: lo studio di modelli interagenti su *grafi random*. È evidente l'interesse che riveste la comprensione dei processi che si sviluppano sui grafi come, ad esempio, la formazione di una opinione in una rete sociale.

Ci sono altri approcci matematici applicabili allo studio di sfide attuali, come quelle citate in precedenza?

Le *equazioni* ed i *sistemi differenziali* sono largamente utilizzati per realizzare modelli matematici in grado di simulare e prevedere il comportamento di una grande varietà di fenomeni. Tra le applicazioni studiate al DISMI vi è anche la comprensione di eventi di stretta attualità quali, ad esempio, la diffusione spaziale a causa di un processo di migrazione, in particolare la propagazione di un'epidemia. Un metodo quantitativo analogo può essere poi usato anche per descrivere il moto di un gruppo di persone in un ambiente affollato e studiarne il comportamento in presenza di una reazione di panico. L'uso di questi modelli matematici non solo permette di comprendere i fenomeni considerati, ma anche di ideare strategie efficaci per indirizzarli verso percorsi desiderati come combattere un'epidemia o contrastare l'insorgere del panico in una folla.



Materiali meccatronici

Divertenti curiosità al servizio dell'innovazione

Cos'è un materiale meccatronico?

A prima vista, i materiali meccatronici sono quasi magici, si muovono da soli, cambiano forma, dimensione e consistenza senza che nulla apparentemente li abbia sfiorati, lasciando chi li osserva a bocca aperta. Al Laboratorio *Smart Materials and Structures (SMS)*, noi del gruppo di Ricerca in Progettazione Meccanica e Costruzione di Macchine (www.machinedesign.re.unimore.it) li studiamo, li analizziamo e, talvolta, ci giochiamo, per comprenderli al meglio. Come ci spiega il Prof. Eugenio Dragoni, questi materiali, detti meccatronici o intelligenti, sono in grado di cambiare reversibilmente le proprie caratteristiche meccaniche macroscopiche (forma, rigidità, viscosità) in risposta ad uno stimolo fisico non meccanico (termico, elettrico, magnetico). Ci sono metalli che si muovono se riscaldati, fluidi che istantaneamente solidificano se attraversati da campi magnetici e cristalli che si allungano se sottoposti a campo elettrico, sviluppando forze elevatissime. Questi materiali non sono solo affascinanti, ma diventano anche una potente soluzione tecnologica perché si prestano alla costruzione di dispositivi allo stato solido leggeri,

compatti, silenziosi, controllabili elettronicamente e adattativi. Il laboratorio *SMS*, ubicato al Tecnopolo di Reggio Emilia, è il cuore della ricerca che svela la magia e pone le basi per descrivere come si comportano, dal punto di vista termico, elettrico e meccanico, i materiali meccatronici. Il laboratorio sviluppa e convalida modelli fisico-matematici che descrivono tali materiali, catturandone il comportamento intrinsecamente multi-fisico e quindi consente di progettare sistemi industriali, prototipi, attuatori e sistemi semi-attivi intelligenti che ne sfruttano le interessanti proprietà.

Quali sono i materiali meccatronici che studiate nel vostro laboratorio?

Il laboratorio, come sottolineato dal Prof. Davide Castagnetti, si occupa principalmente di due famiglie di materiali: fluidi ed elastomeri Magnetoreologici (*MR*) e leghe a memoria di forma (*SMA*, dall'Inglese *Shape Memory Alloy*). I fluidi magnetoreologici sono liquidi che aumentano la loro viscosità apparente fino a sembrare solidi se sottoposti ad un campo magnetico, assumendo un comportamento plastico. I loro parenti stretti, gli elastomeri magnetoreologici, invece, sono

solidi che sotto l'azione del campo magnetico diventano più duri, più rigidi e più difficili da deformare. Le microsferi di ferro puro al loro interno, infatti, risentono dei campi magnetici e



Fluido magnetoreologico "solidificato" sotto l'azione del campo magnetico sottostante



modificano il comportamento del materiale. Gli SMA sono leghe metalliche (es. Nichel e Titanio) che, al di sopra di una temperatura critica, cambiano la propria struttura cristallina aumentando la rigidità e recuperando una forma originaria “memorizzata” durante la fabbricazione: questa proprietà li rende efficaci come micro-attuatori intrinseci. Di particolare rilievo è anche la capacità di queste leghe di deformarsi notevolmente in campo elastico (superelasticità), caratteristica che, abbinata alla bio-compatibilità del materiale, ne determina l’uso massiccio nella produzione di dispositivi medici impiantabili.

Che applicazioni ci sono al momento per queste tecnologie? Quali in futuro?

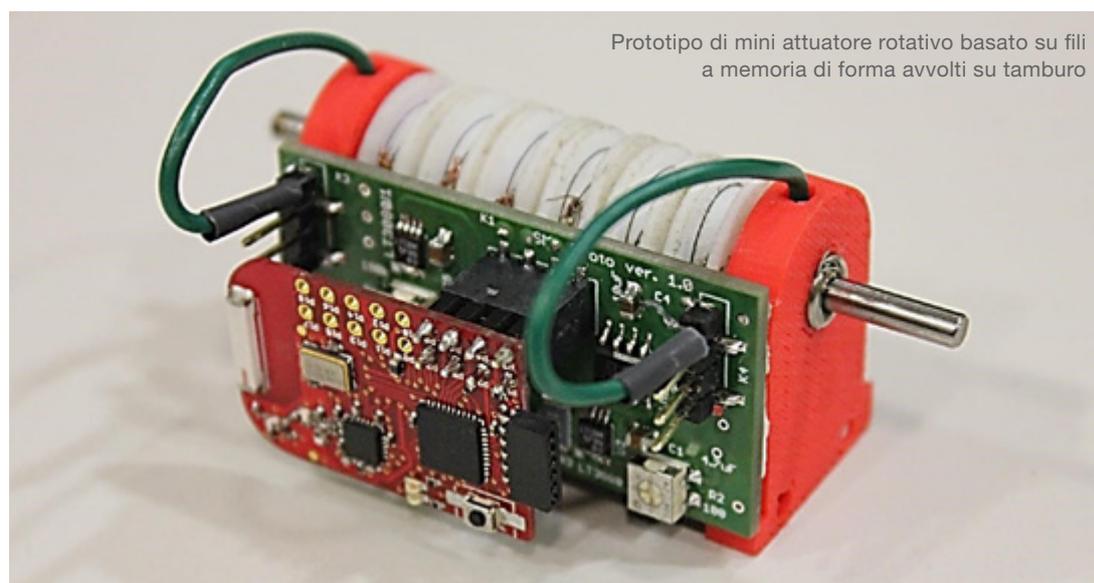
I materiali mecatronici stanno oggi giorno migrando dai laboratori di ricerca delle Università e delle Aziende ad applicazioni concrete e diffuse nella pratica industriale, come precisato dall'Ing. Spaggiari. Ad esempio, i settori dove i fluidi MR vantano applicazioni commerciali comprendono principalmente l’industria meccanica (smorzatori, ammortizzatori, deceleratori) e in particolare automobilistica, dove si usano in sospensioni semi-attive su modelli di serie di alta gamma. Il laboratorio SMS collabora e ha collaborato con Aziende nazionali di rilievo del settore automotive, per studiare applicazioni di tale tecnologia, arrivando a brevettare alcune promettenti soluzioni. Seb-



Elastomero magnetoreologico attirato dal magnete permanente

ne i materiali MR siano applicabili anche ad altri campi, come quello antisismico, questa tecnologia è ancora limitata da alcuni aspetti pratici, come la sensibilità alla temperatura e il peso elevato. Le applicazioni dei materiali a memoria di forma sono di rilievo in molteplici settori: il campo principale è quello biomedicale, dove gli SMA sono sfruttati per la produzione di cateteri arteriosi, protesi ortopediche, apparecchi ortodontici e dispositivi per mantenere dilatati i vasi sanguigni (*stent* aorto-coronarici), con milioni di applicazioni ogni anno. In campo automobilistico e aerospaziale le leghe a memoria di forma si vanno affermando per la costruzione di attuatori secondari o per le proprietà di cambiamento della morfologia dei profili alari

in maniera integrata e continua. Proprio in questo ambito il nostro gruppo è coinvolto in un progetto di ricerca interuniversitario (*PRIN - Smart Laminates*) dove la nostra unità, capitanata dal Prof. Dragoni, studia il comportamento di laminati compositi arricchiti da materiali intelligenti, capaci di conferire al sistema proprietà di attuazione e controllo vibrazionale. Sulla scia di queste attività, stiamo anche organizzando il convegno internazionale *ICAST2020 (International Conference on Adaptive Structures and Technologies)*, che dal 5 al 9 ottobre 2020 porterà a Reggio Emilia i maggiori esperti mondiali del settore per discutere di ricerca, sviluppo e applicazioni di strutture e tecnologie adattive basate su materiali intelligenti.



Prototipo di mini attuttore rotativo basato su fili a memoria di forma avvolti su tamburo

Laboratorio di Monitoraggio e Diagnostica delle Macchine

Situata presso il Laboratorio “Franco Lombardini” del Dipartimento di Scienze e Metodi dell’Ingegneria, la Sezione di Monitoraggio e Diagnostica delle Macchine sviluppa algoritmi e software per la manutenzione predittiva di organi rotanti.

Ne parliamo con i professori Marco Cocconcelli, Matteo Strozzi e Riccardo Rubini.

In cosa consiste la manutenzione predittiva e perché è importante studiarla?

Partiamo da un dato di fatto noto: qualsiasi componente o prodotto percorre un ciclo di vita durante il quale si usura fino a che non risulta economicamente vantaggiosa la sua sostituzione. Questo è particolarmente sentito per tutti quei componenti, largamente utilizzati nell’industria, che fungono da interfaccia tra parti in moto relativo tra loro – quali ad esempio cuscinetti volventi o ingranaggi – che di fatto garantiscono il buon funzionamento della macchina. Attualmente le politiche manutentive adottabili sono di tre tipi: a guasto, ossia si attende che il componente si rompa prima di sostituirlo; la manutenzione preventiva, ossia la sostituzione del componente ad intervalli regolari a prescindere dalla reale presenza del guasto; la manutenzione predittiva, ossia il monitoraggio costante delle caratteristiche di funzionamento del componente per individuare l’insorgere di irregolarità e per richiederne la sostituzione solamente in presenza di un guasto reale. Considerazioni economiche e più recentemente anche etico-ambientali, hanno portato le industrie a spostarsi da una manutenzione preventiva ad una predittiva. Tra le motivazioni economiche basti pensare ai costi per mancata produzione conseguenti ad una rottura non preventivata, mentre da un punto di



vista etico-ambientale la sostituzione continua di componenti ancora sani non è ovviamente sostenibile o “eco-friendly”.

Come si misura lo stato di salute di un componente?

In generale, lo stato di salute di un componente si può studiare da diversi punti di vista, soprattutto nel caso di sistemi meccatronici complessi quali ad esempio quello elettrico, software, strutturale, funzionale, ecc. Il nostro Laboratorio si occupa di analizzare lo stato del componente da un punto di vista dinamico-vibrazionale, ossia lo studio del comportamento dinamico a seguito di usura. Tipicamente, i sensori che utilizziamo per le analisi sono accelerometri posti in prossimità del componente da studiare. L’analisi del segnale acquisito, se effettuata correttamente, permette di riconoscere le cosiddette “firme di guasto” e quindi di segnalare l’insorgenza del danno.

Che attività svolgete nel vostro Laboratorio?

Il nostro Laboratorio è un punto di unione tra ricerca universitaria e terza missione. Grazie alla presenza di banchi prova dedicati studiamo

le metodologie e gli algoritmi per individuare le firme di guasto dei componenti (tipicamente ingranaggi e cuscinetti) in diverse condizioni operative. Negli ultimi anni, ad esempio, la ricerca scientifica internazionale si è spostata nel campo delle condizioni operative non-stazionarie ed il nostro Laboratorio è stato tra i primi gruppi di ricerca in Italia a proporre algoritmi di diagnostica in questo ambito. Abbiamo uno shaker elettro-dinamico per la caratterizzazione del comportamento vibrazionale di componenti, così come software e hardware per l’analisi modale sperimentale, ossia la stima numerica e la validazione sperimentale delle frequenze naturali e dei modi di vibrare di un componente. La strumentazione si completa con diversi accelerometri e schede di acquisizione che utilizziamo nell’attività del Laboratorio verso le aziende che si rivolgono a noi per consulenza in materia. Proprio le problematiche poste dai casi industriali costituiscono, per il nostro Laboratorio, una sfida continua a sviluppare nuove metodologie di diagnostica o a migliorare le tecniche esistenti, divenendo motore della nostra ricerca in ambito accademico.

LCA Working Group

Valutazioni di sostenibilità ambientale, economica e sociale tramite metodologia LCSA
(Life Cycle Sustainability Assessment)

Il gruppo di ricerca LCA Working Group del DI-SMI, da 15 anni pone la sua attenzione all'utilizzo della metodologia *Life Cycle Sustainability Assessment* (LCSA) quale strumento per valutare i potenziali impatti ambientali, economici e sociali di prodotti, processi e servizi al fine di contribuire al rafforzamento del rapporto tra impresa e ambiente e alla creazione di nuovi punti di contatto tra competitività industriale e protezione ambientale. Attraverso l'analisi del ciclo di vita vengono individuate le fasi e i momenti in cui si concentrano maggiormente le criticità ambientali, i soggetti che dovranno farsene carico e le informazioni necessarie per realizzare gli interventi di miglioramento. Gli studi, svolti nell'ambito di progetti di ricerca nazionali e internazionali o in collaborazione con pubbliche amministrazioni e imprese, mirano alla valutazione ex ante o ex post dell'impatto e dei benefici ambientali di strategie di intervento differenti e all'identificazione dei momenti più significativi dal punto di vista dell'impatto ambientale e sulla salute dell'uomo. Si indicano in questo modo i principali percorsi verso possibili miglioramenti dei cicli produttivi e dei prodotti già esistenti intervenendo ad esempio sulla scelta dei materiali e delle tecnologie. Nelle diverse attività di ricerca, LCA Working Group si occupa inoltre di integrare, sistemi e strumenti analitici di gestione ambientale (Life Cycle Assessment – LCA), strumenti di contabilità direzionale (Life Cycle Costing – LCC), nonché strumenti di gestione sociale (Social Life Cycle Assessment – S-LCA).

LCA Working Group supporta le imprese e le pubbliche amministrazioni nei processi di certificazione ambientale (EPD, Carbon e Water footprint, PEF, OEF, GPP...) elementi essenziali di responsabilizzazione diretta dei produttori, di miglioramento delle relazioni con gli stakeholder e di posizionamento competitivo.

Recentemente, LCA working group ha raccolto la sfida di sviluppare un protocollo di implementazione dei principi della sostenibilità ambientale, economica e sociale nei modelli di business aziendale. Grazie a una stretta collaborazione con le imprese, il gruppo di ricerca ha sviluppato un sistema operativo per l'assessment di sostenibilità che opera in maniera dinamica, grazie alla raccolta digitalizzata dei dati. Questa automazione rende possibile non solo il monitoraggio del processo, ma anche l'attuazione di azioni correttive, laddove necessarie. Inoltre, lo strumento di valutazione d'impatto dinamico può essere utilizzato per la progettazione di nuovi prodotti o di selezione di nuove materie prime e formulati, oltre che nella valutazione di soluzioni impiantistiche alternative. L'integrazione del sistema di calcolo di sostenibilità

nei sistemi ERP (Enterprise Resource Planning) aziendali può consentire la formulazione di un nuovo modello di business che includa i Sustainability Performance Indicators (SPIs).

Le attività di LCA Working Group sono particolarmente dedicate agli sviluppi metodologici della LCA, con particolare riferimento all'implementazione di nuovi indicatori (es. fattore di caratterizzazione amianto, nanotitanio...), di modelli di calcolo delle emissioni locali e indoor, di strumenti per la corretta modellizzazione dei processi di trattamento dei rifiuti e delle emissioni odorigene.

LCA Working Group è coinvolto in numerosi progetti Europei e Nazionali, nonché in attività di terza missione aventi come obiettivo il trasferimento dei risultati e delle competenze maturate nelle attività di ricerca in conoscenze utili per le imprese e per le pubbliche amministrazioni.



Alcuni componenti di LCA Working Group durante un evento di networking per il progetto Europeo LIFE Force of the Future (LIFE16 ENV/IT/000307).

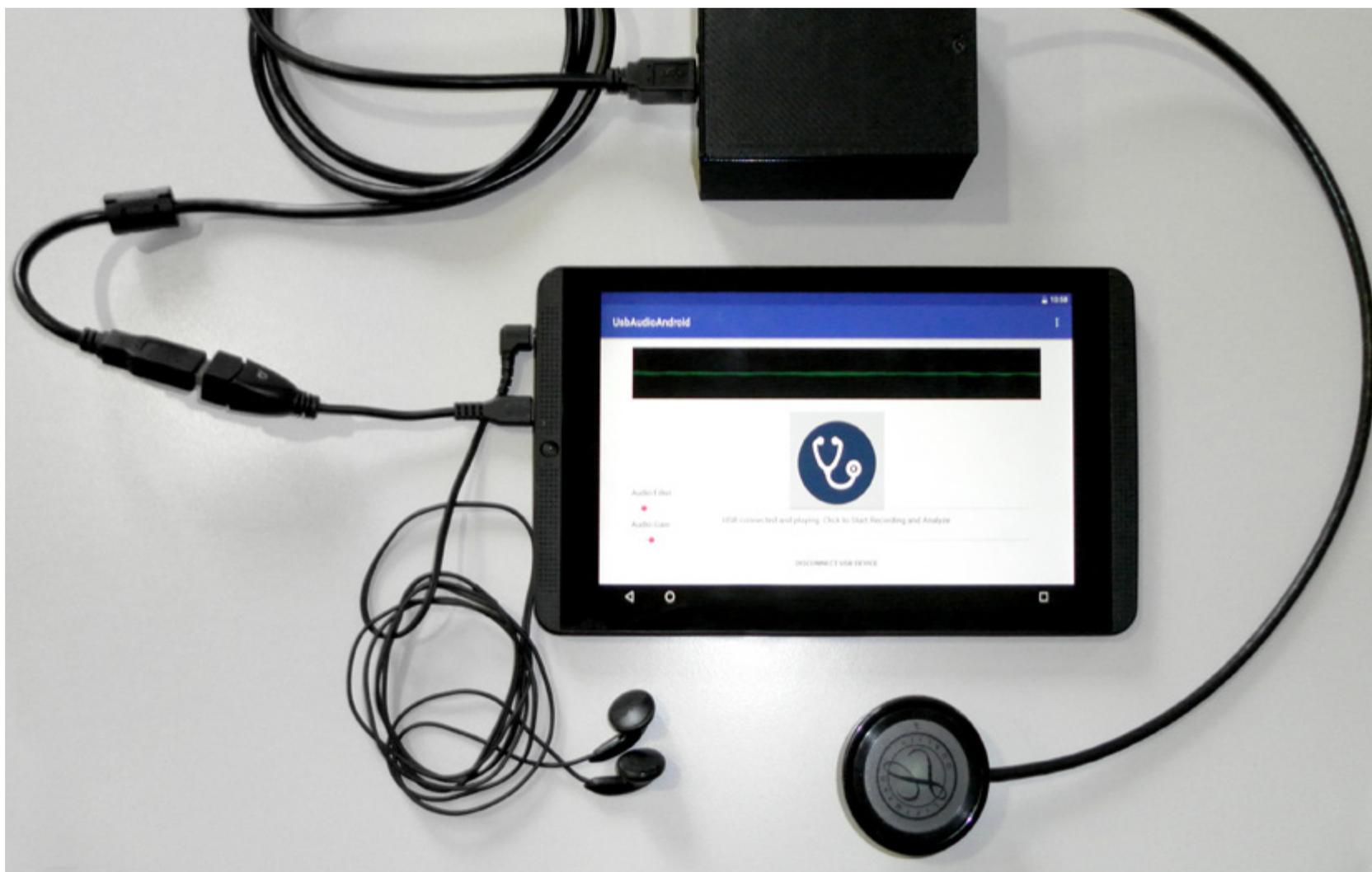
Il gruppo di ricerca

Anna Maria Ferrari (Professore Associato, SSD CHIM/07) Roberto Rosa (RUTDb SSD CHIM/07), Martina Pini (assegnista di ricerca senior), Paolo Neri (collaboratore continuo alla ricerca), Lucrezia Volpi (assegnista di ricerca), Vanessa Ruffi-

ni (assegnista di ricerca), Grazia Maria Cappucci (dottoranda presso la scuola di dottorato in Ingegneria dell'Innovazione Industriale), Simone Scarpellini (dottorando presso la scuola di dottorato in Ingegneria dell'Innovazione Industriale), Micol Centorrino (collaboratrice esterna), Devid Sassi (collaboratore esterno), Marco Cervino (collaboratore esterno).

Rilevazione automatica dei suoni polmonari patologici

Una nuova frontiera della medicina personalizzata



L'artrite reumatoide è una malattia infiammatoria autoimmune sistemica che si può complicare con un quadro di interstiziopatia polmonare; in questi casi si parla di interstiziopatia polmonare secondaria ad artrite reumatoide. Semplificando, il normale parenchima polmonare diviene fibrotico, riducendo la propria capacità di scambiare ossigeno ed anidride carbonica tra sangue ed aria. Purtroppo, l'artrite reumatoide ha una prevalenza molto alta nella popolazione, stimata nello 0,5 –

1%. La maggior parte degli studi disponibili in letteratura sono retrospettivi, per cui non sono in grado di chiarire alcuni punti cruciali come la reale prevalenza dell'interstiziopatia polmonare, i possibili fattori predittivi e l'impatto sulla prognosi. Tuttavia, si stima che l'interessamento polmonare abbia una prevalenza fra il 4 e il 30% dei pazienti e rappresenti la seconda causa di morte dopo le complicazioni cardio-circolatorie. In particolare, nel momento in cui si manifesta una fibrosi pol-

monare, l'aspettativa di vita si riduce in maniera significativa (5-8 anni secondo alcuni autori), dopodiché il decesso sopraggiunge per insufficienza respiratoria. In questo contesto **la diagnosi precoce è essenziale per la sopravvivenza dei malati**. La sintomatologia, come tosse secca persistente e dispnea da sforzo, è comune a tutte le forme di interstiziopatia polmonare, ma è aspecifica, tardiva e quindi poco utile per selezionare i pazienti da sottoporre a tomografia computerizzata (TC) ad alta

risoluzione. Infatti, la TC rappresenta la metodica diagnostica elettiva dell'interstiziopatia polmonare, ma purtroppo non può essere usata come esame di screening, sia per i costi in relazione all'elevata prevalenza nella popolazione che per l'esposizione radiologica del paziente (l'interstiziopatia può insorgere in qualsiasi momento della storia clinica, quindi la TC andrebbe ripetuta periodicamente). Ingegneri e medici di Unimore collaborano fin dal 2014 allo sviluppo di uno strumento di screening, utilizzabile nella pratica clinica quotidiana, atto a selezionare i pazienti per cui richiede una tomografia computerizzata. Dal punto di vista clinico, è stata evidenziata l'importanza di un marker sonoro, il cosiddetto *rantolo a velcro*, precoce ed altamente specifico dell'interstiziopatia polmonare. Dal punto di vista ingegneristico, è stato sviluppato un nuovo **strumento di analisi automatica dei suoni respiratori in grado di rilevare il rantolo a velcro**.

In pratica i pazienti affetti da artrite reumatoide vengono auscultati con uno stetoscopio elettronico ed i file audio vengono elaborati su un comune personal computer. Un software appositamente sviluppato valuta quantitativamente i suoni polmonari ed indica la presenza di complicazioni polmonari. Sono stati ideati due algoritmi. Il primo algoritmo è basato sull'analisi tempo-frequenza dei suoni polmonari e si basa sull'osservazione empirica che la banda audio dei suoni polmonari patologici è maggiore rispetto al naturale murmure vescicolare. Nello studio 137 pazienti affetti da artrite reumatoide sono stati auscultati con lo stetoscopio digitale prima di effettuare una TC. La specificità, sensibilità ed accuratezza diagnostica dell'algoritmo è di 88.4%, 92.6% e 90%, rispettivamente, mentre i medici specializzati all'auscultazione hanno evidenziato specificità del 69.8% e 65.1%, sensibilità del 66.7% e 59.3%, accuratezza diagnostica del 68.6% e 62.9%. Il gap di prestazioni è stato inaspettato, dato che l'algoritmo implementa un sottoinsieme dei processi mentali del medico per il riconoscimento dei suoni polmonari patologici, e non è ancora stato spiegato rigorosamente. Forti sospetti sono ricaduti sui processi di mascheramento del sistema uditivo umano. Il secondo algoritmo ha dato risultati altrettanto buoni su 96 pazienti con



sindrome di Sjogren (altra patologia autoimmune). I dettagli sono in corso di pubblicazione.

La pratica clinica necessita di strumenti precisi ed efficaci, ma anche comodi ed immediati, per cui è stato progettato e sviluppato un nuovo stetoscopio elettronico in grado di:

- acquisire digitalmente i suoni polmonari;
- elaborare i dati acquisiti per rilevare automaticamente i suoni polmonari patologici;
- fornire servizi ausiliari utili per il medico come un'interfaccia grafica semplice ed intuitiva.

Il prototipo sviluppato è mostrato nella pagina accanto. Il cuore dell'invenzione è un tablet che fornisce la potenza di calcolo e l'interfaccia con l'utente,

sia attraverso il display touch screen che le cuffie audio. La scatola in alto nella foto contiene una scheda elettronica di interfacciamento tra la porta USB del tablet ed il microfono MEMS (Micro Electro-Mechanical System). Tutte le componenti meccaniche sono state appositamente prodotte in stampa 3D.

La tecnologia è promettente, tanto che è stato disegnato uno studio prospettico internazionale che vede coinvolti 10 centri reumatologici italiani e 3 europei. Si spera che lo studio possa permettere di comprendere la storia naturale dell'artrite reumatoide e della sindrome di Sjogren primitiva, la prognosi dei pazienti e la presenza di eventuali fattori predittivi o predisponenti. Il protocollo dello studio è attualmente in fase di valutazione del comitato etico.

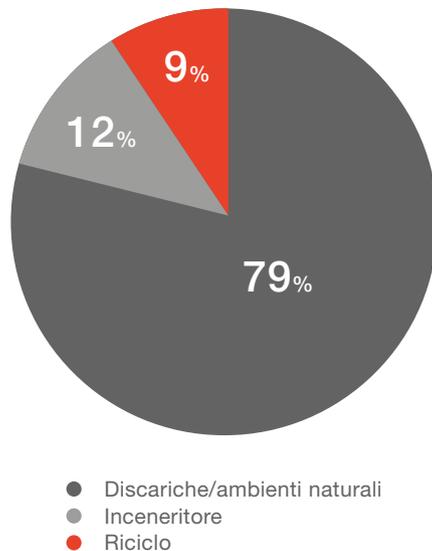
I responsabili del progetto, l'ingegnere Fabrizio Pancaldi ed il reumatologo Marco Sebastiani, insieme ai medici dell'Azienda Policlinico Andreina Manfredi, Giulia Cassone e Caterina Vacchi, ringraziano tutti coloro che hanno contribuito a rendere reale ciò che nel 2014 era solamente un'ispirazione. Un sentito ringraziamento va anche ad Unimore che ha cofinanziato il progetto multidisciplinare all'interno del Fondo di Ateneo per la Ricerca 2016.



I referenti del progetto, l'ingegnere Fabrizio Pancaldi (a destra) ed il reumatologo Marco Sebastiani (a sinistra)

Progetto IMPReSA

Impiego di Materiali Plastici da Riciclo per malte e calcestruzzi Strutturali e Alleggeriti



Il vertiginoso sviluppo del consumo di plastica comporta evidenti problemi di natura ambientale, connessi al recupero del materiale a fine vita ed al successivo trattamento per la re-immissione nel ciclo produttivo. La produzione mondiale

annua di plastica è passata dai 15 milioni di tonnellate del 1964 agli oltre 310 milioni attuali. Dagli anni Cinquanta del secolo scorso ad oggi sono state prodotte 8,3 miliardi di tonnellate di plastica, dei quali circa 6,3 miliardi sono giunte a fine vita, di cui solo il 9% viene riciclato (figura accanto). Se questo trend dovesse proseguire, nel 2050 si raggiungerebbero 34 miliardi di tonnellate di plastica prodotta, delle quali almeno 12 miliardi di tonnellate costituirebbero rifiuto disperso in tutti gli ambienti. Già oggi, la plastica rappresenta l'85% dei rifiuti marini. Ogni anno almeno 8 milioni di tonnellate di plastica finiscono negli oceani del mondo nei quali, ad oggi, si stima risiedano più di 150 milioni di tonnellate di rifiuti di plastica.

L'UE si è prefissa l'obiettivo di riciclare almeno il 50% dei rifiuti di plastica entro il 2030 e il Consorzio nazionale per la raccolta, il riciclaggio e il recupero degli imballaggi in plastica (Core-

pla) colloca la percentuale del riciclo dei rifiuti plastici in Italia al 43%. Tuttavia, di questi, solo il 41% è effettivamente destinato a nuovo utilizzo in una strategia circolare, mentre il restante è indirizzato alla valorizzazione energetica.

Si pone infatti il complesso problema dell'impiego del materiale da riciclo recuperato, le cui caratteristiche tecnologiche, assai inferiori rispetto al materiale vergine, rendono impossibile il riutilizzo nella stessa forma dei manufatti originali, come invece accade per il vetro e, in gran parte, per la carta.

La plastica costituisce il terzo materiale umano più diffuso sulla Terra, dopo l'acciaio ed il cemento. Tuttavia, a differenza di questi materiali sovente impiegati in manufatti progettati per durare svariati decenni, la plastica trova un utilizzo fondamentalmente estemporaneo e la sua vita utile può essere di pochi minuti. La plastica da riciclo costituisce un materiale tecnologicamente povero, il cui campo di utilizzo sono limitati.



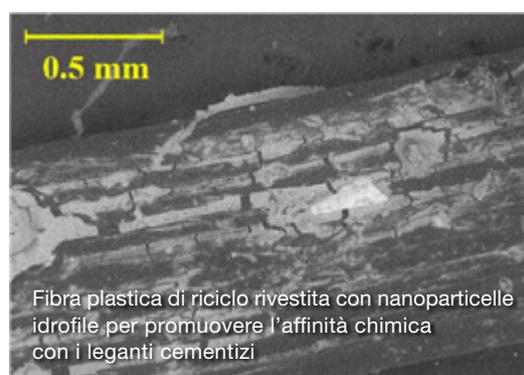
Il Progetto POR-FERS 2014-2020 dal titolo IM-PreSA, di cui il Prof. Enrico Radi è responsabile scientifico, intende coniugare la grande richiesta di materiali da costruzione con l'abbondanza del rifiuto di plastica e promuovere l'impiego della plastica da riciclo in sostituzione parziale degli inerti naturali utilizzati per il confezionamento di malte cementizie e calcestruzzi.

Si persegue quindi il duplice scopo di ridurre il volume di materiali vergini escavati ed il loro successivo trattamento, sostituendovi notevoli quantità di materiale plastico da riciclo di difficile riutilizzo. Si considerano inoltre soluzioni alternative alle matrici cementizie, quali i prodotti geopolimerici e l'utilizzo, come agente alleggerente, di carbone vegetale prodotto dalla termoconversione di residui vegetali di scarto. Dei materiali sviluppati si valuta l'impatto ambientale, le prestazioni termo-meccaniche, la salubrità, la durabilità, l'influenza sulla resistenza alla corrosione delle armature in acciaio di rinforzo ed il contributo al risparmio energetico. Nella prima fase del Progetto, il team di ricerca dei Centri En&Tech e CRICT che afferiscono al



nostro Ateneo stanno studiando, con successo, l'impiego di fibre di materiale plastico di riciclo da tappeti di erba artificiale, derivanti da campi sportivi dismessi, come agente di rinforzo in calcestruzzi. Allo stato attuale, tale materiale di scarto non trova alcuna applicazione ed è destinato alla termovalorizzazione. Nei calcestruzzi (figura sopra), i materiali fibrosi sono in grado di apportare notevoli capacità dissipative, grazie

all'effetto di cucitura ai lembi delle fessure, conferendo duttilità al materiale cementizio, intrinsecamente fragile, in parziale sostituzione delle tradizionali barre in acciaio. Le fibre oggetto di studio sono state analizzate per determinarne le generalità della miscela, il punto di fusione, la durabilità chimica e identificare la presenza di eventuali impurezze composizionali. L'adesione con la matrice cementizia sarà incrementata con appositi trattamenti superficiali alla nanoscala (figura sotto). Le prove meccaniche sui calcestruzzi hanno evidenziato come la presenza di fibre migliori sensibilmente la capacità dissipativa del materiale, aspetto cruciale nel contesto di una progettazione attenta agli aspetti antisismici.



I risultati attesi al termine del Progetto possono essere così riassunti:

1. sviluppare uno o più materiali da costruzione innovativi, realizzati con inerte o fibre in materiale plastico da riciclo e confezionato in un mix predosato, dimostrandone la fattibilità industriale;
2. accertare e quantificare i vantaggi tecnologici rispetto al materiale tradizionale, allo scopo di definire i campi di applicazione e la convenienza economica;
3. sviluppare una sensibilità diffusa sui vantaggi ambientali insiti in un'economia fondata sul ciclo di vita dei prodotti e convincere tecnici e progettisti della fattibilità tecnica e dell'opportunità economica connessa con la adozione di soluzioni edilizie che comprendano materiale riciclato in una prospettiva di economia circolare.



Fabbricare con la luce

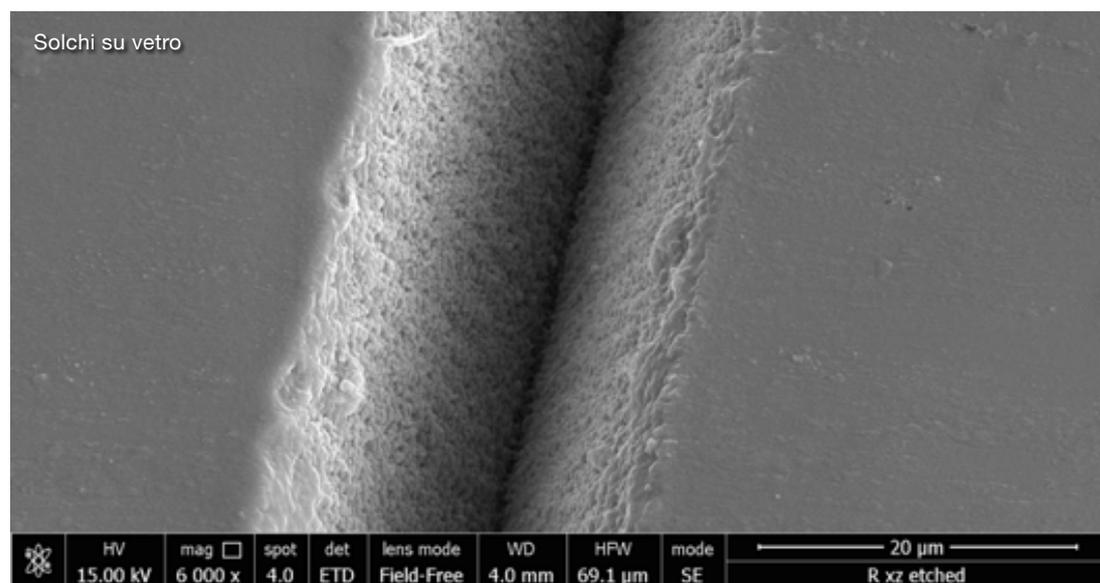
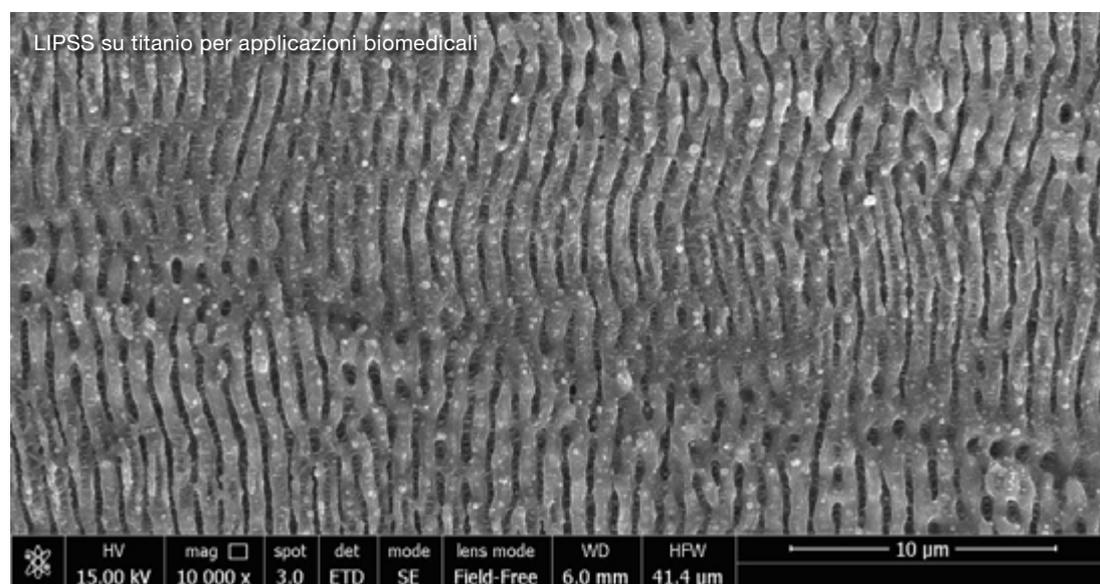
Laser ad impulsi ultracorti per micro e nano-lavorazioni avanzate

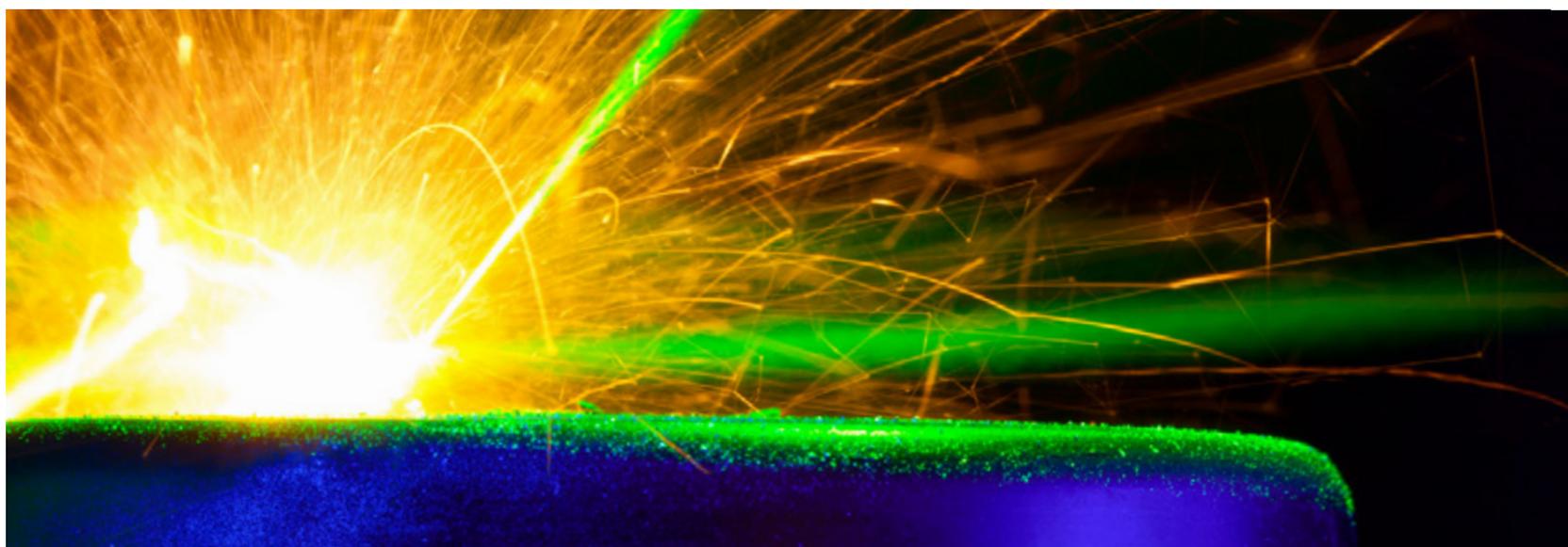
Sin dalla loro apparizione le sorgenti laser hanno trovato impiego nei processi produttivi per operare su metalli, polimeri, ceramici e vetri diventando in breve tempo le tecnologie di fabbricazione più diffuse per applicazioni quali il taglio sagomato di piastre e lamiere metalliche. Nell'immaginario collettivo il fascio laser appare come un raggio propagantesi all'infinito. Nella realtà, invece, moltissime applicazioni fanno uso

di sorgenti impulsive, ovvero sorgenti in grado di concentrare l'energia emessa in impulsi di durata molto breve con elevate potenze di picco. In tale contesto, si è passati dai primi laser impulsati a lampada con durate dell'impulso dell'ordine di millisecondi alle moderne sorgenti controllate da dispositivi optoacustici in grado di emettere impulsi dell'ordine di pochi nanosecondi. Negli ultimi anni dello scorso secolo sono state poi sviluppate

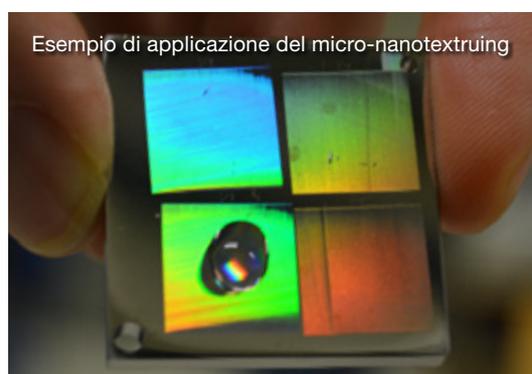
le prime sorgenti in grado di emettere impulsi ultracorti della durata di picosecondi e femtosecondi, brevi impulsi luminosi di lunghezza di poche decine di μm e potenze di picco dell'ordine di gigawatt. Ulteriori caratteristiche del fascio laser sono quelle di poter essere movimentato sulla superficie grazie a scanner galvanometrici e focalizzato ad un diametro di dieci micron, generando così elevatissime intensità dell'ordine di Terawatt/ cm^2 che aprono nuove ed interessanti scenari per le applicazioni industriali. In tali condizioni infatti il materiale viene immediatamente vaporizzato, il riscaldamento del substrato risulta trascurabile, visto il ridotto tempo di interazione, e fenomeni ottici non lineari prendono luogo permettendo la generazione di strutture di ablazione periodiche quali i LIPSS (Laser Induced Periodic Surface Structures) o l'autofocalizzazione in materiali trasparenti (filamenting).

Recentemente le sorgenti a piko e femtosecondo hanno aumentato la loro affidabilità e versatilità consentendo ai produttori di effettuare il salto dai laboratori di ricerca agli ambienti industriali. Anticipando questa tendenza, il gruppo di ricerca di Tecnologie del DISMI da diversi anni si occupa di micro e nano-lavorazioni mediante l'utilizzo di sorgenti ad impulsi ultracorti operando anche attraverso diverse collaborazioni attive con laboratori di ricerca ed industrie sia in Italia che in Europa. Il micro e nano-texturing superficiale rappresenta una interessante soluzione per incrementare le caratteristiche tribologiche, migliorando usura e diminuendo il coefficiente d'attrito nei contatti striscianti di materiali metallici, ceramici o nei ricoprimenti. Con il laser vi è la possibilità di generare griglie quasi-regolari con periodicità nel campo della luce visibile, strutture in grado di comportarsi come cristalli fotonici bidimensionali e riflettere lo spettro luminoso in modo cangiante con la direzione.





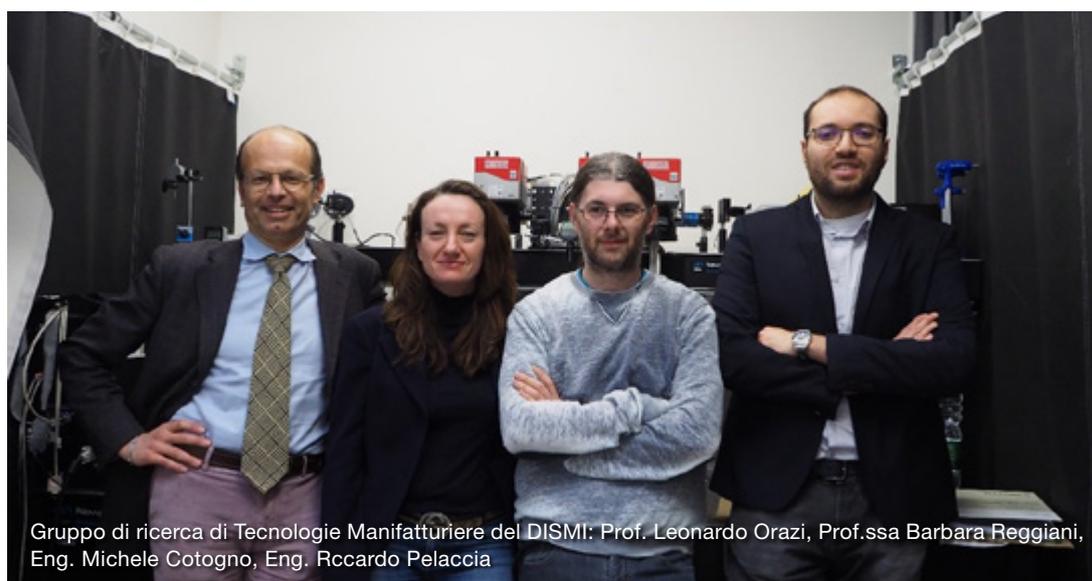
Interessanti applicazioni sono già state dimostrate inoltre per quanto riguarda la modifica della bagnabilità superficiale. Risulta infatti possibile realizzare superfici super-idrofobiche e, cosa di



particolare interesse, realizzare superfici con caratteristiche dipendenti dalla direzione del flusso. Date le sue peculiarità, l'utilizzo del laser ad impulsi ultracorti nei processi di fabbricazione trova una sua naturale collocazione anche nello sviluppo di superfici di componenti biomedicali grazie alla possibilità di realizzare superfici ad elevata bio-compatibilità e all'opportunità offerta di ricerca di modalità operative per ottenere effetti antimicrobici. In aggiunta si deve considerare che l'uso del laser ad impulsi ultracorti non prevede il contatto diretto del componente con utensili od altri materiali, permettendo la realizzazione di una filiera di processo con ridotto rischio di contaminazione e intrinsecamente pulita.

Grazie alla partecipazione ai progetti europei MILEDI (Micro Quantum Dot-Light Emitting Diode/Organic Light Emitting Diode - Direct Patterning) e NANOSURF (Development of novel dental implants with advanced mechanical properties and improved nanostructured surface) il gruppo di ricerca di Tecnologie Manifatturiere del DISMI ha potuto progettare e iniziare ad installare un sistema di processo laser ad impulsi ultracorti che si pone allo stato dell'arte della ricerca scientifica ed industriale in Italia. Il sistema è attrezzato per accogliere sorgenti ad impulsi ultracorti ed è dotato di tre linee operanti nel vicino infrarosso, in luce verde ed in luce ultravioletta per il trattamento di ogni

classe di materiale. I fasci sono deflessi da teste di scansione digitali di ultima generazione e focalizzati con ottiche di grande apertura che permettono di realizzare spot laser di diametro inferiore a $10\ \mu\text{m}$ per tutte e tre le armoniche. Ogni linea laser è dotata di sistemi di controllo dello stato di polarizzazione del fascio e, caratteristica unica, di innovativi sistemi di specchi deformabili con controllo in retroazione del fronte d'onda per la modifica in real-time della distribuzione spaziale dei fasci laser. La movimentazione del pezzo è garantita da un sistema motorizzato a 3 assi e sono presenti strumenti di diagnostica dei fasci per misurare le caratteristiche energetiche e spaziali durante il funzionamento.



Gruppo di ricerca di Tecnologie Manifatturiere del DISMI: Prof. Leonardo Orazi, Prof.ssa Barbara Reggiani, Eng. Michele Cotogno, Eng. Riccardo Pelaccia

Collaboratori Robotici

Per una tecnologia sempre più al servizio dell'essere umano



A partire dalla seconda metà del secolo scorso, la robotica ha cambiato profondamente il mondo della produzione industriale. I robot, grazie alla loro flessibilità e alle molteplici possibilità di utilizzo, possono interfacciarsi con altre macchine e consentono di realizzare linee di produzione flessibili e riconfigurabili. Tuttavia, per garantire la sicurezza, i robot sono spesso rinchiusi in gabbie e trattati alla stregua di elaborate macchine automatiche.

Grazie ai notevoli progressi nella meccatronica e nel controllo dell'ultimo decennio, oggi è disponibile sul mercato una nuova generazione di robot, detti "collaborativi", capaci cioè di interagire con gli esseri umani in modo sicuro. Grazie a questa vera e propria rivoluzione, i robot sono potuti uscire dalle loro gabbie e trasformarsi da macchine automatiche elaborate a sistemi che possono assistere l'operatore umano nell'esecuzione di compiti complessi o pericolosi. Oggi, i robot collaborativi si stanno diffondendo sempre più nell'ambiente industriale e i maggiori produttori di robot hanno a catalogo delle soluzioni collaborative.

Garantire una coesistenza sicura tra uomo e robot è stato un passo fondamentale per inaugurare una nuova fase della robotica ma essa rappresenta solamente un primo passo per una rivoluzione più profonda che ha il compito di trasformare i robot in collaboratori che posso-

no aiutare l'essere umano sia nel lavoro che nelle attività di tutti i giorni.

Oggi, il principale limite di questa nuova generazione di robot è la collaborazione poco intuitiva e, di conseguenza, la scarsa accettabilità. Questo, spesso, rende i robot collaborativi molto sicuri ma poco efficienti e, quindi, poco utili.

L'obiettivo del gruppo di ricerca ARSControl (Automation Robotics and Systems Control) è quello di creare una nuova architettura di controllo e di intelligenza artificiale per ottenere un collaboratore robotica che sia: **efficace**, cioè capace di eseguire compiti complessi, **semplice**, cioè programmabile da chiunque, **empa-**

tico, cioè capace di capire lo stato psicofisico dell'essere umano, e **comunicativo**, cioè capace di ricevere e mandare informazioni all'essere umano. In futuro, grazie al collaboratore robotico sarà possibile creare una sinergia tra uomo e robot in cui le capacità complementari dei collaboratori (come, ad esempio, l'esperienza dell'essere umano e la precisione del robot) sono unite per consentire alla coppia di fare cose che né l'uomo né il robot da soli potrebbero eseguire. Per ottenere questo ambizioso obiettivo, la ricerca di ARSControl si articola in quattro principali direzioni: Sinergie, Interazione, Comunicazione e Comprensione.

Sinergie

In questa linea di ricerca ARSControl studia la strategia per condividere il lavoro tra uomo e robot. Nel progetto Europeo FP7 TIREBOT (A TIRE workshop roBOTic assistan), ARSControl ha progettato l'intelligenza di un robot collaborativo per aiutare il gommista nell'operazione di sostituzione delle ruote. Il robot e il gommista si



dividono i compiti a seconda delle loro capacità: il gommista, con maggiore esperienza sul campo, si occupa dell'estrazione/inserimento della ruota e dell'utilizzo delle macchine per il cambio pneumatico e per l'equilibratura, mentre il robot, progettato per il trasporto, si occupa di sollevare le ruote e di trasportarle da una stazione di lavoro all'altra. La collaborazione ha consentito di migliorare le prestazioni nell'attività e le condizioni di lavoro del gommista, non più costretto a sollevare e trasportare carichi. In TIREBOT è stato fondamentale far capire al robot quali fossero le varie fasi della lavorazione e quando intervenire. Attualmente, ARSControl sta lavorando su compiti collaborativi più complessi, come l'assemblaggio, la movimentazione di pesi in modo coordinato e la manutenzione di macchine automatiche nell'ambito del progetto europeo H2020 ROSSINI (ROBot enhanced SenSing, INtelligence and actuation to Improve job quality in manufacturing) al fine di ottenere una strategia di collaborazione efficiente ed efficace e più generale.

Interazione

In questa linea di ricerca ARSControl si occupa di controllare l'interazione tra uomo e robot al fine di consentire a chiunque di programmare un robot in modo semplice e intuitivo. In collaborazione con svariati partner industriali, abbiamo

sviluppato e brevettato una strategia di teach by demonstration che riproduce il comportamento maestro-apprendista nella collaborazione robotica. Grazie alla strategia sviluppata, il maestro, ovvero l'operatore esperto del compito ma con scarse competenze informatiche, può "prendere per mano" il robot e muoverlo fisicamente per insegnargli ad eseguire l'attività con una velocità e con una forza specifica. ARSControl sta lavorando per estendere questa tecnica a casi più complessi e a robot più complessi (robot collaborativi mobili, gruppi di robot collaborativi).

Comunicazione

Per ottenere una collaborazione efficace e flessibile è necessario che l'essere umano e il robot possano comunicare in modo efficace e intuitivo. In questa linea di ricerca, ARSControl sta implementando e testando svariate modalità di comunicazione tra uomo e robot, dalla semplice comunicazione vocale alla meno invasiva comunicazione aptica indossabile, al fine di capire quale strategia possa rendere la collaborazione il più flessibile possibile, preservando l'efficienza della collaborazione.

Comprensione

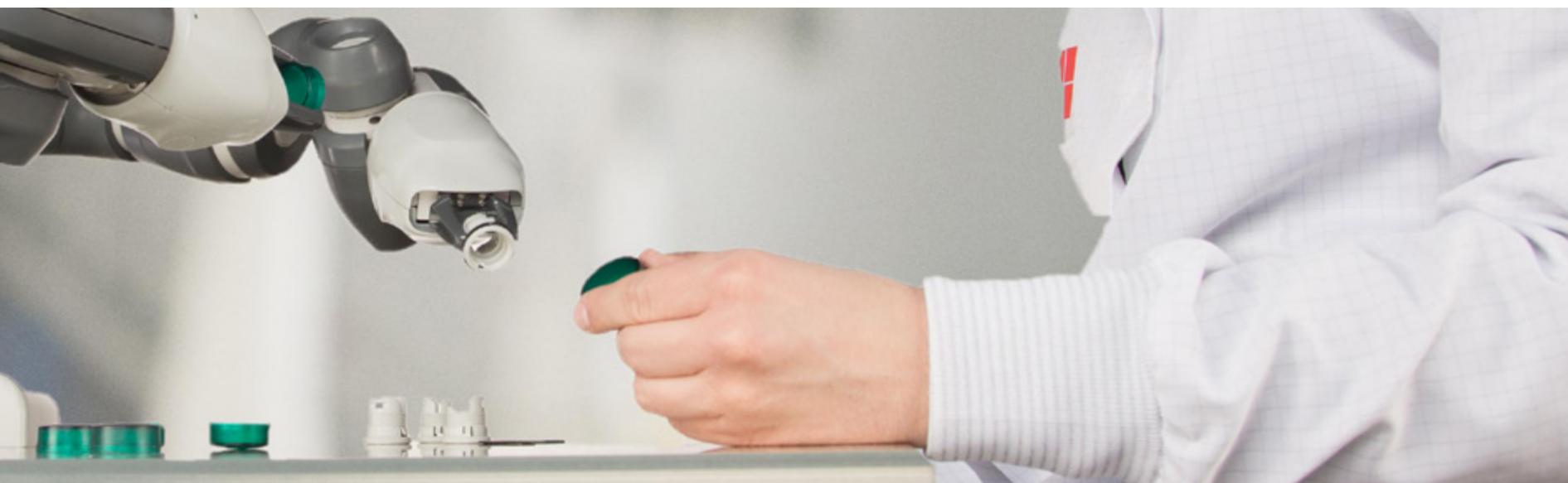
Durante una collaborazione duratura (ad esempio un turno di lavoro), lo stato psicofisico dell'essere

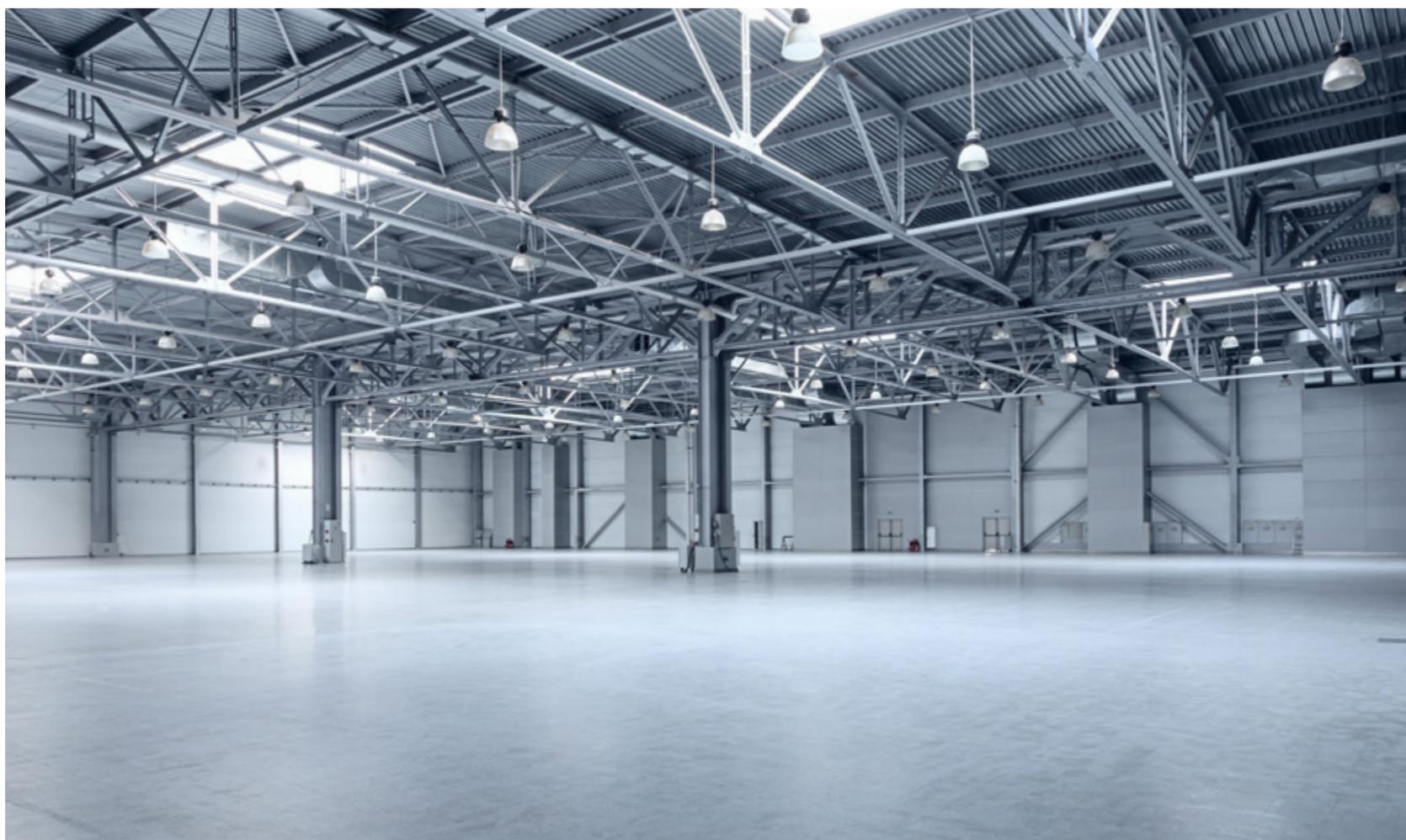
umano, e di conseguenza i suoi ritmi, cambia (a causa dell'accumulo di fatica e di stress). Se il robot mantenesse sempre lo stesso ritmo, potrebbe diventare un fattore di stress per l'operatore e rendere la collaborazione inefficiente.

In questa linea di ricerca, ARSControl sta costruendo una strategia per stimare lo stato psicofisico dell'operatore a partire da dati raccolti da sensori indossabili (ad esempio, smartwatch). A partire da questa stima, il robot modifica il proprio comportamento per adattarsi al ritmo dell'essere umano, di minimizzare lo stress e di ottenere la massima efficienza possibile. I primi risultati di questa attività sono stati ottenuti nell'ambito del progetto europeo H2020 COMPLEMENT (COLlaborative robot aMPLifying and Extending huMAN capabilities) in cui, a partire dalla stima dello stato psicofisico dell'operatore, il robot decide quali compiti eseguire.

Conclusioni

L'obiettivo del gruppo ARSControl è quello di creare una robotica sempre più avanzata ma sempre più semplice da utilizzare, al fine di rendere la tecnologia sempre più al servizio dell'operatore. La creazione di un collaboratore robotico non è semplice e richiede la soluzione di molteplici problemi ai quali ARSControl sta lavorando.





Studio del layout: posizionamento ottimale delle aree di lavorazione e di stoccaggio

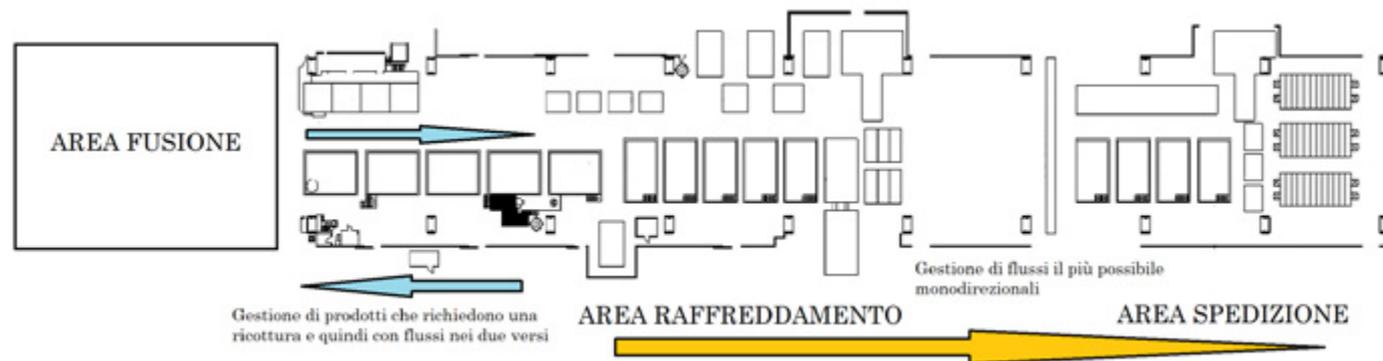
Il progetto efficiente dei flussi dei materiali all'interno degli stabilimenti industriali come strumento cruciale per l'eliminazione delle operazioni prive di valore aggiunto

Ogni volta che una organizzazione si pone sul mercato realizzando un prodotto o predisponendo la fruizione di un servizio (es. un percorso di formazione, una visita medica) definisce l'insieme delle attività in grado di assicurare la piena soddisfazione dei clienti. Tuttavia, alcune di queste attività aggiungono valore alle materie prime in ingresso, poi lavorate e trattate, al fine di ottenere il prodotto o il servizio desiderato (es. una operazione di taglio per la messa a punto di un vestito o la preparazione del-

le slide per la messa a punto di una lezione). Altre attività, invece, non aggiungono valore per il cliente finale. Si pensi alle operazioni di movimentazione del materiale tra una lavorazione e la successiva o la ricerca degli strumenti durante una visita medica, all'interno di uno studio di uno specialista. La progettazione efficiente del layout è un importante elemento di vantaggio competitivo, se realizzata facendo attenzione a supportare la progressiva riduzione delle attività prive di valore aggiunto. Pertanto,

il progetto di aree dedicate alla realizzazione di componenti, al loro montaggio o alla fornitura di un servizio devono essere studiate allo scopo di garantire:

- la vicinanza di macchine e banchi di lavoro con continue attività in comune o in successione, al fine di ridurre tempi e risorse impiegate nella movimentazione di materie prime, semilavorati e prodotti finiti
- l'ordine e la pulizia, per limitare lo spreco di tempo nella ricerca di strumenti o componenti



– il veloce approvvigionamento dei materiali progressivamente utilizzati, al fine di evitare tempi morti durante l’orario di lavoro.

Tali accorgimenti possono migliorare significativamente la riorganizzazione di aree industriali esistenti (o garantire un funzionamento ottimale in impianti di nuova costruzione), con effetti nell’ambito della riduzione:

- dei lead time di produzione (e quindi di fornitura)
- dei costi degli articoli e dei servizi offerti, per la riduzione delle fasi (prive di valore aggiunto) necessarie per ottenerli
- degli spazi necessari per la implementazione del ciclo produttivo.

A fronte di effetti così rilevanti, numerosi sono gli autori che in letteratura si sono dedicati alla definizione di approcci a supporto di una messa a punto efficiente di layout industriali.

Tuttavia, restano ancora limitati gli approcci in grado di adattarsi a vincoli dettati dalle caratteristiche tecnologiche delle attività in gioco o da limiti imposti dagli spazi a disposizione. Il Gruppo di ricerca nel settore degli Impianti Industriali Meccanici, attivo presso il Dipartimento di Scienze e Metodi dell’Ingegneria, gestito dalla Prof.ssa Bianca Ri-

mini, ha invece portato avanti numerosi progetti di layout efficienti in contesti caratterizzati da vincoli tecnologici di rilievo, ad esempio per la presenza di operazioni di verniciatura e successiva asciugatura, oppure per la presenza di lavorazioni di metalli fusi a cui devono fare seguito le successive attività di raffreddamento, o ancora per l’utilizzo di sistemi di movimentazione dei materiali poco flessibili, quali i paranchi per oggetti pesanti e di grandi dimensioni. In questi ambiti, lo studio delle aree richieste deve essere valutato in scenari alternativi in cui vengono considerati gli effetti dinamici dei vincoli sopracitati, in termini di aree aggiuntive necessarie per esempio per lo stoccaggio di materiale in attesa di completare il ciclo di asciugatura o raffreddamento o per lo stoccaggio di materiale in attesa che si liberi il paranco adatto al trasporto (per peso e dimensioni dell’oggetto). Ne risulta, quindi, uno studio del layout che deve integrare strumenti grafici e strumenti simulativi, competenze logistiche e impiantistiche, analisi nel breve, nel medio e nel lungo termine. Infatti, se da un lato la messa a punto di un layout è investimento strutturale che, sovente, porta a soluzioni che sono utilizzate immutate per alcuni anni, allo stesso tali soluzioni devono contenere

allestimenti il più possibile flessibili, in grado di permettere modifiche di configurazione per rispondere alle sfide mutevoli del mercato.

A scopo esemplificativo si riporta il progetto di una acciaieria, nella quale lo studio del layout è stato fortemente influenzato dalla presenza delle fosse di raffreddamento. Il loro uso ottimale ha richiesto lo studio di scenari alternativi di schedulazione delle attività, funzionali a fare avvenire i lunghi cicli di raffreddamento soprattutto durante la notte o nel weekend, al fine di limitare la richiesta di spazi aggiuntivi per lo stoccaggio di materiale in attesa di lavorazione. E ancora, i prodotti che richiedono una ricottura sono stati posti lontani dall’area centrale, maggiormente interessata da spostamenti e movimentazioni, al fine di occupare la corsa dei paranchi in modo limitato. Al contrario, nelle zone a maggiore traffico sono stati favoriti flussi in un’unica direzione, che progressivamente accompagnano i prodotti alla zona di spedizione.

E ancora, si riportano configurazioni differenti di magazzini di materie prime, semilavorati e prodotti finiti, valutati, in vari progetti gestiti dal Gruppo, sia in funzione degli spazi a disposizione sia dei tempi di servizio richiesti, nei contesti operativi di riferimento.



Sistemi elettronici e di conversione dell'energia per un'economia sostenibile e a basso impatto ambientale

L'adozione di un modello di sviluppo economico *sostenibile*, ovvero in grado di garantire alle generazioni future lo stesso livello di risorse naturali di quelle a disposizione delle generazioni precedenti, e a *basso impatto ambientale*, ovvero tale da ridurre gli effetti negativi delle attività umane sull'ecosistema e sui cambiamenti climatici, rappresenta una sfida ineludibile che impegnerà istituzioni, imprese, comunità scientifiche e cittadini a livello globale nei prossimi anni. Le *tecnologie elettriche ed elettroniche* giocano un ruolo centrale in tale sfida, in quanto tecnologie abilitanti indispensabili per molti degli strumenti che è possibile mettere in campo. Basti pensare al contributo essenziale di tali tecnologie alle due principali fonti di energia rinnovabile, ovvero il fotovoltaico e l'eolico, all'automazione industriale, al trasporto elettrico e ai sistemi di illuminazione ad alta efficienza.

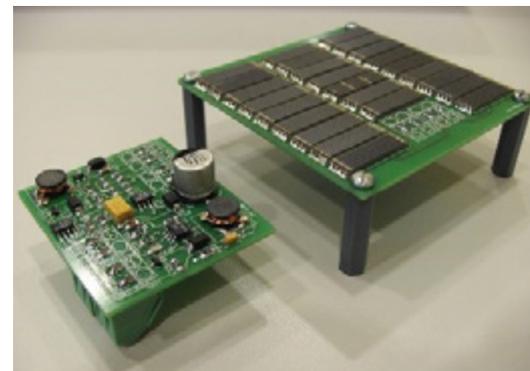
All'interno del DISMI i gruppi di ricerca di *Elettronica* (Giovanni Verzellesi, Luca Larcher, Alessandro Bertacchini) e di *Convertitori, macchine e azionamenti elettrici* (Emilio Lorenzani, Fabio Immovilli) portano avanti ricerche sulle tecnologie e i sistemi elettronici e di conversione dell'energia ad elevata *efficienza energetica*, quest'ultima essendo una caratteristica indispensabile per contribuire al raggiungimento dell'obiettivo di una economia sostenibile e a ridotta impronta ambientale. Queste ricerche sono condotte anche attraverso la partecipazione ai Centri Interdipartimentali *Intermech MO.RE.* ed *En&tech*, nonché alle collaborazioni sistematiche con i colleghi degli stessi settori scientifici afferenti al *Dipartimento di Ingegneria "Enzo Ferrari"* a Modena.



Sfera integratrice per la caratterizzazione di sorgenti LED all'interno del laboratorio Bright-Lab del Centro Interdipartimentale En&tech situato all'interno del Tecnopolo di Reggio Emilia (Capannone 19 delle ex Officine Reggiane).

Queste ricerche riguardano più in dettaglio le seguenti tematiche.

1. Lo sviluppo di dispositivi elettronici innovativi a basso consumo energetico (es. sensori wireless autoalimentati), come elemento abilitante per lo sviluppo di applicazioni di intelligenza artificiale, Internet of Things (IoT) e Industrial Internet of Things (IIoT). In ambito Industria 4.0, infatti, applicazioni basate su algoritmi di machine learning e intelligenza artificiale come diagnostica remota e preventiva per essere realmente efficaci necessitano di una grande mole di dati. La sensoristica tradizionale in molti casi non è applicabile per motivi di ingombri, posizionamento, alimentazione, connettività. In questo scenario le attività del gruppo sono volte allo sviluppo HW/SW di sensori miniaturizzati dotati di connettività wireless e in grado di essere energeticamente autonomi, cioè in grado di recuperare l'energia necessa-

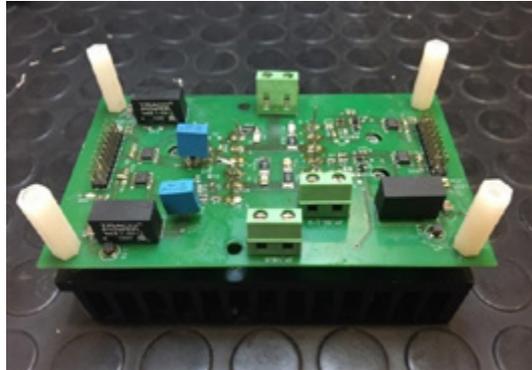


Sistema di energy harvesting da energia solare per nodi sensore wireless low power, sviluppato presso il laboratorio IES (Industrial Electronic Systems) del Centro Interdipartimentale Intermech MO.RE situato all'interno del Tecnopolo di Reggio Emilia (Capannone 19 delle ex Officine Reggiane).

ria al loro corretto funzionamento direttamente dall'ambiente in cui operano attraverso sistemi di energy harvesting da energia luminosa, gradienti termici, vibrazioni e sorgenti RF.

2. Lo sviluppo di dispositivi e convertitori elettronici basati su semiconduttori ad ampio bandgap (nitruro di gallio e carburo di silicio) per le future generazioni di sistemi elettronici di potenza, per power supplies a elevata densità di potenza, veicoli elettrici, fotovoltaico/eolico e sistemi di illuminazione (LED a luce bianca, UV-LED per applicazioni industriali, LED per orticoltura). I transistor ad ampio bandgap si comportano meglio come interruttori ideali e sono in grado di commutare a elevata velocità (tecnologia switching). Aumentando la frequenza di commutazione è possibile ridurre le dimensioni e aumentare l'efficienza di tutte le applicazioni elettroniche di potenza, che ormai ci circondano in modo pervasivo. Oltre

a questo, la possibilità di avere interruttori ideali a stato solido ad alta velocità permette di ampliare ulteriormente l'uso della tecnologia switching per applicazioni che richiedono la creazione di forme d'onda di tensione e/o corrente a elevata frequenza e bassa distorsione armonica, come per esempio azionamenti elettrici per motori ad alta velocità e trasduttori piezoelettrici usati sia come attuatori, sia come generatori. Per quanto riguarda i sistemi



Prototipo di convertitore a ponte intero con transistor GaN con frequenze di commutazione fino a 300kHz, tensione di alimentazione 400V e potenze fino a 2kW per alimentatori, amplificatori audio e azionamenti elettrici modulari. Prototipo sviluppato presso il laboratorio Azionamenti Elettrici del DISMI (Pad. Tamburini).

di illuminazione, bisogna considerare che la tecnologia dei LED basate sul nitruro di gallio ha aperto la strada a un nuovo modo di realizzare le lampadine che servono per illuminare gli ambienti in cui viviamo e lavoriamo. Le lampadine LED consumano meno energia elettrica e durano di più di quelle realizzate con altre tecnologie. I vantaggi dei LED però non si limitano a questo. I LED sono infatti al centro della cosiddetta rivoluzione dello



Prototipo di inverter e motore elettrico a magneti permanenti custom sviluppato per un consorzio di aziende regionali per applicazioni oleodinamiche e macchinari agricoli. Prototipi sviluppati presso il laboratorio Azionamenti Elettrici del Centro Interdipartimentale Intermech MO.RE. (Pad. Tamburini, Reggio Emilia).

“smart lighting”, grazie alla quale la luce da semplice mezzo di illuminazione diventerà anche strumento per influenzare positivamente i cicli vitali di uomini, animali e piante. In questo ambito, nei nostri laboratori esiste la strumentazione per la caratterizzazione completa dei LED dal punto vista elettrico, ottico e termico. Inoltre è in corso di sviluppo un prototipo di grow box per la crescita di vegetali in presenza di luce LED ottimizzata.

3. Sviluppo di nuove soluzioni di azionamenti elettrici in ambito industriale e automotive in grado di minimizzare il consumo energetico per ogni condizione operativa e per un dato ciclo di lavoro. In ambito aerospaziale si sono sviluppati e si stanno ulteriormente ricercando azionamenti elettrici fault-tolerant con architettura modulare sia per quello che riguarda la macchina elettrica, l'elettronica di potenza e le schede elettroniche di controllo del sistema.

Queste ricerche hanno ricevuto finanziamenti negli ultimi 10 anni da parte di 7 progetti della Commissione Europea, 2 progetti dell'Agenzia Spaziale Europea, 1 progetto PRIN, 4 progetti regionali e più di 30 progetti di ricerca industriale direttamente finanziati da imprese.



Le molteplici applicazioni dello scambio termico

Sfide socio-economiche e risposte ingegneristiche

Fino a tutto il XVIII secolo, per spiegare la trasmissione del calore, gli scienziati non avevano trovato nulla di meglio che la “teoria del calorico”: un fantomatico fluido immateriale, responsabile del trasporto del calore nei corpi e nei fluidi. Oggi, dopo due secoli di ricerca e di avanzamento delle conoscenze, sappiamo che i processi dello scambio termico sono qualcosa di molto più complesso e variegato, ma tuttavia fisicamente quantificabile, nonché prevedibile mediante modelli e sperimentazioni.

Ma quanto è rilevante lo scambio termico nella società e nella vita umana? Ne conosciamo davvero tutti gli aspetti teorico-pratici in forma compiuta? Esiste ancora margine per innovare lo stato dell’arte?

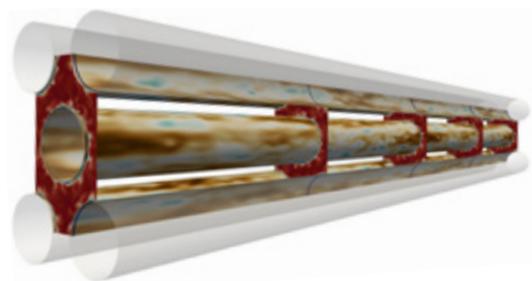
Riscontri a queste domande possono venire da una rapida analisi di alcune delle grandi sfide che l’umanità sta affrontando, e delle risposte che, nel loro piccolo, i gruppi di ricerca in Fisica Tecnica del DIEF di Modena e del DISMI di Reggio Emilia con i loro laboratori specializzati stanno studiando nell’ambito dello scambio termico con le sue molteplici peculiarità e soluzioni applicative avanzate, cioè nell’ambito della termofluidodinamica pura e applicata.

Energie alternative per il contenimento del surriscaldamento globale

Su scala planetaria, l’emergenza del global warming è ormai un’evidenza. La causa verosimil-

mente risiede nell’effetto serra, l’anomalo trattamento dell’energia apportata dal sole per effetto della presenza in atmosfera di gas come l’anidride carbonica. La loro crescente presenza ha origine essenzialmente antropica: stiamo rapidamente bruciando, e rilasciando nell’aria come prodotti della combustione, ciò che la natura aveva consolidato nei giacimenti di combustibili fossili in centinaia di milioni di anni. Stiamo così esaurendo anche le riserve energetiche del pianeta. Ma un’alternativa ai combustibili fossili esiste: è data dalle biomasse, sostanze vegetali che possono essere ricreate in tempi brevissimi, sottraendo così gas serra all’atmosfera. La loro valorizzazione è oggetto delle ricerche del Bio-Energy Efficiency Laboratory (BEELab, www.beelab.unimore.it), che studia la





Simulazione numerica di un componente di centrale nucleare

conversione energetica delle biomasse mediante avanzati impianti di gassificazione lab-scale. Questi impianti, riferisce il Prof. Paolo Tartarini con i suoi collaboratori, Giulio Allesina e Simone Pedrazzi, hanno permesso di sviluppare processi efficienti ed affidabili, applicabili anche in impianti full-scale, e di sviluppare e brevettare soluzioni impiantistiche altamente innovative, anche nell'ambito di collaborazioni internazionali oltreoceano. Un obiettivo prospettico è quello di rendere sostenibili filiere locali di economia circolare, in cui gli impianti allo studio permettono di sfruttare energeticamente residui agroindustriali locali, consentendo altresì lo stoccaggio del carbonio sottratto all'atmosfera come biochar (carbone

vegetale), lo scarto carbonioso dei processi di conversione. Ricerche trasversali tra l'energetica e l'agronomia, svolte in cooperazione con il Dip. di Scienze della Vita, hanno permesso di ridefinire i metodi per lo stoccaggio del biochar nei terreni, ove permette di ridurre il fabbisogno idrico e di fertilizzanti, favorendo altresì lo sviluppo di processi di produzione alimentare più efficienti, sostenibili e resilienti, che possono diventare protagonisti della battaglia in atto per invertire il cambiamento climatico.

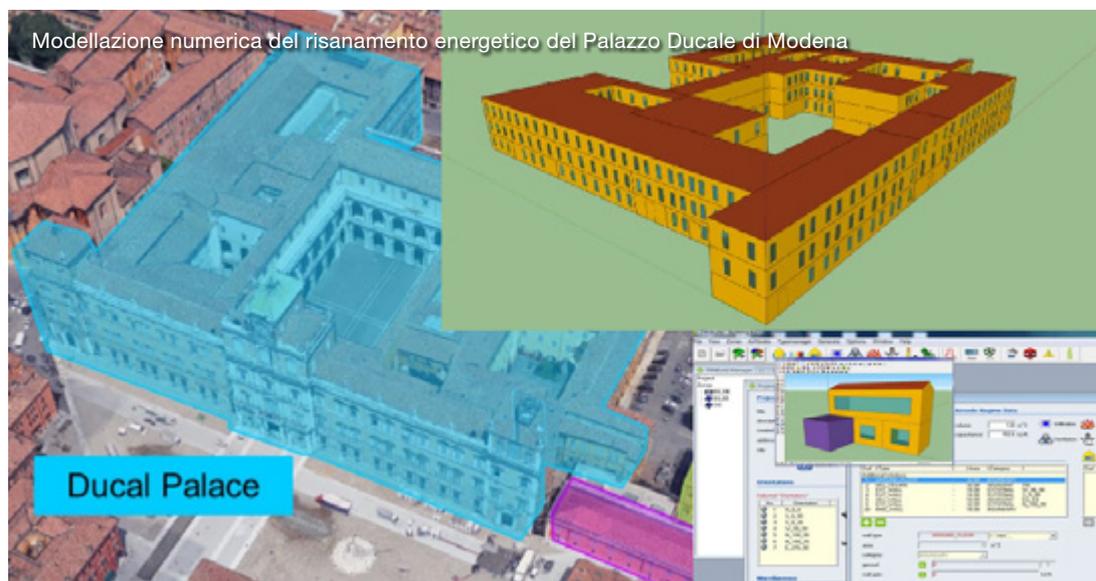
In un periodo caratterizzato dalla presa di consapevolezza che l'energia da combustibili fossili ha costi ambientali proibitivi, lo sfruttamento dell'energia nucleare in centrali di prossima generazione, più pulite e intrinsecamente sicure, è ancora una plausibile soluzione al problema energetico ed ecologico. In questo ambito, il laboratorio LIFT (www.lift.unimore.it), che comprende ricercatori del DIFE e del DISMI, coordinati dal Prof. Enrico Stalio e dal Dott. Diego Angeli, ha contribuito alla progettazione delle future centrali nucleari, occupandosi in particolare dei complessi sistemi termoidraulici volti a garantire che il loro funzionamento

avvenga a temperatura prefissata e stabile. Le ricerche, in atto fin dal 2007, si svolgono nell'ambito di una serie di progetti di ricerca finanziati dall'UE in collaborazione con oltre venti università e centri di ricerca di eccellenza internazionali.

Materiali super-riflettenti contro il surriscaldamento delle grandi aree urbane

L'impatto del global warming è amplificato dalla progressiva urbanizzazione della popolazione, che si sta raccogliendo in grandi città nelle quali si manifesta il fenomeno dell'isola di calore: per effetto dell'interazione termica con la radiazione solare, le temperature delle superfici edificate sono molto più alte di quelle del mondo circostante, il quale, come già detto, si sta di per sé surriscaldando. Alle contromisure al surriscaldamento degli edifici e delle aree urbane lavora l'Energy Efficiency Laboratory (EELab, www.eelab.unimore.it), centro di riferimento a livello europeo per lo sviluppo, la caratterizzazione e anche la certificazione (in regime di accreditamento ISO/IEC 17025) di materiali "cool" super-riflettenti,





cioè dotati di elevatissima capacità di riflettere la radiazione solare. Come riferisce il Prof. Alberto Muscio, le principali aziende italiane del settore, esse stesse eccellenze a livello europeo e globale, assieme a primarie aziende estere, si avvalgono delle attrezzature e delle competenze di EELab, che ha coordinato progetti anche su scala europea ed è co-fondatore e membro dell'European Cool Roof Council (ECRC), ente no-profit che promuove i material "cool" mediante il coordinamento di una rete di laboratori e la sorveglianza di un rigoroso programma di certificazione.

Più in generale, EELab studia ad ampio spettro il comportamento termico degli edifici e dei loro impianti, avvalendosi di sofisticati metodi di indagine teorica e sperimentale, prestando altresì attenzione al miglioramento dell'efficienza energetica del patrimonio edilizio storico e monumentale.

Propulsione elettrica sicura e propulsione a idrogeno per una mobilità più sostenibile

Un'altra delle fondamentali sfide che l'umanità sta affrontando è quella della mobilità. Spostarsi in modo sicuro, confortevole e, soprattutto, sostenibile, è un'esigenza ormai condivisa su tutto il pianeta, e la progressiva elettrificazione dei veicoli è la principale risposta che l'umanità sta sviluppando: veicoli altamente elettrificati possono sfruttare in modo razionale energia prodotta con elevatissima

efficienza in centrali pulite, ovvero ottenuta da fonti rinnovabili. Ma gli addetti ai lavori sanno bene che una basilare minaccia all'efficienza, alla durabilità e alla sicurezza degli apparati elettrici dei veicoli è proprio il loro surriscaldamento, che richiede sofisticate tecniche di controllo termico. Lo sviluppo e l'ottimizzazione di tali tecniche è oggetto delle indagini del laboratorio LIFT, che negli ultimi anni ha votato i suoi sforzi al controllo termico degli apparati propulsivi elettrici e ibridi attraverso diverse tecniche di indagine, in particolare mediante la simulazione numerica.

In un filone parallelo si inserisce l'ultradecennale attività di ricerca sulle celle a combustibile (fuel cells), in cui l'idrogeno è utilizzato come vettore energetico. Questo, ci racconta il Dott. Paolo Santangelo, può rappresentare una valida alternativa all'accumulo di energia elettrica mediante le costose e problematiche batterie, specialmente nel settore dell'autotrazione. Le ricerche in atto sono orientate sia alla produzione di fuel cells tramite innovativi metodi di stampa, sia alla loro integrazione in sistemi che prevedono la produzione, lo stoccaggio e la distribuzione dell'idrogeno, in particolare in veicoli a propulsione elettrica alimentati da fuel cells piuttosto che da batterie. Lo spettro di collaborazioni consolidato su queste tematiche include la presenza in vari gruppi di lavoro internazionali, che ha portato a progetti finanziati dall'UE tuttora in corso, in collaborazione con il gruppo di Scienza dei materiali, e al supporto da parte di primari attori del territorio.

L'ingegneria antincendio a protezione delle vite, delle attività e del patrimonio storico

Scambio termico e sicurezza vanno a braccetto anche in altri ambiti: l'ingegneria antincendio costituisce un solido trait d'union tra ricerca pura sui fenomeni fisici e applicazione a configurazioni reali di rilevante interesse pratico. Il raffreddamento evaporativo di superfici solide mediante gocce d'acqua, tema di ricerca ormai ultraventennale per i Proff. Paolo Tartarini e Mauro A. Corticelli, ha costituito la base fenomenologica da cui è stato avviato un filone di ricerca sui più innovativi sistemi a scarica (sprinkler, water mist e nanomist) per il controllo e l'estinzione di incendi. Le collaborazioni con enti di ricerca di riferimento mondiale (ad esempio la sinergia con il Department of Fire Protection Engineering della University of Maryland, USA) e con aziende del territorio leader a livello nazionale hanno portato a svolgere sperimentazioni sia in laboratorio, sia in scala reale, su scenari macroscopici senza precedenti e utilizzando metodi sperimentali del tutto originali (basati su tecniche quali la termografia all'infrarosso, la diffrazione laser e la particle image velocimetry).

Scambio termico: una tematica di indagine trasversale alle diverse scale

In generale, sofisticati strumenti di indagine modellistica e sperimentale sono utilizzati, a Modena e Reggio Emilia, in tutti i diversi ambiti dello scambio termico, in modo integrato e trasversale alle diverse scale: dall'ottimizzazione di micro-canali di raffreddamento di motori elettrici, al controllo di processi di sfruttamento energetico delle biomasse, all'analisi complessiva del comportamento termico di apparati e sistemi elettromeccanici, fino all'interazione termica con l'ambiente di grandi complessi edificati. Le ricerche svolte vedono i gruppi di Fisica Tecnica far parte, sovente con ruolo di coordinamento, di reti di centri di ricerca pubblici e privati a livello regionale, continentale e globale.

2	Mappa del numero
3	Il futuro è già presente
4	Brain-Inspired Computing: frontiera tra Elettronica e Neuroscienze
5	Strumentazione e Misure
6	Tutto sotto controllo
8	Estrarre Valore dai Big Data
10	Intelligenza Artificiale, Visuale e Deep Learning
12	More Electric Aircraft
13	Formula Student
14	DIMANT: Progettare materiali per le tecnologie del futuro
16	Ecotech
18	XiLab: simulazione e UX
19	All'avanguardia sulla stampa 3D
20	Ricerca e innovazione nel settore delle macchine agricole
21	Ricerca e ingegneria per lo sviluppo tecnologico del futuro
22	La matematica nelle scienze, tecnologie e società
24	Materiali mecatronici
26	Laboratorio di Monitoraggio e Diagnostica delle Macchine
27	LCA Working Group
28	Rilevazione automatica dei suoni polmonari patologici
30	Progetto IMPReSA
32	Fabbricare con la luce
34	Collaboratori Robotici
36	Studio del layout: posizionamento ottimale delle aree di lavorazione e di stoccaggio
38	Sistemi elettronici e di conversione dell'energia per un'economia sostenibile e a basso impatto ambientale
40	Le molteplici applicazioni dello scambio termico

**Ricerca e futuro dell'Università
degli Studi di Modena e Reggio Emilia**

Gennaio - Febbraio 2020

Pubblicazione periodica di Unimore
(Università di Modena e Reggio Emilia)

Editore delegato:
Edizioni Della Casa srl

Direttore Responsabile:
Stefano Della Casa

Comitato di redazione:

Thomas Casadei, Serena Benedetti, Alberto Greco, Dino Della Casa, Stefano Della Casa e Maurizio Malavolta

Coordinamento grafico:

Claudio Piccinini

Stampa:

Grafiche TEM (MO)

Foto:

Unimore, Alessio Ferrera, Luca Lombroso, CNH Industrial

Si ringraziano per aver collaborato a questo numero Paolo Pavan, Barbara Rebecchi, Luca Selmi e Andrea Spaggiari

L'editore è pronto a riconoscere eventuali diritti sul materiale fotografico di cui non è stato possibile risalire all'autore e di essere in possesso di tutte le relative liberatorie

Symbols è una pubblicazione stampata in esclusiva per Unimore a cura di Edizioni Della Casa S.r.l. Viale Alfeo Corassori, 72 - Modena

info@studiodellacasa.it

In copertina:

In alto, la sede del Dipartimento d'Ingegneria Enzo Ferrari (DIEF) di Modena. In basso, la sede del Dipartimento di Scienze e Metodi dell'Ingegneria (DISMI) di Reggio Emilia

Il tuo 5 x 1000 è importante.

CF Unimore: 00427620364



UNIMORE
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI
MODENA E REGGIO EMILIA

Università degli studi di Modena e Reggio Emilia

e-mail: urp@unimore.it - PEC: urp@pec.unimore.it

Sede di Modena: Via Università 4, 41121 Modena, Tel. 059 2056511 - Fax 059 245156

Sede di Reggio Emilia: Viale A. Allegri 9, 42121 Reggio Emilia, Tel. 0522 523041 - Fax 0522 523045.