



Rivista di informazione del Dipartimento di Ingegneria Industriale  
Registrazione: Tribunale Civile di Trento - Numero 10 del 21 giugno 2010, del Registro Stampa  
Poste Italiane Spa - Spedizione in Abbonamento Postale - 70% GIPPA/TN



## Ingegneria industriale e prospettive occupazionali



### Il DII e le indicazioni dell'Advisory Board

Claudio Migliaresi

pag. 2



### Occupazione e prospettive degli ingegneri industriali

Dario Petri

pag. 3



### I primi progetti Horizon 2020 del DII

Mariolino De Cecco e Giovanni Straffellini

pag. 6

Il Dipartimento di Ingegneria Industriale (DII) ha assegnato a un comitato esterno la valutazione delle proprie attività affinché essa potesse servire da traccia per azioni migliorative e questo nella piena consapevolezza che l'autoreferenzialità non permette la necessaria obiettività per rimarcare, oltre ai punti di forza, pure gli aspetti più critici e deboli. La composizione dell'Advisory Board è di notevole prestigio (Giulio Bonazzi-Aquafil, Michael Seeber-Leitner, Stefano Morsut-Danieli, Alberto Sangiovanni Vincetelli -University of California at Berkeley) e garantisce autorità e competenza.

Il rapporto dell'Advisory Board elenca molti meriti del DII. Tra questi, la Scuola di Dottorato, l'attrattività dei corsi di laurea triennali in Ingegneria Industriale e ancor più di quelli magistrali in Ingegneria Meccatronica e Ingegneria dei Materiali, la soddisfacente - ma comunque migliorabile - collaborazione con il settore industriale, le iniziative di diffusione e disseminazione quali il Career Day, il DIINEWS, e il portale Impresa-Lavoro.

Ma esso elenca anche diversi punti che richiedono riflessione, attenzione e specifiche azioni correttive. Il Board ha richiamato l'attenzione sulla non sufficiente visibilità internazionale di alcuni suoi membri, ha consigliato di migliorare le collaborazioni con gli enti di ricerca presenti sul territorio (compresa la Fondazione Kessler), e ha suggerito di indirizzare meglio la formazione verso alcune specifiche esigenze delle aziende.

Questo non è ancora avvenuto, e da Direttore ne ho certamente la responsabilità maggiore.

Da docente universitario - più che da Direttore del Dipartimento - avverto la ritrosia ad accogliere un giudizio critico, portando a giustificazione di essa l'affanno della quotidianità, le scarse risorse finanziarie e umane, la difficoltà di operare in un sistema che sempre di meno investe in formazione e ricerca.

Molte di queste scusanti sono certamente valide, ma esse non possono essere il pretesto per chiudersi nell'immobilismo e arrivare alla prossima riunione del Board - alla fine di quest'anno - con un elenco di giustificazioni invece che di azioni intraprese e già avviate.

Questo editoriale, breve ma pubblico, fissa un impegno verso azioni concrete da parte di ogni membro del DII, per migliorare la capacità di formare, ricercare, disseminare e trasferire conoscenza e tecnologia. A beneficio di tutti.



*Claudio Migliaresi*  
Direttore del DII

## Advisory Board

### CHI LO COMPONE

- **dott. Giulio Bonazzi** - Aquafil
- **dott. Stefano Morsut** - Danieli
- **prof. Alberto Sangiovanni Vincetelli** - Berkeley University
- **dott. Michael Seeber** - Leitner

### OBIETTIVI DEL BOARD

- Individuare i punti di forza e di debolezza del Dipartimento per quanto concerne la didattica, la ricerca e il personale
- Individuare le direzioni più competitive
- Individuare strategie di avvicinamento nel mondo dell'industria



## LAUREATI IN INGEGNERIA INDUSTRIALE: OCCUPAZIONE E PROSPETTIVE

Dario Petri

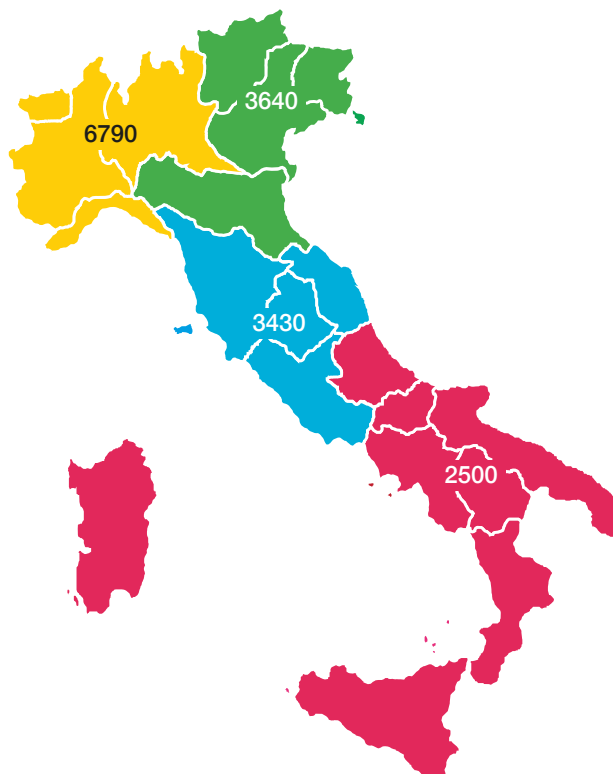


Dario Petri  
DII

Anche se l'interesse del mercato del lavoro per figure professionali di alto livello in ambito tecnico-scientifico è ben nota, con un tasso di disoccupazione giovanile superiore al 40% è più che lecito chiedersi quali siano oggi le prospettive occupazionali di un giovane laureato in Ingegneria Industriale in Italia. Secondo i dati elaborati dal Centro Studi del Consiglio Nazionale degli Ingegneri ([www.centrostudicni.it](http://www.centrostudicni.it), rapporto "Occupazione e remunerazione degli ingegneri in Italia"), nel 2012 si sono laureati e affacciati al mercato del lavoro complessivamente 31.550 ingegneri, di cui 23.600 di secondo livello (laurea magistrale) e 7950 di primo livello (dei quali 4350, pur lavorando, hanno proseguito gli studi nei corsi di laurea magistrale). Rispetto alle due macro aree dell'ingegneria, circa 14.000 si sono laureati in Ingegneria Civile e Ambientale e circa 17.500 sono stati i laureati in Ingegneria Industriale e dell'Informazione.

Nello stesso anno 2012, in piena crisi economica, le imprese italiane hanno previsto di assumere 800 ingegneri civili e ambientali e circa 14.500 ingegneri industriali o dell'informazione. Per questi ultimi, quindi, il rapporto tra la domanda e l'offerta di lavoro a livello nazionale si attestava attorno all'83%, con maggiori offerte di impiego nelle regioni settentrionali del Paese (si veda in figura la distribuzione geografica delle richieste di ingegneri da parte del sistema produttivo). Ne risulta che l'attrattività per il mercato del lavoro di una laurea in Ingegneria Industriale o dell'Informazione è pari a circa il 260% di una generica laurea, che comunque costituisce una garanzia contro la disoccupazione dato che il tasso relativo ai giovani laureati si attestava "solo" al 14,7% rispetto ad un tasso generale superiore al 40%. Nel rapporto, il Centro studi del CNI specifica inoltre che "per alcune figure ingegneristiche, quali ad esempio gli ingegneri di manutenzione, gli ingegneri elettronici, i meccatronici e gli informatici, la domanda da parte delle imprese è superiore alla disponibilità di individui con tali competenze, ragione per cui la ricerca di personale in questi casi si rivela assai difficoltosa".

Si deve infine rilevare l'elevata richiesta di laureati in ingegneria all'estero, specialmente in ambito industriale e dell'informazione. In Germania, l'Associazione nazionale degli ingegneri (la VDI) stima una carenza di circa 65.000 profili ingegneristici, nonostante questo Paese finanzia il sistema universitario con circa 26 miliardi di euro all'anno, contro i "soli" 6,5 miliardi di investimenti pubblici in Italia. Non sorprende quindi che nel 2013 circa il 10% dei laureati in ingegneria nel 2008 abbia trovato occupazione in un altro Paese, con un trend di emigrazione che risulta in rapida crescita negli ultimi anni. Ad attrarre i laureati in ingegneria non sono solo le maggiori prospettive occupazionali che si possono trovare all'estero, ma anche una maggiore remunerazione: nel 2013, mentre in Italia lo stipendio medio di un neolaureato in ingegneria era di circa 1200 euro, in Francia, Spagna e Regno Unito sfiorava in media i 2100 euro (indagine del Centro studi CNI).



### LEGENDA

Domanda dal sistema produttivo di laureati con titolo di studio in ingegneria, anno 2013:

nord-est: 3640

nord-ovest: 6790

centro: 3430

sud e isole: 2500

(fonte: Centro studi del Consiglio Nazionale degli Ingegneri)





## IL PORTALE IMPRESA E LAVORO DEL DII

Il portale è rivolto ad imprese, studenti ed università, ed ha l'obiettivo di promuovere:

- L'incontro tra domanda e offerta di lavoro per studenti e laureati
- Rapporti di collaborazione tra le imprese ed il DII

In particolare le aziende, una volta registrate, potranno:

- effettuare ricerche all'interno di un database di curricula vitae di studenti e neolaureati in Ingegneria Industriale;
- filtrare i curricula in base a:
  - percorso di studi (laurea e diploma);
  - conoscenza delle lingue straniere;
  - competenze informatiche;
  - esperienze all'estero;
  - tesi/stage;
- inserire offerte di lavoro
- contattare direttamente il Dipartimento di ingegneria industriale per:
  - chiedere pareri;
  - consulenze;
  - analisi;
  - avviare nuove collaborazioni di ricerca.

Alcuni numeri del servizio online:

- 25 imprese registrate;
- 106 CV inseriti da studenti ed ex studenti;
- 200 CV scaricati dalle aziende;
- 12 offerte di lavoro inserite.



[www.unitn.it/dii](http://www.unitn.it/dii)

## I TESTIMONIAL DEL DIPARTIMENTO



### ALESSANDRO GABOS

**Laurea in:** Ingegneria dei Materiali nel 2008

**Titolo della tesi:**

Analisi tecnico economica del processo di produzione di acciaio speciale con forno elettrico.

*Alessandro ha acquisito la Laurea in Ingegneria dei Materiali, ha lavorato come responsabile Controllo Qualità e poi Responsabile di produzione presso Officine Meccaniche Gama Srl, Lean Manager presso Watts Water Industries Srl, attualmente è Lean Manager e Responsabile Industrializzazione presso Meccanica Cainelli Srl di Volano (TN).*

### Come sei arrivato alla presente posizione professionale?

Attraverso una crescita professionale avvenuta all'interno del mondo delle aziende e attraverso formazione specifica presso enti di consulenza esterna.

### Quanto ti è stata utile la laurea in Ingegneria dei Materiali?

Avendo sempre lavorato nel mondo delle lavorazioni meccaniche per asportazione di truciolo, la mia formazione in ingegneria dei materiali mi ha permesso di affrontare e risolvere con competenza tecnica molte problematiche di produzione, legate sia agli aspetti di qualità che a quelli legati all'usura degli utensili; la formazione scientifica insegna ad affrontare in maniera strutturata le situazioni che richiedono doti di analisi e di problem solving. A mio parere inoltre, la formazione universitaria garantisce una grande facilità di apprendimento degli aspetti più specifici, sia gestionali che tecnici, delle realtà aziendali con cui un ingegnere si trova a collaborare.

### Consigliaresti un'esperienza simile alla tua?

Assolutamente sì. Consiglio comunque ad un giovane laureato di avere l'umiltà di rimettersi in discussione dopo la laurea. La laurea in ingegneria costituisce un'ottima base tecnico-scientifica, ma deve essere integrata quotidianamente con tutti gli aspetti più pratici del mondo del lavoro.

### Quali sono gli aspetti positivi dell'ateneo di Trento e del Dipartimento di Ingegneria Industriale?

La dimensione medio-piccola dell'ateneo di Trento garantisce servizi più efficienti e a misura di studente. Il Dipartimento di Ingegneria Industriale, offre la possibilità di integrare, soprattutto nel biennio di specializzazione, la formazione accademica e una esperienza pratica di laboratorio.



### NICOLA SARTORI

**Laurea in:** Ingegneria dei Materiali nel 2012

**Titolo della tesi:**

Deformazione a caldo di acciai speciali

*Nicola ha acquisito la Laurea in Ingegneria dei Materiali, lavora come ingegnere di processo nel dipartimento R&D presso Danieli & C. Officine Meccaniche SpA*

**Come sei arrivato alla presente posizione professionale?** Ho avuto la possibilità di sostenere un colloquio durante un incontro con le aziende organizzato dall'Università di Trento, il Career Day, al quale Danieli aveva aderito.

**Quanto ti è stata utile la laurea in Ingegneria dei materiali?** Le conoscenze teoriche e le competenze tecniche acquisite durante il percorso di studi costituiscono la base per lo svolgimento delle attività di cui mi occupo quotidianamente. In particolare risultano fondamentali a partire dalla fase di programmazione di un'attività sperimentale fino all'interpretazione dei risultati.

**Consigliaresti un'esperienza simile alla tua?** Sì. Far parte di una multinazionale, leader nel settore degli impianti per l'industria dell'acciaio, fortemente orientata alla ricerca e sviluppo, mi ha dato l'opportunità di partecipare in prima persona alla realizzazione e al follow-up di progetti in varie parti del mondo. Inoltre, la possibilità di lavorare presso il centro ricerche mi consente di avere a che fare con argomenti molto vari nell'ambito di trattamenti termici e dei processi produttivi permettendomi di riscontrare "sul campo" tematiche affrontate dal punto di vista teorico durante i vari corsi di studio.

**Quali sono gli aspetti positivi dell'ateneo di Trento e del Dipartimento di Ingegneria Industriale?** Trento è un'Università che a mio parere fornisce una formazione, in particolare in ambito metallurgico, di alto livello. Per quanto riguarda la mia esperienza personale la possibilità di svolgere tirocini e tesi di carattere sperimentale mi ha permesso di sviluppare particolare sensibilità nei confronti dei processi produttivi, dei trattamenti e delle tecniche di analisi e caratterizzazione dei materiali.



## HORIZON 2020: I PRIMI PROGETTI DEL DII



Mariolino de Cecco  
DII



Giovanni Straffelini  
DII



### Progetto UNCAP

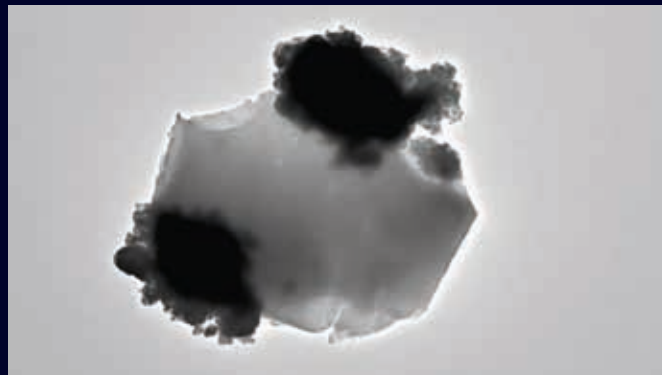
Mariolino de Cecco

UNCAP (Ubiquitous iNteroperable Care for Ageing People) si propone di sviluppare un'architettura ICT aperta, scalabile ed attenta alla privacy in grado di aiutare persone anziane a vivere in maniera autonoma migliorando il loro stile di vita. Il progetto coinvolge 23 partner da nove paesi diversi; gli obiettivi principali sono:

1. migliorare l'efficacia del sistema di cura mediante protocolli di valutazione integrati sia nella fase di cura che di istituzionalizzazione, presso ricoveri di lungodegenza o in casa privata;
2. rendere più efficace il trattamento e la prevenzione del decadimento cognitivo in modo da ritardare il ricorso a case di cura;
3. supportare l'individuo debole dal punto di vista cognitivo in modo da renderlo indipendente a casa propria.

In questo contesto il Dipartimento di Ingegneria Industriale ed il Dipartimento di Ingegneria e Scienza dell'Informazione (il referente è il prof. Nicola Conci) sono coinvolti per lo sviluppo e l'integrazione di una piattaforma di riabilitazione fisico-cognitiva. Nello specifico il nostro apporto sarà basato sull'impiego di uno schermo touch in grado di rilevare anche la forza in maniera accurata. In questo modo viene aggiunta una terza dimensione alle due fornite dallo schermo e quindi è possibile creare ambienti interattivi per giochi di riabilitazione 'serious games', sia accattivanti dal punto di vista grafico, che efficaci dal punto di vista riabilitativo, in quanto sono in grado di stimolare entrambi i canali cognitivo e fisico, legati alla destrezza con la quale usiamo il nostro arto più importante: la mano.

Nello stesso progetto è coinvolta ABILITA, unità dell'ospedale di riabilitazione Villa Rosa di Pergine (TN) diretta dal dott. Giovanni Guandalini che, in collaborazione con il dott. Piergiorgio Tomasi, neuropsicologo, partecipano in UNCAP sia allo sviluppo specifico dei 'serious games' per gli aspetti legati ai diversi pattern di funzioni cognitive da riabilitare in relazione alle diverse condizioni degenerative, che come sito di sperimentazione delle diverse tecnologie che verranno sviluppate.



### Progetto LOWBRASYS

Giovanni Straffelini

Le polveri sottili (PM) presenti nell'aria che respiriamo hanno effetti negativi sulla salute delle persone, soprattutto dal punto di vista delle malattie polmonari. La riduzione delle emissioni dal tubo di scappamento ha reso importanti le emissioni in ambiente dovute all'usura del sistema frenante, vale a dire dei dischi freno e delle relative pastiglie. Il progetto LOWBRASYS coinvolge 10 partner del mondo dell'industria automobilistica e della ricerca, e mira alla riduzione del 50% delle emissioni di polveri microscopiche e nanometriche prodotte dall'usura dei freni. Questo obiettivo sarà perseguito con un approccio sistematico e strutturato sui seguenti obiettivi principali:

1. sviluppo di nuovi materiali per la realizzazione dei dischi freno e delle pastiglie (materiali d'attrito) capaci di ridurre l'usura del sistema pur mantenendo le capacità frenanti;
2. sviluppo di strategie di frenata (e dei relativi sistemi di controllo) in grado di ottimizzare l'azione frenante del veicolo e ridurre le emissioni di particelle, sulla base della conoscenza dei meccanismi di formazione ed emissione delle particelle d'usura;
3. sviluppo di una tecnologia innovativa per catturare le particelle di usura vicino alla sorgente;
4. integrazione dei diversi sistemi sviluppati all'interno di un prototipo che permetterà di eseguire prove su circuiti automobilistici reali;
5. miglioramento delle tecniche di misurazione delle polveri emesse, e miglioramento della comprensione dei loro effetti sull'ambiente e la salute dell'uomo;
6. analisi del sistema in termini di effetti di costo e ambientali, attraverso Life Cycle Costing e Life Cycle Assessment.



## I LIBRI DEL DII



## Friction and Wear Methodologies for Design and Control

di Giovanni Straffelini

<http://www.springer.com/it/book/9783319058931>

I componenti meccanici, gli utensili dell'industria manifatturiera e la maggior parte dei sistemi ingegneristici con parti in contatto e in moto relativo possono andare incontro a guasti per usura o a inaccettabili dissipazioni di energia a causa dell'attrito. I costi associati a tali fenomeni sono elevati, sebbene si potrebbero realizzare notevoli risparmi con l'adozione di soluzioni progettuali esistenti, come un'adeguata scelta dei materiali o dei trattamenti superficiali.

Il testo intende fornire un quadro teorico dell'usura e dell'attrito e dei problemi connessi, insieme con strumenti pratici per la loro soluzione. Inizialmente sono presentati i concetti di base della meccanica del contatto, dell'attrito, della lubrificazione e dei meccanismi di usura, fornendo relazioni semplificate ma utili per valutazioni quantitative. Sono poi introdotti i principali processi di usura e sono descritti i principali materiali e trattamenti superficiali appositamente sviluppati per le applicazioni tribologiche. Al termine del testo sono descritti numerosi sistemi tribologici di particolare rilevanza in ingegneria.

Il testo è rivolto agli studenti di corsi di laurea in ingegneria, fisica e scienza dei materiali, che devono maturare una solida conoscenza di attrito, usura, lubrificazione e ingegneria delle superfici. Anche ricercatori, tecnici e professionisti possono trovare indicazioni utili nella propria attività per risolvere i problemi tribologici.



## Scaffolds for Tissue Engineering Biological Design, Materials, and Fabrication

di Claudio Migliaresi e Antonella Motta

<http://www.panstanford.com/books/9789814463201.html>

Qualche anno fa abbiamo ricevuto un invito da Pan Stanford Publishing per una proposta di un libro su un argomento di nostro interesse. Scrivere un libro o anche editarlo è un impegno gravoso, che richiede anni di lavoro, un forte interesse per l'argomento e, nel caso di raccolta di contributi da autori diversi, una presenza scientifica di un certo rilievo nel settore.

“Scaffolds for Tissue Engineering: Biological Design, Materials and Fabrication”, è il risultato di più di due anni di lavoro, nostro come editors, di revisori dei testi e di autori di un capitolo, e di colleghi tra i più noti nel settore dell'Ingegneria dei Tessuti e della Medicina Rigenerativa.

Il progetto sul quale ci siamo mossi nel disegnare l'indice del libro è che uno scaffold deve essere progettato in termini di materiali, architettura, proprietà, per rispondere non soltanto a requisiti fisici ma anche e soprattutto biologici. Spesso scaffolds, strutture che costituiscono l'impalcatura primitiva per l'adesione, la proliferazione, il metabolismo cellulare e la rigenerazione del tessuto/organo umano nelle sue tante complessità, sono costituiti da combinazioni di materiali con architettura e proprietà che evocano comportamenti biologici irrealistici. Uno scaffold non è un semplice supporto, ma un dispositivo attivo che interagisce con le cellule in vitro e con l'ambiente biologico in vivo con una complessità di segnali, chimici, fisici e biologici.

Il libro sviluppa l'argomento con 17 capitoli che accompagnano il lettore partendo dai principi fondamentali che regolano i meccanismi di rigenerazione tessutale, ai materiali, ai metodi di produzione, alle tecniche di coltura cellulare, ai meccanismi che si generano *in vitro* e successivamente *in vivo*.

## RESET CONTROL SYSTEMS: UNA ALTERNATIVA AL CLASSICO “PI CONTROL”

Luca Zaccarian



Luca Zaccarian  
DII

Il problema della “regolazione” dell’uscita è forse quello storicamente più famoso nel contesto dei sistemi di controllo industriali. Tale problema è caratterizzato dal fatto che una grandezza fisica  $y(t)$  (chiamata “uscita” del processo fisico) deve idealmente evolvere secondo una predefinita funzione del tempo  $r(t)$  (chiamata “riferimento”). L’errore di regolazione  $e(t)=r(t)-y(t)$  (detto per semplicità “errore”) è per l’appunto la differenza tra il riferimento e l’uscita. Il problema della regolazione corrisponde a riuscire a manipolare il processo fisico (scegliendo opportunamente i suoi “ingressi”  $u(t)$  in base alle equazioni matematiche del “controllore”) in modo da portare tale errore a zero. Alcuni esempi corrispondono al climatizzatore di un’automobile, dove l’uscita è la temperatura dell’abitacolo, il riferimento è la temperatura impostata dall’utente, e gli ingressi sono la velocità della ventola e la percentuale di aria calda/fredda. Sistemi più sofisticati spaziano dal controllo di assetto di aerei, droni o satelliti in ambito aerospaziale, controllo di anestesia o glicemia in ambito biomedico, controllo di robot e processi industriali in ambito manifatturiero, e molti altri.

Uno dei metodi o sistemi di controllo più diffusi in ambito industriale è il controllo PI, nel quale viene combinata un’azione proporzionale (P) all’errore e una proporzionale all’integrale (I) dell’errore. In effetti l’azione integrale è molto utile perché consente di ottenere la convergenza a zero dell’errore, in quanto non esiste una condizione di stazionarietà a meno che non ci sia tale convergenza. Il lavoro di ricerca svolto in collaborazione con vari esponenti internazionali della teoria del controllo non-lineare corrisponde all’inserimento di un’opportuna logica di reset nell’equazione differenziale (ovvero integrale) che governa l’evoluzione della grandezza interna al sistema di controllo. L’inserimento dei reset, fa sì che l’evoluzione della variabile non sia continua e dunque non descrivibile da un’equazione differenziale, ma richieda tecniche “ibride” che prevedono un mix di evoluzione continua e discreta (la soluzione di un’equazione differenziale è per definizione una funzione continua del tempo).

Nel 2004, durante una visita presso la University of Melbourne (Australia), insieme con Andy Teel (USCB, USA) e Dragan Nesić (University of Melbourne, Australia) abbiamo affrontato il problema dell’analisi di stabilità e prestazioni di sistemi di controllo con reset con una nuova teoria di Lyapunov per sistemi dinamici ibridi ancora in fase di sviluppo (una monografia che ne descrive le caratteristiche principali è stata pubblicata nel 2012). Tale teoria ha finalmente permesso di fornire un quadro completo per comprendere, e dimostrare matematicamente, i vantaggi dei “reset controllers”. La **Figura 1** rappresenta una delle “funzioni di Lyapunov” associate alla dimostrazione di stabilità per un sistema controllato da un integratore di Clegg.

Da allora, le applicazioni dei sistemi di controllo con reset stanno aumentando e lo sviluppo di algoritmi di controllo generici per la loro sintesi è oggetto di attività intensa di ricerca, in collaborazione con vari centri internazionali (UCSB, University of Melbourne, LAAS-CNRS Toulouse). Recentemente, nell’ambito di una collaborazione con Dana Rexroth Transmission Systems (Arco, TN) il reset control è stato adattato al controllo di corrente (uscita) che fluisce in una elettrovalvola, usando la tensione applicata (ingresso). La **Figura 2** mostra un esempio di regolazione con un riferimento non costante su un orizzonte di 300 secondi. Il controllore ha una struttura adattativa e la figura mostra come l’adattamento (grafico in basso) permetta di ottenere una perfetta sovrapposizione tra il riferimento (curva grigia) e l’uscita (curva blu).

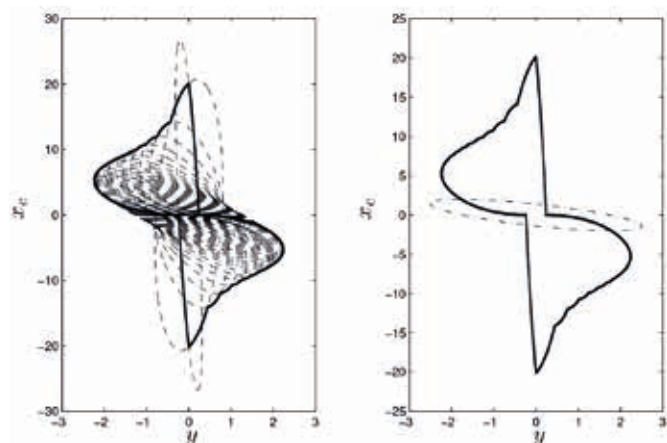


Figura 1

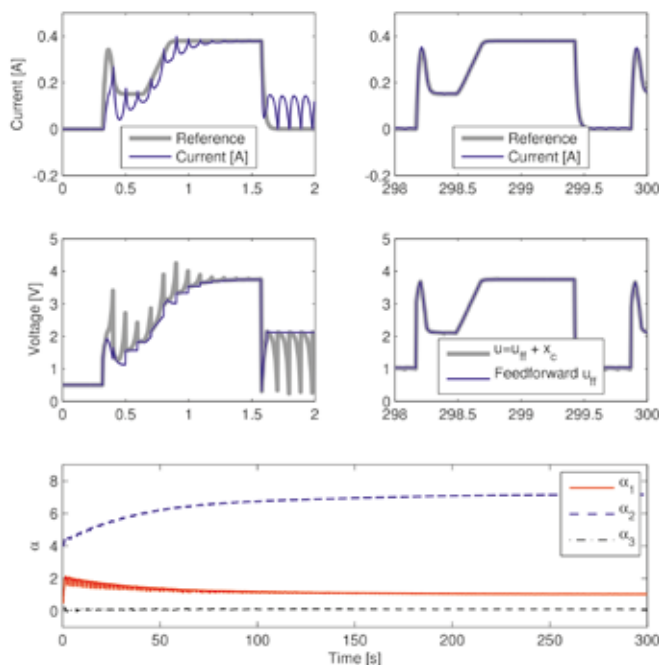
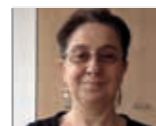


Figura 2



# LO STUDIO DELLE INTERFACCE NEI MATERIALI IBRIDI NANOCOMPOSITI: COST ACTION E CONTRIBUTO DELLA RISONANZA MAGNETICA NUCLEARE ALLO STATO SOLIDO.

Sandra Dirè



Sandra Dirè  
DII

La Risonanza Magnetica Nucleare allo Stato Solido (SS-NMR) è una tecnica di caratterizzazione che consente di descrivere la struttura dei solidi e le interazioni in sistemi eterogenei, studiando l'intorno chimico dei nuclei attivi come idrogeno, carbonio, silicio, alluminio, fosforo e tanti altri. Un grande vantaggio della tecnica è l'analisi di solidi nanocristallini o amorfi, per i quali le tecniche di diffrazione sono difficilmente applicabili. Polimeri, vetri, compositi sono esempi di materiali per i quali la SS-NMR fornisce informazioni utili alla comprensione del comportamento macroscopico del materiale mediante la determinazione delle correlazioni struttura - proprietà.

Studiare e modulare l'estensione dei domini e delle interfacce e la natura chimica delle interazioni tra fasi nei materiali nanocompositi, rappresentano strategie vincenti nella definizione dei nuovi materiali e delle relative proprietà. Per queste ragioni, l'unione europea ha finanziato una COST Action di durata quadriennale (programma MP1202, 21 le nazioni coinvolte), finalizzata alla progettazione ed alla caratterizzazione delle interfacce nei materiali ibridi organico/inorganici, alla quale il nostro paese partecipa con gruppi delle Università di Urbino, Milano-Bicocca e Trento. Le COST Action nascono con l'intento di stimolare l'interazione tra laboratori a tutti i livelli, dalla ricerca di base alla ricerca industriale. Inoltre, in questa COST Action è presente un panel di industrie europee che condivide informazioni e fornisce stimoli nelle direzioni ritenute più strategiche in ambito industriale. Tra queste, in linea con gli obiettivi di Horizon 2020, l'energia, le risorse e l'ambiente rappresentano temi di punta.

In questo ambito, uno dei progetti di ricerca a cui partecipa il laboratorio NMR di Trento, è dedicato allo studio delle interazioni tra filler inorganici e matrici elastomeriche e nasce dalla collaborazione con il gruppo dell'Università di Milano - Bicocca, che da lunga data interagisce con ricercatori di Pirelli Tyre SpA. Lo scopo è modificare, mediante l'aggiunta di filler inorganici come la silice, la performance degli elastomeri migliorando le proprietà meccaniche statiche e dinamiche del materiale ed intervenendo sul processing. Gli effetti ottenuti dipendono da proprietà chimiche e strutturali, forma e dimensione dei filler, e dall'instaurarsi di interazioni filler-gomma e filler-filler. In genere, l'aggiunta alla gomma di nanofiller inorganici richiede l'uso di compatibilizzanti per migliorare la dispersione evitando l'aggregazione delle particelle e favorendo un meccanismo percolativo a beneficio delle proprietà meccaniche. Anziché introdurre il filler nella matrice con processi di dispersione meccanica, la ricerca condotta (pubblicata dalla rivista *Soft Matter* nel 2014, vol. 10, pagg. 2234-44) ha dimostrato che generando in-situ nella gomma le nanoparticelle di silice mediante il metodo sol-gel, è possibile aggiungere grandi quantità di filler senza necessità di introdurre altri additivi, a beneficio di costi produttivi e impatto ambientale. La ragione di tale comportamento e delle migliori proprietà meccaniche dei nanocompositi rispetto alle mescole tradizionali, è stata chiarita grazie all'impiego della SS-NMR che ha evidenziato le proprietà dei nanofiller generati in-situ i quali, grazie al metodo di sintesi, mantengono sulla superficie gruppi funzionali organici che fungono da compatibilizzanti naturali nei confronti della gomma. In queste condizioni si creano forti interazioni filler-matrice che inibiscono i processi di aggregazione legati all'interazione filler-filler e migliorano le proprietà finali. Lo studio è stato poi indirizzato alle modifiche del processo di vulcanizzazione che richiede l'impiego di acceleranti e attivatori come l'ossido di zinco, che è comunemente disperso nella gomma con l'ausilio di diversi additivi organici. Uno degli obiettivi strategici è la riduzione della quantità di ossido di zinco nelle mescole sia per i costi di produzione che per l'impatto ambientale, a seguito dell'usura dei materiali in opera. È stata messa a punto la crescita di nanoparticelle di ossido di zinco sulla superficie di particelle di silice per introdurre, con un processo unico, il filler per il rinforzo (SiO<sub>2</sub>) e l'attivatore (ZnO). Il lavoro è stato pubblicato di recente sulla rivista *Chemical Engineering Journal* (vol. 275, pagg. 245-252, 2015) e la figura 1 riassume la strategia della progettazione del nanocomposito ed evidenzia le caratteristiche microstrutturali delle particelle inorganiche. Ancora una volta, lo studio SS-NMR è stato fondamentale per dimostrare che l'ossido di zinco è ancorato per mezzo di legami chimici alla superficie della silice che funge da vettore per la sua introduzione nella matrice elastomerica e ne inibisce il facile rilascio in condizioni operative. La figura 2 mostra gli spettri registrati sulle particelle di silice pura e sui campioni con contenuti crescenti di ossido di zinco: l'analisi consente di descrivere l'intorno chimico degli atomi di silicio evidenziando il numero di legami Si-O-Zn presenti nei materiali al variare della composizione. Le dimensioni nanometriche delle particelle di ossido di zinco, con l'elevata superficie di contatto con la gomma, permettono di ridurre la quantità di attivatore con conseguenze positive sull'intero ciclo di vita del materiale prodotto.

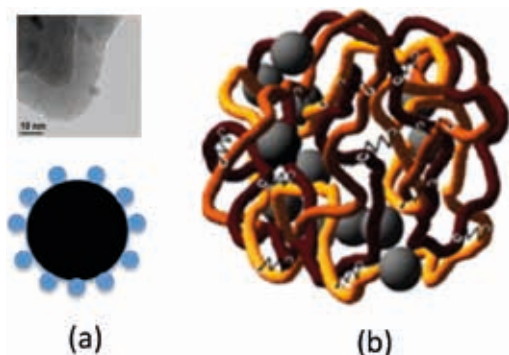


Figura 1: (a) Micrografia TEM e modello delle particelle di silice decorate da nanoparticelle di ossido di zinco in superficie; (b) modello del nanocomposito a matrice elastomerica.

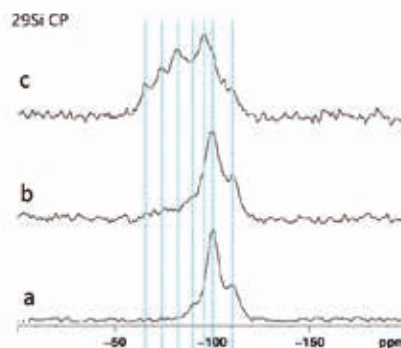


Figura 2: Analisi <sup>29</sup>Si CPMAS NMR delle particelle di silice (a) e delle particelle modificate in superficie con contenuti di ossido di zinco crescenti da b) a c).

## OTTIMIZZAZIONE DEGLI ALLENAMENTI E DELLA PROGETTAZIONE DELLE BICICLETTE PER MEZZO DI MODELLI INTEGRATI FIOLOGICO-BIOMECCANICO DEI CICLISTI

Francesco Biral

insieme con: Andrea Zignoli (CeRISM, UniVr), Barbara Pellegrini (CeRISM, UniVr)

Le prestazioni degli atleti, oggi, possono essere monitorate in modo oggettivo attraverso l'analisi delle risposte fisiologiche e biomeccaniche a test specifici condotti in laboratorio. Tali indagini integrano, fornendo un supporto quantitativo, le valutazioni soggettive degli allenatori o degli atleti stessi. Spesso le risposte al test sono il risultato di numerosi effetti combinati e capire l'influenza di ogni effetto sulla prestazione è di fondamentale importanza sia per gli atleti, che per stimolare nuove domande di ricerca nella scienza dello sport. In quest'ottica i modelli virtuali rappresentano un utile strumento in ambito di ricerca per il miglioramento della comprensione scientifica, ma anche per tradurre i risultati ottenuti in laboratorio in direzioni utili da impiegare sul campo, per lo sviluppo di strumenti virtuali e materiali per la didattica, prototipi per la ricerca o per la valutazione della performance e per lo sviluppo di algoritmi implementabili in strumenti di misura portatili.

Il Centro Ricerca Sport Montagna e Salute (CeRISM) è stato istituito nel 2010 dall'Università di Verona come evoluzione del precedente Centro (CeBiSM) al quale partecipavano le Università di Brescia, Trento, Udine e Verona di cui l'attuale Direttore del DII, prof. Claudio Migliaresi, ne è stato Direttore per alcuni anni. Il centro, diretto dal professor Schena, ordinario presso il Dipartimento di Scienze Neurologiche e del Movimento dell'Università di Verona, ha uno staff interdisciplinare di ricercatori in scienze dell'attività fisica e del movimento umano con competenze nei diversi sport, ingegneri biomedici e medici specializzati in medicina sportiva. Il CeRISM svolge ricerca di base e applicata in ambito universitario, collaborazioni scientifiche a progetti di enti pubblici e servizi di consulenza scientifica rivolti ad aziende perlopiù nel settore sportivo. La ricerca è svolta principalmente nell'ambito dell'attività fisica e sportiva (es. sci di fondo, ciclismo, scialpinismo, corsa su strada, corsa in montagna, ecc.) ed è supportata da 4 laboratori e numerose attrezzature che consentono di eseguire test e misurazioni di diversi aspetti biomeccanici e fisiologici.

In questo contesto il DII rappresenta un partner naturale per il CeRISM per la tipologia di competenze in ambito ingegneristico in quanto può offrire competenze specifiche per lo studio dei materiali, lo sviluppo di nuove tecnologie (software e hardware) e sistemi di misura in ambito sportivo e per contribuire allo sviluppo di modelli numerici per l'interpretazione delle prestazioni.

Nel 2014 è stata stipulata una convenzione tra CeRISM e DII per poter unire l'esperienza nel campo



Francesco Biral

DII



Figura 1: Sistema integrato per la misura delle prestazioni fisiologiche e meccaniche del ciclista (CeRISM)

delle scienze dello sport e conoscenze tecniche con particolare interesse verso la modellazione virtuale. Nello specifico sono in via di sviluppo modelli virtuali per le risposte fisiologiche e biomeccaniche all'esercizio attraverso la "co-tutela" di un dottorando di ricerca e dei tesisti.

L'uso di modelli virtuali validati grazie ai test di valutazione funzionale condotti al CeRiSM quotidianamente, permette di progettare protocolli di allenamento personalizzati in base alle caratteristiche di ogni atleta. Ad esempio nel caso del ciclismo, l'esercizio può essere descritto tramite un segnale di potenza da erogare per un dato tempo e la risposta fisiologica viene valutata in termini di consumo d'ossigeno, battito cardiaco, concentrazione di lattato prodotto, sforzo percepito (RPE). Ad oggi gli atleti utilizzano il battito cardiaco e l'RPE mentre le misure del consumo d'ossigeno e del lattato non possono essere svolte se non in modo invasivo, ma di fatto soffrono molto meno di variabilità del suddetto battito cardiaco ed RPE. Un modello virtuale capace di stimare il consumo d'ossigeno e la concentrazione di lattato in risposta all'esercizio, potrebbe essere utilizzato per la scrittura di protocolli di allenamento più specifici e con obiettivi più mirati come la massimizzazione del tempo passato ad alta intensità.

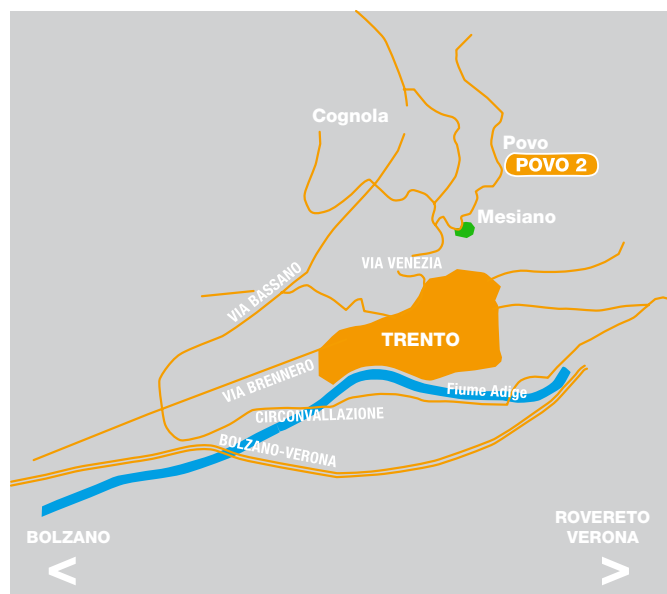
Lo sviluppo di modelli virtuali nell'ambito biomeccanico è utile per la comprensione dei meccanismi con cui il movimento viene effettuato e di come le costrizioni geometriche a cui il ciclista è sottoposto (es. il telaio, l'altezza della sella, ecc.) possono essere aggiustate per poter andare incontro all'esigenza personale di ogni atleta. Il modello virtuale può comprendere descrizioni del sistema scheletrico e muscolare e descrivere come possono interagire tra di loro nel caso di vincoli al movimento, fornendo indicazioni fondamentali per la scrittura di linee guida per la consulenza di posizionamento biomeccanico e la definizione di allenamenti specifici per modificare le caratteristiche dei muscoli.

Lo sviluppo di questo progetto corre parallelo con l'odierno sviluppo ed espansione del mercato della strumentazione di misura portatile da utilizzare in ambito sportivo e non solo (misuratori di potenza e forza nei pedali, GPS, telecamere, sensori inerziali, ecc.). La diffusione pervasiva di strumentazione portatile nell'uso ricreativo e sportivo produce una grande quantità di dati con la necessaria esigenza di poterli interpretare in modo oggettivo. Lo sviluppo dei modelli virtuali in risposta all'esercizio fornisce il core degli algoritmi implementabili negli strumenti per l'elaborazione delle informazioni e quindi non è difficile prevedere un notevole aumento nella domanda di sviluppo di modelli virtuali nell'ambito del ciclismo. La collaborazione tra CeRiSM e DII è stata proprio stipulata nell'ottica di sviluppo di strumenti per il nuovo mercato nascente e nella visione di una maggior apertura dell'università verso il modo aziendale e produttivo.



Figura 2: GaMoCap (Garment Motion Capture) sistema ibrido di ricostruzione tridimensionale del movimento (Laboratorio Meccatronica-UniTn)





## DII - DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA INDUSTRIALE

Via Sommarive, 9 - edificio "Povo2"  
38123 Povo, Trento  
<http://www.unitn.it/dii>

### DIRETTORE

Claudio Migliaresi

### SEGRETERIA

tel. +0461 282500, fax +0461 281977  
e-mail: [dii.supportstaff@unitn.it](mailto:dii.supportstaff@unitn.it)

## DII NEWS

Rivista di informazione del Dipartimento di Ingegneria Industriale

### DIRETTORE RESPONSABILE

Giovanni Straffelini

### REDAZIONE

Antonella Motta, Dario Petri, Mariolino De Cecco,  
Michele Fedrizzi

### SEGRETERIA DI REDAZIONE

Michela Monselesan

### Progetto grafico

Divisione Comunicazione ed Eventi, Università di Trento

### Foto

Alessio Coser, Luca Valenzin, AgF Bernardinatti, Efrem Bertini,  
© MoniQue, Fototonina.com, Fotolia.com e altri

### Stampa

Litografia Editrice Saturnia snc, via Caneppele, 46 - 38121 Trento

### Registrazione

Tribunale Civile di Trento - Numero 10 del 21 giugno 2010  
del Registro Stampa

## CHIEDI IL TUO DII NEWS

Se vuoi ricevere gratuitamente il periodico in formato cartaceo (o la newsletter per quello in formato elettronico), inviaci una mail di richiesta all'indirizzo [dii.supportstaff@unitn.it](mailto:dii.supportstaff@unitn.it) comunicandoci: Nominativo, Via, Città, Cap, E-mail e autorizzando l'Università di Trento al trattamento dei dati personali secondo l'ex art. 13 D. Lgs. 196/2003.

Il Dipartimento di Ingegneria Industriale dell'Università di Trento (DII) si occupa prevalentemente di tecnologie avanzate nei settori dell'ingegneria dei materiali, meccanica intelligente, elettronica per l'industria e di ricerca operativa. L'obiettivo che lo anima è quello di qualificarsi a livello dei migliori standard internazionali nelle attività di ricerca, formazione e innovazione.

La missione del Dipartimento è di creare, sviluppare e trasferire conoscenze e tecnologie al mondo industriale, per il progresso sociale ed economico a livello locale, nazionale e internazionale. Tale missione si sviluppa tramite una stretta rete di collaborazioni e progetti di ricerca con un approccio strettamente multidisciplinare.

Molti progetti di ricerca sono condotti in collaborazione con istituzioni universitarie, enti di ricerca internazionali e nazionali, e in collaborazione con partner industriali.



## Eventi 2015/16

- **11<sup>TH</sup> FRONTIERS IN BIOMEDICAL POLYMERS SYMPOSIUM**  
July 8-11, 2015  
<http://www.fbps.org/>
- **ENVIRONMENTAL, ENERGY AND STRUCTURAL MONITORING SYSTEMS**  
July 9-10, 2015  
<http://events.unitn.it/en/eesms2015>
- **MECHATRONICS SUMMER CAMP**  
July 20-26, 2015  
<http://events.dii.unitn.it/msc/>
- **MATERIALS CHARACTERIZATION BY THE COMBINED ANALYSIS**  
October 19-23, 2015  
<http://events.unitn.it/en/maud2015>
- **IEEE ITALY SECTION SCHOOL ON FUTURE ENERGY SYSTEMS**  
February 01-05, 2016  
<http://events.unitn.it/en/ieeesfes2016>
- **IEEE ITALY SECTION SCHOOL OF CAREER BOOSTING**  
February 15-19, 2016  
<http://events.unitn.it/en/ieeescb2016>