UNIMORE
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MODENA E REGGIO EMILIA

Dipartimento di Scienze e Metodi dell'Ingegneria

MONITORAGGIO FAR-DIP 2024

Approvato nel Consiglio di Dipartimento del 14/03/2025

Monitoraggio FAR sviluppo dipartimentale 2024

La commissione Ricerca si riunisce online su piattaforma Teams il giorno venerdì 07/03/2025 alle ore 11:00 per il monitoraggio del FAR Dipartimentale 2024. Sono presenti Grazia Cattani, Marco Cocconcelli, Roberto Rosa e Lorenzo Sabattini.

La commissione procede ad analizzare la documentazione inerente al monitoraggio FAR 2024 – Piano di Sviluppo Dipartimentale 2024.

L'articolo 4 del suddetto piano, riportato di seguito, richiede di analizzare e valutare le relazioni inviate dai vincitori, di discuterne i risultati nel primo Consiglio di Dipartimento utile (14/03/2025) per la pubblicazione sul sito web di dipartimento entro il mese di maggio.

4. MONITORAGGIO, RIESAME E PUBBLICAZIONE DEI RISULTATI

I vincitori di ogni iniziativa dovranno inviare una relazione di stato di avanzamento entro il 1 Aprile degli anni successivi, relazionando sulle attività svolte, risultati raggiunti, criticità e deviazioni dal piano proposto con conseguenti azioni mitigatrici adottate.

La commissione R3M provvederà ad analizzare e valutare le relazioni richiedendo eventuali integrazioni. I risultati del monitoraggio verranno discussi nel primo Consiglio di Dipartimento utile e pubblicati sul sito web del dipartimento (sezione Qualità Ricerca), entro il mese di maggio dell'anno successivo rispetto all'assegnazione.

Il Consiglio provvederà alla validazione del processo o, se necessario, alla promozione di interventi migliorativi su indicazioni della commissione ricerca e terza missione (R3M).

Sulla base degli esiti del monitoraggio riguardante i risultati dei progetti di ricerca, si potranno individuare comportamenti virtuosi ed eventuali azioni correttive e/o ridistribuzioni di risorse, al fine di ottimizzare le performance del Dipartimento.

Al termine del 18° mese (42° mese per le borse di dottorato) i risultati del monitoraggio e riesame verranno discussi nel primo Consiglio di Dipartimento utile, in modo da poter essere tenuti in considerazione nelle fasi di monitoraggio e riesame della ricerca dipartimentale e del piano di Dipartimento.

I risultati del monitoraggio e riesame verranno pubblicati sul sito web del Dipartimento, all'interno della sezione Assicurazione Qualità Ricerca.

Il Prof. Cocconcelli ricorda che sono stati deliberati fondi per:

- **AZIONE 1 – Ricerca diffusa**: 45.000 €, distribuiti in 15 iniziative da 3.000 € ciascuna
- **AZIONE 2 – People**: 100.000 € da distribuire in un assegno di ricerca e una borsa di dottorato
- **AZIONE 3 – Strumentazioni di ricerca**: 87.000 € distribuiti in 3 iniziative
- **AZIONE 4 – Infrastrutture di Ricerca**: 45.00 €

Con i seguenti indicatori di riferimento (KPI)

Azione 1 – Ricerca diffusa

Progetti di ricerca diffusa: progetti multidisciplinari ed inclusivi, mirati al coinvolgimento del maggior numero possibile di docenti e ricercatori al fine di assicurare l'obiettivo strategico di elevare la qualità media della ricerca, con particolare riferimento ai ricercatori giovani e con minori disponibilità di fondi personali per facilitare anche iniziative di ricerca curiosity-driven.

Azione	Indicatori	Target finale
1	Numero di lavori scientifici pubblicati o accettati per la pubblicazione in tipologie di riviste di tipologia VQR	≥1
	Numero di comunicazioni a convegno presentate dal proponente in qualità di relatore	≥1
	Lavori scientifici pubblicati o accettati per la pubblicazione in riviste Open Access	≥1

Azione 2 – People

L'iniziativa mira a finanziare personale di ricerca non strutturato, il budget verrà destinato alla copertura di un Assegno di Ricerca (25.000€, includendo anche spese per il vincitore) e di 1 borsa di dottorato dedicata alle tematiche sulla sostenibilità coerentemente con il piano strategico DISMI (75.000€). Lo scopo è incrementare la produzione scientifica e l'impatto complessivo del DISMI supportando in particolare i gruppi di ricerca di minori dimensioni. Per quanto riguarda la borsa di dottorato verrà assegnata dal corso di dottorato DISMI III, su tematica specifica alla sostenibilità, come da piano strategico di Ateneo.

Azione	Indicatori	Target finale
2	Numero di lavori scientifici pubblicati o accettati per la pubblicazione in tipologie di riviste di tipologia VQR	≥2
	Numero di comunicazioni a convegno presentate dal proponente in qualità di relatore	≥1
	Numero di progetti presentati su bandi competitivi	≥1

Azione 3 – Strumentazione di ricerca

Acquisizione di nuove strumentazioni di ricerca, o aggiornamento di attrezzature e strumentazioni esistenti, il cui utilizzo sia mirato ad incrementare la produzione scientifica multidisciplinare e l'impatto complessivo del DISMI sulla ricerca competitiva ed a mercato, e, in particolare, il potenziamento al potenziamento delle infrastrutture di ricerca. La call prevede pertanto di finanziare 3 strumentazioni (o loro aggiornamento) del valore medio di 29.000€ (iva inclusa). In funzione delle domande e della relativa graduatoria si assegneranno gli importi specifici.

Azione	Indicatori	Target finale
3	Numero di lavori scientifici pubblicati o accettati per la pubblicazione in tipologie di riviste di tipologia VQR che citano misure/attività svolte con lo strumento/attrezzatura	≥2
	Numero di comunicazioni a convegno presentate dal proponente in qualità di relatore che citano misure/attività svolte con lo strumento/attrezzatura	≥1
	Numero di progetti competitivi e/o progetti di ricerca commissionata che utilizzano lo strumento/attrezzatura	≥1

Azione 4 – Infrastrutture

La dotazione è finalizzata principalmente all'acquisizione di Infrastrutture di Ricerca (spazi fisici) nei quali potenziare la ricerca ingegneristica. La dotazione verrà gestita direttamente dal Direttore e dal Delegato alla Ricerca e TM, con il coinvolgimento della Commissione Edilizia ed Energia.

Le azioni 3 e 4 si inquadrano nell'obiettivo strategico di ateneo RI.4 (punto 6) e soddisfano la corrispondente azione di Dipartimento (Minimo 50 k€ all'anno).

MONITORAGGIO AZIONE 1 – RICERCA DIFFUSA

BARBI Silvia – Ottimizzazione statistica della formulazione di inchiostri sostenibili per la stampa digitale di circuiti elettronici basati su cellulose batterica opportunamente funzionalizzata

Indicatori	Ad oggi	Target finale
Numero di lavori scientifici pubblicati o accettati per la pubblicazione in tipologie di riviste di tipologia VQR	1	2
Numero di comunicazioni a convegno presentate dal proponente in qualità di relatore	2	2
Lavori scientifici pubblicati o accettati per la pubblicazione in riviste Open Access	0	1

La Commissione Ricerca DISMI giudica positivamente la relazione presentata.

Si allega copia della relazione.

CARFAGNA Emilio – Validazione sperimentale di strategie di controllo avanzate per motori a riluttanza commutata

Indicatori	Ad oggi	Target finale
Numero di lavori scientifici pubblicati o accettati per la pubblicazione in tipologie di riviste di tipologia VQR	1	1
Numero di comunicazioni a convegno presentate dal proponente in qualità di relatore	0	1
Lavori scientifici pubblicati o accettati per la pubblicazione in riviste Open Access	1	1

La Commissione Ricerca DISMI giudica positivamente la relazione presentata.

Si allega copia della relazione.

CAVAZZUTI Marco – Statistical analysis of infectious disease transmission risk

Indicatori	Ad oggi	Target finale
Numero di lavori scientifici pubblicati o accettati per la pubblicazione in tipologie di riviste di tipologia VQR	2	1
Numero di comunicazioni a convegno presentate dal proponente in qualità di relatore	2	1

Lavori scientifici pubblicati o accettati per la pubblicazione in riviste Open Access	2	1

La Commissione Ricerca DISMI giudica positivamente la relazione presentata.

Si allega copia della relazione.

COCCONCELLI Marco – Modelli di meccanismi elementari per l'insegnamento della meccanica applicata

Indicatori	Ad oggi	Target finale
Numero di lavori scientifici pubblicati o accettati per la pubblicazione in tipologie di riviste di tipologia VQR	0	0
Numero di comunicazioni a convegno presentate dal proponente in qualità di relatore	0	1
Lavori scientifici pubblicati o accettati per la pubblicazione in riviste Open Access	1	1

La Commissione Ricerca DISMI giudica positivamente la relazione presentata.

Si allega copia della relazione.

FERRAGUTI Federica – Machine learning per la diagnosi e valutazione precoce di noduli tumorali a partire da immagini TC

Indicatori	Ad oggi	Target finale
Numero di lavori scientifici pubblicati o accettati per la pubblicazione in tipologie di riviste di tipologia VQR	0	3
Numero di comunicazioni a convegno presentate dal proponente in qualità di relatore	0	0
Lavori scientifici pubblicati o accettati per la pubblicazione in riviste Open Access	0	0

La Commissione Ricerca DISMI giudica positivamente la relazione presentata.

Si allega copia della relazione.

HADJIDIMITRIOU Natalia – Tecniche di apprendimento automatico per lo sviluppo di un contatore intelligente avanzato per la gestione dei consumi energetici

Indicatori	Ad oggi	Target finale
Numero di lavori scientifici pubblicati o accettati per la pubblicazione in tipologie di riviste di tipologia VQR	0	2
Numero di comunicazioni a convegno presentate dal proponente in qualità di relatore	2	2
Lavori scientifici pubblicati o accettati per la pubblicazione in riviste Open Access	0	1

La Commissione Ricerca DISMI giudica positivamente la relazione presentata.

Si allega copia della relazione.

LANDI Claudia – Stability of persistent chain complexes in Topological Data Analysis

Indicatori	Ad oggi	Target finale
Numero di lavori scientifici pubblicati o accettati per la pubblicazione in tipologie di riviste di tipologia VQR	0	1
Numero di comunicazioni a convegno presentate dal proponente in qualità di relatore	1	2
Lavori scientifici pubblicati o accettati per la pubblicazione in riviste Open Access	0	1

La Commissione Ricerca DISMI giudica positivamente la relazione presentata.

Si allega copia della relazione.

LOCATELLI Alberto – Sviluppo di Metodi e Modelli Matematici per Affrontare l'Incertezza in Problemi Decisionali di Scheduling e Packing

Indicatori	Ad oggi	Target finale
Numero di lavori scientifici pubblicati o accettati per la pubblicazione in tipologie di riviste di tipologia VQR	1	1
Numero di comunicazioni a convegno presentate dal proponente in qualità di relatore	0	1
Lavori scientifici pubblicati o accettati per la pubblicazione in riviste Open Access	0	1

La Commissione Ricerca DISMI giudica positivamente la relazione presentata.

Si allega copia della relazione.

MARRI Ivan – GPU porting of routines for calculating polarizability and self-energy

Indicatori	Ad oggi	Target finale
Numero di lavori scientifici pubblicati o accettati per la pubblicazione in tipologie di riviste di tipologia VQR	0	1
Numero di comunicazioni a convegno presentate dal proponente in qualità di relatore	0	1
Lavori scientifici pubblicati o accettati per la pubblicazione in riviste Open Access	0	1

La Commissione Ricerca DISMI giudica positivamente la relazione presentata.

Si allega copia della relazione.

MIGLIAZZA Giovanni – Validazione sperimentale di strategie di controllo ad elevate prestazioni per motori stepper

Indicatori	Ad oggi	Target finale

Numero di lavori scientifici pubblicati o accettati per la pubblicazione in tipologie di riviste di tipologia VQR	1	1
Numero di comunicazioni a convegno presentate dal proponente in qualità di relatore	0	1
Lavori scientifici pubblicati o accettati per la pubblicazione in riviste Open Access	1	1

La Commissione Ricerca DISMI giudica positivamente la relazione presentata.

Si allega copia della relazione.

PELACCIA Riccardo – Sviluppo di un modello analitico per l'integrazione della riduzione degli scarti come funzione obiettivo nell'ottimizzazione automatizzata del processo di estrusione di leghe leggere

Indicatori	Ad oggi	Target finale
Numero di lavori scientifici pubblicati o accettati per la pubblicazione in tipologie di riviste di tipologia VQR	0	1
Numero di comunicazioni a convegno presentate dal proponente in qualità di relatore	1	1
Lavori scientifici pubblicati o accettati per la pubblicazione in riviste Open Access	0	1

La Commissione Ricerca DISMI giudica positivamente la relazione presentata.

Si allega copia della relazione.

RINALDI Gloria – G-disegni con simmetria

Indicatori	Ad oggi	Target finale
Numero di lavori scientifici pubblicati o accettati per la pubblicazione in tipologie di riviste di tipologia VQR	0	1
Numero di comunicazioni a convegno presentate dal proponente in qualità di relatore	0	1
Lavori scientifici pubblicati o accettati per la pubblicazione in riviste Open Access	0	1

La Commissione Ricerca DISMI giudica positivamente la relazione presentata.

Si allega copia della relazione.

TADDEI Valentina – Controllability of second-order differential equations in Banach spaces

Indicatori	Ad oggi	Target finale
Numero di lavori scientifici pubblicati o accettati per la pubblicazione in tipologie di riviste di tipologia VQR	1	1
Numero di comunicazioni a convegno presentate dal proponente in qualità di relatore	0	1

Lavori scientifici pubblicati o accettati per la pubblicazione in riviste Open Access	1	1

La Commissione Ricerca DISMI giudica positivamente la relazione presentata.

Si allega copia della relazione.

VILLANI Valeria – Validation of human-robot interaction methodologies using EEG signals

Indicatori	Ad oggi	Target finale
Numero di lavori scientifici pubblicati o accettati per la pubblicazione in tipologie di riviste di tipologia VQR	1	1
Numero di comunicazioni a convegno presentate dal proponente in qualità di relatore	0	1
Lavori scientifici pubblicati o accettati per la pubblicazione in riviste Open Access	0	1

La Commissione Ricerca DISMI giudica positivamente la relazione presentata.

Si allega copia della relazione.

La Commissione evidenzia che ad oggi solo il 36% delle risorse assegnate all'azione 1 sono state utilizzate e/o impegnate. Decide quindi che, durante il Consiglio di Dipartimento del 14/03/2025, ricorderà a tutti i partecipanti la scadenza per l'utilizzo dei fondi prevista per il 30/09/2025.

MONITORAGGIO AZIONE 2 – PEOPLE

ASSEGNO DI RICERCA

Titolo del progetto: *Generative adversarial networks for the synthesis of pathological lung sounds related to interstitial lung diseases*

Supervisore: Fabrizio PANCALDI

La borsa di assegno di ricerca è stata vinta dal dott. Luca Dibiase.

Indicatori	Ad oggi	Target finale
Numero di lavori scientifici pubblicati o accettati per la pubblicazione in tipologie di riviste di tipologia VQR	0	2
Numero di comunicazioni a convegno presentate dal proponente in qualità di relatore	0	1
Lavori scientifici pubblicati o accettati per la pubblicazione in riviste Open Access	0	1

La Commissione Ricerca DISMI giudica positivamente la relazione presentata.

Si allega copia della relazione.

BORSA DI DOTTORATO

Titolo del progetto: *Advancements in LCA methodology to address potential environmental effects at the local scale*

Supervisori: Anna Maria FERRARI e Antonella SOLA

La borsa di dottorato è stata vinta dal dott. Alessandro Francini iscritto al XL ciclo della Scuola di Dottorato in Ingegneria dell'Innovazione Industriale del DISMI.

La Commissione evidenzia che nel piano di sviluppo dipartimentale non sono elencati indicatori specifici di risultato (KPI) ma si rimanda al corso dottorato DISMI in Ingegneria Innovazione Industriale (III). La Commissione propone quindi di utilizzare i KPI richiesti dal regolamento della Scuola di Dottorato III per l'accesso alla prova finale quali indicatori **finali** che si dovranno ottenere ai fini del FAR 2024 e di seguito elencati:

Indicatori	Target finale
Numero di lavori scientifici pubblicati o accettati per la pubblicazione in tipologie di riviste internazionali di tipologia VQR, **OPPURE***	1
Numero di comunicazioni a convegno internazionale presentate dal proponente in qualità di relatore	3

*Si sottolinea come l'accesso alla prova finale avvenga in seguito all'ottenimento dei target finali per una qualsiasi delle due tipologie di prodotto riportate nella tabella.

La Commissione propone inoltre di utilizzare i seguenti documenti per monitorare l'avanzamento del dottorando:

- Educational Card dello studente come previsto dal regolamento della scuola di dottorato

In attesa della prima Educational Card, che verrà richiesta a novembre, la Commissione ha ricevuto dalle referenti la scheda di progetto dell'attività di ricerca che il dottorando dovrà seguire.

La Commissione Ricerca DISMI giudica positivamente la relazione presentata.

Si allega copia della relazione.

MONITORAGGIO AZIONE 3 – STRUMENTAZIONI DI RICERCA

DEGOLI Elena – Acquisizione di una Workstation per il Calcolo Numerico Avanzato a Supporto di Ricerca e Formazione

Sono state individuate le caratteristiche dell'hardware da acquistare e si sono ottenuti 4 preventivi. Partendo dai dati raccolti e dai preventivi ricevuti, inoltreranno l'ordine entro la fine di febbraio.

Indicatori	Ad oggi	Target finale
Numero di lavori scientifici pubblicati o accettati per la pubblicazione in tipologie di riviste di tipologia VQR che citano misure/attività svolte con lo strumento/attrezzatura	0	3
Numero di comunicazioni a convegno presentate dal proponente in qualità di relatore che citano misure/attività svolte con lo strumento/attrezzatura	0	3
Numero di progetti competitivi e/o progetti di ricerca commissionata che utilizzano lo strumento/attrezzatura	0	10 in corso e almeno 2 futuri

La Commissione Ricerca DISMI giudica positivamente la relazione presentata.

Si allega copia della relazione.

MONTORSI Luca – Acquisto attrezzatura per la misura della composizione di miscele gassose mediante Gascromatografia

L'ordine della strumentazione è stato inviato al fornitore, il quale ha previsto la consegna dello strumento per il mese di aprile.

Indicatori	Ad oggi	Target finale
Numero di lavori scientifici pubblicati o accettati per la pubblicazione in tipologie di riviste di tipologia VQR che citano misure/attività svolte con lo strumento/attrezzatura	0	3
Numero di comunicazioni a convegno presentate dal proponente in qualità di relatore che citano misure/attività svolte con lo strumento/attrezzatura	0	3
Numero di progetti competitivi e/o progetti di ricerca commissionata che utilizzano lo strumento/attrezzatura	0	3

La Commissione Ricerca DISMI giudica positivamente la relazione presentata.

Si allega copia della relazione.

ORAZI Leonardo – Sistema di acquisizione ottica

Gli aumenti di listino incorsi dopo la chiusura del bando hanno richiesto un supplemento di indagine di mercato che si è risolto favorevolmente permettendo di stipulare l'ordine per la cifra preventivata in origine. Questo ha ritardato la consegna che dovrebbe avvenire entro fine marzo/inizio aprile.

Indicatori	Ad oggi	Target finale
Numero di lavori scientifici pubblicati o accettati per la pubblicazione in tipologie di riviste di tipologia VQR che citano misure/attività svolte con lo strumento/attrezzatura	0	2
Numero di comunicazioni a convegno presentate dal proponente in qualità di relatore che citano misure/attività svolte con lo strumento/attrezzatura	1	2
Numero di progetti competitivi e/o progetti di ricerca commissionata che utilizzano lo strumento/attrezzatura	0	1 progetto MUR/RER + 2 progetti commissionati

La Commissione Ricerca DISMI giudica positivamente la relazione presentata.

Si allega copia della relazione.

MONITORAGGIO AZIONE 4 – INFRASTRUTTURE

Il Prof. Cocconcelli, sentito il Direttore DISMI, comunica che i 45.000 € dell'Azione 4 andranno a parziale copertura dei costi di affitto 2025 (62.000 € totali) degli spazi per il potenziamento dei laboratori DISMI e sito in zona Mancasale a Reggio Emilia.

La Commissione Ricerca DISMI approva.

La riunione termina alle ore 12:00.

Reggio Emilia, 07/03/2024

Prof. Marco Cocconcelli
(Delegato Ricerca DISMI)

FONDO DI ATENEO PER LA RICERCA ANNO 2024

PROGETTO DI RICERCA DIFFUSA NELL'AMBITO DEL PIANO DI SVILUPPO DIPARTIMENTALE

DURATA 12 MESI

RICERCA DIFFUSA

Progetti di ricerca diffusa: progetti multidisciplinari ed inclusivi, mirati al coinvolgimento del maggior numero possibile di docenti e ricercatori al fine di assicurare l'obiettivo strategico di elevare la qualità media della ricerca, con particolare riferimento ai ricercatori giovani e con minori disponibilità di fondi personali per facilitare anche iniziative di ricerca curiosity-driven.

I criteri di selezione saranno pertanto:

1. Minore anzianità di servizio DISMI, per privilegiare i giovani ricercatori ed afferenti DISMI, con esclusione dei ricercatori (docenti) provenienti da altre sedi, per i quali sono già previsti altri contributi

2. Incapienza economica, ovvero mancata disponibilità di fondi personali o di SSD con i quali sostenere temi di ricerca curiosity-driven.

1. Titolo del progetto

   OTTIMIZZAZIONE STATISTICA DELLA FORMULAZIONE DI INCHIOSTRI SOSTENIBILI PER LA STAMPA DIGITALE DI CIRCUITI ELETTRONICI BASATI SU CELLULOSA BATTERICA OPPORTUNAMENTE FUNZIONALIZZATA

2. Parole Chiave (MASSIMO 5)

CELLULOSA BATTERICA	INCHIOSTRI CONDUTTIVI	ADDITIVE MANUFACTURING	ELETTRONICA FLESSIBILE	DESIGN OF EXPERIMENTS

3. Proponente e relativo SSD
   indicare esplicitamente: anni di afferenza al DISMI, indicatori ASN (e relative soglie ASN-A)

   Silvia Barbi IMAT-01/A
   RTDa in servizio presso il DISMI dal 1 Febbraio 2023 (afferenza 2 anni e 24 giorni)
   Numero articoli in 5 anni: 22 (soglia ASN-A 2/2)
   Numero citazioni in 10 anni: 411 (soglia ASN-A 2/2)
   Indice H 10 anni: 13 (soglia ASN-A 2/2)
   (fonte profilo SCOPUS consultato al 24/02/2025)

4. Abstract del progetto (MASSIMO 800 caratteri):

La cellulosa batterica è un materiale naturale che si presta a processi di ingegnerizzazione grazie alla sua elevata porosità e reattività grazie ai numerosi gruppi OH presenti. Il progetto ha l'obiettivo di ottimizzare formulazioni di inchiostri sostenibili per la stampa digitale di circuiteria elettronica, basandosi su opportuna funzionalizzazione di cellulosa batterica. La strategia di implementazione della cellulosa batterica all'interno degli

inchiostri sarà svolta mediante approccio statistico Design of Experiments e caratterizzazione chimico-fisica dei compositi ottenuti. I risultati attesi sono lo sviluppo di almeno 4 inchiostri a diversi gradi di conducibilità elettrica e la generazione di modelli matematici in grado di correlare formulazione e proprietà degli inchiostri.

5. **Obiettivi, metodologia e risultati attesi (MASSIMO 4500 caratteri):**
evidenziare le problematiche e sfide affrontate, l'avanzamento rispetto allo stato dell'arte ed eventuali aspetti interdisciplinari, possibilmente con chiari KPI quantitativi

Gli obiettivi del presente studio riguardano l'ottimizzazione statistica di inchiostri derivati da cellulosa batterica ed idonei per la stampa digitale di circuiteria elettronica. Questa attività è la naturale continuazione di un progetto già in essere che vede il gruppo di ricerca proponente collaborare con il dipartimento di Scienze della Vita del nostro ateneo in quanto diretto produttore di specifici ceppi di cellulosa batterica. Nella fattispecie, gli ultimi risultati ottenuti (in corso di pubblicazione) hanno verificato che è possibile funzionalizzare cellulosa batterica derivata da specifici ceppi con $FeSO_4$ e $FeCl_2$ attraverso approcci sia in-situ che ex-situ per ottenere materiali biologici conduttivi elettricamente. Tali materiali si prestano ad essere impiegati in sostituzione di materiali flessibili derivanti dal petrolio per le loro peculiari proprietà che li rendono molto simili alla carta (leggerezza, flessibilità e sostenibilità ambientale). Sulla base di questi risultati ottenuti, sarà necessario svolgere ulteriori indagini per valutare le proprietà finali del composito ottenuto dalla coltivazione ex-situ di uno specifico ceppo (K2G30) in presenza di $FeSO_4$, in particolare analizzando le proprietà di conduzione elettrica al variare delle condizioni di crescita della cellulosa. Parallelamente, tali compositi possono essere impiegati come base per la formulazione di inchiostri utili a strategie di produzione sostenibile nel settore dell'elettronica, aggiungendo un ulteriore carattere di interdisciplinarità alla ricerca proposta.

Le principali problematiche da affrontare riguardano il passaggio solido-liquido della cellulosa funzionalizzata che dovrà essere mantenuta in sospensione senza perdita delle proprietà di conducibilità elettrica. Si dovranno quindi identificare opportuni additivi sospensivanti o disperdenti. D'altra parte, si dovranno ottimizzare le condizioni di stampa (temperatura e voltaggio) per questi speciali tipi di inchiostri mediante l'impiego di stampante Voltera V-ONE.

La metodologia che ci si propone di utilizzare si incardina su due principi: l'approccio statistico e l'approccio multidisciplinare. E' infatti previsto che tali inchiostri vengano formulati mediante Design of Experiments, i cui dati sperimentali saranno raccolti attraverso diverse tecniche (ESEM, XRD, FT-IR, conduttimetro, tensiometro superficiale). In questo modo sarà possibile ricavare modelli matematici quantitativi per prevedere le proprietà degli inchiostri rispetto alle principali variabili di funzionalizzazione (ad

esempio, la formulazione stessa in termini di quantità di cellulosa batterica in sospensione e di additivi necessari al suo mantenimento). Alla fine del progetto si prevede di ottenere 4 inchiostri ottimali a diverso contenuto di cellulosa batterica funzionalizzata con lo scopo di modulare la conduttività della circuiteria elettronica stampata. Altresì e prevista la generazione di almeno 3 modelli matematici di correlazione delle proprietà- formulazione degli inchiostri.

6. **Impatto scientifico e pubblicazioni previste nell'ambito del progetto (MASSIMO 1000 caratteri):**

Almeno una comunicazione a convegno presentata dal proponente in qualità di relatore; pubblicazioni su rivista e s/o con modalità open access risulteranno premiali

Il tema proposto risulta di estremo interesse nel settore della scienza e tecnologia dei materiali in quanto l'impiego di materiali di derivazione naturale rappresenta una forte innovazione per la progettazione di sistemi elettronici personalizzati. Inoltre, il tema proposto è fondamentalmente trasversale perché i risultati attesi sono spendibili in diversi settori quali la microelettronica, la biosensoristica e la realizzazione di circuiteria elettronica personalizzata. Per questo si prevede un discreto interesse nell'ambito della comunità scientifica e di poter pubblicare su riviste riconosciute in ambito VQR anche in modalità open access. Si prevede inoltre di poter presentare almeno 2 contributi a convegni di settore. Si sottolinea infine come tale ricerca possa essere idonea alla formazione di tesisti all'interno della laurea magistrale in Digital Automation Engineering.

7. **Utilizzo dei fondi di ricerca:**

Finanziamento FAR 2024	Speso al 28/02/2024
3.000 €	580,35

Spiegare brevemente lo stato di utilizzo dei fondi di ricerca

I fondi sono stati utilizzati per attività di disseminazione quali iscrizioni a convegni ed a società di settore, e per rimborso missioni.

I fondi rimanenti saranno utilizzati per partecipazioni a congressi di settore in cui saranno presentati i risultati dell'attività di ricerca, e per l'acquisto di materiale consumabile (es. reagenti chimici) per le attività di laboratorio necessarie alla prosecuzione della ricerca.

8. **Descrivere brevemente le attività di progetto svolte al 28/02/2024 (MASSIMO 1500 caratteri)**

Le attività svolte hanno riguardato la ricerca bibliografica a riguardo di possibili solventi ecosostenibili in grado di solubilizzare solo parzialmente la cellulosa funzionalizzata.

Infatti, sempre in questo periodo, sono state svolte prove di conducibilità elettrica su campioni di cellulosa che hanno dimostrato una correlazione diretta (ed esponenziale) tra conducibilità e spessore del film di cellulosa, facendo suppore che la conducibilità della cellulosa funzionalizzata dipenda dalla presenza di un network 3D tra le fibre di cellulosa e le particelle di Ferro. Alla fine del periodo di interesse sono iniziati i primi test di solubilizzazione, guidati dal piano sperimentale che vedono come variabili di input, oltre al tipo di solvente, la temperatura ed il tempo di solubilizzazione. Allo stato attuale della ricerca si suppone quindi di poter guidare la diversa conducibilità degli inchiostri modulando la dimensione del network tra cellulosa e ferro, mediante diverse procedure di solubilizzazione della cellulosa.

KPI - Indicatori specifici di risultato

Indicatori	Ad oggi	Target finale
Numero di lavori scientifici pubblicati o accettati per la pubblicazione in tipologie di riviste di tipologia VQR	1	2
Numero di comunicazioni a convegno presentate dal proponente in qualità di relatore	2	2
lavori scientifici pubblicati o accettati per la pubblicazione in riviste Open Access	0	1

Luogo e data
Reggio Emilia 24/02/2025

Firma del Responsabile scientifico e dei proponenti

Monia Montorsi
(Responsabile Scientifico)

Silvia Barbi
(proponente)

FONDO DI ATENEO PER LA RICERCA ANNO 2024

PROGETTO DI RICERCA DIFFUSA NELL'AMBITO DEL PIANO DI SVILUPPO DIPARTIMENTALE

DURATA 12 MESI

RICERCA DIFFUSA

Progetti di ricerca diffusa: progetti multidisciplinari ed inclusivi, mirati al coinvolgimento del maggior numero possibile di docenti e ricercatori al fine di assicurare l'obiettivo strategico di elevare la qualità media della ricerca, con particolare riferimento ai ricercatori giovani e con minori disponibilità di fondi personali per facilitare anche iniziative di ricerca curiosity-driven.

I criteri di selezione saranno pertanto:

1. Minore anzianità di servizio DISMI, per privilegiare i giovani ricercatori ed afferenti DISMI, con esclusione dei ricercatori (docenti) provenienti da altre sedi, per i quali sono già previsti altri contributi

2. Incapienza economica, ovvero mancata disponibilità di fondi personali o di SSD con i quali sostenere temi di ricerca curiosity-driven.

1. Titolo del progetto

   Validazione sperimentale di strategie di controllo avanzate per motori a riluttanza commutata

2. Parole Chiave (MASSIMO 5)

Sostenibilità	ottimizzazione	Riduzione vibrazioni	innovazione	

3. Proponente e relativo SSD

   indicare esplicitamente: anni di afferenza al DISMI, indicatori ASN (e relative soglie ASN-A)

   Emilio Carfagna, afferente al DISMI da 1 anni (dal 15/03/2023) in qualità di RTDA.
   Indicatori: n. articoli 5 anni: 18 (10 rivista, 8 conferenza), n. citazioni 10 anni: 156, indice H 10 anni: 5.
   Soglie ASN SC 09/E2: n. articoli 5 anni: 6, n. citazioni 10 anni: 176, indice H 10 anni: 8.

4. Abstract del progetto (MASSIMO 800 caratteri):

   Considerando la necessità di elettrificare al fine di azzerare le emissioni di CO2 entro il 2050, i motori a riluttanza commutata (SRM, switched reluctance machine) rappresentano un valido strumento per raggiungere l'obiettivo. Questa tipologia di motore ha il vantaggio di non richiedere l'utilizzo di terre-rare (in particolare, il neodimio) perché sprovvisto di magneti permanenti. Questa caratteristica consente di ridurre l'impatto ambientale perché le attività minerarie sono caratterizzate da inquinamento durante le fasi di estrazione e raffinamento del minerale.
   I problemi di questa tipologia di motore sono le vibrazioni che si generano durante il movimento e l'oscillazione della coppia erogata.

5. **Obiettivi, metodologia e risultati attesi (MASSIMO 4500 caratteri):**
   evidenziare le problematiche e sfide affrontate, l'avanzamento rispetto allo stato dell'arte ed eventuali aspetti interdisciplinari, possibilmente con chiari KPI quantitativi

   I motori a riluttanza commutata presentano diverse sfide tecniche che devono essere affrontate per migliorarne le prestazioni e l'applicabilità:

   - coppia erogata non uniforme: come accennato in precedenza, la variazione della riluttanza nel motore SRM porta a fluttuazioni nella coppia erogata, causando vibrazioni e rumorosità. Questo fenomeno è dovuto alla struttura particolare del motore, in cui il rotore non ha avvolgimenti o magneti permanenti, ma è costituito solo da poli di materiale ferromagnetico. Quando i poli del rotore si allineano con i poli dello statore, la riluttanza del percorso magnetico è minima e la coppia massima. Viceversa, quando i poli non sono allineati, la riluttanza aumenta e la coppia diminuisce. Questa variazione periodica della coppia è alla base del "cogging" e delle vibrazioni. Per ridurre questo problema, vengono utilizzate tecniche di costruzione avanzate, come l'ottimizzazione della forma dei poli del rotore e dello statore;
   - controllo da ottimizzare: il controllo di un motore SRM richiede maggiore attenzione ed ottimizzazione rispetto ad altri tipi di motori elettrici, come quelli a corrente continua o i motori asincroni trifase. Ciò è dovuto alla necessità di un controllo preciso della commutazione delle fasi dello statore per ottimizzare le prestazioni. Nei motori SRM le fasi vengono alimentate in sequenza, in modo sincronizzato con la posizione del rotore. Questo richiede l'impiego di sensori per la rilevazione della posizione del rotore. Inoltre, il controllo deve tenere conto della coppia non uniforme e delle variazioni di carico per mantenere prestazioni ottimali in diverse condizioni di funzionamento;
   - efficienza: i motori SRM hanno generalmente un'efficienza inferiore rispetto ad altri tipi di motori elettrici, come i motori a magneti permanenti. Ciò è dovuto principalmente a due fattori: le perdite per isteresi e le perdite per correnti parassite. Le perdite per isteresi sono generate dalla continua magnetizzazione e smagnetizzazione del materiale ferromagnetico del rotore e dello statore durante il funzionamento. Le perdite per correnti parassite, invece, sono causate dalle variazioni del flusso magnetico all'interno del motore, che inducono correnti elettriche parassite nei componenti metallici. Queste perdite si traducono in un aumento delle temperature interne e in una riduzione dell'efficienza complessiva del motore;
   - accoppiamento magnetico: essendo privi di avvolgimenti rotorici, i motori SRM presentano un accoppiamento magnetico più debole tra rotore e statore rispetto ad altri tipi di motori elettrici. Ciò limita la capacità di trasferimento della coppia dal rotore allo statore e, di conseguenza, le prestazioni del motore. Questa problematica è legata alla struttura stessa del motore SRM, in cui il flusso magnetico è generato esclusivamente dagli avvolgimenti dello statore;

- rumore acustico: i motori SRM tendono a produrre un livello di rumore acustico più elevato rispetto ad altri tipi di motori elettrici. Ciò è dovuto principalmente alle forze magnetiche variabili e alle vibrazioni meccaniche generate dalla variazione periodica della coppia. Queste forze magnetiche producono vibrazioni nelle strutture del motore, che si traducono in un rumore acustico indesiderato. Per ridurre il rumore, vengono adottate soluzioni come l'ottimizzazione della forma dei poli, l'utilizzo di materiali smorzanti e tecniche di controllo avanzate per ridurre le vibrazioni.

Nonostante queste problematiche, i motori SRM presentano anche alcuni vantaggi che ne hanno favorito l'utilizzo in diverse applicazioni. Tra i principali vantaggi vi sono la semplicità costruttiva, l'affidabilità, la robustezza e il basso costo.

L'obiettivo dell'attività è la validazione sperimentale di strategie di controllo innovative per valutare le performances in termini di vibrazioni e di efficienza del motore a riluttanza commutata in presenza di:

- diversi tipi di convertitori di potenza, ad esempio, il classico full-bridge o una differente architettura basata sul current source inverter;
- diverse strategie di controllo, ad esempio, il classico controllo basato sulla commutazione delle fasi in base all'angolo misurato con in più opportune tecniche per la cancellazione attiva della vibrazione oppure il controllo ad orientamento di campo comunemente usato nelle macchine brushless.

6. Impatto scientifico e pubblicazioni previste nell'ambito del progetto (MASSIMO 1000 caratteri):

Almeno una comunicazione a convegno presentata dal proponente in qualità di relatore; pubblicazioni su rivista e s/o con modalità open access risulteranno premiali

L'obiettivo della ricerca intende valutare con una validazione sperimentale questi motori SRM in termini di efficienza, cancellazione delle vibrazioni ed erogazione della coppia elettromagnetica utilizzando opportune tecniche di controllo e differenti convertitori.
Dal punto di vista delle pubblicazioni l'obiettivo è:

- presentare un articolo a conferenza, sul confronto tra il classico controllo a commutazione di fase usando l'angolo misurato e il controllo a orientamento di campo comunemente usato nei motori brushless;
- per le pubblicazioni a rivista si intende presentare l'impatto di diverse tipologie di convertitori con diverse strategie di controllo validate sperimentalmente.

7. Utilizzo dei fondi di ricerca:

Finanziamento FAR 2024	Speso al 28/02/2024
3.000 €	472 $

Spiegare brevemente lo stato di utilizzo dei fondi di ricerca

Sono stati utilizzati 222 $ per l'iscrizione alla società IEEE e 250 $ per il pagamento di 2 pagine di overlength per https://doi.org/10.1109/TCST.2025.3536203.

Per presentare un articolo a conferenza (WEMDCD25) saranno utilizzati 400 € per l'iscrizione + altre spese di viaggio, vitto, alloggio.

8. **Descrivere brevemente le attività di progetto svolte al 28/02/2024 (MASSIMO 1500 caratteri)**

Uno degli obiettivi dell'attività è la validazione sperimentale di opportuni controlli per motori a riluttanza commutata basati sul classico controllo ad orientamento di campo comunemente usato nelle macchine brushless.

In via preliminare, è stata effettuata una comparazione tra strategie di controllo per motori stepper usando il classico controllo microstepping e il controllo ad orientamento di campo. Il focus dell'articolo riguarda la regione di deflussaggio ed i risultati sono stati pubblicati su rivista Open Access (doi: https://doi.org/10.3390/en18030553).

Successivamente, sono state effettuate delle comparazioni tra diversi tipi di osservatori per macchine sincrone a magneti permanenti al fine di ottenere un controllo sensorless (cioè senza l'utilizzo delle misure di posizione/velocità). I risultati sono stati pubblicati su rivista IEEE Transactions on Control Systems Technology (doi: https://doi.org/10.1109/TCST.2025.3536203).

Entrambe le pubblicazioni sono preliminari all'attività relativa al controllo ad orientamento di campo per motori a riluttanza commutata.

Su quest'ultima attività in conferenza ad aprile sarà presentato un articolo con due proposte di controlli basati sul controllo ad orientamento di campo, in particolare uno dei due riguarda l'utilizzo di strategie per poter lavorare in regione di deflussaggio.

KPI - Indicatori specifici di risultato

Indicatori	Ad oggi	Target finale
Numero di lavori scientifici pubblicati o accettati per la pubblicazione in tipologie di riviste di tipologia VQR	1	1
Numero di comunicazioni a convegno presentate dal proponente in qualità di relatore	0	1
lavori scientifici pubblicati o accettati per la pubblicazione in riviste Open Access	1	1

Luogo e data

Reggio Emilia, 27/02/2025

Firma del Responsabile scientifico e dei proponenti

_____

FONDO DI ATENEO PER LA RICERCA ANNO 2024

PROGETTO DI RICERCA DIFFUSA NELL'AMBITO DEL PIANO DI SVILUPPO DIPARTIMENTALE

DURATA 12 MESI

RICERCA DIFFUSA

Progetti di ricerca diffusa: progetti multidisciplinari ed inclusivi, mirati al coinvolgimento del maggior numero possibile di docenti e ricercatori al fine di assicurare l'obiettivo strategico di elevare la qualità media della ricerca, con particolare riferimento ai ricercatori giovani e con minori disponibilità di fondi personali per facilitare anche iniziative di ricerca curiosity-driven.
I criteri di selezione saranno pertanto:
1. Minore anzianità di servizio DISMI, per privilegiare i giovani ricercatori ed afferenti DISMI, con esclusione dei ricercatori (docenti) provenienti da altre sedi, per i quali sono già previsti altri contributi
2. Incapienza economica, ovvero mancata disponibilità di fondi personali o di SSD con i quali sostenere temi di ricerca curiosity-driven.

1. **Titolo del progetto**
   Statistical analysis of infectious disease transmission risk

2. **Parole Chiave (MASSIMO 5)**

Infectious Diseases	**Airborne Transmission**	**Droplet Transport**	**Droplet Evaporation**	**Contagion Risk**

3. **Proponente e relativo SSD**
   indicare esplicitamente: anni di afferenza al DISMI, indicatori ASN (e relative soglie ASN-A)
   Marco Cavazzuti (ING-IND/10, IIND-07/A – Fisica Tecnica Industriale)
   3 anni e 3 mesi
   Indicatori: numero articoli 15 (soglia PO 13), numero citazioni 896 (soglia PO 208), h-index 11 (soglia PO 9)

4. **Abstract del progetto (MASSIMO 800 caratteri):**

   Il progetto si pone come continuazione di quelli finanziati coi FAR di dipartimento 2022 e 2023. In precedenza, si era creato un modello analitico per la simulazione del trasporto e dell'evaporazione delle gocce esalate in eventi respiratori quali respiro, parlato, tosse, starnuto. L'obiettivo era di analizzare la trasmissione delle malattie infettive da un punto di vista fluidodinamico.
   Il modello è stato usato per studiare la concentrazione di virus generata nello spazio e nel tempo dai diversi eventi respiratori, ricavandone mappe spaziali di rischio.
   Il passo successivo che si intende perseguire consiste nell'incrementare la capacità predittiva del modello sviluppato impostando un modello multi-scala che permetta di superare alcuni limiti del modello puramente analitico sviluppato.

5. **Obiettivi, metodologia e risultati attesi (MASSIMO 4500 caratteri):**
   evidenziare le problematiche e sfide affrontate, l'avanzamento rispetto allo stato dell'arte ed eventuali aspetti interdisciplinari, possibilmente con chiari KPI quantitativi

Il modello di calcolo sviluppato risolve nel tempo varie equazioni di governo che regolano il trasporto, l'evaporazione, l'energia, e la composizione chimica della goccia esalata. Diversi sotto-modelli fisici ed empirici il cui scopo fondamentalmente è quello di fornire le condizioni al contorno alle equazioni di governo sono implementati nel modello. Tali condizioni al contorno variano nello spazio e nel tempo.
Per esempio, la goccia è trascinata da una nuvola di aria esalata la cui velocità cambia nel tempo e nello spazio a mano a mano che ci si allontana dalla bocca per via del fenomeno dell'entrainment e degli attriti. Allo stesso tempo la nuvola di aria esalata è caratterizzata da moti turbolenti e sforzi di taglio, ed essendo più calda dell'ambiente circostante è soggetta a forze di galleggiamento. L'esalazione inoltre non è uniforme nello spazio e nel tempo, ha una durata finita e, nel caso del respiro, si ripete periodicamente.
Un modello analitico semi-empirico evoluto della nuvola di aria esalata è stato implementato nel modello fornendo buoni risultati. Tuttavia, vista la complessità dei fenomeni fisici coinvolti, un modello semi-empirico è comunque un modello necessariamente semplificato rispetto a quanto si può ottenere, per esempio, con simulazioni di fluidodinamica computazionale (CFD).
D'altro canto, le simulazioni CFD con modellazione Lagrangiana del moto delle particelle (DPM, discrete phase modelling), pur possibili, sono estremamente onerose dal punto di vista delle risorse computazionali.
Da qui l'idea di creare un'infrastruttura di calcolo multi-scala in cui il modello analitico viene utilizzato per risolvere le traiettorie delle gocce esalate, ma in cui il sotto-modello empirico della nuvola esalata viene sostituito da più precise simulazioni CFD non-stazionarie "semplici", ovvero dove la modellazione delle particelle è demandata al modello analitico.

Il progetto si pone all'avanguardia rispetto allo stato dell'arte. Ad oggi, infatti, in letteratura i lavori dove vengono sviluppati modelli analitici del trasporto delle gocce sono pochi e la modellazione del getto, ove presente, è molto più semplificata (e.g., stazionaria) rispetto a quanto proposto dal progetto FAR 2022. D'altra parte, questi modelli sono sempre presentati da un punto di vista prettamente teorico, senza mai essere utilizzati per riprodurre scenari reali e valutarne i conseguenti rischi come fatto nel corso del progetto FAR 2023. I lavori numerici che invece utilizzano simulazioni CFD con DPM sono per necessità limitati al tracciamento, al più, di poche migliaia di gocce: una quantità statisticamente non rilevante per valutare la distribuzione delle gocce esalate ed il rischio di trasmissione delle malattie infettive che ne consegue. Il modello proposto, invece, è in grado di simulare anche centinaia di migliaia di gocce con costi computazionali contenuti.
Con la presente proposta di progetto FAR 2024, costruendo un modello multi-scala, si intende migliorare ulteriormente la capacità predittiva del modello combinando i

vantaggi della precisione delle simulazioni CFD con il basso costo computazionale del modello analitico.

Riguardo ai proponenti e all'impatto scientifico previsto, il progetto potrà coinvolgere gli strutturati e i dottorandi del gruppo di Fisica Tecnica del DISMI e si prevede possa portare alla presentazione dei risultati della ricerca in almeno una conferenza di settore, nonché a due pubblicazioni su riviste scientifiche di primo quartile.

6. **Impatto scientifico e pubblicazioni previste nell'ambito del progetto (MASSIMO 1000 caratteri):**
   Almeno una comunicazione a convegno presentata dal proponente in qualità di relatore; pubblicazioni su rivista e s/o con modalità open access risulteranno premiali

   Si ritiene che i risultati della ricerca possano essere presentati ad una conferenza di settore e pubblicati su rivista (possibilmente in modalità open-access)

7. **Utilizzo dei fondi di ricerca:**

Finanziamento FAR 2024	Speso al 28/02/2024
3.000 €	0 €

   Spiegare brevemente lo stato di utilizzo dei fondi di ricerca

   Ad oggi i fondi non sono stati spesi ma sono stati conservati per l'acquisto di computer e monitor (ordine già inviato da un paio di mesi). In fondi rimanenti saranno utilizzati per la partecipazione ad una o due conferenze programmate per i mesi di maggio e giugno.

8. **Descrivere brevemente le attività di progetto svolte al 28/02/2024 (MASSIMO 1500 caratteri)**

Il modello multi-scala di cui ai paragrafi 4 e 5 è stato completato ed i risultati pubblicati su una importante rivista di fluidodinamica. Il progetto si può considerare concluso.

Recentemente sono stato contattato dall'ASL di Reggio Emilia, servizio di Epidemiologia, per una proposta di collaborazione sull'analisi di una grande mole di dati di tracciamento raccolti durante il Covid nelle scuole di Reggio Emilia. Scopo della collaborazione è di derivare da questi dati modelli alla Wells-Riley per comprendere meglio come si è evoluto il rischio di contagio nelle scuole nelle diverse fasi della pandemia.

Questa proposta rappresenta un'interessante possibilità per continuare l'attività, seppur in una direzione diversa, che non comporta lo studio delle traiettorie e dell'evaporazione delle gocce esalate ma, a partire dai modelli di Wells-Riley (che sono comunque parte integrante del lavoro appena svolto) analizzare i rischi di contagio medi in determinati ambienti con determinate condizioni al contorno.

KPI - Indicatori specifici di risultato

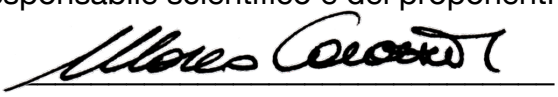
Indicatori	Ad oggi	Target finale
Numero di lavori scientifici pubblicati o accettati per la pubblicazione in tipologie di riviste di tipologia VQR	2	1
Numero di comunicazioni a convegno presentate dal proponente in qualità di relatore	(2)*	1
lavori scientifici pubblicati o accettati per la pubblicazione in riviste Open Access	2	1

* Lavori accettati ma non ancora presentati

Luogo e data

Reggio Emilia, 27/2/2025

Firma del Responsabile scientifico e dei proponenti



FONDO DI ATENEO PER LA RICERCA ANNO 2024

PROGETTO DI RICERCA DIFFUSA NELL'AMBITO DEL PIANO DI SVILUPPO DIPARTIMENTALE

DURATA 12 MESI

RICERCA DIFFUSA

Progetti di ricerca diffusa: progetti multidisciplinari ed inclusivi, mirati al coinvolgimento del maggior numero possibile di docenti e ricercatori al fine di assicurare l'obiettivo strategico di elevare la qualità media della ricerca, con particolare riferimento ai ricercatori giovani e con minori disponibilità di fondi personali per facilitare anche iniziative di ricerca curiosity-driven.

I criteri di selezione saranno pertanto:

1. Minore anzianità di servizio DISMI, per privilegiare i giovani ricercatori ed afferenti DISMI, con esclusione dei ricercatori (docenti) provenienti da altre sedi, per i quali sono già previsti altri contributi

2. Incapienza economica, ovvero mancata disponibilità di fondi personali o di SSD con i quali sostenere temi di ricerca curiosity-driven.

1. Titolo del progetto
   Modelli di meccanismi elementari per l'insegnamento della meccanica applica

2. Parole Chiave (MASSIMO 5)

Storia dei Meccanismi	Modelli di meccanismi	Insegnamento della meccanica	Produzione additiva	Cinematica

3. Proponente e relativo SSD
   indicare esplicitamente: anni di afferenza al DISMI, indicatori ASN (e relative soglie ASN-A)

   Proponente: Marco Cocconcelli – Professore Associato
   SSD: ING-IND/13 - Meccanica Applicata alle Macchine
   Anni di afferenza al DISMI: 6 anni (dal 30/12/2018 come RTDb)
   Soglie ASN-A: 14 / 208 / 8
   Indicatori ASN: 33 / 841 / 13

4. Abstract del progetto (MASSIMO 800 caratteri):
   Nel 19° secolo l'insegnamento della Meccanica Applicata alle Macchine nelle università italiane ha visto la diffusione di modelli di meccanismi elementari. Lo scopo era quello didattico, fornendo esempi tridimensionali e funzionanti che fossero più esplicativi dei soli disegni riportati sui libri di testo. Ad oggi questi sono stati sostituiti da modelli virtuali e vengono attualmente proposti con un valore principalmente museale. In questo progetto si vuole riproporre il concetto dei meccanismi ad uso didattico nell'ambito della prototipazione rapida. Sebbene esistano siti web che offrono librerie di meccanismi in formato STL open-access, quello che manca è una razionalizzazione dei

modelli offerti, con una chiara indicazione dei meccanismi elementari per l'apprendimento della Meccanica.

5. **Obiettivi, metodologia e risultati attesi (MASSIMO 4500 caratteri):**

L'obiettivo di questo progetto, puramente di carattere curiosity-driven, è quello di dare un seguito pratico alle recenti pubblicazioni [1-3] del sottoscritto nell'ambito della storia di meccanismi e della scienza delle macchine. A partire dal 19° secolo, l'insegnamento della Meccanica Applicata alle Macchine nelle università italiane ha visto la diffusione di modelli (in legno e più raramente in metallo) riproducenti i principali meccanismi elementari [1]. Lo scopo era quello di aiutare la didattica, fornendo un esempio tridimensionale e funzionante piuttosto che i soli disegni bidimensionali e spesso complessi riportati sui libri di testo. Con l'andare del tempo questi modelli sono stati accantonati, sostituiti da modelli virtuali e/o contenuti multimediali. Nelle università che ancora oggi li possiedono questi modelli hanno un valore principalmente museale [2].

In questo progetto voglio riprendere il concetto dei meccanismi ad uso didattico riproponendoli nell'ambito della prototipazione rapida. Sebbene esistano diversi siti web che offrono librerie di meccanismi in formato STL in uso gratuito, quello che manca è una razionalizzazione dei modelli offerti, con una chiara indicazione dei meccanismi elementari per l'apprendimento della Meccanica. Questi modelli sono chiaramente indicati in letteratura, a partire dalle classificazioni di Lanz e Betancourt (1808), Giulio (1846), Reuleaux (1875), Masi (1883) e riportate nei loro libri di testo.

Il finanziamento del progetto andrà a coprire l'acquisto di una stampante 3D (ad esempio la Bamboo Lab X1) avente la caratteristica di poter stampare autonomamente in più colori. Si sottolinea infatti come i modelli di meccanismi utilizzassero verniciature diverse con lo scopo di identificare chiaramente i componenti del meccanismo. Questo aspetto verrebbe quindi mantenuto anche nella realizzazione dei componenti in stampa 3D.

La realizzazione di un catalogo di componenti elementari avrebbe i seguenti risultati attesi:

- Disponibilità in modalità open-access del catalogo in formato digitale, affinché chiunque sia dotato di una stampante 3D possa produrli in autonomia.
- Creazione di un catalogo di componenti utili per l'insegnamento della Meccanica Applicata alle Macchine.
- Presentazione dei risultati a conferenze tematiche sull'insegnamento della Meccanica (ad es. International Symposium on the Education in Mechanism and Machine Science)
- Pubblicazione dei risultati su riviste tematiche dell'insegnamento.
- Incentivare l'interesse sulla storia dei meccanismi e della scienza delle macchine.

Riferimenti

[1] Cocconcelli M., Ceccarelli M., Italian Teaching with Models from Mechanism Catalogues in 19th Century, (2024) History of Mechanism and Machine Science, 47, pp. 18 – 30.

[2] Ceccarelli M., Cocconcelli M., Italian Historical Developments of Teaching and

Museum Valorization of Mechanism Models, (2022) Machines, 10 (8), art. no. 628.
[3] Ceccarelli M., Cocconcelli M., Plans for a Course on the History of Mechanisms and Machine Science, (2023) Mechanisms and Machine Science, 128, pp. 135 – 144.

6. **Impatto scientifico e pubblicazioni previste nell'ambito del progetto (MASSIMO 1000 caratteri):**
Almeno una comunicazione a convegno presentata dal proponente in qualità di relatore; pubblicazioni su rivista e s/o con modalità open access risulteranno premiali

KPI - Indicatori specifici di risultato

Indicatori	Ad oggi	Target finale
Numero di lavori scientifici pubblicati o accettati per la pubblicazione in tipologie di riviste di tipologia VQR	0	0
Numero di comunicazioni a convegno presentate dal proponente in qualità di relatore	0	1
lavori scientifici pubblicati o accettati per la pubblicazione in riviste Open Access	1	1

7. **Utilizzo dei fondi di ricerca:**

Finanziamento FAR 2024	Speso al 28/02/2024
3.000 €	2138,41 €

Spiegare brevemente lo stato di utilizzo dei fondi di ricerca

E' in corso di svolgimento l'acquisto di una stampante 3D da dedicare alla produzione di modelli di meccanismi e cinematismi in materiale plastico. La stampante ordinata è una Bambu Lab X1 combo con il relativo materiale di stampa (PLA opaco e ABS-GF) in due colori (arancione e nero) e materiale di supporto rimovibile per il PLA.

I rimanenti fondi verranno utilizzati per la partecipazione ad un convegno tematico (ancora da identificare).

8. **Descrivere brevemente le attività di progetto svolte al 28/02/2024 (MASSIMO 1500 caratteri)**

Nell'ambito del progetto è stato realizzato un articolo open-access sul tema dell'utilizzo di modelli di meccanismi a scopi didattici in Italia nel XX secolo. In particolare, ci si è concentrati sui modelli in legno prodotti da Giovanni Blotto, modellista alla Regia Scuola

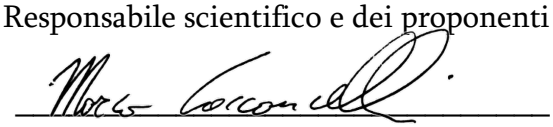
di Ingegneria di Torino che, nei primi del 900, ha iniziato a produrre e vendere in molte università italiane. L'articolo vuole essere anche un'introduzione alla tematica del progetto FAR di Dipartimento e a cui collegare idealmente la proposta della realizzazione di modelli in 3D. L'articolo è gratuitamente disponibile all'indirizzo: https://www.scirp.org/journal/paperinformation?paperid=140869

Attualmente è in corso un'attività di tesi sulle diverse classificazioni di meccanismi da Reuleaux ad oggi con la realizzazione del primo modello CAD e conseguente modello fisico.

Luogo e data

Reggio Emilia, 28/02/2025

Firma del Responsabile scientifico e dei proponenti



FONDO DI ATENEO PER LA RICERCA ANNO 2024

PROGETTO DI RICERCA DIFFUSA NELL'AMBITO DEL PIANO DI SVILUPPO DIPARTIMENTALE

DURATA 12 MESI

RICERCA DIFFUSA

Progetti di ricerca diffusa: progetti multidisciplinari ed inclusivi, mirati al coinvolgimento del maggior numero possibile di docenti e ricercatori al fine di assicurare l'obiettivo strategico di elevare la qualità media della ricerca, con particolare riferimento ai ricercatori giovani e con minori disponibilità di fondi personali per facilitare anche iniziative di ricerca curiosity-driven.
I criteri di selezione saranno pertanto:
1. Minore anzianità di servizio DISMI, per privilegiare i giovani ricercatori ed afferenti DISMI, con esclusione dei ricercatori (docenti) provenienti da altre sedi, per i quali sono già previsti altri contributi
2. Incapienza economica, ovvero mancata disponibilità di fondi personali o di SSD con i quali sostenere temi di ricerca curiosity-driven.

1. Titolo del progetto
   Machine learning per la diagnosi e valutazione precoce di noduli tumorali a partire da immagini TC

2. Parole Chiave (MASSIMO 5)

Diagnosi basata su intelligenza artificiale	Diagnosi tumorale	Diagnostica per immagini		

3. Proponente e relativo SSD
   indicare esplicitamente: anni di afferenza al DISMI, indicatori ASN (e relative soglie ASN-A)

Federica Ferraguti ING-INF/04 AUTOMATICA

Professore Associato 2024-oggi

RTD-B 2021-2024

RTD-A 2017-2021

Assegno di ricerca 2011-2017

PhD 2012-2015

Numero articoli ultimi 5 anni: 16

Numero articoli ultimi 10 anni: 24

Numero citazioni: 1369

H-index: 21

Abilitata seconda fascia ASN

Soglie prima fascia: 17 – 497 – 12 tutte e tre soddisfatte

4. **Abstract del progetto (MASSIMO 800 caratteri):**

I tumori aggressivi con prognosi sfavorevole richiedono una diagnosi e un trattamento precoci per migliorare le possibilità di sopravvivenza dei pazienti. I metodi tradizionali, basati su immagini bidimensionali, presentano molteplici limitazioni.
L'obiettivo del progetto è lo sviluppo di un sistema di intelligenza artificiale che combina machine learning e diagnostica per immagini per: (1) Diagnosticare tumori con maggiore accuratezza. (2) Valutare la risposta ai trattamenti. (3) Generare modelli 3D da immagini di tomografia computerizzata (TC) per estrarre informazioni volumetriche e correlarle con la prognosi.
Il progetto si focalizza su pazienti con e senza comorbilità specifica, ricercando una correlazione tra caratteristiche radiologiche, volumi tridimensionali e prognosi. Inoltre permetterà la predizione della risposta al trattamento a partire da immagini TC.

5. **Obiettivi, metodologia e risultati attesi (MASSIMO 4500 caratteri):**
evidenziare le problematiche e sfide affrontate, l'avanzamento rispetto allo stato dell'arte ed eventuali aspetti interdisciplinari, possibilmente con chiari KPI quantitativi

La totalità dei tumori aggressivi con prognosi sfavorevole richiede una diagnosi e un trattamento precoci per migliorare le possibilità di sopravvivenza dei pazienti. L'attuale metodo utilizzato per la diagnosi è basato su analisi di immagini bidimensionali e presenta limitazioni in termini di accuratezza e riproducibilità.
Il progetto proposto mira a sviluppare un sistema di intelligenza artificiale, basato su tecniche di machine learning per: (1) Diagnosticare la malattia in modo più accurato rispetto ai metodi tradizionali. (2) Valutare la risposta ai trattamenti terapici. (3) Generare modelli 3D a partire da immagini di tomografia computerizzata (TC) per estrarre informazioni volumetriche e correlarle con la prognosi del paziente.
Le novità introdotte dal progetto sono relative alla combinazione di intelligenza artificiale e diagnostica per immagini per migliorare la diagnosi e la prognosi di noduli tumorali aggressivi. In particolare, il progetto si focalizza su una coorte di pazienti che comprende pazienti con e senza comorbilità specifica, esplorando le correlazioni tra le caratteristiche radiologiche e i volumi tridimensionali estratti dalle TC con la prognosi del paziente. Inoltre, si vuole effettuare una predizione della risposta ai trattamenti terapeutici dello specifico paziente, a partire dall'analisi delle TC.
Il progetto si articola in diverse fasi: (1) Sviluppo di un modello di machine learning per la diagnosi automatica di noduli tumorali a partire da immagini TC (2) Ricostruzione 3D del volume delle lesioni tumorali (3) Valutazione della risposta al trattamento terapeutico (4) Confronto dei risultati generati dal modello basato su intelligenza artificiale con le

diagnosi degli esperti radiologi e dell'esame istologico (5) Analisi avanzata delle immagini TC per estrarre informazioni aggiuntive, non evidenti all'occhio del radiologo.
Il progetto coinvolge esperti di discipline pertinenti e differenti (ING-INF/04 e MED/18), garantendo un approccio completo al problema. Il progetto ha il potenziale per migliorare la diagnosi e la prognosi della malattia, favorendo una selezione del trattamento più accurata, oltre che aumentare i tassi di sopravvivenza dei pazienti. Inoltre, permette di ridurre i costi sanitari associati alla diagnosi e al trattamento di noduli tumorali aggressivi.

6. **Impatto scientifico e pubblicazioni previste nell'ambito del progetto (MASSIMO 1000 caratteri):**
Almeno una comunicazione a convegno presentata dal proponente in qualità di relatore; pubblicazioni su rivista e s/o con modalità open access risulteranno premiali

L'utilizzo dell'intelligenza artificiale nel campo della diagnostica per immagini è un settore in rapida espansione. L'impatto potenziale del sistema è elevato da un punto di vista del paziente, che può trarre beneficio da diagnosi precoce e terapia personalizzata e mirata e le cui possibilità di sopravvivenza tendono ad alzarsi. Anche per il sistema sanitario l'impatto è elevato in quanto si riducono gli errori dei professionisti e i costi per la diagnosi tendono ad abbassarsi grazie alla diagnosi precoce. Si prevede di pubblicare almeno 1 articolo su rivista (ad es. Transactions on medical imaging), 1 articolo su rivista open access, oltre a 2 contributi in conferenze di settore, presso cui saranno organizzati workshop dedicati. Inoltre, per garantire la massima diffusione dei risultati del progetto, sarà organizzato un evento pubblico, accessibile a tutta la comunità scientifica, presso il Policlinico di Modena, in cui mostrare i risultati del progetto e discutere degli sviluppi futuri.

7. **Utilizzo dei fondi di ricerca:**

Finanziamento FAR 2024	Speso al 28/02/2024
3.000 €	Residuo: 2328,54

Spiegare brevemente lo stato di utilizzo dei fondi di ricerca
I fondi sono stati utilizzati per l'acquisto di un visore di realtà mista che sarà utilizzato dal medico per visualizzare i risultati direttamente nel visore.
I fondi residui saranno utilizzati per l'acquisto di un PC e per una parte della missione a ICRA 2025 in programma a Maggio 2025.

8. **Descrivere brevemente le attività di progetto svolte al 28/02/2024 (MASSIMO 1500 caratteri)**

Le attività hanno portato allo sviluppato allo sviluppo ed utilizzo di reti neurali per il riconoscimento di lesioni HCC a partire da immagini TC. In particolare, sono stati confrontati i risultati di architetture esistenti su dataset pubblicamente disponibili: il dataset Liver Tumor Segmentation (LiTS), che copre varie lesioni epatiche, e il dataset HCC-TACE-Seg, che include scansioni TC di pazienti con HCC prima dei trattamenti. Inoltre, sono stati raccolti dati TC con mezzo di contrasto (in collaborazione con AOU Policlinico di Modena), comunemente utilizzati per la diagnosi di HCC, e dimostrato che le architetture testate ottengono prestazioni migliori sul nuovo dataset. Inoltre, poiché il nuovo dataset include tre fasi di contrasto per paziente, è stato analizzato l'impatto di ciascuna fase sulle prestazioni di segmentazione.

Infine, è stata sviluppata un'architettura estesa che produce una singola maschera di segmentazione elaborando più fasi di contrasto in parallelo. Nello specifico, l'architettura si basa su un modello esistente che migliora la segmentazione della fase venosa portale utilizzando la fase arteriosa, incorporando anche la fase tardiva.

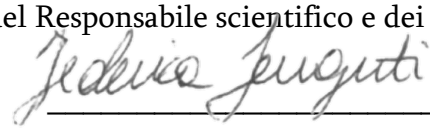
L'analisi dei risultati è attualmente in fase di sviluppo.

KPI - Indicatori specifici di risultato

Indicatori	Ad oggi	Target finale
Numero di lavori scientifici pubblicati o accettati per la pubblicazione in tipologie di riviste di tipologia VQR	0	1 da sottomettere entro Marzo 2025 e 2 da sottomettere entro Maggio 2025
Numero di comunicazioni a convegno presentate dal proponente in qualità di relatore	0	0
lavori scientifici pubblicati o accettati per la pubblicazione in riviste Open Access	0	0

Luogo e data
Reggio Emilia, 3/3/2025

Firma del Responsabile scientifico e dei proponenti



UNIMORE
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MODENA E REGGIO EMILIA

FONDO DI ATENEO PER LA RICERCA ANNO 2024

PROGETTO DI RICERCA DIFFUSA NELL'AMBITO DEL PIANO DI SVILUPPO DIPARTIMENTALE

DURATA 12 MESI

Progetti di ricerca diffusa: progetti multidisciplinari ed inclusivi, mirati al coinvolgimento del maggior numero possibile di docenti e ricercatori al fine di assicurare l'obiettivo strategico di elevare la qualità media della ricerca, con particolare riferimento ai ricercatori giovani e con minori disponibilità di fondi personali per facilitare anche iniziative di ricerca curiosity-driven.
I criteri di selezione saranno pertanto:
1. Minore anzianità di servizio DISMI, per privilegiare i giovani ricercatori ed afferenti DISMI, con esclusione dei ricercatori (docenti) provenienti da altre sedi, per i quali sono già previsti altri contributi.
2. Incapienza economica, ovvero mancata disponibilità di fondi personali o di SSD con i quali sostenere temi di ricerca curiosity-driven.

1. Titolo del progetto

Tecniche di apprendimento automatico per lo sviluppo di un contatore intelligente avanzato per la gestione dei consumi energetici

2. Parole Chiave (MASSIMO 5)

Comunità Energetiche Locali	Machine Learning	Previsione	Smart Metering	Prosumer

3. Proponente e relativo SSD
indicare esplicitamente: anni di afferenza al DISMI, indicatori ASN (e relative soglie ASN-A)

Settore ING-INF/05 - Sistemi di Elaborazione delle Informazioni - 09/H1
Afferente da anni 4 (dal 15/03/21)
Indicatori ASN (2021-2023 - 2a fascia)
ORCID ID – 0000-0001-9695-8085
Presenti in IRIS: 25
H index ultimi 10 anni: 7

4. STATO DEI FONDI:
spese affrontate e residuo fondi

Non ho ancora affrontato spese ma pianifico di utilizzare i fondi disponibili per la partecipazione a conferenze o pubblicazioni su rivista.

5. Risultati raggiunti:

Il tema dell'energia è diventato sempre più rilevante negli ultimi anni, soprattutto in relazione ai crescenti problemi legati all'inquinamento ambientale e al cambiamento climatico. Le comunità energetiche, che vedono la partecipazione di consumer (consumatori) e prosumer (produttori e consumatori di energia), stanno emergendo come una soluzione innovativa per affrontare le sfide della transizione energetica. In

queste comunità, la capacità di produrre energia in eccesso e ridistribuirla tra i membri locali rappresenta una prospettiva straordinaria per garantire autosufficienza energetica, migliorare l'efficienza e aumentare la resilienza delle comunità stesse.

In questo contesto, la possibilità di sfruttare modelli di distribuzione locale dell'energia non solo promuove la sostenibilità, ma contribuisce anche a ridurre la dipendenza dalle fonti energetiche tradizionali. Tuttavia, nonostante il grande potenziale, la gestione e l'ottimizzazione delle risorse energetiche all'interno di queste comunità rappresentano una sfida complessa, tanto sul piano teorico quanto pratico. Sebbene la letteratura in questo campo sia già vasta, c'è ancora molto lavoro da fare, specialmente per quanto riguarda lo sviluppo di sistemi informatici avanzati che possano aiutare a monitorare, analizzare e ottimizzare i consumi energetici, riducendo gli sprechi e migliorando l'efficienza complessiva.

Una delle principali difficoltà nell'affrontare questi temi è il fatto che si tratta di un ambito altamente interdisciplinare, che richiede competenze sia nel settore ingegneristico (in particolare nelle scienze fisiche e nelle tecnologie dell'energia) che nell'ambito dell'analisi dei dati e delle tecnologie informatiche. Questo può portare a situazioni in cui i revisori delle riviste scientifiche si concentrano maggiormente sugli aspetti ingegneristici e fisici, mentre le proposte che mirano a integrare soluzioni innovative di tipo data analytics o informatica possono risultare meno apprezzate. Come è accaduto nella nostra esperienza, abbiamo ricevuto feedback negativi quando abbiamo inviato articoli focalizzati sull'uso delle tecnologie digitali e delle analisi predittive per ottimizzare la gestione dell'energia, proprio perché i revisori non sempre comprendono appieno l'importanza di approcci che, sebbene non puramente ingegneristici, sono fondamentali per risolvere problemi complessi legati all'energia.

6. Impatto scientifico e pubblicazioni sottomesse, accettate o pubblicate

Ho avuto l'opportunità di presentare un lavoro di ricerca nell'ambito della 32nd International Conference on Enabling Technologies: Infrastructure for Collaborative Enterprises (WETICE 2024), che si è svolta a Reggio Emilia dal 26 al 28 giugno 2024. Il titolo dell'articolo che ho presentato era "Short-Term Forecasting of Energy Consumption and Production in Local Energy Communities", incentrato sulla previsione a breve termine dei consumi energetici e della produzione nelle comunità energetiche locali, un tema di crescente interesse nel contesto della transizione energetica e dell'uso efficiente delle risorse rinnovabili.

Inoltre, ho avuto il privilegio di partecipare alla 16th International Conference on Management of Digital Ecosystems (MEDES 2024), dove ho preso parte come coautrice al lavoro di ricerca "Forecasting Energy Availability in Local Energy Communities via LSTM Federated Learning", a firma di Turazza, F., Pietri, M., Hadjidimitriou, N. S., e Mamei, M. (2024). Questo studio esplora l'uso delle tecniche di Federated Learning con LSTM (Long Short-Term Memory) per la previsione della disponibilità energetica nelle comunità energetiche locali, mettendo in evidenza il potenziale di modelli di machine learning distribuiti per ottimizzare la gestione dell'energia.

Sempre nell'ambito della stessa conferenza, ho presentato, in qualità di relatrice, un lavoro di ricerca che, pur non essendo direttamente legato allo smart metering, affronta un tema cruciale nel settore energetico: "The Impact of COVID-19 and the Russo-Ukraine War on Natural Gas Flow Through Time Series Forecasting". Questo studio analizza l'impatto di eventi globali significativi, come la pandemia di COVID-19 e la guerra Russo-Ucraina, sui flussi di gas naturale, utilizzando tecniche di previsione basate su serie temporali per comprendere meglio le dinamiche globali e il loro effetto sul mercato energetico. In seguito alla presentazione di entrambi gli articoli, siamo stati invitati a sottoporre una versione estesa dei nostri lavori per due riviste scientifiche, con scadenza per il prossimo mese.

Abbiamo sottoposto un altro articolo a uno special issue della rivista Pervasive Computing, focalizzato sulle tematiche legate all'energia, dove approfondiamo ulteriormente l'applicazione di tecnologie pervasive nel monitoraggio e nella gestione dell'energia.

Infine, recentemente sono stata invitata a inviare un extended abstract per uno special issue della rivista Networks and Spatial Economics. L'abstract sottomesso ha come titolo "Measuring the Resilience of Renewable Energy Communities: A Scenario Analysis of the Regenerative Capacity". Questo lavoro esplora la resilienza delle comunità energetiche rinnovabili, analizzando la loro capacità rigenerativa attraverso un'analisi di scenari. In particolare, l'abstract propone un approccio innovativo per valutare la sostenibilità e la robustezza di tali comunità, tenendo conto di fattori critici come la gestione delle risorse, la risposta a shock esterni e la capacità di adattamento alle sfide del cambiamento climatico. Questo studio si inserisce nell'ambito di ricerche che mirano a migliorare la gestione delle risorse energetiche e a garantire che le comunità locali possano mantenere la loro operatività e stabilità anche in presenza di eventi avversi.

KPI - Indicatori specifici di risultato

Indicatori	Target finale
Numero di lavori scientifici pubblicati o accettati per la pubblicazione in tipologie di riviste di tipologia VQR	
Numero di comunicazioni a convegno presentate dal proponente in qualità di relatore	2
lavori scientifici pubblicati o accettati per la pubblicazione in riviste Open Access	

Luogo e data
Reggio Emilia, 28/2/25

Firma del Responsabile scientifico e dei proponenti

Natalia Haoplenuffou

FONDO DI ATENEO PER LA RICERCA ANNO 2024

PROGETTO DI RICERCA DIFFUSA NELL'AMBITO DEL PIANO DI SVILUPPO DIPARTIMENTALE

DURATA 12 MESI

RICERCA DIFFUSA

Progetti di ricerca diffusa: progetti multidisciplinari ed inclusivi, mirati al coinvolgimento del maggior numero possibile di docenti e ricercatori al fine di assicurare l'obiettivo strategico di elevare la qualità media della ricerca, con particolare riferimento ai ricercatori giovani e con minori disponibilità di fondi personali per facilitare anche iniziative di ricerca curiosity-driven.
I criteri di selezione saranno pertanto:
1. Minore anzianità di servizio DISMI, per privilegiare i giovani ricercatori ed afferenti DISMI, con esclusione dei ricercatori (docenti) provenienti da altre sedi, per i quali sono già previsti altri contributi
2. Incapienza economica, ovvero mancata disponibilità di fondi personali o di SSD con i quali sostenere temi di ricerca curiosity-driven.

1. **Titolo del progetto**

   Stability of persistent chain complexes in Topological Data Analysis

2. **Parole Chiave (MASSIMO 5)**

Noise system	Cofibrant replacement	Hierarchical stabilization	Rank			

3. **Proponente e relativo SSD**
   indicare esplicitamente: anni di afferenza al DISMI, indicatori ASN (e relative soglie ASN-A)

Claudia LANDI

Inquadramento

Struttura	Dipartimento di Scienze e Metodi dell'Ingegneria
Qualifica	Professori Ordinari
Area	AREA MIN. 01 - Scienze matematiche e informatiche
SSD	ND
SC	01/A2 - GEOMETRIA E ALGEBRA

Identificativi

ORCID ID	Publons/Researcher ID	SCOPUS AUTHOR-ID
0000-0001-8725-4844		7005139014

Copertura IRIS ultimi 15 anni

Presenti in IRIS	Con identificativo WOS	Con identificativo SCOPUS
53	33	43

SSD: MAT/03 - Geometria
anni di afferenza al DISMI: 19

ASN 2023-2025

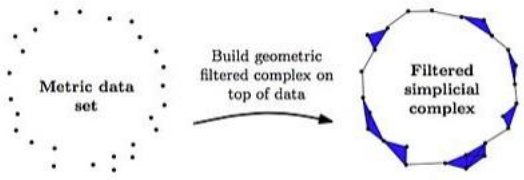
	Valore	INDICATORE	Soglia	Stato
SECONDA FASCIA	10	Numero articoli ultimi 5 anni	5	✓
	185	Numero citazioni ultimi 10 anni	20	✓
	9	H index ultimi 10 anni	3	✓
	La simulazione ASN per il ruolo di docente di Seconda Fascia ha esito positivo?			SI
PRIMA FASCIA	16	Numero articoli ultimi 10 anni	8	✓
	498	Numero citazioni ultimi 15 anni	35	✓
	12	H index ultimi 15 anni	4	✓
	La simulazione ASN per il ruolo di docente di Prima Fascia ha esito positivo?			SI
COMMISSARIO	16	Numero articoli ultimi 10 anni	12	✓
	498	Numero citazioni ultimi 15 anni	93	✓
	12	H index ultimi 15 anni	6	✓
	La simulazione ASN per il ruolo di Commissario ha esito positivo?			SI

4. **Abstract del progetto (MASSIMO 800 caratteri):**

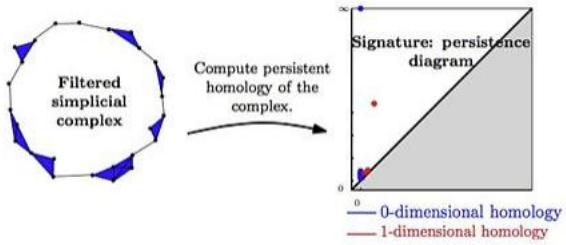
The goal of this project is to set the foundations for the stability of a recently introduced tool in Topological Data Analysis, the persistent chain complex. In particular, we will convert a discrete invariant, the rank, into a stable one via hierarchical stabilization. This will be achieved by introducing appropriate noise systems. The novelty of the project lies in the fact that in this way we will produce invariants which: i) capture more geometry of the available data than usual invariants based on homology; ii) do not rely on decomposition theorems; iii) are suitable for statistical analysis and machine learning. The project will be developed in collaboration with researchers from top international institutions (KTH, SUNY, MPI).

5. **Obiettivi, metodologia e risultati attesi (MASSIMO 4500 caratteri):**
evidenziare le problematiche e sfide affrontate, l'avanzamento rispetto allo stato dell'arte ed eventuali aspetti interdisciplinari, possibilmente con chiari KPI quantitativi

Data analysis is often about simplifying, ignoring most of the information available, and extracting what might be meaningful for the task at hand. Extracting summaries is also at the core of topology, a branch of geometry. Recently, these two fields have merged into Topological Data Analysis [1]. TDA benefits from a spectrum of tools for extracting summaries. The most popular is *persistent homology* (PH). The first step in PH is to transform data into spatial information:



The second step is the computation of the homology of the obtained spaces, resulting in a so-called *PH module*. The final step is the extraction of invariants by enumerating the PH module indecomposables [2]:

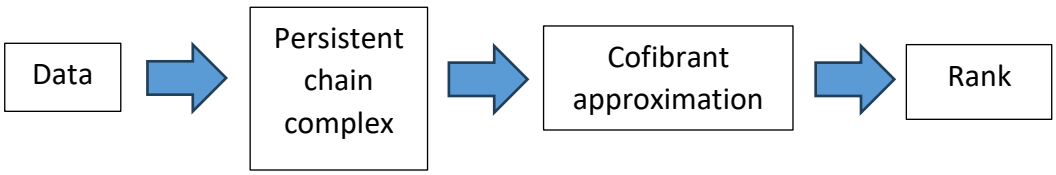


The outcome of TDA can be the input to further statistical analysis in concrete applications. The Database of Original & Non-Theoretical Uses of Topology [3] now contains more than 450 applications to fields varying from physics to medicine, biology, geology, and beyond.

Despite its success, TDA based on PH has limitations. First, it is limited to objects whose indecomposable summands can be listed. Secondly, homology can disregard a large amount of geometric information, in contrast to *chain complexes*.

Recently, we developed the theory of *persistent chain complexes* (PCCs), and have shown how to approximate such objects by other objects that are simpler and more manageable, such as *cofibrant objects* [4,5,6]. PCCs will be the focus of our study also in this project.

Objective. Stability is a crucial feature in data analysis as it ensures small changes in the input data not yield greater changes in the invariants used to analyse the data. Our goal is to achieve stability for invariants of PCCs. The invariants traditionally stabilized in PH are obtained by extracting the indecomposable summands of persistence modules, whenever possible. However, for PCCs it is not possible to list the indecomposable summands. For this reason, we will instead use the *rank* of the cofibrant approximation, where the rank is the invariant counting the number of generators, because numerical invariants are easily amenable to statistical analysis. Thus, ideally, we would like the following pipeline to be stable:



However, the rank cannot be stable *per se* as it is a discrete invariant that jumps by integers even if the data is perturbed by a very small amount.

In summary, our final goal is to have a quantity, like the rank, that encodes the topological and geometrical properties of the data and is an appropriate input for statistical analysis and machine learning, but at the same time makes the above pipeline stable.

Methodology. To circumvent the problem of the rank being an integer-valued invariant, we plan to proceed as follows. We will start defining what it means for PCCs to be ε-*small*. The idea is that ε-*small* objects are ε-*neighborhood* of the 0 object. Hence, we will create a *noise system* telling us which of them can be considered as noise. We can next apply the procedure known as *hierarchical stabilization* [6] to convert an integer invariant like the rank into a stable one. In general, given a numerical invariant, its stabilization is a Lebesgue measurable function that takes each $\varepsilon>0$ to the smallest value of the invariant among all those taken on objects that belong to an ε-neighborhood. The *stabilized rank* is our desired output.

Tasks. To effectively stabilize the rank, we need to solve the following subproblems:

- Define appropriate noise systems for persistent chain complexes
- Control the noise propagation in passing to cofibrant approximations
- Warrant that each neighbourhood contains a minimum of the rank

Expected results. A geometrical-topological stable invariant of the shape of data suitable for subsequent statistical analysis. A general procedure to stabilize numerical invariants of PCCs.

KPI. This project will allow for:

- continuing the international collaboration with B. Giunti (U. Albany), W. Chachólsky (KTH), F. Tombari (MPI-Leipzig)
- a paper in a journal at Foundations of Computational Mathematics level
- a talk at a conferences at ATMCS level
- the participation to the EWM-EMS summer school 2025: Stability in Topological Data Analysis organized by L. Fajstrup (Aalborg U.), B. Giunti (U. at Albany), C. Landi, to be held at Institut Mittag-Leffler (Sweden) - already approved.

References.

[1] Gunnar Carlsson. Topology and data. Bull. Amer. Math. Soc. (N.S.), 46(2):255–308, 2009

[2] Steve Y. Oudot. Persistence theory: from quiver representations to data analysis, volume 209 of Mathematical Surveys and Monographs. American Mathematical Society, Providence, RI, 2015.

[3] Barbara Giunti, Janis Lazovskis, Database of TDA real-world applications, Available at www.zotero.org/groups/tda-applications, 2020.

[4] W. Chachólski, B. Giunti, C. Landi, Invariants for tame parametrised chain complexes, Homology, Homotopy And Applications, 23:2(2021), pp. 183-213.

[5] W. Chachólski, B. Giunti, A. Jin, C. Landi, Decomposing filtered chain complexes:

Geometry behind barcoding algorithms, Computational Geometry-Theory And Applications, 109:(2023), pp. 101938-101938.
[6] W. Chachólski, B. Giunti, C. Landi , F. Tombari, Abelian and model structures on tame functors, arXiv:2301.04079

6. **Impatto scientifico e pubblicazioni previste nell'ambito del progetto (MASSIMO 1000 caratteri):**
Almeno una comunicazione a convegno presentata dal proponente in qualità di relatore; pubblicazioni su rivista e s/o con modalità open access risulteranno premiali

Indicatori	Target finale
Numero di lavori scientifici pubblicati o accettati per la pubblicazione in tipologie di riviste di tipologia VQR	1
Numero di comunicazioni a convegno presentate dal proponente in qualità di relatore	2
lavori scientifici pubblicati o accettati per la pubblicazione in riviste Open Access	1

7. **Utilizzo dei fondi di ricerca:**

Finanziamento FAR 2024	Speso al 28/02/2024
3.000 €	1067 €

Spiegare brevemente lo stato di utilizzo dei fondi di ricerca

Ad oggi i fondi sono stati utilizzati per presentare una comunicazione al convegno: "Data Analytics and Topology", February 17– 21, 2025 in Sanya, Hainan, China

I rimanenti fondi saranno utilizzati per partecipare a:

- Workshop Combinatorial Topological Dynamics May 26-30, 2025, Kraków, Poland (Invited Speaker)
- EWM-EMS Summer School: Stability in topological data analysis, Institut Mittag-Leffler, Sweden, June 30 - July 4, 2025 (Organizer)
- Collaborate@ICERM meeting "Finding Geometric and Topological Cores of Higher Graphs", Institute for Computational and Experimental Research in Mathematics (ICERM) Providence (US), lug 28 - ago 1, 2025

8. **Descrivere brevemente le attività di progetto svolte al 28/02/2024 (MASSIMO 1500 caratteri)**

So far, we have advanced on the first and third subtasks, limitedly to cofibrant persistent chain complexes. For the first subtask:

- Define appropriate noise systems for persistent chain complexes

recall that a noise system is used to measure how much two objects X,Y are close to each other, where being ε-*close* means that they differ by a quantity that is ε-*small* (noise). An ε-*neighborhood* of X is given by the set of objects Y that are ε-close to X.

We propose that two cofibrant objects X,Y are ε-close when it is possible to find a third object Z and maps X←Z→Y such that the kernels and the cokernels of these maps have null differential and, moreover, they are ε-small. The rationale of this choice is that kernels and cokernels can be seen as the perturbation required to transform X into Y.

To define a notion of ε-smallness for a persistent chain complex with null differential, which amounts to a direct sum of interval persistent vector spaces, we propose the following definition: an interval persistent vector space with support [a,b) is ε-small if a/b< ε. As a check of sanity, we have shown that this construction defines a legitimate noise system.

For the third subtask

- Warrant that each neighbourhood contains a minimum of the rank

we are now considering a different invariant than the rank. We are focusing on the number of degrees where the object is non-zero. For this invariant, we can show that each ε-neighborhood of X contains a minimal object.

To sum up, we have accomplished two of the three tasks, albeit only for cofibrant objects and for an invariant different than the foreseen one.

KPI - Indicatori specifici di risultato

Indicatori	Ad oggi	Target finale
Numero di lavori scientifici pubblicati o accettati per la pubblicazione in tipologie di riviste di tipologia VQR	0	1
Numero di comunicazioni a convegno presentate dal proponente in qualità di relatore	1	2
lavori scientifici pubblicati o accettati per la pubblicazione in riviste Open Access	0	1

Luogo e data

Reggio Emilia, 27.02.2025

Firma del Responsabile scientifico e dei proponenti

Claudia Landi

FONDO DI ATENEO PER LA RICERCA ANNO 2024

PROGETTO DI RICERCA DIFFUSA NELL'AMBITO DEL PIANO DI SVILUPPO DIPARTIMENTALE

DURATA 12 MESI

RICERCA DIFFUSA

Progetti di ricerca diffusa: progetti multidisciplinari ed inclusivi, mirati al coinvolgimento del maggior numero possibile di docenti e ricercatori al fine di assicurare l'obiettivo strategico di elevare la qualità media della ricerca, con particolare riferimento ai ricercatori giovani e con minori disponibilità di fondi personali per facilitare anche iniziative di ricerca curiosity-driven.

I criteri di selezione saranno pertanto:

1. Minore anzianità di servizio DISMI, per privilegiare i giovani ricercatori ed afferenti DISMI, con esclusione dei ricercatori (docenti) provenienti da altre sedi, per i quali sono già previsti altri contributi

2. Incapienza economica, ovvero mancata disponibilità di fondi personali o di SSD con i quali sostenere temi di ricerca curiosity-driven.

1. Titolo del progetto

   Sviluppo di Metodi e Modelli Matematici per Affrontare l'Incertezza in Problemi Decisionali di Scheduling e Packing

2. Parole Chiave (MASSIMO 5)

Ottimizzazione in Condizioni di Incertezza	Scheduling Problems	Bin Packing Problems	Programmazione Stocastica	Ottimizzazione Robusta

3. Proponente e relativo SSD

   indicare esplicitamente: anni di afferenza al DISMI, indicatori ASN (e relative soglie ASN-A)

   Alberto Locatelli: ricercatore a tempo determinato di tipo A (RTDA) presso il DISMI dal 1/03/2024.

   - Settore Scientifico Disciplinare: MAT/09 - Ricerca Operativa (settore concorsuale 01/A6)
   - Numero articoli ultimi 6 anni: 6 (soglia 6)
   - Numero citazioni ultimi 10 anni: 228 (soglia 79)
   - Indice H ultimi 10 anni: 4 (soglia 6)

   Alberto Locatelli si è laureato in Matematica all'Università di Padova sviluppando un particolare interesse per l'ottimizzazione combinatoria. Successivamente, ha ottenuto una borsa di ricerca ed è entrato a far parte del gruppo accademico di ricerca operativa presso l'Università di Trieste. Da novembre 2019 a novembre 2022 è stato titolare di una borsa di studio ministeriale per il corso triennale di dottorato in "Ingegneria dell'innovazione industriale" presso il DISMI, mentre da dicembre 2022 a febbraio 2023 è stato assegnista di ricerca sempre presso il DISMI. Da marzo 2024, ricopre il ruolo di Ricercatore a tempo determinato di tipo A (RTDa) presso la stessa università. Le sue principali aree di ricerca

si concentrano sullo studio di problemi tipici della ricerca operativa e sull'applicazione di algoritmi di ottimizzazione e apprendimento automatico per la risoluzione di problemi reali di pianificazione in ambito industriale.

4. Abstract del progetto (MASSIMO 800 caratteri):

Nel corso dell'ultimo secolo, l'ottimizzazione matematica è diventata uno strumento cruciale per prendere decisioni in vari settori, come l'economia, la logistica e la produzione. Tuttavia, solo negli ultimi decenni, la ricerca ha posto un'attenzione sempre maggiore sul ruolo dell'incertezza nei processi di ottimizzazione. Infatti, quando si affrontano problemi decisionali con parametri di input sconosciuti o imprecisi, sia la nozione di ottimalità che quella di fattibilità possono essere messe in discussione. Questo progetto si propone quindi di introdurre nuovi strumenti metodologici per studiare ed affrontare problemi decisionali caratterizzati da dati di input incerti. L'obiettivo finale è quello di sviluppare modelli e algoritmi capaci di generare soluzioni ottimali e, al contempo, resilienti all'incertezza, in applicazioni di parallel processor scheduling e bin packing.

5. Obiettivi, metodologia e risultati attesi (MASSIMO 4500 caratteri):

evidenziare le problematiche e sfide affrontate, l'avanzamento rispetto allo stato dell'arte ed eventuali aspetti interdisciplinari, possibilmente con chiari KPI quantitativi

L'uso dell'ottimizzazione matematica come strumento decisionale e la sua applicazione pratica in campi come l'economia, la logistica e la produzione ha portato allo sviluppo di algoritmi sempre più efficienti. Trovare una decisione ottimale tra un insieme di alternative predefinite è diventato realizzabile in tempi ragionevoli per una vasta gamma di problemi del mondo reale.

Tuttavia, i metodi tradizionali di ottimizzazione si basano sull'ipotesi che l'input del problema sia definito e fisso a priori, trascurando un fattore intrinseco a molti problemi reali: l'incertezza. Di conseguenza, quando si applicano tali modelli in contesti reali, la mancanza di considerazione per possibili cambiamenti nel contesto operativo (e quindi nei dati di input del problema) può rendere questi modelli vulnerabili agli imprevisti, portando a decisioni inefficaci o persino controproducenti. Negli ultimi decenni, la comunità scientifica ha quindi prestato crescente attenzione al ruolo cruciale che l'incertezza assume nei processi di ottimizzazione, al fine di sviluppare strumenti capaci di prendere decisioni più robuste e adattabili alle variazioni del mondo reale.

In letteratura, i due approcci più utilizzati per gestire l'incertezza sono la programmazione stocastica [2] e l'ottimizzazione robusta [1]. La programmazione stocastica richiede la conoscenza delle distribuzioni di probabilità dei parametri incerti e solitamente ottimizza una funzione obiettivo imponendo vincoli di probabilità per massimizzare il rendimento atteso o minimizzare il rischio previsto. L'ottimizzazione robusta, invece, si concentra sulla ricerca di soluzioni resilienti rispetto alle incertezze nei dati del problema. Questo

approccio mira a garantire che le decisioni prese siano valide non solo per i valori specifici dei parametri dati, ma anche per una gamma più ampia di possibili valori. Ciò significa che, anziché cercare di ottimizzare solo per un set specifico di condizioni, si cerca di trovare soluzioni che funzionino bene in molteplici scenari possibili. Infine, negli ultimi anni, l'ottimizzazione distribuzionalmente robusta [4] ha suscitato un crescente interesse. Questo approccio combina l'ottimizzazione robusta e la programmazione stocastica per individuare soluzioni che considerano il caso peggiore delle distribuzioni all'interno di un insieme di ambiguità, definito dalle informazioni distribuzionali disponibili.

Partendo da questi approcci presenti in letteratura, il progetto di ricerca mira a sviluppare nuovi metodi e modelli matematici per risolvere problemi specifici di bin packing [3] e di parallel processor scheduling [5], introducendo un certo grado di incertezza nei dati di input. L'obiettivo principale è migliorare la robustezza e l'affidabilità delle decisioni prese in contesti applicativi specifici, garantendo che le soluzioni generate dai metodi proposti siano efficaci non solo in condizioni ideali, ma anche in presenza di variabili e parametri incerti. Per raggiungere questo obiettivo, si adotterà una metodologia rigorosa, articolata nei seguenti passaggi:

- Inizieremo con un'analisi approfondita degli approcci esistenti, al fine di comprendere le sfide e le opportunità in questo campo di ricerca.
- Svilupperemo nuovi modelli in grado di generare soluzioni robuste in grado di far fronte a eventi imprevisti e variazioni dei parametri, evitando soluzioni inammissibili o eccessivamente costose.
- Convalideremo l'efficacia degli algoritmi proposti attraverso una serie di esperimenti computazionali. Dimostreremo che l'approccio proposto supera le limitazioni dei metodi convenzionali.
- Infine, condivideremo i risultati delle nostre ricerche con la comunità accademica e industriale attraverso la scrittura di articoli scientifici e la presentazione dei risultati ottenuti in conferenze, sia a livello nazionale che internazionale. Condividendo i nostri progressi e le scoperte fatte durante il progetto, avremo l'opportunità di promuovere la ricerca, ricevere feedback dagli esperti del settore e contribuire alla diffusione delle conoscenze in campo accademico e industriale.

Bibliografia:

[1] Bertsimas, D., Brown, D. B., & Caramanis, C. (2011). Theory and applications of robust optimization. SIAM review, 53(3), 464-501.

[2] Birge, J. R., & Louveaux, F. (2011). Introduction to stochastic programming. Springer Science & Business Media.

[3] Delorme, M., Iori, M., & Martello, S. (2016). Bin packing and cutting stock problems: Mathematical models and exact algorithms. European Journal of Operational Research, 255(1), 1-20.

[4] Lin, F., Fang, X., & Gao, Z. (2022). Distributionally robust optimization: A review on theory and applications. Numerical Algebra, Control and Optimization, 12(1), 159-212.

[5] Pinedo, M. L. (2012). Scheduling (Vol. 29). New York: Springer.

6. **Impatto scientifico e pubblicazioni previste nell'ambito del progetto (MASSIMO 1000 caratteri):**

Almeno una comunicazione a convegno presentata dal proponente in qualità di relatore; pubblicazioni su rivista e s/o con modalità open access risulteranno premiali

L'obiettivo principale del progetto di ricerca è pubblicare almeno due articoli su riviste scientifiche internazionali, di cui almeno uno in modalità open access, e condividere i risultati delle ricerche con la comunità accademica e industriale partecipando a conferenze e seminari. Per raggiungere questo scopo, il proponente intraprenderà una serie di attività fondamentali. In primo luogo, verrà condotta una revisione approfondita della letteratura scientifica esistente. Saranno quindi definiti e implementati nuovi modelli matematici e algoritmi. Una fase cruciale del progetto sarà la conduzione di esperimenti rigorosi e sistematici, volti a testare l'efficacia e la validità dei nuovi modelli e algoritmi. Parallelamente, il proponente redigerà articoli scientifici che descriveranno in modo chiaro e completo le metodologie utilizzate, i risultati ottenuti e le loro implicazioni teoriche e pratiche.

7. **Utilizzo dei fondi di ricerca:**

Finanziamento FAR 2024	Speso al 28/02/2024
3.000 €	0 €

Al 28 febbraio 2024, i fondi non sono ancora stati utilizzati. Verranno impiegati per partecipare, in qualità di relatore, a conferenze internazionali. In particolare, uno degli eventi previsti è la 38ª Conferenza del Capitolo Europeo sull'Ottimizzazione Combinatoria (ECCO XXXVIII-2025), che si terrà a Marrakech, in Marocco, dall'8 al 10 maggio 2025.

8. **Descrivere brevemente le attività di progetto svolte al 28/02/2024 (MASSIMO 1500 caratteri)**

Nel corso del progetto, abbiamo sviluppato e analizzato il Robust Bin Packing Problem with Fragile Objects (RBPPFO), un'estensione del classico Bin Packing, motivata da problemi di assegnazione di frequenze nei sistemi di telecomunicazione. Il modello RBPPFO introduce un budgeted uncertainty set per rappresentare le fluttuazioni di potenza del segnale, tipiche di molti contesti di telecomunicazioni.
Per affrontare il problema, abbiamo proposto tre formulazioni:

- Un modello compatto di programmazione lineare intera mista
- Una formulazione arc-flow, che si è dimostrata particolarmente efficace
- Un approccio basato sulla programmazione a vincoli

Abbiamo inoltre sviluppato tecniche di upper bounding e un lower bound basato su un algoritmo greedy. Le soluzioni euristiche sono state quindi sfruttate per accelerare la convergenza delle formulazioni esatte.
L'efficacia delle metodologie proposte è stata validata tramite un'ampia sperimentazione computazionale, condotta su istanze adattate dalla letteratura. I risultati hanno evidenziato la solidità dell'approccio arc-flow, suggerendone l'applicabilità anche ad altri problemi di packing in contesti incerti.
I risultati ottenuti sono stati inclusi in un articolo sottomesso a una rivista di tipologia VQR e presentati (non dal proponente) alla conferenza internazionale EURO 2024 – 33rd European Conference on Operational Research (Copenhagen, 30 giugno - 3 luglio 2024). Inoltre, il lavoro è stato presentato dal proponente in qualità di relatore in un seminario su invito al CIRRELT – Université Laval (Canada), il 7 agosto 2024.

KPI - Indicatori specifici di risultato

Indicatori	Ad oggi	Target finale
Numero di lavori scientifici pubblicati o accettati per la pubblicazione in tipologie di riviste di tipologia VQR	1 submitted	1
Numero di comunicazioni a convegno presentate dal proponente in qualità di relatore	0	1
lavori scientifici pubblicati o accettati per la pubblicazione in riviste Open Access	0	1

Luogo e data

Firma del Responsabile scientifico e dei proponenti

26/02/2025

FONDO DI ATENEO PER LA RICERCA ANNO 2024

PROGETTO DI RICERCA DIFFUSA NELL'AMBITO DEL PIANO DI SVILUPPO DIPARTIMENTALE

DURATA 12 MESI

RICERCA DIFFUSA

Progetti di ricerca diffusa: progetti multidisciplinari ed inclusivi, mirati al coinvolgimento del maggior numero possibile di docenti e ricercatori al fine di assicurare l'obiettivo strategico di elevare la qualità media della ricerca, con particolare riferimento ai ricercatori giovani e con minori disponibilità di fondi personali per facilitare anche iniziative di ricerca curiosity-driven.
I criteri di selezione saranno pertanto:
1. Minore anzianità di servizio DISMI, per privilegiare i giovani ricercatori ed afferenti DISMI, con esclusione dei ricercatori (docenti) provenienti da altre sedi, per i quali sono già previsti altri contributi
2. Incapienza economica, ovvero mancata disponibilità di fondi personali o di SSD con i quali sostenere temi di ricerca curiosity-driven.

1. **Titolo del progetto**

   GPU porting of routines for calculating polarizability and self-energy.

2. **Parole Chiave (MASSIMO 5)**

Coding	**supercomputers**	**Ab-initio**	**spettroscopie**	**Materiali innovativi**

3. **Proponente e relativo SSD**
   indicare esplicitamente: anni di afferenza al DISMI, indicatori ASN (e relative soglie ASN-A)

   - Ivan Marri, Professore Associato PHYS04-A
   - Anni di afferenza al Dismi: 36 Mesi da RTDb (3 anni) + 26 mesi da PA = 62 mesi
   - Indicatori ASN

   Numero articoli ultimi 10 anni: 14 (soglia professore prima fascia: 25)
   Numero citazioni ultimi 15 anni: 807 (soglia professore prima fascia: 648)
   H index ultimi 15 anni: 11 (soglia professore prima fascia: 14)

4. **Abstract del progetto (MASSIMO 800 caratteri):**

Il calcolo numerico a principi primi permette di supportare l'attività sperimentale nell'analisi delle proprietà strutturali, elettroniche ed ottiche di materiali di differente dimensionalità. La possibilità d'identificare i parametri microscopici che influenzano il comportamento dei materiali rappresenta una condizione fondamentale per accelerare la scoperta di nuovi sistemi per applicazioni nel campo dell'elettronica, dell'energia e della fotocatalisi. Questo è particolarmente vero nel caso di materiali nanostrutturati dove le proprietà macroscopiche sono determinate dalla combinazione di un elevato numero di parametri microscopici che sono difficilmente

isolabili dal punto di vista sperimentale. La recente evoluzione dei sistemi HPC (High Performance Computing) ha portato all'introduzione di architetture fortemente basate sull'utilizzo di schede grafiche GPUs che permettono di ottenere potenze di calcolo vicine (o in alcuni casi superiori) all' exaflop. La possibilità di sfruttare appieno le risorse computazionali offerte dalle moderne facilities HPC passa attraverso una radicale ristrutturazione dei codici con l'implementazione di nuovi paradigmi che permettendo il porting sulle GPUs, consentono una drastica riduzione dei tempi di calcolo.
Il presente progetto prevede una radicale modifica di routines presenti in un codice open source sviluppato per il calcolo delle proprietà di stato eccitato dei sistemi materiali, in particolare per il calcolo della polarizzabilità e della self-energia.

5. Obiettivi, metodologia e risultati attesi (MASSIMO 4500 caratteri):

Uno dei principali obiettivi della fisica computazionale dello stato solido consiste nella capacità di descrivere in dettaglio le proprietà di stato eccitato della materia. Questo permette, per esempio, di ottimizzare le proprietà di un materiale per applicazioni nel campo del fotovoltaico o della fotocatalisi, quando cioè una fotocorrente o delle reazioni di ossido-riduzione vengono promosse attraverso processi di assorbimento di luce solare. In questo contesto, lo stato dell'arte è rappresentato dalla teoria perturbativa a molti corpi (Many Body Perturbation Theory – MBPT-) che consente di descrivere in dettaglio eccitazioni di carica (cioè eccitazioni che producono una variazione di carica del sistema misurabile attraverso spettroscopie di fotoemissione diretta o inversa) ed eccitazioni ottiche (processi di assorbimento della luce). La possibilità di descrivere correttamente le proprietà di stato eccitato di un sistema è fondamentale per simulare materiali per applicazioni nel campo della fotonica, optoelettronica, fotovoltaico e fotocatalisi e risulta utile quando si vogliono studiare, attraverso meccanismi di allineamento dei livelli energetici, proprietà di interfaccia (per esempio metallo/semiconduttore, oppure semiconduttore/semiconduttore, o elettrolita/semiconduttore) o quando si vogliono simulare dinamiche di trasporto elettronico in un materiale. Nell'ambito della MBPT, processi di eccitazione di carica sono descritti attraverso il metodo GW [1] mentre l'eccitazioni ottiche (ed in particolare lo spettro di assorbimento) vengono descritte attraverso la risoluzione dell'equazione di Bethe-Salpeter (BSE) [2]. Se da un lato queste procedure permettono una dettagliata descrizione delle proprietà microscopiche della materia, dall'altro risultano particolarmente pesanti dal punto di vista computazionale. In particolare, i kernel GW e BSE richiedono, per una corretta convergenza di polarizzabilità e self-energia, l'inserimento di un elevato numero di stati non occupati (detti stati di vuoto), condizione che aumenta in misura esponenziale il peso della simulazione al crescere della dimensione del sistema rendendo nei fatti impossibile, o nella migliore delle ipotesi estremamente costosa, la trattazione di sistemi di dimensioni realistiche costituiti da un elevato numero di

elettroni. In questo contesto abbiamo recentemente implementato nel codice una nuova procedura, detta dei terminatori [3], che consente di ridurre drasticamente il numero di stati di vuoto necessari per il calcolo della polarizzabilità e della self-energia. Tale implementazione è stata svolta all'interno del codice open-source Yambo [4]. In questo progetto intendiamo completare lo sviluppo delle routines implementate attraverso l'introduzione di un efficiente porting sulle GPUs della parte dei terminatori, rendendo quindi più efficace il calcolo della polarizzabilità e della self energia in un'ottica di ottimizzazione dello sfruttamento delle risorse di calcolo.

[1] F Aryasetiawan and O Gunnarsson, Reports on progress in Physics 61, 237 (1998).
[2] X. Blase et al., J. Phys. Chem. Lett. 11, 7371 (2020).
[3] Bruneval F and Gonze X 2008 *Phys. Rev.* B **78** 085125
[4] D. Sangalli, A. Ferretti, H. Miranda, I. Marri et al. J. Phys. Cond. Matter 31, 325902 (2019)

6. **Impatto scientifico e pubblicazioni previste nell'ambito del progetto (MASSIMO 1000 caratteri):**
Riteniamo che il progetto possa avere un importante impatto sulla comunità scientifica che fa riferimento al calcolo teorico delle spettroscopie. In questo contesto, il problema più rilevante è legato alla complessità computazionale dei calcoli necessari per descrivere correttamente le proprietà di risposta elettronica ed ottica dei materiali. Tale complessità rende difficile l'analisi di sistemi materiali complessi, in particolare sistemi di dimensioni realistiche. Il progetto intende colmare in parte questa lacuna migliorando le potenzialità e l'efficienza del codice Yambo. Riducendo il numero di stati di vuoto necessari per convergere polarizzabilità e self-energia e attraverso uno scrupoloso lavoro di porting sulle GPUs, si stima una riduzione dei tempi di calcolo di un fattore quattro e un aumento della dimensione dei sistemi calcolabili (in termini di numero di elettroni) di un fattore due.

7. **Utilizzo dei fondi di ricerca:**

Finanziamento FAR 2024	Speso al 28/02/2024
3.000 €	0 €

I fondi verranno riservati per la missione da svolgere presso la conferenza ECS 248th

8. **Descrivere brevemente le attività di progetto svolte al 28/02/2024 (MASSIMO 1500 caratteri)**

Ad oggi il livello di avanzamento dello sviluppo è il seguente:

- È stato completato il porting sulle GPUs della parte che fa riferimento al calcolo della polarizzabilità. Questa ha coinvolto la parziale riscrittura di routines di base del codice, come per esempio quella relativa al calcolo dei dipoli elettrici. Sono attualmente in atto test specifici per verificare lo scaling del codice e l'eventuale presenza di bottleneck.
- E' stato impostato il lavoro di porting relativo alla parte di codice che si riferisce al calcolo della self-energy.

Il KP1 previsto dal progetto, cioè il rilascio di nuova versione del codice Yambo con supporto per le GPUs per la parte relativa al calcolo della polarizzabilità e della self-energia verrà soddisfatto una volta completato il lavoro di porting insieme ad una accurata analisi della scalabilità del codice.

I risultati ottenuti verranno comunicati presentati al convegno ECS 248th che si svolgerà a Chicago nell'ottobre 2025. Sono attualmente sotto referaggio due lavori scientifici.

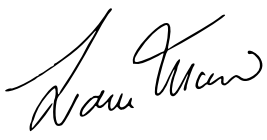
KPI - Indicatori specifici di risultato

Indicatori	Ad oggi	Target finale
Numero di lavori scientifici pubblicati o accettati per la pubblicazione in tipologie di riviste di tipologia VQR	0	1
Numero di comunicazioni a convegno presentate dal proponente in qualità di relatore	0 (i risultati saranno presentati al meeting ECS 248th)	1
lavori scientifici pubblicati o accettati per la pubblicazione in riviste Open Access	0 (due articoli sotto referaggio)	1

Luogo e data
26/02/2025

Firma del Responsabile scientifico e dei proponenti

_____



FONDO DI ATENEO PER LA RICERCA ANNO 2024

PROGETTO DI RICERCA DIFFUSA NELL'AMBITO DEL PIANO DI SVILUPPO DIPARTIMENTALE

DURATA 12 MESI

RICERCA DIFFUSA

Progetti di ricerca diffusa: progetti multidisciplinari ed inclusivi, mirati al coinvolgimento del maggior numero possibile di docenti e ricercatori al fine di assicurare l'obiettivo strategico di elevare la qualità media della ricerca, con particolare riferimento ai ricercatori giovani e con minori disponibilità di fondi personali per facilitare anche iniziative di ricerca curiosity-driven.
I criteri di selezione saranno pertanto:
1. Minore anzianità di servizio DISMI, per privilegiare i giovani ricercatori ed afferenti DISMI, con esclusione dei ricercatori (docenti) provenienti da altre sedi, per i quali sono già previsti altri contributi
2. Incapienza economica, ovvero mancata disponibilità di fondi personali o di SSD con i quali sostenere temi di ricerca curiosity-driven.

1. Titolo del progetto
   Validazione sperimentale di strategie di controllo ad elevate prestazioni per motori stepper

2. Parole Chiave (MASSIMO 5)

Efficienza	Riduzione costi	Sostenibilità	Precisione di posizionamento	

3. Proponente e relativo SSD
   indicare esplicitamente: anni di afferenza al DISMI, indicatori ASN (e relative soglie ASN-A)

   Giovanni Migliazza, afferente al DISMI da 2 anni (dal 01/01/2022) in qualità di RTDA.

   Indicatori: n. articoli 5 anni: 27 (16 rivista, 11 conferenza), n. citazioni 10 anni: 437, indice H 10 anni: 10.

   Soglie ASN SC 09/E2: n. articoli 5 anni: 6, n. citazioni 10 anni: 176, indice H 10 anni: 8.

4. Abstract del progetto (MASSIMO 800 caratteri):

In ambito industriale solitamente sono utilizzati i motori sincroni a magneti permanenti, sia per soluzioni a bassa che ad alta potenza. Questa tipologia di motore ha lo svantaggio di avere costi elevati di costruzione e una quantità elevata di magneti permanenti, aumentando l'impatto ambientale dovuto alle attività di estrazione mineraria e successiva raffinazione del materiale. Nel caso di applicazioni a bassa potenza, è possibile utilizzare i motori stepper che presentano

costi di costruzione ridotti e un ridotto utilizzo di neodimio per il magnete permanente.
Con i controlli utilizzati in ambito industriale, sono necessari sensori ad elevata risoluzione che aumentano il costo complessivo di tutto l'azionamento. Un altro aspetto è che i controlli attuali presentano bassa efficienza.

5. Obiettivi, metodologia e risultati attesi (MASSIMO 4500 caratteri):
evidenziare le problematiche e sfide affrontate, l'avanzamento rispetto allo stato dell'arte ed eventuali aspetti interdisciplinari, possibilmente con chiari KPI quantitativi

I motori stepper, o motori passo-passo, sono una categoria di motori elettrici molto versatili e ampiamente utilizzati in numerose applicazioni industriali e di consumo a bassa potenza. Le caratteristiche principali di questi motori sono:

- controllo preciso della posizione: uno dei principali vantaggi dei motori stepper è la loro capacità di controllare la posizione angolare del rotore in modo molto preciso. Ciò è possibile grazie al loro principio di funzionamento a passi, in cui il motore ruota incrementalmente di una quantità angolare predefinita (tipicamente compresa tra 0,9° e 1,8° per passo). Questa precisione di posizionamento li rende ideali per applicazioni che richiedono un controllo accurato del movimento, come sistemi di stampa 3D, macchine per il taglio laser, robot industriali e attrezzature per la lavorazione di materiali;
- elevata coppia a basse velocità: un'altra caratteristica importante dei motori stepper è la loro capacità di generare una coppia elevata a basse velocità di rotazione. Questo li rende particolarmente adatti per l'azionamento di carichi pesanti, come tavole scorrevoli, meccanismi di sollevamento o dispositivi di posizionamento di grandi dimensioni. Grazie a questa combinazione di coppia elevata e bassa velocità, i motori stepper sono in grado di fornire la forza necessaria per muovere e posizionare in modo preciso tali carichi.
- facile controllo: un altro vantaggio significativo dei motori stepper è la relativa semplicità del loro controllo. A differenza dei motori in corrente continua convenzionali, i motori stepper non richiedono un feedback sulla posizione del rotore per poter essere azionati. Ciò consente l'utilizzo di sistemi di controllo digitali semplici ed economici, come microcontrollori o schede di controllo dedicate. Questa facilità di controllo li rende particolarmente adatti per applicazioni dove il costo e la complessità del sistema di controllo devono essere minimizzati a discapito dell'efficienza (viene erogata la corrente massima in ogni condizione operativa);
- assenza di spazzole: i motori stepper, a differenza dei motori in corrente continua tradizionali, sono privi di spazzole. Questa caratteristica li rende più affidabili e duraturi, poiché elimina i problemi legati all'usura e alla manutenzione delle spazzole. Inoltre, l'assenza di spazzole li rende adatti per ambienti polverosi o con

elevata umidità, dove i motori con spazzole potrebbero avere problemi di funzionamento;

- costi contenuti: rispetto ad altre tipologie di motori elettrici, i motori stepper sono generalmente più economici. Ciò li rende una scelta interessante per molte applicazioni in cui il costo è un fattore rilevante, come nell'elettronica di consumo, nell'automazione industriale di base e in molti progetti di hobbistica e fai-da-te.

In sintesi, i motori stepper offrono un ottimo compromesso tra prestazioni, precisione, semplicità di controllo e costi contenuti, rendendoli una scelta molto diffusa in una vasta gamma di applicazioni, dalle più semplici a quelle ad alte prestazioni. La loro capacità di controllare con precisione la posizione, la loro coppia elevata a basse velocità e la loro affidabilità li rendono uno strumento indispensabile in molti settori industriali e di consumo. Inoltre, rispetto ai motori sincroni a magneti permanenti, hanno il vantaggio di richiedere un minor utilizzo di magnete riducendo l'impatto ambientale delle attività minerarie, in particolare l'estrazione del neodimio e la successiva lavorazione.
L'obiettivo dell'attività è di validare sperimentalmente nuove tecniche di controllo per aumentare l'efficienza dell'azionamento e ridurre la risoluzione del sensore e di conseguenza i costi.

6. **Impatto scientifico e pubblicazioni previste nell'ambito del progetto (MASSIMO 1000 caratteri):**
   Almeno una comunicazione a convegno presentata dal proponente in qualità di relatore; pubblicazioni su rivista e s/o con modalità open access risulteranno premiali

   L'obiettivo della ricerca intende valutare, per via sperimentale, questi motori stepper in termini di aumento dell'efficienza, aumento delle velocità raggiungibili, in modo da renderli concretamente competitivi con i motori a magneti permanenti comunemente utilizzati nell'industria.
   Dal punto di vista delle pubblicazioni l'obiettivo è:

- presentare un articolo a conferenza, sul confronto in termini di efficienza tra strategie di controllo classiche e le nuove strategie di controllo da noi proposte;
- per le pubblicazioni a rivista si intende presentare una soluzione che permetta di tilizzare sensori di posizione a bassa risoluzione per ridurre i costi dell'intero azionamento e validare sperimentalmente questa nuova soluzione rispetto ad un sensore a risoluzione più elevata comunemente utilizzato.

7. **Utilizzo dei fondi di ricerca:**

Finanziamento FAR 2024	Speso al 28/02/2024
3.000 €	2525.29€

Spiegare brevemente lo stato di utilizzo dei fondi di ricerca

I fondi sono stati impiegati per l'acquisto di materiale da laboratorio essenziale per lo sviluppo e il collaudo del prototipo. Questi materiali sono fondamentali per la validazione sperimentale delle strategie di controllo proposte, permettendo così di testare l'efficacia e l'affidabilità delle soluzioni sviluppate.

8. **Descrivere brevemente le attività di progetto svolte al 28/02/2024 (MASSIMO 1500 caratteri)**

È stata proposta un'estensione della regione operativa degli hybrid stepper motors (HSMs) mediante il field-oriented control (FOC) con field-weakening (FW), migliorando così significativamente le prestazioni del motore. Questo approccio riduce le temperature operative e i problemi di degrado dell'isolamento. L'efficacia della proposta è stata valutata sperimentalmente su quattro HSM commerciali, confrontando il controllo a microstepping con il FOC, i risultati sono stati presentati in [1].

Inoltre, è stata condotta un'analisi approfondita sugli osservatori di flusso dello statore, concentrandosi sulle prestazioni di azionamenti elettrici senza sensori per pilotare macchine sincrone a magnete permanente a basse velocità. Sono state considerate le non idealità degli inverter e la imperfetta conoscenza dei parametri elettrici del motore. Sono statati confrontati uno stimatore di flusso open-loop con filtro passa-basso e due osservatori adattivi; mentre il primo si è dimostrato efficace a con variazioni lente di velocità, il secondo ha mostrato prestazioni superiori in condizioni di variazione significative, riuscendo a stimare parametri critici relativi alla demagnetizzazione, i risultati sono stati presentati in [2].

Un altro lavoro basato sulle precedenti attività è stato sottomesso e accettato in conferenza internazionale Workshop on Electrical Machines Design, Control and Diagnosis (WEMDCD) Conference 2025 che varrà presentato in aprile.

[1] Carfagna, E.; Migliazza, G.; Medici, M.; Lorenzani, E. Performance Comparison Between Microstepping and Field-Oriented Control for Hybrid Stepper Motors. *Energies* **2025**, *18*, 553. https://doi.org/10.3390/en18030553

[2] E. Carfagna, C. M. Verrelli, G. Migliazza, F. Bernardi and E. Lorenzani, "Stator Flux Observers for Speed-Controlled PMSMs in Low-Speed Sensorless Applications: Comparative

Tests and Hybrid Strategy," in *IEEE Transactions on Control Systems Technology*, doi: 10.1109/TCST.2025.3536203.

KPI - Indicatori specifici di risultato

Indicatori	Ad oggi	Target finale
Numero di lavori scientifici pubblicati o accettati per la pubblicazione in tipologie di riviste di tipologia VQR	1	1
Numero di comunicazioni a convegno presentate dal proponente in qualità di relatore	0	1
lavori scientifici pubblicati o accettati per la pubblicazione in riviste Open Access	1	1

Luogo e data

Firma del Responsabile scientifico e dei proponenti

_____

FONDO DI ATENEO PER LA RICERCA ANNO 2024

PROGETTO DI RICERCA DIFFUSA NELL'AMBITO DEL PIANO DI SVILUPPO DIPARTIMENTALE

DURATA 12 MESI

RICERCA DIFFUSA

Progetti di ricerca diffusa: progetti multidisciplinari ed inclusivi, mirati al coinvolgimento del maggior numero possibile di docenti e ricercatori al fine di assicurare l'obiettivo strategico di elevare la qualità media della ricerca, con particolare riferimento ai ricercatori giovani e con minori disponibilità di fondi personali per facilitare anche iniziative di ricerca curiosity-driven.

I criteri di selezione saranno pertanto:

1. Minore anzianità di servizio DISMI, per privilegiare i giovani ricercatori ed afferenti DISMI, con esclusione dei ricercatori (docenti) provenienti da altre sedi, per i quali sono già previsti altri contributi

2. Incapienza economica, ovvero mancata disponibilità di fondi personali o di SSD con i quali sostenere temi di ricerca curiosity-driven.

1. Titolo del progetto

SVILUPPO DI UN MODELLO ANALITICO PER L'INTEGRAZIONE DELLA RIDUZIONE DEGLI SCARTI COME FUNZIONE OBIETTIVO NELL'OTTIMIZZAZIONE AUTOMATIZZATA DEL PROCESSO DI ESTRUSIONE DI LEGHE LEGGERE.

2. Parole Chiave (MASSIMO 5)

Estrusione	Riduzione Scarti	Parametrizzazione geometrica	Ottimizzazione multi-obiettivo	Ottimizzazione di processo

3. Proponente e relativo SSD

indicare esplicitamente: anni di afferenza al DISMI, indicatori ASN (e relative soglie ASN-A)

- Riccardo Pelaccia ING-IND/16 – Tecnologie e Sistemi di Lavorazione
- Anni di afferenza al DISMI (2 anni)
- Indicatori ASN (Numero articoli ultimi 5 anni=**19**, Numero citazioni ultimi 10 anni=**218**, H index ultimi 10 anni= **10**)

4. Abstract del progetto (MASSIMO 800 caratteri):

Nell'estrusione a caldo di leghe leggere, il difetto della saldatura trasversale è intrinseco del processo e genera una lunghezza di profilo da scartare strettamente correlata alle complessità geometriche sia dello stampo che del profilo. In ambito industriale, la

previsione dello scarto avviene principalmente tramite approcci empirici non sempre accurati visto che l'analisi sperimentale è molto onerosa in termini di tempi e costi mentre quella numerica, seppur accurata, è complessa da calibrare. In questo contesto, l'obiettivo del progetto è quello di sviluppare un modello analitico per la previsione dello scarto intrinseco del processo. Oltre a fornire uno strumento valido e di facile utilizzo per l'industria, il modello analitico calibrato potrà essere integrato come tool per la minimizzazione degli scarti all'interno di una piattaforma virtuale di ottimizzazione multi-obiettivo del processo di estrusione.

5. Obiettivi, metodologia e risultati attesi (MASSIMO 4500 caratteri):

L'obiettivo strategico del progetto è quello di sviluppare un modello analitico per la previsione degli scarti generati dal difetto di saldatura trasversale nei profili estrusi in leghe leggere (alluminio, magnesio…). Un modello analitico affidabile e ben calibrato permette, in maniera molto rapida, di prevedere e quindi ridurre al minimo il materiale di scarto, incrementando così l'efficienza del processo. Inoltre, visto che la lunghezza contaminata dal difetto dipende fortemente dal design dello stampo (matrice) e dalla complessità del profilo estruso, sarà possibile veicolare le scelte progettuali verso la minimizzazione degli scarti, ottenendo un processo ottimizzato prima di generare effettivamente dei costi di produzione. L'obiettivo progettuale nasce dalla forte esigenza di ridurre gli scarti intriseci e quindi ineliminabili di processo, all'interno di un contesto industriale con un mercato sempre più competitivo ed esigente (automotive, aerospace, furniture design…). Il difetto della saldatura trasversale è una conseguenza della natura del processo, che si attua deformando in continuo delle billette cilindriche preriscaldate, forzando il materiale a fluire all'interno della cavità della matrice che dà la forma finale al profilo estruso. Nella zona di transizione tra due billette consecutive il materiale della nuova billetta "si salda" a quello della precedente, generando un profilo caratterizzato da basse proprietà meccaniche, a causa della presenza di ossidi, per una lunghezza variabile che dipende sia dalla geometria della matrice sia dalla complessità di forma del profilo. L'attuale prassi industriale è quella di definire empiricamente una lunghezza di profilo da scartare, generalmente sovrastimando opportunamente l'estensione del difetto per evitare di vendere profilo contaminato. L'analisi sperimentale per verificare la reale lunghezza dello scarto è molto onerosa in termini di tempo e costi e può essere giustificata solo in circostanze particolari, mentre quella numerica, nonostante stia diventando sempre più accurata, prevede un costo computazionale elevato e non è di facile calibrazione. Da questo contesto risulta chiaro il duplice scopo del progetto: proporre una soluzione efficace e di facile accesso a livello industriale per minimizzare gli scarti di produzione ed integrare il modello di correlazione all'interno di una piattaforma virtuale di ottimizzazione

multi-obiettivo di processo, eliminando così il costo computazionale dell'analisi numerica per la previsione dei difetti.

Per il raggiungimento degli obiettivi prefissati le attività verranno strutturate come segue:

Studio della letteratura di settore per individuare i parametri geometrici della matrice (rapporto di estrusione, numero e rapporto di forma delle camere di alimentazione…) e del profilo (spessore minimo, fattori di complessità di forma…) che incidono maggiormente sull'estensione del difetto di saldatura trasversale.

Scelta iniziale dei parametri geometrici ritenuti più significativi.

Raccolta di dati sperimentali da reali casi industriali: geometria delle matrici, input e output di processo…

Calibrazione e validazione di un modello numerico per la previsione del difetto di saldatura trasversale, comparando i risultati con il data set sperimentale.

Utilizzo del modello numerico calibrato per ampliare il data set dei casi studio a disposizione.

Analisi dei risultati per correlare l'estensione del difetto ai parametri geometrici della matrice e ai fattori di complessità del profilo, scremando quelli meno significativi.

Costruzione e calibrazione di modelli analitici di correlazione testando diversi algoritmi di regressione.

Validazione del modello analitico con un nuovo set di dati sperimentali e numerici, analizzando la sensibilità dei modelli alla variazione dei parametri geometrici della matrice e ai fattori di complessità del profilo.

Integrazione del modello analitico all'interno di una piattaforma virtuale di ottimizzazione multi-obiettivo imponendo la minimizzazione degli scarti come una delle funzioni obiettivo per la progettazione automatizzata delle matrici di estrusione.

Lo sviluppo del lavoro potrà richiedere forte sinergia con il gruppo di Fisica tecnica per la calibrazione della simulazione basata su modelli di interazione materiale fluidodinamici, Analisi Matematica per la costruzione dei modelli analitici e il gruppo di Ricerca Operativa per l'individuazione e l'implementazione degli algoritmi più adatti per costruire i modelli di regressione.

I risultati attesi sono identificabili nella (i) costruzione di un data set di almeno 100 casi studio per la scelta dei parametri geometrici di correlazione (ii) costruzione e validazione di un modello analitico di correlazione che permetta di ridurre gli scarti industriali in alcuni casi anche del 50%, (iii) integrazione del modello analitico all'interno della piattaforma virtuale di ottimizzazione, testando almeno un caso studio di natura industriale.

6. Impatto scientifico e pubblicazioni previste nell'ambito del progetto (MASSIMO 1000 caratteri):

Come obiettivo il progetto si prefigge la pubblicazione di almeno due articoli su riviste internazionali (quartile minimo Q2, uno in modalità Open Access) e la partecipazione del proponente (in qualità di relatore) ad almeno una conferenza/convegno di settore per la diffusione dei risultati.

L'impatto scientifico del progetto risulta duplice:

- Ampliare lo stato dell'arte sull'analisi e la previsione dei difetti nel processo di estrusione a caldo di leghe leggere, cercando di correlare da un punto di vista più metodologico i fattori di complessità geometrici tipici del processo con l'evoluzione del difetto e quindi la quantificazione dello scarto.
- Proporre un approccio innovativo per la progettazione in ambito industriale delle matrici di estrusione, basato sull'ottimizzazione automatizzata. L'obiettivo ultimo è quello di ridurre i tempi di progettazione, indirettamente i costi di fabbricazione degli stampi (evitando soluzioni inefficienti), veicolando il design della matrice anche verso la minimizzazione degli scarti intriseci del processo.

7. Utilizzo dei fondi di ricerca:

Finanziamento FAR 2024	Speso al 28/02/2024
3.000 €	0 €

È stato deciso di investire gran parte dei fondi nell'acquisto di un portatile ad alte prestazioni per continuare la fase di calibrazione del modello numerico della previsione del difetto. Come anticipato nella descrizione delle attività, il modello numerico è complesso e quindi necessita di alte potenze di calcolo per ottenere risultati accurati. In aggiunta, con il modello calibrato bisognerà lanciare un cospicuo numero di simulazioni per ampliare il data set sperimentale iniziale, non sufficientemente ampio per poter costruire dei modelli analitici di correlazione affidabili.

Attualmente la spesa risulta nulla, ma in realtà il 16 Gennaio è partita tramite l'amministrazione la procedura d'acquisto di un portatile dal costo di 2600 €. Il portatile dovrebbe arrivare entro la prima metà di Marzo. Quindi la stima del budget rimanente è di 400 €.

8. Descrivere brevemente le attività di progetto svolte al 28/02/2024 (MASSIMO 1500 caratteri)

La prima fase del progetto è stata dedicata parallelamente allo studio dello stato dell'arte e alla raccolta dei dati sperimentali in collaborazione con un'azienda del settore. Sono stati individuati i principali parametri geometrici che influiscono sull'evoluzione ed estensione del difetto. Alcuni risultati significativi dalla letteratura: aumentare il volume delle camere di alimentazione, dell'angolo di divergenza delle camere e della complessità del profilo (es. differenza tra spessore massimo e spessore minimo) causa un incremento dell'estensione del difetto; l'effetto dei parametri di processo (temperature e velocità) è quasi trascurabile rispetto a quelli geometrici.

I dati sperimentali sono stati catalogati e classificati, e sono stati calcolati tutti i parametri geometrici e i fattori di complessità ritenuti significativi. Con le formule analitiche disponibili in letteratura sono stati registrati errori di previsione del difetto anche superiori al 50% per i casi più complessi.

È stato implementato e calibrato un modello numerico di previsione del difetto, basato sull'equazione di Cahn-Hilliard per l'interazione tra fluidi immiscibili, all'interno del software COMSOL Multiphysics, partendo da casi semplici e valutando la sua risposta alla variazione dei parametri geometrici più significativi. Il trend numerico è allineato con i risultati della letteratura (errori numerici non superiori al 15%).

I primi risultati sono stati presentati alla Comsol Conference (Firenze, 22-24 Ottobre 2024). Il titolo del contributo è *Advanced multi-physics models for the optimization of the hot extrusion process of light alloys,* con autori *Riccardo Pelaccia, Barbara Reggiani, Marco Negozio, Sara di Donato e Lorenzo Donati.*

KPI - Indicatori specifici di risultato

Indicatori	Ad oggi	Target finale
Numero di lavori scientifici pubblicati o accettati per la pubblicazione in tipologie di riviste di tipologia VQR	0	1
Numero di comunicazioni a convegno presentate dal proponente in qualità di relatore	1	1
lavori scientifici pubblicati o accettati per la pubblicazione in riviste Open Access	0	1

Reggio Emilia, 28/02/2025

Firma del Responsabile scientifico e dei proponenti

_____

FONDO DI ATENEO PER LA RICERCA ANNO 2024

PROGETTO DI RICERCA DIFFUSA NELL'AMBITO DEL PIANO DI SVILUPPO DIPARTIMENTALE

DURATA 12 MESI

RICERCA DIFFUSA

Progetti di ricerca diffusa: progetti multidisciplinari ed inclusivi, mirati al coinvolgimento del maggior numero possibile di docenti e ricercatori al fine di assicurare l'obiettivo strategico di elevare la qualità media della ricerca, con particolare riferimento ai ricercatori giovani e con minori disponibilità di fondi personali per facilitare anche iniziative di ricerca curiosity-driven.

I criteri di selezione saranno pertanto:

1. Minore anzianità di servizio DISMI, per privilegiare i giovani ricercatori ed afferenti DISMI, con esclusione dei ricercatori (docenti) provenienti da altre sedi, per i quali sono già previsti altri contributi

2. Incapienza economica, ovvero mancata disponibilità di fondi personali o di SSD con i quali sostenere temi di ricerca curiosity-driven.

1. Titolo del progetto
   G-disegni con simmetria

2. Parole Chiave (MASSIMO 5)

Grafi	Disegni	Fattorizzazioni	Gruppi	Automorfismi

3. Proponente e relativo SSD
   indicare esplicitamente: anni di afferenza al DISMI, indicatori ASN (e relative soglie ASN-A)

4. Proponente: **Gloria Rinaldi** PO - SSD MAT/03 GEOMETRIA
5. Anni di afferenza al DISMI**: 16**
6. Indicatori ASN alla data di presentazione della domanda:
7. **Numero articoli degli ultimi 10 anni**: **11** - soglia ASN-A: 12
8. **Numero citazioni ultimi 15 anni**: **160** - soglia ASN-A: 93
9. **H-index ultimi 15 anni: 7** – soglia ASN-A: 6
10. **Requisiti per il ruolo di commissario (ASN-A):** sì
11.
12. Si precisa che nel mio ruolo la soglia ASN-A corrisponde ai requisiti per commissario.
13. Per completezza si riportano anche le soglie per il ruolo di PO.
14. Numero articoli degli ultimi 10 anni soglia 8
15. Numero citazioni ultimi 15 anni soglia 35
16. h-index ultimi 15 anni soglia 4

17. Abstract del progetto (MASSIMO 800 caratteri):

Un grafo è un oggetto discreto costituito da punti (vertici) e collegamenti tra questi (spigoli). Questa semplice descrizione consente di utilizzare i grafi per schematizzare una grande varietà di situazioni e processi. Tuttavia, la semplicità con cui si può immaginare una determinata situazione si scontra spesso con problemi di non facile soluzione, in particolare quando si cerca di costruire un modello concreto soggetto a una serie di vincoli. Dato un fissato grafo G, l'oggetto principale di questo progetto sarà lo studio di G-disegni, ovvero decomposizioni del grafo completo (su un numero finito di vertici) in copie di G. In particolare si cercheranno G-disegni dotati di simmetria cercando di stabilire, per particolari classi di G, un lower bound relativo a G-disegni non isomorfi.

18. Obiettivi, metodologia e risultati attesi (MASSIMO 4500 caratteri):

Dato un grafo G, un G-disegno è una decomposizione del grafo completo su un numero v di vertici in copie del grafo G. Tale G-disegno si dice dotato di simmetrie se ammette un gruppo di automorfismi non banale. Ovvero, se gli automorfismi del grafo completo che lasciano invariata la decomposizione in copie di G formano un gruppo non banale. Quando il gruppo di automorfismi presenta un sottogruppo ciclico con azione regolare sull'insieme dei vertici del grafo completo, si parla di G-disegno ciclico di ordine v. In questo caso è possibile etichettare i vertici del grafo completo utilizzando gli elementi dell'anello Z_v (anello degli interi modulo v) e vedere gli automorfismi attraverso l'operazione di addizione dell'anello. Per studiare il G-disegno è quindi indicato il metodo delle differenze parziali introdotto in [1]. Tale metodo consente di costruire il G-disegno partendo da un certo numero k di disegni isomorfi a G e il cui multinsieme di differenze copre esattamente una volta ogni elemento non nullo dell'anello Z_v. Il G-disegno si ottiene quindi prendendo tutte le orbite dei k grafi isomorfi a G sotto l'azione dell'addizione di Z_v. Obiettivo di questa ricerca è studiare G-disegni ciclici, dove G è un ciclo di fissata lunghezza k, o un 1-fattore, o un 2-fattore. Nel primo caso si parla di sistemi di k-cicli; nell'ultimo ci si riconduce allo studio di soluzioni del ben noto problema di Oberwolfach. Ciò che più interessa nella ricerca proposta, è, fissato G, trovare un lower bound relativo al numero di G-disegni ciclici non isomorfi, e/o costruire nuove classi di esempi, dove "nuove" significa non isomorfe a classi già note. Il problema non è di facile soluzione, basti pensare che molto spesso risulta difficile anche solo determinare l'esistenza di almeno un G-disegno ciclico. Ad esempio l'insieme dei valori v per cui esiste un sistema di k-cicli è stato completamente determinato solo nel caso k=3 (nel lontano 1938) e solo di recente (2022) nel caso k=4. Nel caso k=3 l'esistenza è garantita per tutti i valori di v congrui a 1 o a 3 modulo 6. Recentemente, M. Buratti e M. Muzychuk hanno stabilito un lower bound significativo per l'esistenza di sistemi di 3-cicli non isomorfi nel caso v congruo a 1 modulo 6. Punto di partenza del loro lavoro sono i teoremi di Bays [3] e Lambossy [4] e la loro generalizzazione data da Palfy [5] e Muzychuchuk [6]. Questi teoremi garantiscono che due G-disegni ciclici D e D' sono isomorfi se e solo se i grafi della decomposizione di D si ottengono da quelli della decomposizione di D' moltiplicandoli per un fissato elemento del gruppo delle unità dell'anello Z_v. In tal modo, poiché il numero delle unità dell'anello Z_v coincide con il numero determinato dalla funzione di Eulero di v, esistono almeno phi(v) copie isomorfe

di uno stesso G-disegno (phi indica la funzione di Eulero). Uno degli scopi di questa ricerca sarà quello di cercare di estendere il risultato di [2] al caso v congruo a 3 modulo 6. Inoltre, usando il già citato metodo delle differenze parziali, si cercherà di costruire classi di esempi non isomorfi anche quando il grafo G è un 1-fattore o un 2-fattore fissato. La strategia sarà quella di costruire più esempi ricordando che possono essere raggruppati in classi di ismorfismo aventi al più phi(v) elementi. Al momento si ipotizza che, fissato G, il lower bound relativo al numero di G-disegni ciclici non isomorfi tenda sempre esponenzialmente ad infinito con v, quando v è "abbastanza" grande.

[1] M. Buratti "A description of any regular or 1-rotational design by difference methods" Booklet of the abstract of Combinatorics 2000, pp.35-52.

[2]M- Buratti, M. Muzychuk "Some bounds on the number of cyclic Steiner 2-designs", (2024) in corso di stampa su The Art of Discrete and Applied Mathematics.

[3] S. Bays "Sur les systemes cycliques de trples de Steiner differents pour N primiers (on piussance de nombre primier) de la forme 6n+1", Comment. Math. 3 (1931), pp.22-41.

[4]P. Lambossy "Sur une manier de differenciare les fonctiones cycliques d'une forme donee2, Comment. Math. Helv. 3, (1931), pp. 69-102.

[5] P. Palfy "Isomorphism problem for relational structures with a cyclic automorphism" European J. Combinatorics, 8 (1987), n.1, pp. 35-43.

[6] M- Muzychuk "On the isomorphism problem for cyclic combinatorial objects" Discrete Matehmatics, (1999), n.197/198, pp. 589-606.

19. Impatto scientifico e pubblicazioni previste nell'ambito del progetto (MASSIMO 1000 caratteri):

Il numero di pubblicazioni previste si riferisce agli obiettivi specifici di questo progetto. Altre pubblicazioni, realizzate nello stesso periodo, non sono conteggiate.
Il progetto, se finanziato, permetterà la partecipazione a convegni, facilitando così un utile confronto con gli esperti del settore, non solo sull'argomento specifico della ricerca oggetto del progetto, ma in generale sul tema della costruzione di modelli con l'utilizzo del metodo delle differenze parziali applicato alla Teoria dei Grafi e dei Disegni Combinatorici. Ci si aspetta che questo possa anche aumentare il numero di citazioni di articoli della sottoscritta che esplicitamente usano tali tecniche.

20. Utilizzo dei fondi di ricerca:

Finanziamento FAR 2024	Speso al 28/02/2024
3.000 €	1.750 €

I fondi ad oggi spesi o impegnati riguardano una partecipazione a Convegno (in parte), l'acquisto di un notebook, un seminario su invito che si terrà il prossimo 12 marzo 2025. Ho inoltre in previsione la partecipazione ai seguenti convegni:
"5th Pitagorean Conference" dall'1 al 6 giugno 2025 (Kalamata, Grecia). "10th Cracow Conference on Graph Theory" dal 21 al 26 settembre 2025 (Pieniny, Polonia).

21. **Descrivere brevemente le attività di progetto svolte al 28/02/2024 (MASSIMO 1500 caratteri).**
Il primo obiettivo previsto è stato raggiunto. In sintesi: partendo dai Teoremi di Bays [3] e Lambossy [4] e la loro generalizzazione data da Palfy [5] e Muzychuchuk, è stato esteso il risultato recentemente ottenuto da M. Buratti e M. Muzychuk, [6], e si è stabilito un lower bound significativo per l'esistenza di sistemi di 3-cicli non isomorfi nel caso v congruo a 3 modulo 6. Inoltre si è iniziato lo studio relativo alla ricerca di un bound significato per l'esistenza di sistemi di 5-cicli e 7-cicli non isomorfi. Nel primo caso si è già trovato un buon risultato, probabilmente migliorabile.

KPI - Indicatori specifici di risultato

Indicatori	Ad oggi	Target finale
Numero di lavori scientifici pubblicati o accettati per la pubblicazione in tipologie di riviste di tipologia VQR	0	>=1
Numero di comunicazioni a convegno presentate dal proponente in qualità di relatore	0	>=1
lavori scientifici pubblicati o accettati per la pubblicazione in riviste Open Access	0	>=1

Luogo e data
Reggio Emilia, 28/02/2025

Firma del Responsabile scientifico e dei proponenti

FONDO DI ATENEO PER LA RICERCA ANNO 2024

PROGETTO DI RICERCA DIFFUSA NELL'AMBITO DEL PIANO DI SVILUPPO DIPARTIMENTALE

DURATA 12 MESI

RICERCA DIFFUSA

Progetti di ricerca diffusa: progetti multidisciplinari ed inclusivi, mirati al coinvolgimento del maggior numero possibile di docenti e ricercatori al fine di assicurare l'obiettivo strategico di elevare la qualità media della ricerca, con particolare riferimento ai ricercatori giovani e con minori disponibilità di fondi personali per facilitare anche iniziative di ricerca curiosity-driven.

I criteri di selezione saranno pertanto:

1. Minore anzianità di servizio DISMI, per privilegiare i giovani ricercatori ed afferenti DISMI, con esclusione dei ricercatori (docenti) provenienti da altre sedi, per i quali sono già previsti altri contributi

2. Incapienza economica, ovvero mancata disponibilità di fondi personali o di SSD con i quali sostenere temi di ricerca curiosity-driven.

1. Titolo del progetto
2. META-BIO-CHIRAL: METAmateriali BIO-ispirati a topologia CHIRALe in stampa 3D per la sostituzione ossea

3. Parole Chiave (MASSIMO 5)

Biomateriali	Strutture chirali	Stampa 3D	Ingegneria Medica	Protesi

4. Proponente e relativo SSD
   indicare esplicitamente: anni di afferenza al DISMI, indicatori ASN (e relative soglie ASN-A)

   Dott. Andrea Sorrentino (SSD: ING-IND/14)
   - Anni di afferenza al DISMI: **3.2** (di cui: **3** in qualità di **RTD-A**, Periodo: **01/01/22 – 31/12/2024**, e **0.2** in qualità di **AR Senior**, Periodo: **01/01/25 –ad oggi**)
   - Indicatori ASN (soglie):
     Numero articoli 5 anni: **18** (9); Numero citazioni 10 anni: **192** (110); Indice H 10 anni: **8** (6)

5. Abstract del progetto (MASSIMO 800 caratteri):

Il progetto di ricerca ha l'obiettivo di proporre e validare sperimentalmente nuove strutture sintetiche bio-ispirate in metamateriale chirale, realizzate in stampa 3D, utili, in particolare, allo sviluppo di nuovi meta-biomateriali sostitutivi dell'osso per impianti ortopedici vertebrali. La crescente importanza dei meta-biomateriali è legata strettamente all'evoluzione delle tecnologie di stampa 3D, in particolare in ambito biomeccanico.

Nello specifico, l'attività di ricerca affronterà la progettazione, l'analisi strutturale, lo sviluppo prototipale e la convalida sperimentale di innovative strutture chirali, caratterizzate da un design bio-ispirato, in grado di mimare le macro-proprietà elastiche del tessuto osseo vertebrale umano.

6. Obiettivi, metodologia e risultati attesi (MASSIMO 4500 caratteri):

evidenziare le problematiche e sfide affrontate, l'avanzamento rispetto allo stato dell'arte ed eventuali aspetti interdisciplinari, possibilmente con chiari KPI quantitativi

L'attività di ricerca si focalizza sull'analisi, la progettazione, la prototipazione e la caratterizzazione sperimentale di nuovi metamateriali bio-ispirati a topologia chirale, realizzati mediante un processo di stampa 3D, impiegabili come elementi di sostituzione ossea all'interno di protesi ortopediche di tipo vertebrale.

I metamateriali meccanici biocompatibili, definiti meta-biomateriali, sono impiegati nella progettazione di impianti ortopedici in stampa 3D per ripristinare le normali funzionalità del tessuto osseo rimosso e favorire una corretta osteointegrazione all'interno di essi. La maggior parte di queste strutture sono fabbricate utilizzando tecniche di manifattura additiva (stampa 3D), tra cui, la fusione laser selettiva (SLM), la fusione a fascio di elettroni (EBM) e la stereolitografia (SLA). Attraverso una progettazione razionale di queste strutture è possibile realizzare biomateriali e meta-strutture con specifiche proprietà meccaniche e biologiche, simili a quelle del tessuto osseo sano, in modo che le ossa adiacenti possano riadattarsi in risposta alla nuova situazione funzionale. Tali strutture devono garantire un'adeguata risposta strutturale al fine di limitare i fenomeni di *stress-shielding* e riassorbimento osseo, favorendo una corretta vascolarizzazione all'interno dell'impianto protesico.

In questo contesto, l'attività di ricerca si propone di studiare e sviluppare innovative meta-strutture bio-ispirate chirali, che presentano proprietà meccaniche e morfologiche simili a quelle del tessuto osseo umano, nello specifico, di tipo vertebrale. Tali strutture sono progettate per essere impiegate come elementi di sostituzione ossea (meta-biomateriali) all'interno di protesi vertebrali in stampa 3D in ambito oncologico e degenerativo.

I punti chiave che si vogliono affrontare sono: i) la progettazione di metamateriali chirali bio-ispirati; ii) la risposta elastica delle strutture sottoposte a carichi di compressione statici; iii) il fenomeno dell'instabilità a carico di punta delle strutture; iiii) la fattibilità tecnologica delle strutture tramite processi di stampa 3D in polimero e/o resina e a polveri metalliche.

Nello specifico, il lavoro si articolerà in 5 fasi, descritte come di seguito.

1. Progettazione di metamateriali meccanici a topologia chirale;
2. Simulazioni strutturali delle architetture chirali mediante modelli agli Elementi Finiti (EF);
3. Sviluppo di modelli analitici predittivi per l'analisi del fenomeno dell'instabilità per carico di punta nelle strutture proposte;
4. Prototipazione di metamateriali chirali mediante processi di manifattura additiva in polimero (es. Onyx), in resina UV fotopolimerizzante, ed infine in lega di titanio biocompatibile (Ti6Al4V ELI);
5. Convalida sperimentale dei prototipi tramite prove di compressione di tipo statico e misura del campo di spostamento delle strutture tramite l'impiego di tecniche di *post-processing* di immagini e correlazione digitale di immagini (DIC).

I principali risultati attesi riguardano l'analisi, la caratterizzazione e l'ingegnerizzazione di meta-strutture chirali orientate ad applicazioni biomeccaniche, in particolare per protesi vertebrali.
In aggiunta a ciò, una possibile direzione di sviluppo notevole riguarderebbe lo sviluppo di reticoli lattiginosi a giroide realizzati sfruttando la peculiare topologia delle soluzioni proposte.
Questa linea di ricerca è parte di un'attività multidisciplinare svolta in collaborazione con il Laboratorio di Bioingegneria Computazionale dell'Istituto Ortopedico Rizzoli di Bologna, a stretto contatto con il reparto di Chirurgia Vertebrale diretto dal Dott. A. Gasbarrini (Rizzoli) e con l'azienda Beam-IT (Fornovo di Taro, PR) specializzata in stampa 3D. Inoltre, l'attività prevede il coinvolgimento del Prof. Enrico Radi, ordinario nel settore della Scienza delle Costruzioni c/o il DISMI, e la collaborazione dell'Ing. G. Bianchi del Dipartimento di Ingegneria e Architettura dell'Università di Parma.
È degno di nota sottolineare che, il percorso svolto fino ad oggi ha portato al deposito di quattro brevetti di cui il proponente di questo progetto è coautore:
1. "*Metamateriale auxetico ad elementi rotanti in titanio o tecnopolimero realizzato mediante stampa 3D*"; 2021; Autori: A. Sorrentino, D. Castagnetti, A. Pasquali, M. Celesti, R. Manzo; Brevetto n°: IT202100016562A1.
2. "*Struttura vertebrale in parete sottile in metamateriale auxetico*"; 2022; Autori: A. Sorrentino, D. Castagnetti, A. Pasquali, M. Celesti, R. Manzo; Brevetto n°: IT202200001265A1.
3. "*Metamateriale auxetico*"; 2022; Autori: A. Sorrentino, D. Castagnetti; Brevetto n°: 102022000021345.
4. "*Protesi vertebrale*", 2023, Autori: A. Sorrentino, D. Castagnetti; Brevetto n°: 102023000003558.
Per maggiori informazioni si prega di consultare: Brevetti - Andrea Sorrentino.

7. Impatto scientifico e pubblicazioni previste nell'ambito del progetto (MASSIMO 1000 caratteri):

Almeno una comunicazione a convegno presentata dal proponente in qualità di relatore; pubblicazioni su rivista e s/o con modalità open access risulteranno premiali

Ad oggi, il proponente di questo progetto ha pubblicato 8 lavori su rivista internazionale relativi al tema dei metamateriali meccanici, di cui 3 lavori sul concetto di meta-biomateriale (vedi: Sorrentino A. - Scopus), e depositato 4 brevetti inerenti il tema dei meta-biomateriali auxetici per protesi vertebrali (vedi Sezione 8). In linea con ciò, i risultati di questa attività di ricerca saranno pubblicati a convegni nazionali (AIAS 2024; AIAS 2025) ed internazionali (Sim-AM 2025) e su rivista internazionale di categoria Q1 (2). I metamateriali meccanici biocompatibili rappresentano un settore in continua espansione e di estremo interesse all'interno della comunità scientifica nazionale ed internazionale. I benefici umani, sociali ed economici di queste tecnologie sono estremamente rilevanti, sia dal punto di vista del benessere che del risparmio di risorse. Il progetto mira a favorire e consolidare ricerca, sviluppo e applicazioni di strutture tecnologicamente avanzate, e si allaccia strettamente agli ambiti caratteristici del settore industriale, universitario e di salute pubblica della Regione Emilia Romagna.

8. Utilizzo dei fondi di ricerca:

Finanziamento FAR 2024	Speso al 28/02/2024
3.000 €	**825.35** €

Spiegare brevemente lo stato di utilizzo dei fondi di ricerca

8.1 Spese affrontate

- **Partecipazione al 53° Convegno Nazionale dell'Associazione Italiana per l'Analisi delle Sollecitazioni (AIAS)**. Napoli (NA), Italia, 4-7 settembre 2024.
  Tenuta una presentazione dal titolo: "Strutture cellulari in meta-biomateriale auxetico per impianti ossei trabecolari";
  Autori: A. Sorrentino, G. Bianchi, E. Radi, D. Castagnetti
  Importo della spesa: 794.80 €

- **Partecipazione alla XVI Giornata Studio "Ettore Funaioli"**. Bologna (BO), Italia, 19 luglio 2024.
  Tenuta una presentazione dal titolo: "Negative Poisson's ratio behavior from rotating tetrahedra";
  Autori: A. Sorrentino, D. Castagnetti
  Importo della spesa: 30.55 €

8.2 Residuo Fondi

- **Importo residuo: 2 174.65 €**
  Tale residuo verrà impiegato per l'acquisto di un laptop e per l'iscrizione al convegno nazionale AIAS 2025.

9. Descrivere brevemente le attività di progetto svolte al 28/02/2024 (MASSIMO 1500 caratteri)

L'obiettivo della ricerca è la progettazione, l'analisi strutturale, la prototipazione e la convalida sperimentale di nuovi metamateriali bio-ispirati a topologia chirale, in grado di mimare le macro-proprietà elastiche del tessuto osseo vertebrale umano.
Il percorso di ricerca svolto fino ad oggi ha affrontato i seguenti punti chiave: i) la risposta strutturale del metamateriale sottoposto a carichi di compressione statici; ii) il comportamento auxetico del metamateriale.
Il lavoro svolto si è articolato in 3 fasi, descritte come di seguito:
1. Sviluppo di modelli analitici predittivi per l'analisi del comportamento statico delle soluzioni proposte;
2. Simulazioni strutturali mediante modelli agli Elementi Finiti (EF);

3. Prototipazione e convalida sperimentale di architetture cellulari realizzate mediante processi di manifattura additiva (stampa 3D) in polimero (Nylon PA12) e in lega di titanio biocompatibile (TI6Al4V ELI).
Tale attività è testimoniata dal contributo orale "Strutture cellulari in meta-biomateriale auxetico per impianti ossei trabecolari"; Autori: A. Sorrentino, G. Bianchi, E. Radi, D. Castagnetti (vedasi **punto 8.1**).

KPI - Indicatori specifici di risultato

Indicatori	Ad oggi	Target finale
Numero di lavori scientifici pubblicati o accettati per la pubblicazione in tipologie di riviste di tipologia VQR	0	1
Numero di comunicazioni a convegno presentate dal proponente in qualità di relatore	1	3
lavori scientifici pubblicati o accettati per la pubblicazione in riviste Open Access	1	1

Luogo e data
Reggio Emilia, 24/02/2025

Firma del Responsabile scientifico e dei proponenti

Dott. Andrea Sorrentino

FONDO DI ATENEO PER LA RICERCA ANNO 2024

PROGETTO DI RICERCA DIFFUSA NELL'AMBITO DEL PIANO DI SVILUPPO DIPARTIMENTALE

DURATA 12 MESI

RICERCA DIFFUSA

Progetti di ricerca diffusa: progetti multidisciplinari ed inclusivi, mirati al coinvolgimento del maggior numero possibile di docenti e ricercatori al fine di assicurare l'obiettivo strategico di elevare la qualità media della ricerca, con particolare riferimento ai ricercatori giovani e con minori disponibilità di fondi personali per facilitare anche iniziative di ricerca curiosity-driven.

I criteri di selezione saranno pertanto:

1. Minore anzianità di servizio DISMI, per privilegiare i giovani ricercatori ed afferenti DISMI, con esclusione dei ricercatori (docenti) provenienti da altre sedi, per i quali sono già previsti altri contributi

2. Incapienza economica, ovvero mancata disponibilità di fondi personali o di SSD con i quali sostenere temi di ricerca curiosity-driven.

1. Titolo del progetto

   Controllability of second-order differential equations in Banach spaces

2. Parole Chiave (MASSIMO 5)

Second-order Cauchy problem	Banach spaces	Controllability	Approximation solvability method	Mild solution

3. Proponente e relativo SSD

   indicare esplicitamente: anni di afferenza al DISMI, indicatori ASN (e relative soglie ASN-A)

   Valentina Taddei, Professore seconda fascia, SSD MAT 05
   al Dismi dal 01/07/2016,
   indicatori ASN:
   N. art. 19 (soglia prima fascia 10, soglia commissario 15)
   N. cit. 264 (soglia prima fascia 84, soglia commissario 167)
   H index 12 (soglia prima fascia 6, soglia commissario 8)

4. Abstract del progetto (MASSIMO 800 caratteri):

Intendiamo studiare la controllabilità di problemi del secondo ordine in spazi di Banach nel caso in cui il termine non lineare dipenda anche dalla derivata prima. In prima battuta introdurremo un nuovo concetto di controllabilità per equazioni del secondo ordine, che permetta, attraverso un unico controllo, di raggiungere la configurazione finale quando essa include anche la derivata prima della soluzione. Forniremo poi condizioni sufficienti per tale controllabilità e applicheremo la teoria ad un sistema governato dall'equazione monodimensionale di Klein-Gordon.

5. **Obiettivi, metodologia e risultati attesi (MASSIMO 4500 caratteri):**
   evidenziare le problematiche e sfide affrontate, l'avanzamento rispetto allo stato dell'arte ed eventuali aspetti interdisciplinari, possibilmente con chiari KPI quantitativi

   Il problema della controllabilità esatta per sistemi differenziali del secondo ordine in spazi di Banach ha ricevuto recentemente un'attenzione considerevole, ma lo sviluppo di una teoria adeguata è ancora agli inizi.
   La nozione di controllabilità consiste nel trovare una funzione di controllo che guidi la variabile di stato da qualsiasi configurazione iniziale fissata a qualsiasi configurazione finale fissata. La maggior parte degli autori ha assunto una definizione di controllabilità per le equazioni del secondo ordine che garantisce solo di indirizzare la funzione di stato verso il valore target, senza considerare il termine di smorzamento nella definizione dell'esatta controllabilità dei corrispondenti sistemi. Ciò viola la definizione di controllabilità perché la derivata della funzione di stato è anch'essa una variabile di stato per problemi del secondo ordine.
   L'unico tentativo finora presente in letteratura di estendere la definizione di controllabilità esatta nella direzione precedentemente delineata purtroppo contiene ipotesi molto forti e implica che lo spazio di Banach sia di dimensione finita.
   Pertanto, lo scopo principale della ricerca sarà l'introduzione della definizione di controllabilità per problemi del secondo ordine in spazi di Banach che tenga conto non solo della soluzione ma anche della sua derivata nel punto finale, utilizzando un controllo unico.
   Successivamente forniremo condizioni sufficienti che garantiscano tale controllabilità. La dimostrazione della controllabilità sarà basata sulla combinazione del teorema del punto fisso di Schauder con il metodo della risolubilità per approssimazione e la topologia debole. Se il teorema del punto fisso fosse applicato direttamente senza il metodo della risolubilità per approssimazione, condizioni di forte compattezza dovrebbero essere richieste sulla famiglia di operatori generati dal termine lineare e sul termine non lineare. Dal momento che il metodo di risolubilità per approssimazione consiste nell'introdurre una sequenza di problemi approssimanti con valori in spazi a dimensione finita, il suo utilizzo consentirà di evitare qualsiasi esigenza di compattezza. La tecnica di passaggio al limite porterà infine alla soluzione del problema originario di controllabilità. Come conseguenza delle tecniche utilizzate, si otterrà anche la localizzazione di tale soluzione in un opportuno insieme limitato.
   Infine, applicheremo la teoria al sistema governato dall'equazione di Klein-Gordon unidimensionale del secondo ordine, che modella la funzione d'onda della fisica quantistica delle particelle elementari massicce libere, fornendo una descrizione relativistica degli stati dell'elettrone e del neutrino. In questo contesto l'interazione tra le onde ed il mezzo di propagazione genera una dissipazione di energia, detta smorzamento. Occorre quindi tenere conto anche della derivata prima della soluzione per la controllabilità.

6. **Impatto scientifico e pubblicazioni previste nell'ambito del progetto (MASSIMO 1000 caratteri):**
   Almeno una comunicazione a convegno presentata dal proponente in qualità di relatore; pubblicazioni su rivista e s/o con modalità open access risulteranno premiali

   Intendiamo sottomettere almeno un articolo, auspicabilmente due, a riviste di tipologia VQR, anche Open Access, ma non necessariamente. Riteniamo che gli argomenti e le tecniche utilizzate consentano di pubblicare in riviste di Fascia A.
   Intendo presentare una comunicazione a convegno in qualità di relatore sugli argomenti del progetto.

7. **Utilizzo dei fondi di ricerca:**

Finanziamento FAR 2024	Speso al 28/02/2024
3.000 €	1191.24

   Spiegare brevemente lo stato di utilizzo dei fondi di ricerca

   I fondi sono stati spesi per rimborsare la missione ad Abu Dhabi della mia assegnista di ricerca Giulia Duricchi, con la quale stiamo lavorando sugli argomenti del progetto. La missione si è tenuta dal 15 al 22 dicembre 2024 e ha avuto come oggetto la partecipazione alla XIV conferenza Aims nella quale Giulia ha tenuto un seminario nella special session da me organizzata sugli argomenti del progetto.

8. **Descrivere brevemente le attività di progetto svolte al 28/02/2024 (MASSIMO 1500 caratteri)**
   Abbiamo pubblicato un articolo, su una rivista di fascia A, nel quale viene analizzata la controllabilità dei problemi del secondo ordine in spazi di Banach.
   Il primo scopo del lavoro è consistito del fornire una nozione di controllabilità per questo tipo di problemi che superasse gli errori presenti nei pochi lavori in letteratura riguardanti questo argomento. Infatti, la definizione presentata, valida anche in spazi di Banach di dimensione infinita, permette di trovare un'unica funzione di controllo che guida la variabile di stato da qualsiasi configurazione iniziale fissata a qualsiasi configurazione finale fissato considerando anche il termine di smorzamento.
   Sono poi state fornite condizioni sufficienti, facilmente verificabili e non restrittive, che garantiscono tale controllabilità. L'articolo si conclude con l'applicazione della teoria sviluppata al sistema governato dall'equazione di Klein-Gordon unidimensionale del secondo ordine, che modella la funzione d'onda della fisica quantistica delle particelle elementari massicce libere, fornendo una descrizione relativistica degli stati dell'elettrone e del neutrino.

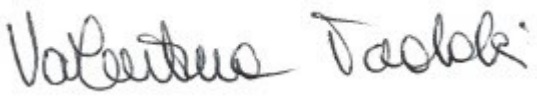
Le ricerche finora pubblicate riguardano il caso il cui la parte lineare dell'equazione sia indipendente dal tempo. In un secondo articolo, in fase di completamento, stiamo estendendo la teoria al caso in cui la parte lineare dipenda dal tempo.

KPI - Indicatori specifici di risultato

Indicatori	Ad oggi	Target finale
Numero di lavori scientifici pubblicati o accettati per la pubblicazione in tipologie di riviste di tipologia VQR	1	1
Numero di comunicazioni a convegno presentate dal proponente in qualità di relatore	0	1
lavori scientifici pubblicati o accettati per la pubblicazione in riviste Open Access	1	1

Luogo e data
Reggio Emilia, 22/02/2025

Firma del Responsabile scientifico e dei proponenti



FONDO DI ATENEO PER LA RICERCA ANNO 2024

PROGETTO DI RICERCA DIFFUSA NELL'AMBITO DEL PIANO DI SVILUPPO DIPARTIMENTALE

DURATA 12 MESI

RICERCA DIFFUSA

Progetti di ricerca diffusa: progetti multidisciplinari ed inclusivi, mirati al coinvolgimento del maggior numero possibile di docenti e ricercatori al fine di assicurare l'obiettivo strategico di elevare la qualità media della ricerca, con particolare riferimento ai ricercatori giovani e con minori disponibilità di fondi personali per facilitare anche iniziative di ricerca curiosity-driven.
I criteri di selezione saranno pertanto:
1. Minore anzianità di servizio DISMI, per privilegiare i giovani ricercatori ed afferenti DISMI, con esclusione dei ricercatori (docenti) provenienti da altre sedi, per i quali sono già previsti altri contributi
2. Incapienza economica, ovvero mancata disponibilità di fondi personali o di SSD con i quali sostenere temi di ricerca curiosity-driven.

1. Titolo del progetto

Validation of human-robot interaction methodologies using EEG signals

2. Parole Chiave (MASSIMO 5)

Human-robot interaction	Error-related potentials (ErrPs)	Affective robotics	Passive brain–computer interface	Electroencephalography (EEG)

3. Proponente e relativo SSD
indicare esplicitamente: anni di afferenza al DISMI, indicatori ASN (e relative soglie ASN-A)

Valeria Villani, RTD-b ING/INF-04 dal 01/08/2022.

Precedentemente: assegnista di ricerca dal 15/01/2015 al 31/01/2017, RTD-a dal 01/02/2017 al 31/01/2022, assegnista di ricerca dal 01/02/2023 al 31/07/2022).

Indicatori ASN (e relativa soglia ASN-A):

- numero articoli: 15 (8)
- numero citazioni: 1535 (221)
- h-index : 16 (8)

4. Abstract del progetto (MASSIMO 800 caratteri):

The aim of this project is to study electroencephalographic (EEG) signals during interaction with robots. To this end, a neuro-based method for real-time quantitative assessment of robot actions is proposed. The method encompasses the decoding of error-related potentials (ErrPs) from EEG activity of a human during interaction with a robot. This could be a useful and intuitive complement to existing methods for validating human–robot interaction in the future.

To demonstrate feasibility, the aim is to conduct a study in which EEG-based ErrPs are collected and analyzed in response to a robot performing semantically incorrect actions, in a simplistic HRI task. Furthermore, as a benchmark, a procedurally identical control experiment will be conducted with computer screen-based cursor action.

5. Obiettivi, metodologia e risultati attesi (MASSIMO 4500 caratteri):

evidenziare le problematiche e sfide affrontate, l'avanzamento rispetto allo stato dell'arte ed eventuali aspetti interdisciplinari, possibilmente con chiari KPI quantitativi

Over the last two decades, EEG signals have been introduced in the study of human-robot interaction (HRI), giving rise to brain-robot interaction (BRI), and taking the idea of brain-computer interaction (BCI) for human-machine interaction (HMI). In particular, the use of ErrPs has recently been introduced since they are a particular case of Event Related Potentials (ERPs).

While an ERP is the measured brain response that is produced as the direct result of a specific event, ErrPs are evoked involuntarily when the human subject perceives an unexpected error or when the actions from the other agent are unexpected, during an interaction task. Moreover, the ErrPs are evoked if the subject sees that the other agent is doing something wrong. The detection of ErrPs is possible because they cannot be masked and are evoked unintentionally, so these signals can be used for detection of the error every time during the interaction. The ErrPs are identified by an established waveform with determined latency:

- Negative peak, about 50-100 ms after that the user perceives the error; this wave is usually called N100, where N indicates the negative peak and the number (100) indicates when there is the negative peak, i.e., its latency;
- Positive peak, between 200 ms and 500 ms, called P200, where P indicates the positive peak and the number (200) is its latency;
- Negative peak, between 300 ms and 600 ms, called N300.

However, the experimental setup can modify the latency. For example, latency can change if the movement is continuous or discrete because, in a continuous movement, every person can perceive the error at a different moment during the movement.

The aim of this project is to develop an experimental methodology and an EEG signal processing and classification pipeline to detect ErrPs.

Most previous studies on ErrPs used computer screen-based interaction with perceptually simple symbolic stimuli. Others have studied ErrPs in the context of human–robot

interaction. An important fundamental question is whether and to what extend detection and recognition of EEG-based ErrPs are transferrable between different types of stimuli. In the proposed study, the aim is to examine the detection and recognition of EEG-based ErrPs in response to a humanoid robot displaying incorrect actions in a simplistic HRI task, where robot actions either conform (congruent, correct action) or discomfort (incongruent, wrong action) to a selection the human partner made. Furthermore, the aim is to conduct a procedurally identical control experiment with computer screen-based symbolic (cursor) action.

With this comparative experimental design, the following items are addressed, having practical implications on the usability of deploying EEG-based ErrP-decoding for validating human–robot interaction:

- We verify the detection and recognition of EEG-based ErrPs in response to the human observation of semantically incorrect robot actions.
- We demonstrate that the type of stimulus executing the action (cursor, robot) cause variations in the EEG signals and consequently affect the detection and recognition of ErrPs, despite procedurally identical experimental protocols and the use of the same decoding method.
- We investigate the possibility of deploying ErrP-classifier across experimental tasks, e.g. calibrate the decoder based on one task and apply it for decoding ErrPs based on the other task. Despite identical experimental protocols, we show that this task transfer is accompanied by a significant reduction in decoding performance and discuss possibilities to overcome this challenge.

By addressing the first item, the aim is to confirm the feasibility of detecting ErrPs in response to human observation of incorrect robot actions. The second item concerns the understanding of whether and to what extent the type of stimulus can affect the detection of ErrPs and if this results in altered efficiency for decoding ErrPs in response to robot actions.

By addressing the third item, the aim is to validate the feasibility of re-using ErrP-decoders across experimental tasks (choice-reaction time tasks with identical protocols) without the need for re-calibration.

The study as already received approval by UNIMORE Ethical Committee (*Comitato Etico di Ateneo per la Ricerca*).

6. Impatto scientifico e pubblicazioni previste nell'ambito del progetto (MASSIMO 1000 caratteri):

Almeno una comunicazione a convegno presentata dal proponente in qualità di relatore; pubblicazioni su rivista e s/o con modalità open access risulteranno premiali

The aim of this work is to design and implement a neuro-based method for real-time quantitative assessment of the human perception of individual robot actions immediate to their occurrence, through EEG-based ErrPs. The experiment is expected to consolidate previous findings in the literature, while overcoming some of the existing experimental limitations. The ultimate aim of this study is to assess the feasibility of ErrP-based HRI, in

order to use these signals to implement a robotic system in HRI, to adapt the movement of the robot to the preference of the subject.

The results will be published in a conference paper and a journal paper presenting the proposed approach for EEG-based validation of human–robot interaction using ErrPs. The target conference is Human-Robot Interaction (HRI), and the target journal is IEEE Transactions on Human-Machine Systems, leveraging the CARE-CRUI agreement for Open Access publication.

7. Utilizzo dei fondi di ricerca:

Finanziamento FAR 2024	Speso al 28/02/2024
€ 3.000	€ 1.855,90

Spiegare brevemente lo stato di utilizzo dei fondi di ricerca

Ad oggi sono stati spesi i seguenti importi:

- € 49,18 per la quota di iscrizione alla conferenza IEEE CASE 2024, dove ho organizzato il workshop "AURA – Acceptance and trUst of Robots in Automation 5.0" (https://www.aura-case24.unimore.it/)
- € 318,32 per la partecipazione alla conferenza di cui sopra
- € 1.488,40 per l'acquisto di un notebook, necessario per le analisi dei dati obiettivo del progetto.

È in programma di utilizzare l'importo restante, pari a € 1.144, 10, come parziale rimborso per la partecipazione alla conferenza IEEE International Conference on Robotics & Automation (ICRA), che si svolgerà ad Atlanta (US) dal 19 al 23 maggio 2025.

8. Descrivere brevemente le attività di progetto svolte al 28/02/2024 (MASSIMO 1500 caratteri)

Ad oggi, è stato svolto uno studio che esplora come migliorare il rilevamento degli ErrP. Il metodo proposto mira a caratterizzare i segnali ErrP utilizzando un ampio insieme di caratteristiche estratte dai dati EEG, raccolti da soggetti impegnati in diversi compiti. L' approccio proposto è basato sull'estrazione di alcune caratteristiche del segnale e risulta più accurato ed efficiente rispetto ai metodi tradizionali, soprattutto quando applicato a più utenti o in contesti sperimentali diversi. Questo lavoro apre la strada al rilevamento degli ErrP basato sulle caratteristiche per migliorare l'interazione uomo-robot in ambienti dinamici.

Sebbene tradizionalmente il rilevamento degli ErrP venga effettuato considerando tutti i campioni delle registrazioni EEG, lo studio ha proposto di rilevare gli ErrP utilizzando specifiche caratteristiche del segnale EEG, denominate *features*. Queste *features* sono state analizzate in un precedente lavoro (DOI: 10.1109/RO-MAN60168.2024.10731260) e consentono di estrarre informazioni dai segnali ErrP, migliorandone l'*explainability* e incorporando la variabilità tra individui e riducendo il tempo necessario per costruire un

modello. Questo approccio si differenzia rispetto ad approcci classici in cui gli ErrP sono rilevati a partire usando tutti i campioni del segnale EEG. Le *feature* considerate comprendono un insieme di 71 caratteristiche, suddivise in: 12 caratteristiche temporali, 8 caratteristiche di frequenza, 4 caratteristiche di elaborazione, 2 caratteristiche statistiche, 17 coefficienti della trasformata Wavelet nella banda [2-4] Hz e 28 coefficienti della trasformata Wavelet nella banda [4-8] Hz. La nostra idea è che le *features* permettano di rappresentare le caratteristiche intrinseche degli ErrP, eliminando la variabilità dovuta all'attività cerebrale di base del soggetto, fornendo così modelli meno dipendenti dall'individuo su cui sono stati addestrati. Questo approccio apre la strada a scenari di *incremental learning*, in cui i dati di nuovi soggetti possono essere classificati utilizzando modelli precedentemente costruiti su altri soggetti e successivamente aggiornati.

I risultati ottenuti sono oggetto di una pubblicazione attualmente in revisione:

- A. Fava, V. Villani, L. Sabattini, "Error-related potentials in EEG signals: feature-based detection for human-robot interaction," *submitted to Nature Machine Intelligence*.

KPI - Indicatori specifici di risultato

Indicatori	Ad oggi	Target finale
Numero di lavori scientifici pubblicati o accettati per la pubblicazione in tipologie di riviste di tipologia VQR	1 (attualmente under review)	1
Numero di comunicazioni a convegno presentate dal proponente in qualità di relatore	0	1
lavori scientifici pubblicati o accettati per la pubblicazione in riviste Open Access	0	1

Luogo e data
Reggio Emilia, 27 febbraio 2025

Firma del Responsabile scientifico e dei proponenti

_____

PhD project description

Doctoral student: Alessandro Francini
Supervisors: Prof. Anna Maria Ferrari, Dr. Antonella Sola

LCA Working Group
Department of Sciences and Methods for Engineering
University of Modena and Reggio Emilia - Reggio Emilia, Italy

Project duration

2024-2027

Title

Advancements in LCA methodology to address potential environmental effects at the local scale

Background

The Life Cycle Assessment (LCA) methodology quantifies the potential environmental impacts of a process or product system, expressed in terms of the function or service provided. Due to its holistic and systemic approach, LCA typically relies on site-generic and simplified models to estimate the potential adverse effects of chemical releases and resource extraction. However, for specific impact categories – such as carcinogenic and non-carcinogenic toxicity or ecotoxicity – the adoption of spatialised models and the adoption of a local-scale perspective can be of high interest in many LCA applications.

In Life Cycle Impact Assessment (LCIA), characterisation factors are used to quantify the deleterious effects associated with the emission of a unit mass of chemical in the environment. Models like USEtox combine fate, exposure, and effect to produce characterization factors for human toxicity and ecotoxicity. These models rely on simplified assumptions, such as well-mixed box approach, to evaluate how pollutants can potentially harm the exposed population and the environment. USEtox considers four spatial scales (global, continental, urban, and indoor), each with specific exchanges between compartments (air, water, soil). Mass balance calculations under stationary conditions determine the chemical distribution in each compartment. The urban air compartment, nested within the continental air compartment, is currently the sole option available for characterising the emission of a chemical within a limited, highly populated area.

A recent study by (Cappucci et al., 2024) proposed the inclusion of a local scale in the USEtox 2.12 model, integrating four ground-level compartments (air, freshwater, natural, and agricultural soil) within the continental box, linked to continental and urban scales via advective transport processes. To quantify the chemical concentration in each compartment, mass balance calculations under steady-state conditions were applied. By considering emissions occurring in different compartments of the local and continental scales, the study analysed the differences in concentrations in various receiving compartments and the resulting impact scores (IS), comparing the original and modified USEtox models for 10 reference chemicals. Results showed that the inclusion of a local scale had significant relevance for water and natural soil compartments concerning human health toxicity. For naphthalene, emissions at the local scale resulted in human health damage up to three orders of magnitude higher than emissions in the continental freshwater compartment. Similarly, for 1,2-dichloroethane, local-scale emissions in natural soil caused damage up to two orders of magnitude greater than those at the continental scale. When evaluating a unit emission of benzene across various local compartments at

different receiving scales, the highest contribution to damage originated from emissions at the local scale for both human and ecosystem health. However, an exception was observed in the case of local air. Due to the high capacity of wind to disperse and remove pollutants, the greatest damage shifted to the urban scale for human toxicity and to the continental scale for ecotoxicity. Results were obtained considering a hypothesis of a well-mixed box, under conditions of instantaneous, steady-state mixing and exchanges with other compartments and scales. However, when analysing local emission phenomena, the transitory phase, prior to complete mixing within the local volume and interaction with other compartments and scales, may become relevant. As already suggested in the work by (Cappucci et al., 2024), further research is needed to enhance the representation of local-scale emission phenomena in LCIA models by including spatially resolved and non-uniform atmospheric dispersion models.

Aims of the project

The project will begin with an examination and in-depth study of existing models for characterising human toxicological and ecotoxicological impacts resulting from chemical emissions into the environment. The primary focus will be placed on the USEtox 2.0 consensus model (Bijster, 2018), along with the recent updates for the inclusion of a four-compartment local scale nested within the continental box (Cappucci et al., 2024).

Additionally, the EUSES and ExternE frameworks will be reviewed to understand how they conceptualise and model pollutant emissions at local and regional/continental scales. Specifically, for the air compartment, both frameworks utilise the Gaussian plume dispersion model to determine chemical concentrations in the local air compartment and their effects on final receptors (EC, 2004, 1995). The Gaussian plume dispersion model will be analysed in detail in order to determine the chemical concentrations in the air at various distances from the emission point source, including the downwind point of maximum concentration.

A stand-alone local air compartment will be defined, built on the one proposed by (Cappucci et al., 2024), and the Gaussian plume atmospheric dispersion model will be applied to a steady-state, continuous, point source of emission for selected chemical species (e.g., benzene). Ground-level air concentrations will be calculated at several distances from the emission point, including the downwind point of maximum concentration. The calculated concentrations reflect a transitory situation involving the defined local scale only, prior to mass exchanges in stationary conditions between other scales and compartments. The human toxicity characterization factor will then be calculated based on the exposure and effect pathways adopted in USEtox (Bijster, 2018). The obtained local air concentrations and corresponding characterisation factors will be discussed and compared with those calculated using the USEtox 2.12 model and the modified version with the local scale (Cappucci et al., 2024), considering that the same emission occurs in the most localised air compartment available (i.e., urban air, local air).

Preliminary calculations indicate that concentrations resulting from the Gaussian plume model can be several orders of magnitude higher than those calculated with USEtox modified with the local scale. The discussion will explore the differences between the proposed stand-alone local scale approach and the local-continental USEtox 2.12 model. Key factors influencing these outcomes will be analysed, and the limitations of the proposed approach will be critically assessed. In particular, the influence of Gaussian dispersion model input parameters on final concentrations and impact characterisation results will be examined.

Following the proposed approach, the study aims to develop a calculation tool to be implemented in LCA software to compute localised LCIA characterisation factors for human toxicity. To this aim, it will be critical to clarify and discuss the proper implementation of characterization factors within

LCA software sub-compartments (e.g. SimaPro), considering whether emissions occur on a local, continental, or global scale.

Another objective of the study is to explore the topic of air ecotoxicity, by examining how to quantify the potential adverse effects on ecosystems (e.g., terrestrial ecosystems) resulting from the exposure to a specific chemical concentration in the air.

References

Bijster, M., 2018. USEtox 2.0: documentation, Version 1.1. ed. USEtox International Center.

Cappucci, G.M., Neri, P., Ferrari, A.M., Fantke, P., 2024. Evaluating toxicity impacts of local chemical emissions in Life Cycle Assessment. Int. J. Life Cycle Assess. 29, 669–682. https://doi.org/10.1007/s11367-023-02262-x

EC, 2004. European Union System for the Evaluation of Substances 2.0 (EUSES 2.0). Prepared for the European Chemicals Bureau by the National Institute of Public Health and the Environment (RIVM), Bilthoven, The Netherlands (RIVM Report no. 601900005). (Background report).

EC, 1995. ExternE: Externalities of energy Vol. 2. Methodology (No. EUR--16521-EN). European Commission: Directorate-General for Research and Innovation, Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities.

FONDO DI ATENEO PER LA RICERCA ANNO 2024

AZIONE "PEOPLE" NELL'AMBITO DEL PIANO DI SVILUPPO DIPARTIMENTALE

DURATA 12 MESI (36 PER PhD)

PEOPLE

L'iniziativa mira a finanziare personale di ricerca non strutturato, a seconda delle domande presentate il budget verrà destinato alla copertura di Assegni di Ricerca (3 junior o 2 senior) o di 1 posizione di PhD, da definirsi. Lo scopo è incrementare la produzione scientifica e l'impatto complessivo del DISMI supportando in particolare i gruppi di ricerca di minori dimensioni.

I criteri di assegnazione saranno:

1. *Dimensione dell'SSD (favorendo il sostegno a SSD Monopersona)*
2. *Continuità scientifica ed operativa*

1. Titolo del progetto
   Generative adversarial networks for the synthesis of pathological lung sounds related to interstitial lung diseases

2. Parole Chiave (MASSIMO 5)

Generative adversarial network (GAN)	Data augmentation	Lung sounds	Interstitial lung disease (ILD)	Deep learning

3. Tipologia e importo richiesto

TIPOLOGIA	IMPORTO RICHIESTO
Assegno di ricerca (e relativa fascia):	23.890,07 €

4. Tutor della risorsa e relativo SSD
   Fabrizio Pancaldi, ING/INF-03

5. Abstract del progetto (MASSIMO 800 caratteri):
   Early diagnosis of interstitial lung disease (ILD) is essential for the survival of the patients, but the symptoms are not useful for selecting patients to undergo high resolution computed tomography (HRCT). Despite HRCT represents the gold standard for the diagnosis of ILD, it cannot be employed for screening.
   Our group has already designed a deep neural network (DNN) for the diagnosis of ILD from the analysis of lung sounds. The diagnostic accuracy is 93% with respect to HRCT. DNNs are very "data hungry", but clinical studies for the collection of pulmonary sounds are long and expensive. The scope of this project consists of developing a generative adversarial network (GAN) for data augmentation. Synthetic lung sounds can lead to an improvement of the diagnostic accuracy as high as 5%.

6. Stato dell'arte (MASSIMO 2000 caratteri):

Rheumatoid arthritis (RA) is a chronic inflammatory disease affecting 0.5-1% of the population worldwide, characterised by joint swelling and tenderness with destruction of synovial joints. Interstitial lung disease (ILD) is one of the most frequent extra-articular manifestations of RA. Although ILD significantly impacts survival of RA patients, its diagnosis is often delayed and underestimated, resulting in a worst prognosis. Despite overt ILD is usually recorded in 7-10% of RA patients, prevalence of ILD was higher when consecutive non-symptomatic patients were evaluated by high-resolution computed tomography (HRCT). In an ongoing prospective study at our University, preliminary data showed a prevalence of RA-ILD of about 20% and confirmed some data available in the literature. Diagnosis of lung involvement in RA patients can be difficult if based only on symptoms. In fact, patients can be asymptomatic at early stages of the disease, and some suggestive clinical manifestations, such as fatigue, dyspnoea and cough, can also derive from extra-pulmonary causes. HRCT remains the gold standard for diagnosis and it is mandatory in case of suspected ILD. Nevertheless, a routine use of HRCT for screening programs is not feasible for both high cost and X-ray exposure. Therefore, to improve the prescriptive appropriateness of HRCT for the early diagnosis of ILD, physical lung examination has been proposed as an easy and repeatable screening. In fact, lung auscultation can reveal fine bibasilar, end-inspiratory, "velcro-like" crackles, which may precede the development of clinically overt ILD. Recently, our group developed a pipeline based on deep learning for the diagnosis of ILD secondary to connective tissue diseases (CTD) from lung sounds. The diagnostic accuracy is larger than 93% with respect to HRCT. We are currently developing a pipeline for the diagnosis of RA-ILD from the analysis of lung sounds through transfer learning. Preliminary results lead to a diagnostic accuracy larger than 85%.

7. Obiettivi, metodologia e risultati attesi (MASSIMO 4000 caratteri):

MOTIVATION

Deep learning denotes a very wide class of algorithms and signal processing techniques that are currently employed in several fields and applications. Impressive performance can be achieved provided that a proper data set is available to train the classifier, e.g. a convolutional neural network (CNN) or a recursive neural network (RNN). In some fields, data collection is quite simple and cheap. For instance, the acquisition of a vibrational signal from a mechanical setup is straightforward, as well as the ground truth (mechanical components healthy or damaged) can be mostly gained by visual inspection. On the contrary, data collection always demands huge efforts in the fields of bioengineering and medicine. To the best of our experience, a systematic lung auscultation can take up to 30-40% of time during the outpatient visit. Then physicians shall devote significant efforts for annotating the auscultations in back-end. However, the most demanding task is represented by the extraction of the ground truth. In fact, HRCT is expensive, invasive for the patient, often critical for the radiologist and rarely available for most of rheumatological patients. Therefore, **the availability of a massive data set of synthetic lung sounds would have an enormous impact in this field**.

OBJECTIVE and METHOD

The main objective of this research consists of studying, designing and developing a *generative adversarial network* (GAN) suitable to data augmentation (DA) in pipelines based on deep learning. The initial data set for training the GAN is based on two available data sets collected in our previous clinical studies. These two data sets include pulmonary sounds acquired from RA patients and CTD patients. The data sets are quite balanced between patients affected by ILD (positives) and not affected by ILD (negatives). The overall number of patients is about 200, with 6-8 auscultations per patient.

The secondary objective consists of gaining knowledge on the pathological sounds from the interpretation of synthetic data. Our wide experience on time-frequency analysis of lung sounds can be exploited to devise a "predictive model" for pulmonary signals. Then this predictive model can be related to the HRCT report (available in our initial training set of the GAN) to infer the radiological pattern from the analysis of lung sounds. This approach can be interpreted as a kind of "digital biopsy".

RELATED WORK

A conditional GAN (cGAN) has been devised in the work [1] for DA starting from publicly available data sets, namely the ICBHI 2017 challenge, RALE and Think Labs Lung Sounds Library. However, these data sets are not collected within a clinical study, are not focused on a well-defined clinical problem and are heterogeneous, i.e. including very different diseases characterized by distinct follows-up.

[1] S. Jayalakshmy and G. F. Sudha, "Conditional GAN based augmentation for predictive modeling of respiratory signals", Computers in Biology and Medicine, doi: 10.1016/j.compbiomed.2021.104930

EXPECTED RESULTS

From a technical point of view, we expect that the DA based on the developed GAN can yield an improvement in the diagnostic accuracy of RA-ILD in the order of 5%, so exceeding an overall accuracy of 90% with respect to HRCT. The interpretation of synthetic data is qualitative as a first approach to the problem and the related results are very difficult to estimate.

From a "dissemination point" of view, we expect the following items

- Number of journal papers published or accepted for publication in VQR type journals: 2
- Number of conference papers presented by the proposer as speaker: 1
- Numbers of projects submitted to competitive calls: 1

8. Impatto scientifico e/o tecnologico e/o socio-economico (MASSIMO 2000 caratteri):

In Italy the number of patients affected by RA is at least 300,000. Considering the difficulty to predict the onset of ILD and therefore the need to perform multiple HRCT

throughout the patient's clinical history, an HRCT-based screening campaign is not an option. The analysis of lung sounds has highlighted interesting potential as a screening tool. In fact, rheumatologists can monitor the patient through the new tool as often as necessary, thus minimizing exposure to ionizing radiation of patients and reducing public spending for inappropriate HRCT requests.

Some anti-fibrotic and anti-inflammatory drugs available on the market have the potential to slow down the progression of RA-ILD, however and early diagnosis is fundamental for the efficacy of these therapies. An easy and reproducible ILD screening in RA patients would enable the early diagnosis of ILD, even before the onset of respiratory symptoms, so favouring early treatment and removal of risk factors for ILD progression.

An ergonomic instrument for chest auscultation and sound analysis would allow to optimize the time of physicians during the outpatient visit and could be easily placed on the market. The embodiment of algorithms for deep learning can bring the diagnostic accuracy of the new tool to values currently achievable only through HRCT and biopsy. However, it is well known that data-driven algorithms are as powerful as data hungry. Consequently, the development of a GAN suitable to generate synthetic lung sounds represents a viable solution to data augmentation and dataset balancing. Furthermore, the interpretation of the synthetic signals, for instance through time-frequency analysis, could disclose a new understanding of the relationship between pathological lung sounds and radiological pattern, so leading to a kind of “digital biopsy”. Pragmatically, we aim at devising a solution for data augmentation in deep learning pipelines suitable to raise the diagnostic accuracy of RA-ILD beyond 90% with respect to HRCT.

9. **Coinvolgimento del personale di ricerca assunto in collaborazioni scientifiche internazionali (MASSIMO 1000 caratteri):**

We are currently collaborating with the Technical University of Crete (TUC, Greece) under the supervision of Prof. Michalis Zervakis and with the University of Portsmouth (UP, United Kingdoms) under the supervision of Prof. Ludovico Ausiello.

The collaboration with TUC concerns the design and development of algorithms for deep learning suitable to diagnose diseases in the scleroderma spectrum from nailfold images and to diagnose ILD from lung sounds. The collaboration with UP is focused on the design and development of a vibrating membrane and custom sensors to improve the sensibility and bandwidth of commercial electronic stethoscopes.

The new personnel unit could exploit the experience developed at TUC in the field of artificial intelligence and deep learning. If new interpretations of pathological lung sounds would emerge from the study on GANs for DA, this information will be exploited to improve our current research on vibrating membranes and sensors.

10. **La continuità scientifica e/o la prosecuzione di attività pregresse**

The collaboration between engineers, rheumatologists and pneumologists at the University of Modena and Reggio Emilia dates to 2014.

The engineering team coordinated by Fabrizio Pancaldi led to the following results.

- Filing of a patent concerning a new tool for the automatic diagnosis of pulmonary fibrosis based on an electronic stethoscope.

- Development of 2 parametric algorithms for the detection of interstitial lung diseases secondary to rheumatoid arthritis, connective tissue diseases, COVID-19.
- Software implementation of the above-mentioned algorithms released to hospitals and clinical facilities collaborating with UNIMORE. Both portable and web-based implementations are available for the VElcro Crackles detecTOR (VECTOR) software.
- Deep convolutional neural network capable to detect interstitial lung diseases (ILD) secondary to connective tissue diseases (CTD) with a formidable diagnostic accuracy of 93% with respect to high-resolution computer tomography.
- Development of a new electronic stethoscope (equipped with MEMS microphone, accelerometer, BLE connection to tablet and smartphone, edge computing capability and data upload to the cloud) in collaboration with the private company Redox srl. The prototype is currently under the CE marking procedure, after that it can be employed in future clinical studies.

The core of the work proposed in this project represents the natural development of the work done by this research group in the last 10 years, in fact the GAN for data augmentation should lead to a significant improvement in the diagnostic accuracy of the deep learning algorithms designed recently.

11. **Pubblicazioni previste nell'ambito del progetto e/o ulteriori deliverables che coinvolgano l'assegnista di ricerca valutando percentualmente l'impatto che il nuovo elemento di personale potrebbe avere sulla produttività del gruppo (MASSIMO 2000 caratteri).**

To the best of our experience, the work of a junior researcher enrolled in a one-year grant can lead to one or two publications on high impact factor journals. Besides, the work can be partially presented at an international conference. Usually, some time remains available to write the technical part of a project proposal.

Considering the historical productivity of the group, a junior researcher enrolled in a one-year grant can improve the overall performance of 30%.

KPI - indicatori specifici di risultato

Indicatori	Target finale
Numero di lavori scientifici pubblicati o accettati per la pubblicazione in tipologie di riviste di tipologia VQR	2
Numero di comunicazioni a convegno presentate dal proponente in qualità di relatore	1
Numero di progetti presentati su bandi competitivi	1

12. **Descrivere brevemente le attività di progetto svolte al 28/02/2025 (MASSIMO 2000 caratteri)**

In the period December 2024-January 2025 the researcher Luca Dibiase developed a new pipeline based on signal and image processing techniques for the diagnosis of RA-ILD. The dataset of lung sounds was collected in the period 2017-2019 in several university hospitals in Italy during rheumatological outpatient visits. The overall accuracy is on the order of

85-90% with respect to HRCT. We are preparing a manuscript to be submitted to IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics.

Luca Dibiase is currently working at the development of a GAN for the generation of pathological synthetic lung sounds. The devised pipeline for RA-ILD has been trained on true lung sounds and is used to benchmark the suitability of synthetic lung sounds. The current accuracy in the classification of synthetic lung sounds is on the order of 55%, so further work is necessary to improve the performance of the GAN.

In the meantime the test GANs are trained, Luca is tackling the problem of classification of video capillaroscopy images through image processing techniques. In particular, we are currently capable to detect the number, length, width and orientation of capillaries from images taken in the periungual area. The supporting vector machine (SVM) provides an overall accuracy of 85-90% in the detection of pathological clinical pictures. We are preparing a manuscript to be submitted to IEEE Transactions on Medical Imaging.

Reggio Emilia, 24 Febbraio 2025

Firma del Responsabile scientifico

_____

ALLEGATO 1: MODELLI DI DOMANDA

FONDO DI ATENEO PER LA RICERCA ANNO 2024

PROGETTO PER ATTREZZATURE NELL'AMBITO DEL PIANO DI SVILUPPO DIPARTIMENTALE

STRUMENTAZIONE

Acquisizione di nuove strumentazioni di ricerca, o aggiornamento di attrezzature e strumentazioni esistenti, il cui utilizzo sia mirato ad incrementare la produzione scientifica multidisciplinare e l'impatto complessivo del DISMI sulla ricerca competitiva ed a mercato, e, in particolare, il potenziamento al potenziamento delle infrastrutture di ricerca., come da DM n.1644 del 14/12/2023, area PE. La call prevede pertanto di finanziare 3 strumentazioni (o loro aggiornamento) del valore medio di 29.000€ (iva inclusa). In funzione delle domande e della relativa graduatoria si assegneranno gli importi specifici.
L'assegnazione verrà fatta secondo i seguenti criteri:
1. Multidisciplinarietà d'uso
2. Numero di lavori scientifici previsti in tipologie di riviste di tipologia VQR che citino misure/attività svolte con lo strumento/attrezzatura

Titolo del progetto per strumentazione

Acquisizione di una Workstation per il Calcolo Numerico Avanzato a Supporto di Ricerca e Formazione

1. **Parole Chiave (MASSIMO 5)**

simulazioni	**workstation**	**training**	**calcolo**	**porting**

2. **Proponente/i e relativo/i SSD**

Elena Degoli Fis/03
Ivan Marri Fis/03
Claudio Giberti MAT/07
Stefania Monica ING-INF/05

3. **Tipologia attrezzatura e prestazioni rispetto allo stato dell'arte (MASSIMO 4000 caratteri):**
(sono ammesse anche dotazioni software purché con licenza perpetua)

La presente proposta, che coinvolge differenti Settori Scientifico-Disciplinari (SSD) del dipartimento quali FIS/03, MAT/07, ING-INF/05 (proponenti) e ING-IND/09, ING-IND/10 (partecipanti) è finalizzata all'acquisizione di una moderna workstation (WS) per il calcolo numerico. La workstation sarà dotata di un'architettura comprendente CPU multicore e schede grafiche GPU, garantendo alte prestazioni e versatilità per numerosi ambiti di ricerca e formazione.

Caratteristiche Tecniche e Benefici

La CPU della workstation dovrà essere dotata di un elevato numero di core fisici (superiore a 48) e dovrà supportare l'utilizzo di processi virtuali tramite la tecnologia hyperthreading, esclusiva dei processori Intel. Questa configurazione permetterà l'uso dei protocolli MPI e OpenMP per il calcolo parallelo, rendendo la workstation adatta per operazioni di debug, test preliminari, calcoli strutturali e simulazioni complesse.

L'integrazione di GPU avanzate consentirà di eseguire simulazioni che sfruttano gli acceleratori grafici, cruciali per ridurre i tempi di calcolo in operazioni di algebra lineare fino a un fattore 10. La memoria DDR5 ad accesso rapido minimizzerà le latenze legate alle operazioni di input/output, mentre lo storage di almeno 3 TB garantirà spazio sufficiente per archiviare grandi quantità di dati.

Finalità e Utilizzi della Workstation

La nuova workstation sarà fondamentale per:

1. **Debug e Test di Codici**: La possibilità di usufruire di una macchina dedicata permetterà di ridurre i tempi di accesso al sistema consentendo di accelerare le procedure di sviluppo dei programmi di calcolo. La presenza di un processore multicore e di schede grafiche consentirà di effettuare una valutazione preliminare della parallelizzazione dei codici di sviluppo e dell'efficienza del porting su GPUs. Infine, rispetto a sistemi cluster di ateneo o architetture HPC presenti in centri di calcolo, si avrà una più semplice gestione del software.

2. **Calcolo**: la WS permetterà di svolgere calcoli preliminari, per esempio per determinare parametri iniziali da inserire in simulazioni più complesse, risolvere problemi a più basso numero di gradi di libertà e realizzare simulazioni su strutture che non richiedono l'utilizzo di architetture HPC.

   La WS potrebbe essere utilizzata per rilassamenti strutturali, per calcoli di dinamica molecolare, o per calcoli Density Functional Theory svolti su sistemi di dimensioni medio/piccole per quanto riguarda il SSD FIS/03; per simulazioni della parte energetica dei processi industriali, in particolare utilizzando approcci a parametri concentrati per il SSD ING-IND/09; per svolgere simulazioni di scambio termico applicate a svariate problematiche di interesse industriale, e in particolar modo alla gestione termica di sistemi e dispositivi per l'elettrificazione, con l'obiettivo di migliorare la gestione dell'energia termica e, di conseguenza, l'efficienza energetica di tali sistemi nel SSD ING-IND/10; per simulazione di proprietà di sistemi interagenti in condizioni di equilibrio o fuori dall'equilibrio, per esempio catene unidimensionali di oscillatori con diversi potenziali e termostati deterministici e stocastici nonché modelli di spin per sistemi ferromagnetici o spin glass nell'ambito del SSD MAT/07; per la modellizzazione e la simulazione di sistemi distribuiti di grandi dimensioni, con l'obiettivo, tra gli altri, di studiare proprietà emergenti asintotiche in sistemi multi-agente nel SSD ING-INF/05.

3. **Formazione e Training**: Offrire una piattaforma per la formazione di postdoc e studenti di dottorato, oltre a supportare esercitazioni pratiche per corsi di simulazioni numeriche e metodologie di calcolo per l'High Performance

Computing (per esempio i corsi DAE di High Performance Computing for Advanced Physical Analysis e di Artificial Intelligence and Data Science).

Questa workstation rappresenta un investimento strategico per il nostro dipartimento, migliorando significativamente le capacità di ricerca e formazione, e promuovendo un ambiente didattico avanzato e innovativo.

descrivere le nuove attrezzature e strumentazioni, o aggiornamento di attrezzature e strumentazioni esistenti, il cui utilizzo sia mirato ad incrementare la produzione scientifica multidisciplinare e l'impatto complessivo del DISMI sulla ricerca competitiva ed a mercato.

1. **Costo (comprensivo di IVA):**
   Nel caso di più proponenti di SSD diversi, indicare esplicitamente il contributo per ogni SSD

Costo	**29000 €**

2. **Multidisciplinarietà d'uso**

Il progetto coinvolge differenti SSD afferenti al dipartimento, in particolare FIS/03, MAT/07, e ING-INF/05 (proponenti) ING-IND/09, ING-IND/10 (partecipanti).

Impatto scientifico (MASSIMO 2000 caratteri):
L'acquisto di una workstation per il calcolo numerico rappresenta un investimento strategico per il nostro istituto, capace di potenziare le nostre capacità di ricerca e formazione. Con il supporto di questo strumento avanzato, intendiamo migliorare la produttività scientifica e preparare i nostri studenti alle sfide del futuro. La nuova workstation sarà utilizzata per lo sviluppo di codici per il calcolo scientifico, permettendo una rapida verifica dell'efficienza della struttura di parallelizzazione degli algoritmi e dei processi di comunicazione tra host e device, essenziali per un uso ottimale della potenza di calcolo offerta dalle schede grafiche. Inoltre, la macchina sarà impiegata per attività che non richiedono calcolo massivo, come le simulazioni preliminari per determinare parametri da inserire in calcoli successivi o l'analisi di sistemi di dimensioni moderate.

È importante notare che queste attività costituiscono il primo passo di ogni progetto teorico-computazionale, fornendo informazioni cruciali per le simulazioni successive che verranno eseguite su architetture HPC. Pertanto, l'acquisizione di una workstation con le caratteristiche descritte consentirà di accelerare significativamente l'attività di ricerca svolta dalle diverse unità del dipartimento, migliorando al contempo la qualità e l'efficienza del nostro lavoro scientifico.

3. **Utilizzo dei fondi di ricerca:**

Finanziamento FAR 2024	Speso al 28/02/2024
29000 €	0 €

Spiegare brevemente lo stato di utilizzo dei fondi di ricerca

L'attività svolta si è costituita di una fase preliminare incentrata sull'individuazione delle caratteristiche dell'hardware. Considerando le specifiche esigenze dei diversi SSD e sfruttando le competenze dei tecnici del centro di calcolo Unimore. Una volta definita la configurazione si è proceduto alla richiesta di differenti preventivi. Attualmente ne sono pervenuti 4 dalle società E4, Computer Ferrari, Workstationshop. Partendo dai dati raccolti e dai preventivi ricevuti, inoltreremo l'ordine entro la fine di febbraio.

4. **Descrivere brevemente le attività di progetto svolte al 28/02/2024 (MASSIMO 2000 caratteri)**

La macchina deve essere ancora acquistata. Il lavoro svolto fino ad oggi è stato centrato sulla identificazione della migliore configurazione hardware e dei vendors capaci di fornire tale architettura.

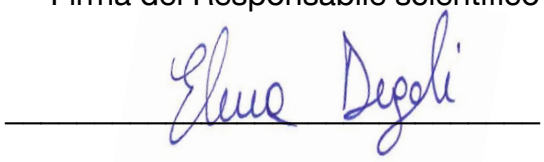
KPI - indicatori specifici di risultato

Indicatori	Ad oggi	Target finale
Numero di lavori scientifici pubblicati o accettati per la pubblicazione in tipologie di riviste di tipologia VQR che citano misure/attività svolte con lo strumento/attrezzatura	0	3
Numero di comunicazioni a convegno presentate dal proponente in qualità di relatore che citano misure/attività svolte con lo strumento/attrezzatura	0	3
Numero di Progetti Competitivi e/o Progetti di Ricerca Commissionata che utilizzano lo strumento/attrezzatura	0	10 in corso e almeno 2 futuri

Luogo e data

25/02/2025

Firma del Responsabile scientifico



ALLEGATO 1: MODELLI DI DOMANDA

FONDO DI ATENEO PER LA RICERCA ANNO 2024
PROGETTO PER ATTREZZATURE NELL'AMBITO DEL PIANO DI SVILUPPO DIPARTIMENTALE

STRUMENTAZIONE

Acquisizione di nuove strumentazioni di ricerca, o aggiornamento di attrezzature e strumentazioni esistenti, il cui utilizzo sia mirato ad incrementare la produzione scientifica multidisciplinare e l'impatto complessivo del DISMI sulla ricerca competitiva ed a mercato, e, in particolare, il potenziamento al potenziamento delle infrastrutture di ricerca., come da DM n.1644 del 14/12/2023, area PE. La call prevede pertanto di finanziare 3 strumentazioni (o loro aggiornamento) del valore medio di 29.000€ (iva inclusa). In funzione delle domande e della relativa graduatoria si assegneranno gli importi specifici.

L'assegnazione verrà fatta secondo i seguenti criteri:

1. *Multidisciplinarietà d'uso*
2. *Numero di lavori scientifici previsti in tipologie di riviste di tipologia VQR che citino misure/attività svolte con lo strumento/attrezzatura*

Titolo del progetto per strumentazione

Acquisto attrezzatura per la misura della composizione di miscele gassose mediante Gascromatografia.

1. **Parole Chiave (MASSIMO 5)**

Gas	Idrogeno	Analisi impurezze	Controllo qualità	Pirolisi

2. **Proponente/i e relativo/i SSD**

Luca Montorsi	**PO**	**ING-IND 09**
Massimo Milani	**PO**	**ING-IND 08**
Fabrizio Paltrinieri	**PA**	**ING-IND 08**
Gabriele Discepoli	**PA**	**ING-IND 08**
Matteo Venturelli	**RTT**	**ING-IND 09**

3. **Tipologia attrezzatura e prestazioni rispetto allo stato dell'arte (MASSIMO 4000 caratteri): (sono ammesse anche dotazioni software purché con licenza perpetua)**

descrivere le nuove attrezzature e strumentazioni, o aggiornamento di attrezzature e strumentazioni esistenti, il cui utilizzo sia mirato ad incrementare la produzione scientifica multidisciplinare e l'impatto complessivo del DISMI sulla ricerca competitiva ed a mercato.

L'individuazione e la quantificazione dei gas a sono particolarmente utili nello studio di nuovi materiali, ed in special modo per applicazioni in energetica, in quanto stabilire la presenza di impurezze all'interno di gas e vapori oltre che la loro natura chimica è fondamentale per la valutazione dell'efficacia energetica e dell'impatto ambientale. Altri

esempi caratteristici dell'importanza di questi sistemi riguardano l'analisi dei gas di processo utilizzati nell'applicazione di strati sottili di rivestimenti su substrati, come avviene nel caso delle membrane per elettrolizzatori AEM e PEM di ultima generazione. Le strumentazioni utilizzate per le analisi qualitative e/o quantitative dei gas comprende gascromatografi (GC) e spettrometri di massa (SM) dove la distinzione tra i vari tipi di gas si basa essenzialmente sulle loro masse molari. Lo scopo principale dell'analisi è quindi quello di registrare qualitativamente le frazioni di gas all'interno di un sistema per quanto riguarda le masse molari e determinare quantitativamente la quantità dei singoli tipi di gas associati ai vari numeri atomici. La GC è una tecnica analitica apprezzata perché combina un eccellente potere risolutivo con rapidità e sensibilità. Ampiamente usata in molte industrie fra cui quelle ambientali, petrolifere, chimiche, alimentari e delle bevande, e farmaceutiche. Attualmente nel nostro dipartimento manca tale strumentazione ed anche a livello di Ateneo non ci sono laboratori interdipartimentali, a cui gli afferenti al nostro dipartimento possono accedere, che posseggano tale strumentazione. In particolare, la strumentazione proposta è il GC8890 di Agilent, leader nel settore della strumentazione per analisi chimiche su gas e liquidi. Tale strumento permette un'elevata automazione della misura, grazie ad un sistema di gestione dei campioni e delle analisi in serie, oltre che delle fasi di manutenzione dello strumento. A riguardo delle sensibilità specifiche sugli elementi è garantita nei termini di pochi ppm anche per gas solitamente difficili da distinguere come zolfo ed azoto.

4. Costo (comprensivo di IVA):

Nel caso di più proponenti di SSD diversi, indicare esplicitamente il contributo per ogni SSD

Costo	23.975,00 + IVA

5. Multidisciplinarietà d'uso

Il gas cromatografo-spettrometro di massa (GC-MS) rappresenta uno strumento multidisciplinare di inestimabile valore, con applicazioni che si estendono attraverso la chimica, la scienza dei materiali, la fisica tecnica e il settore energetico.

Il gruppo di Fondamenti Chimici delle Tecnologie (CHIM 07) ha manifestato l'interesse all'utilizzo dello strumento per la caratterizzazione delle sostanze che coinvolgono le analisi ambientali. Ad oggi si rivolge a laboratori terzi o a strumenti che altri dipartimenti possono mettere a disposizione. Analogamente il settore delle scienze dei materiali (IND-IND 22) ha manifestato il suo interesse allo strumento in quanto necessario alla caratterizzazione dei materiali. In particolare lo strumento diventa ancora più di interesse da quanto il Centro Grandi Strumenti dell'Ateneo ha dovuto dismettere il gas cromatografo-spettrometro di massa (GC-MS) per obsolescenza e non ha ancora sostituito l'attrezzatura.

Anche il gruppo di Fisica Tecnica (ING-IND 10) del Dipartimento ha manifestato interesse e supporto alla proposta di acquisto di questa attrezzatura.

In ambito di scienza dei materiali, il GC-MS è impiegato per analizzare la composizione chimica di nuovi materiali, aiutando nella comprensione delle loro proprietà e nella verifica della purezza. Questo strumento permette di identificare e quantificare le diverse fasi nei materiali e/o composti.

Nel settore energetico, il GC-MS è essenziale per l'analisi dei biocarburanti e dei combustibili fossili. Permette di monitorare la composizione chimica dei carburanti, identificando la presenza di impurità o componenti che possono influenzare l'efficienza della combustione e l'impatto ambientale. Inoltre, è strumento fondamentale per la ricerca nello sviluppo di nuove fonti di energia sostenibile. Lo sviluppo di prototipi per innovare nella produzione di biogas e gas di sintesi, e nella produzione sostenibile di idrogeno (combustione di metalli in acqua, elettrolisi …) necessita di analizzare e quantificare la purezza dei prodotti (gas) generati. Questo è un passaggio fondamentale per stimare l'impatto ambientale (LCA) dei processi analizzati.

L'integrazione di queste applicazioni multidisciplinari rende il GC-MS uno strumento cruciale per avanzare nella ricerca scientifica e industriale, favorendo innovazioni tecnologiche e sostenibili. Grazie alla sua versatilità e precisione, il GC-MS supporta il progresso in vari settori, contribuendo alla risoluzione di problemi complessi e al miglioramento della qualità della vita.

6. Impatto scientifico (MASSIMO 2000 caratteri):

Il tema proposto risulta di estremo interesse nel settore della scienza e tecnologia dei materiali applicata al settore dell'energetica dove è ancora scarsa la conoscenza e comprensione di diversi fenomeni chimico-fisico legati alle reazioni chimiche allo stato solido in temperatura e/o in condizioni di elevata umidità. Inoltre, il tema proposto è fondamentalmente trasversale perché i risultati attesi sono spendibili in diversi settori quali la produzione di Idrogeno e la realizzazione di coating specifici per componentistica per le energie rinnovabili (es. membrane per elettrolizzatori). Per questo si prevede un discreto interesse nell'ambito della comunità scientifica e di poter pubblicare su riviste riconosciute in ambito VQR anche in modalità open access.

Considerando la multidisplinarità della proposta (ING-IND 08/09 / ING-IND22 / CHIM07 / ING-IND10) si prevede di poter presentare:

- 4 contributi a convegni di settore.
- 4 lavori scientifici pubblicati o accettati per la pubblicazione in tipologie di riviste di tipologia VQR che citano misure/attività svolte con lo strumento/attrezzatura.
- 3 progetti competitivi che utilizzano lo strumento.

Si sottolinea infine come tale strumento possa favorire la formazione di competenze specifiche che possano arricchire il corso di laurea in Ingegneria energetica di prossima attivazione.

7. **Utilizzo dei fondi di ricerca:**

Finanziamento FAR 2024	Speso al 28/02/2024
29,000 €	29,249.5 €

Spiegare brevemente lo stato di utilizzo dei fondi di ricerca

L'ordine della strumentazione è stato inviato al fornitore, il quale ha previsto la consegna dello strumento per il mese di aprile.

8. **Descrivere brevemente le attività di progetto svolte al 28/02/2024 (MASSIMO 2000 caratteri)**

Le attività fino ad oggi si sono concentrate sulla preparazione del laboratorio che dovrà ospitare la strumentazione. In particolare sono state progettate le linee di gas tecnici che consentono il funzionamento dello strumento, è stato scelto il fornitore che garantisse il le caratteristiche desiderate dell'attrezzatura e i tempi di installazione adeguati. E' in corso la procedura di acquisizione della linea di gas tecnici in modo da poter istallare la strumentazione oggetto del presente bando in tempo utile. Sono stati inoltre contattati diversi fornitori per l'acquisizione dei gas di confronto (standard) necessari per il funzionamento della strumentazione in oggetto. Anche in questo caso, il fornitore più adatto è stato individuato e sono state avviate le procedure di acquisto degli standard.

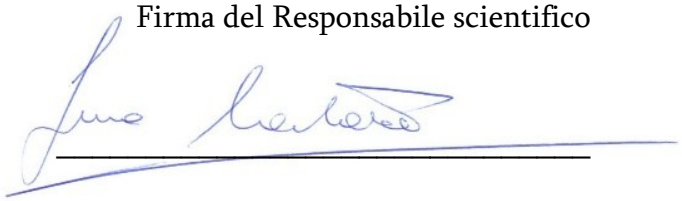
KPI - indicatori specifici di risultato

Indicatori	Ad oggi	Target finale
Numero di lavori scientifici pubblicati o accettati per la pubblicazione in tipologie di riviste di tipologia VQR che citano misure/attività svolte con lo strumento/attrezzatura	0	3
Numero di comunicazioni a convegno presentate dal proponente in qualità di relatore che citano misure/attività svolte con lo strumento/attrezzatura	0	3
Numero di Progetti Competitivi e/o Progetti di Ricerca Commissionata che utilizzano lo strumento/attrezzatura	0	3

Luogo e data

Reggio Emilia, 28/02/2025

Firma del Responsabile scientifico



ALLEGATO 1: MODELLI DI DOMANDA

FONDO DI ATENEO PER LA RICERCA ANNO 2024
PROGETTO PER ATTREZZATURE NELL'AMBITO DEL PIANO DI SVILUPPO DIPARTIMENTALE

STRUMENTAZIONE

Acquisizione di nuove strumentazioni di ricerca, o aggiornamento di attrezzature e strumentazioni esistenti, il cui utilizzo sia mirato ad incrementare la produzione scientifica multidisciplinare e l'impatto complessivo del DISMI sulla ricerca competitiva ed a mercato, e, in particolare, il potenziamento al potenziamento delle infrastrutture di ricerca., come da DM n.1644 del 14/12/2023, area PE. La call prevede pertanto di finanziare 3 strumentazioni (o loro aggiornamento) del valore medio di 29.000€ (iva inclusa). In funzione delle domande e della relativa graduatoria si assegneranno gli importi specifici.

L'assegnazione verrà fatta secondo i seguenti criteri:

1. Multidisciplinarietà d'uso

2. Numero di lavori scientifici previsti in tipologie di riviste di tipologia VQR che citino misure/attività svolte con lo strumento/attrezzatura

Titolo del progetto per strumentazione

SISTEMA DI ACQUISIZIONE OTTICA

1. Parole Chiave (MASSIMO 5)

REVERSE ENGINEERING	FRINGE PROJECTION	METROLOGY		

2. Proponente/i e relativo/i SSD

Prof. LEONARDO ORAZI, ING-IND/16

Prof. BARBARA REGGIANI, ING-IND/16

Prof. MARCO COCCONCELLI, ING-IND/13

3. Tipologia attrezzatura e prestazioni rispetto allo stato dell'arte (MASSIMO 4000 caratteri): (sono ammesse anche dotazioni software purché con licenza perpetua)

descrivere le nuove attrezzature e strumentazioni, o aggiornamento di attrezzature e strumentazioni esistenti, il cui utilizzo sia mirato ad incrementare la produzione scientifica multidisciplinare e l'impatto complessivo del DISMI sulla ricerca competitiva ed a mercato.

Il Dipartimento non è attualmente dotato di un laboratorio con dispositivi di misura geometrico/dimensionale aventi valenza metrologica.
L'unica eccezione è uno scanner Ottico ATOS Core, in grado di rilevare piccoli componenti per uso didattico, sprovvisto di sistemi di piazzamento/movimentazione e con tecnologie di camere e sistemi di proiezione ormai superate.

Nonostante questo, lo strumento è stato in passato condiviso per attività di SSD diversi dal proponente, tra questi il gruppo di ricerca della Prof. Ferraguti e quello del Prof. Pellicciari, del quale si segnala l'approvazione alla proposta.
L'attrezzatura proposta in questo progetto è uno scanner a luce strutturata di ultima generazione in grado di rilevare ed acquisire geometrie tridimensionali complesse in un ampio range dimensionale di componenti industriali.
In particolare, lo scanner sul quale si è focalizzata l'attenzione è un Zeiss GOM Scan 1, dotato di 2 telecamere da 6 Mpixel ed un sistema ottico in grado di acquisire, in un'unica presa, un'area di 400x250 mm.
Rispetto allo stato dell'arte, questa famiglia di strumenti ottici è una delle poche a fornire sistemi di calibrazioni e certificati di taratura metrologica VDI 2634-3 che permettono di effettuare misure riferibili e con incertezza prestabilita.
Lo scanner è inoltre accessoriato con uno stativo a braccio, di livello industriale, in grado di garantire l'acquisizione a tutto tondo di pezzi ingombranti e/o pesanti, quali getti fusi o stampi. Grazie all'applicazione di marker superficiali, l'algoritmo fotogrammetrico presente nel software di controllo permette di rilevare geometrie di dimensioni 2 o 3 volte maggiori dell'area di lavoro senza degradazioni sostanziali dell'accuratezza di misura.

Tra le applicazioni industriali del sistema si segnalano, considerate le complesse geometrie coinvolte:
- getti fusi di dimensioni medio/grandi
- modelli ed anime di fonderia
- particolare ottenuti per stampaggio plastico
- stampi per polimeri
- conchiglie per fonderia

Il software in dotazione permette di comparare gli oggetti acquisiti con le geometrie di riferimento provenienti da modelli CAD o da altre acquisizioni, effettuare allineamenti automatici e semi-automatici e di generare mappe di errore e report di conformità GD&T tolleranze secondo ISO 14638 o ASME Y14.5.
L'acquisto del nuovo strumento amplierebbe notevolmente le prospettive di ricerca e formazione del DISMI per i seguenti motivi:

- L'SSD proponente da qualche anno ha aperto nuovi filoni di ricerca nel settore dello stampaggio di polimeri, attività documentata da progetti di ricerca competitivi vinti e pubblicazioni. Il settore della meccanoplastica a livello locale è caratterizzato un tessuto industriale ricco di piccole imprese, molte delle quali operanti ancora con modalità di tipo artigianale. La disponibilità di uno strumento di "servizio alle aziende" permetterebbe di stringere rapporti ed avviare progetti legati alla simulazione di processo, ottimizzazione di componenti e processo e sostenibilità.
- L'SSD proponente ha inoltre avviato nuovi filoni di ricerca nel settore dei processi fusori, in particolare simulazione di processo avanzato per la riduzione delle difettosità e l'ottimizzazione energetica. Anche in questo caso le fonderie della regione sarebbero interessate a collaborazioni in presenza di servizi di validazione metrologica della produzione.
- Il dispositivo sarebbe particolarmente adatto alla validazione di geometrie molto complesse quali quelle ottenute da processi di fabbricazione additiva, processi che si stanno via via caratterizzando da dimensioni sempre maggiori. Non ultimo, il software in dotazione fa parte di una suite di programmi già predisposti per la gestione delle acquisizioni mediante tomografia a raggi X, tecnica di misura con notevoli prospettive di sviluppo.
- Il dispositivo consentirebbe, mediante Reverse Engineering, di acquisire complesse geometrie di stampi e particolari per le quali le aziende non dispongono del CAD 3D da utilizzare per successive modellazioni numeriche di processo e prodotto.

- Casi studio e formazione sull'utilizzo della strumentazione potrebbero essere proposti nell'ambito di insegnamenti nei CdS del DISMI, arricchendo così l'offerta formativa.

4. Costo (comprensivo di IVA):

Nel caso di più proponenti di SSD diversi, indicare esplicitamente il contributo per ogni SSD

Costo	29000

5. Multidisciplinarietà d'uso

Lo strumento proposto è uno strumento di misura in grado, di principio, di effettuare qualsiasi analisi GD&T (tolleranze geometriche e dimensionali) secondo ISO 14638 (GPS) o ASME Y14.5.

Rispetto alle ben più costose macchine di misura coordinate a contatto, il sistema presenta un'accuratezza inferiore e limitazioni nel rilevare tasche e cavità particolarmente profonde non essendo queste illuminabili.

Presenta tuttavia un grosso vantaggio legato alla quantità ed alla velocità di acquisizione dei, milioni di punti al secondo, che lo rende unico nel rilievo e validazione di geometrie complesse e Free-form.

L'acquisto doterebbe ogni SSD del DISMI che necessitasse di acquisire geometrie complesse, di uno strumento in grado di operare tale acquisizione. La lista delle possibili applicazioni include:

- Componenti ottenuti da stampaggio plastico.
- Getti di fonderia.
- Modelli e anime per la fonderia.
- Stampi/conchiglie per processi fusori.
- Stampi per formatura metalli (forgiatura, estrusione).
- Componenti metallici ottenuti per forgiatura.
- Parti ottenute per saldatura.
- Stampi per iniezione plastica.
- Parti fabbricate mediante tecniche additive sia polimeriche che metalliche.
- Reverse engineering di oggetti come input di sistemi CAD
- Reverse engineering di oggetti come input di sistemi FEM

6. Impatto scientifico (MASSIMO 2000 caratteri):

L'impatto scientifico atteso dall'acquisto dello scanner ottico sarebbe il seguente:

- La fornitura di servizi di misura/scansione/acquisizione per aziende che operano nel settore dello stampaggio ad iniezione, nei processi fusori e formatura metalli, con la prospettiva di attivare almeno due contratti di ricerca commissionata sull'argomento.
- Estensione della rete di collaborazioni nazionali ed internazionali nel settore dello stampaggio ad iniezione, nel casting e dei processi di deformazione plastica massiva (forgiatura, estrusione).
- La scrittura di almeno due lavori scientifici legati alla simulazione di processo ed alla verifica geometrica delle parti ottenute da presentare su riviste scientifiche di livello Q1/Q2.
- La partecipazione a due convegni con lavori legati all'utilizzo dello strumento proposto.

7. Utilizzo dei fondi di ricerca:

Finanziamento FAR 2024	Speso al 28/02/2024
24.550 € + IVA	Ordine stipulato il 26/02/2024. Tempo di consegna 30 gg.

Gli aumenti di listino incorsi dopo la chiusura del bando hanno richiesto un supplemento di indagine di mercato che si è risolto favorevolmente permettendo di stipulare l'ordine per la cifra preventivata in origine. Questo ha ritardato la consegna che dovrebbe avvenire nelle prossime 2/3 settimane.

8. **Descrivere brevemente le attività di progetto svolte al 28/02/2024 (MASSIMO 2000 caratteri)**

Le attività di progetto sono state ritardate a causa della mancata consegna dello strumento. Al momento, si è messa a punto una procedura per il confronto numerico/sperimentale delle distorsioni generate durante lo stampaggio di componenti plastici strutturali. La procedura è stata sviluppata utilizzando il vecchio scanner GOM Core su componente di piccole dimensioni, presentando un abstract per la partecipazione a congresso. Il lavoro a piena scala sarà terminato con l'arrivo del nuovo scanner.

KPI - indicatori specifici di risultato

Indicatori	Ad oggi	Target finale
Numero di lavori scientifici pubblicati o accettati per la pubblicazione in tipologie di riviste di tipologia VQR che citano misure/attività svolte con lo strumento/attrezzatura	0	2
Numero di comunicazioni a convegno presentate dal proponente in qualità di relatore che citano misure/attività svolte con lo strumento/attrezzatura	1*	2
Numero di Progetti Competitivi e/o Progetti di Ricerca Commissionata che utilizzano lo strumento/attrezzatura	0	1 progetto MUR/RER + 2 progetti commissionati

* utilizzo di GOM Atos core su parti in scala, abstract accettato. Lavoro da completare e presentare a settembre 2025 con l'arrivo del nuovo scanner.

Luogo e data

Firma del Responsabile scientifico

_____