

CENTRO RICERCHE
ENRICO FERMI 

PIANO TRIENNALE DI ATTIVITÀ
2023 - 2025

MUSEO STORICO DELLA FISICA
E CENTRO STUDI E RICERCHE
“ENRICO FERMI”

INDICE

<u>INDICE DELLE SCHEDE PER LE COMMISSIONI PARLAMENTARI</u>	<u>8</u>
<u>Missione e affinità con altri enti nazionali e internazionali. Aderenza verso il PNR</u>	<u>9</u>
<u>STRATEGIE DI SVILUPPO E INTERNAZIONALIZZAZIONE</u>	<u>12</u>
<u>Internazionalizzazione del CREF</u>	<u>12</u>
<u>Complessità nelle Scienze naturali, sociali ed economiche</u>	<u>12</u>
<u>Fotonica Computazionale e Informazione Quantistica</u>	<u>13</u>
<u>Scienza e impresa</u>	<u>13</u>
<u>Laboratorio CREF di neuroscienze e Human Brain Project</u>	<u>14</u>
<u>Altre attività di ricerca</u>	<u>14</u>
<u>Aderenza verso il PNR</u>	<u>14</u>
<u>Gender Equality Plan (GEP)</u>	<u>15</u>
<u>STRUTTURA DELL'ENTE</u>	<u>15</u>
<u>GOVERNANCE SCIENTIFICA</u>	<u>16</u>
<u>RISORSE E BILANCIO</u>	<u>18</u>
<u>RICAVI E PROVENTI PER L'ATTIVITÀ ISTITUZIONALE</u>	<u>18</u>
<u>Contributo ordinario dello Stato</u>	<u>18</u>
<u>Contributi dallo Stato</u>	<u>18</u>
<u>Contributi da privati</u>	<u>18</u>
<u>Ricavi per cessioni di prodotto e prestazioni di servizi</u>	<u>19</u>
<u>PRINCIPALI VOCI DEL BILANCIO PREVENTIVO CREF 2023</u>	<u>19</u>
<u>Personale dipendente</u>	<u>19</u>
<u>Personale a tempo determinato</u>	<u>20</u>
<u>Assegni di ricerca</u>	<u>21</u>
<u>Borse di ricerca/studio</u>	<u>21</u>
<u>COSTI COMPLESSIVI PER IL PERSONALE</u>	<u>21</u>
<u>MANUTENZIONE DEL MUSEO E DELLA PALAZZINA</u>	<u>21</u>
<u>ASSICURAZIONI</u>	<u>22</u>
<u>Utenze e altri costi indiretti</u>	<u>23</u>
<u>Altri costi per attività istituzionale</u>	<u>24</u>
<u>Sicurezza</u>	<u>24</u>
<u>Strumentazioni di ricerca e altri investimenti</u>	<u>25</u>
<u>Fabbisogno del personale e dotazione organica</u>	<u>27</u>
<u>1) Personale in servizio a 31 dicembre 2022</u>	<u>28</u>
<u>2) Calcolo del punto organico</u>	<u>30</u>
<u>3) Verifica del limite di sostenibilità</u>	<u>31</u>
<u>4) Formulazione ipotesi organico 2023-2025</u>	<u>32</u>
<u>5) Verifica della compatibilità dell'ipotesi con il limite di sostenibilità</u>	<u>36</u>
<u>6) Copertura finanziaria</u>	<u>37</u>
<u>Partecipazioni e Convenzioni</u>	<u>38</u>

Innovazione e scenari predittivi per la Sostenibilità	38
Fotonica Computazionale	38
Complessità nelle scienze naturali, economiche e sociali	38
Neuroscienze e neuroimaging quantitativo	38
Fisica per i beni culturali	39
Museo Enrico Fermi	39
Progetto Extreme Energy Events	39
ATTIVITÀ DI RICERCA PRINCIPALI	41
1. INNOVAZIONE E SCENARI PREDITTIVI PER LA SOSTENIBILITÀ	41
Finalità e Obiettivi: breve descrizione dei risultati	41
Contenuto tecnico scientifico	41
Collaborazioni nazionali e internazionali	42
Collaborazioni con le Università	43
Infrastrutture di ricerca	43
Ricercatori coinvolti	44
Risorse e fonti finanziamento	45
2. COMPLESSITÀ NELLE SCIENZE NATURALI, SOCIALI ED ECONOMICHE	45
Finalità e Obiettivi: breve descrizione dei risultati	45
Economic Fitness	46
Metodi e Teoria dei Networks	46
Contenuto tecnico scientifico	46
Economic Fitness	46
Metodi e Teoria dei Network	47
Collaborazioni nazionali e internazionali	47
Collaborazioni con le Università	47
Ricercatori coinvolti	48
Risorse e fonti finanziamento	48
3. L'IMPATTO DELL'INTELLIGENZA ARTIFICIALE SUL TESSUTO SOCIOECONOMICO E L'INNOVAZIONE TECNOLOGICA	49
Finalità e Obiettivi: breve descrizione dei risultati	49
Contenuto Tecnico Scientifico	50
Collaborazioni	50
Ricercatori Coinvolti	50
Risorse e fonti finanziamento	51
4. NEUROSCIENZE E NEUROIMAGING QUANTITATIVO	51
Finalità e Obiettivi: breve descrizione dei risultati	51
Contenuto tecnico scientifico	52
Collaborazioni nazionali e internazionali	52
Collaborazioni con le Università	53
Infrastrutture di ricerca	53
Ricercatori coinvolti	53
Risorse e fonti finanziamento	53
5. TECNOLOGIE FOTONICHE E INTELLIGENZA ARTIFICIALE.	54
Finalità e Obiettivi: breve descrizione dei risultati	54

<u>Contenuto tecnico scientifico</u>	54
<u>Collaborazioni nazionali e internazionali</u>	55
<u>Collaborazioni con le Università</u>	55
<u>Infrastrutture di ricerca</u>	56
<u>Ricercatori coinvolti</u>	56
<u>Risorse e fonti finanziamento</u>	56
<u>6. FISICA PER I BENI CULTURALI</u>	56
<u>Finalità e Obiettivi: breve descrizione dei risultati</u>	56
<u>Contenuto tecnico scientifico</u>	57
<u>Collaborazioni nazionali e internazionali</u>	58
<u>Collaborazioni con le Università</u>	59
<u>Infrastrutture di ricerca</u>	60
<u>Ricercatori coinvolti</u>	60
<u>Risorse e fonti finanziamento</u>	60
<u>INFRASTRUTTURE DI RICERCA</u>	61
<u>INFRASTRUTTURE VIRTUALI</u>	62
<u>COLLABORAZIONI NAZIONALI E INTERNAZIONALI</u>	64
<u>TECNOLOGIE FOTONICHE E INTELLIGENZA ARTIFICIALE</u>	64
<u>INNOVAZIONE E SCENARI PREDITTIVI PER LA SOSTENIBILITÀ</u>	64
<u>COMPLESSITÀ NELLE SCIENZE NATURALI, SOCIALI ED ECONOMICHE</u>	65
<u>NEUROSCIENZE E NEUROIMAGING QUANTITATIVO</u>	65
<u>FISICA PER I BENI CULTURALI</u>	66
<u>ATTIVITÀ DI TERZA MISSIONE</u>	68
<u>FINALITÀ E OBIETTIVI</u>	68
<u>ALTA FORMAZIONE DI GIOVANI SCIENZIATI</u>	69
<u>ATTIVITÀ DI PUBLIC ENGAGEMENT</u>	70
<u>PRODUZIONE E GESTIONE DEI BENI CULTURALI</u>	72
<u>Ricercatori coinvolti</u>	74
<u>Risorse e fonti finanziamento</u>	74
<u>Infrastrutture e attività di ricerca clinica</u>	75
<u>Brevetti</u>	76
<u>1. INNOVAZIONE E SCENARI PREDITTIVI PER LA SOSTENIBILITÀ</u>	78
<u>Stato dell'arte nel campo</u>	78
<u>Finalità e obiettivi</u>	78
<u>Contenuti e metodi</u>	79
<u>Collaborazioni nazionali e internazionali</u>	82
<u>Ricercatori coinvolti</u>	83
<u>Pubblicazioni recenti</u>	83
<u>Risorse</u>	85
<u>2. COMPLESSITÀ NELLE SCIENZE NATURALI, SOCIALI ED ECONOMICHE</u>	86
<u>Stato dell'arte nel campo</u>	86
<u>Finalità e obiettivi</u>	87

<u>Economic Fitness</u>	87
<u>Metodi e Teoria dei Networks</u>	87
<u>Contenuti e metodi</u>	87
<u>Economic Fitness</u>	87
<u>Sostenibilità</u>	88
<u>Metodi e Teoria dei Networks</u>	91
<u>Collaborazioni nazionali e internazionali</u>	92
<u>Ricercatori coinvolti</u>	93
<u>Pubblicazioni recenti</u>	93
<u>Risorse</u>	94
<u>3. L'IMPATTO DELL'INTELLIGENZA ARTIFICIALE SUL TESSUTO SOCIOECONOMICO E L'INNOVAZIONE TECNOLOGICA</u>	96
<u>Stato dell'arte nel campo</u>	96
<u>Finalità e obiettivi</u>	98
<u>Contenuti e metodi</u>	99
<u>Collaborazioni nazionali e internazionali</u>	102
<u>Ricercatori coinvolti</u>	103
<u>Pubblicazioni recenti</u>	103
<u>Risorse</u>	103
<u>4. NEUROSCIENZE E NEUROIMAGING QUANTITATIVO</u>	104
<u>Stato dell'arte nel campo</u>	104
<u>Finalità e obiettivi</u>	104
<u>Contenuti e metodi</u>	105
<u>Collaborazioni nazionali e internazionali</u>	109
<u>Ricercatori coinvolti</u>	109
<u>Pubblicazioni recenti</u>	110
<u>Risorse</u>	111
<u>5. TECNOLOGIE FOTONICHE E INTELLIGENZA ARTIFICIALE</u>	112
<u>Stato dell'arte nel campo</u>	112
<u>Finalità e obiettivi</u>	113
<u>Contenuti e metodi</u>	113
<u>Collaborazioni nazionali e internazionali</u>	115
<u>Ricercatori coinvolti</u>	115
<u>Risorse</u>	115
<u>Pubblicazioni</u>	115
<u>6. FISICA PER I BENI CULTURALI</u>	117
<u>Stato dell'arte nel campo</u>	117
<u>Finalità e obiettivi</u>	117
<u>Contenuti e metodi</u>	117
<u>Collaborazioni nazionali e internazionali</u>	120
<u>Ricercatori coinvolti</u>	121
<u>Pubblicazioni recenti</u>	121
<u>Risorse</u>	122
<u>DESCRIZIONE LABORATORI DI RICERCA</u>	124

<u>LABORATORIO DI FISICA PER I BENI CULTURALI:</u>	124
<u>LABORATORIO DI FOTONICA COMPUTAZIONALE:</u>	126
<u>LABORATORIO DEL PROGETTO EXTREME ENERGY EVENTS:</u>	128
<u>FUTURE IMPLEMENTAZIONI PREVISTE DEI LABORATORI DI RICERCA</u>	130
<u>LABORATORIO DI FISICA PER I BENI CULTURALI.</u>	130
<u>LABORATORIO DI FOTONICA COMPUTAZIONALE.</u>	130
<u>LABORATORIO DEL PROGETTO EEE</u>	130
<u>LABORATORI CONDIVISI.</u>	131
<u>Nuove sinergie tra i laboratori di ricerca del CREF</u>	131
<u>Terza missione dei laboratori di ricerca del CREF</u>	131
<u>Ricercatori coinvolti</u>	131
<u>Risorse</u>	132
<u>Stato dell'arte nel campo</u>	133
<u>Finalità e obiettivi</u>	134
<u>Contenuti e metodi</u>	136
<u>Collaborazioni nazionali e internazionali</u>	137
<u>Ricercatori coinvolti</u>	138
<u>Risorse</u>	138
<u>Stato dell'arte nel campo</u>	140
<u>Finalità e obiettivi</u>	140
<u>Contenuti e metodi</u>	141
<u>Collaborazioni nazionali e internazionali</u>	143
<u>Ricercatori coinvolti</u>	144
<u>Risorse</u>	144
<u>Stato dell'arte nel campo</u>	145
<u>Finalità e obiettivi</u>	146
<u>Contenuti e metodi</u>	147
<u>Collaborazioni nazionali e internazionali</u>	148
<u>Ricercatori coinvolti</u>	149
<u>Risorse</u>	149
<u>COMPLESSITÀ NEI SISTEMI AUTO-GRAVITANTI E MATERIA OSCURA</u>	152
<u>Contenuto scientifico e obiettivi</u>	152
<u>Collaborazioni nazionali e internazionali</u>	153
<u>Pubblicazioni recenti con affiliazione CREF</u>	153
<u>Ricercatori coinvolti</u>	153
<u>RADIO E ADRO TERAPIA</u>	153
<u>Contenuto scientifico e obiettivi</u>	154
<u>Collaborazioni nazionali e internazionali</u>	154
<u>Pubblicazioni recenti con affiliazione CREF</u>	155
<u>Fonti esterne di finanziamento</u>	156
<u>Ricercatori coinvolti</u>	156
<u>PROBLEMI APERTI IN MECCANICA QUANTISTICA</u>	156
<u>Contenuto scientifico e obiettivi</u>	156
<u>Collaborazioni nazionali e internazionali</u>	157

<u>Pubblicazioni recenti con affiliazione CREF</u>	157
<u>Fonti esterne di finanziamento</u>	158
<u>Ricercatori coinvolti</u>	159
<u>IL REGIO ISTITUTO DI FISICA A VIA PANISPERNA TRA STORIA E RICERCA. PROTAGONISTI, METODI, SCOPERTE, STRUMENTI SCIENTIFICI</u>	159
<u>Contenuto scientifico e obiettivi</u>	159
<u>Collaborazioni nazionali e internazionali</u>	160
<u>Pubblicazioni recenti con affiliazione CREF</u>	160
<u>Ricercatori coinvolti</u>	161
<u>SULLE ORME DEI RAGAZZI DI VIA PANISPERNA: TRA RICERCA SCIENTIFICA E IMPEGNO CIVILE</u>	161
<u>Contenuto scientifico e obiettivi</u>	161
<u>Collaborazioni nazionali e internazionali</u>	162
<u>Pubblicazioni recenti con affiliazione CREF</u>	162
<u>Ricercatori coinvolti</u>	163
<u>CAMBIAMENTO CLIMATICO: INTELLIGENZA ARTIFICIALE, RETI COMPLESSE E METODI STOCASTICI PER LA MISURA DELL'IMPATTO</u>	163
<u>Contenuto scientifico e obiettivi</u>	163
<u>Collaborazioni nazionali e internazionali</u>	164
<u>Pubblicazioni recenti con affiliazione CREF</u>	164
<u>Ricercatori coinvolti</u>	164

PRIMA PARTE: SCHEDE DI SINTESI INVIATE DAL MUR

La prima parte del Piano Triennale di Attività del Museo Storico della Fisica e Centro Studi e Ricerche "Enrico Fermi" (CREF) è scritta sulla base delle richieste contenute nelle schede di sintesi inviate dal MUR ed espone in modo sintetico le attività dell'Ente.

INDICE DELLE SCHEDE PER LE COMMISSIONI PARLAMENTARI

1. Missione e affinità con altri enti nazionali e internazionali; aderenza verso il PNR (%)
2. Risorse e Bilancio
3. Fabbisogno del personale e dotazione organica
4. Partecipazioni
5. Attività di ricerca
6. Infrastrutture di ricerca
7. Collaborazioni nazionali e internazionali
8. Attività di Terza Missione

Missione e affinità con altri enti nazionali e internazionali. Aderenza verso il PNR

Il **Museo Storico della Fisica e Centro Studi e Ricerche Enrico Fermi (CREF)** ha sede nella **palazzina di Via Panisperna** che ha ospitato lo storico Regio Istituto di Fisica dagli anni '80 del 1800 alla fine degli anni '30 del 1900. In questo luogo, tra la fine degli anni '20 e la metà degli anni '30, fu attivo il **celebre gruppo di giovani fisici capitanato da Enrico Fermi e composto, tra gli altri, da Emilio Segrè, Edoardo Amaldi, Franco Rasetti, Bruno Pontecorvo**. In particolare, nel biennio 1934-35 venne qui portata avanti un'intensa attività di **ricerca all'avanguardia nella fisica fondamentale**, tra cui i primi esperimenti sulla radioattività indotta da neutroni, che giocheranno un ruolo centrale nel futuro sviluppo dell'energia nucleare. In questa palazzina è stata quindi scritta non solo la storia della fisica italiana, ma quella di tutto il Novecento. Per questa sua eccezionale importanza, nel 1999, il Parlamento ha votato all'unanimità la Legge che ha costituito un nuovo Ente di Ricerca: il "Museo Storico della Fisica e Centro Studi e Ricerche Enrico Fermi", vigilato dal Ministero dell'Università e Ricerca, con sede istituzionale proprio nella Palazzina di Via Panisperna.

Il restauro completo della palazzina di Via Panisperna, concluso nel novembre 2019, ha reso questo luogo il centro strategico dello sviluppo dell'Ente.

Da quel momento, l'obiettivo prioritario dell'Ente è stato, da un lato, rendere questo luogo un **centro di ricerca di livello internazionale**, in virtù dello sviluppo di un'attività di ricerca originale e di avanguardia nel campo della fisica con una forte connotazione interdisciplinare; dall'altro **valorizzare e disseminare l'eredità scientifica di Enrico Fermi** attraverso la realizzazione di un moderno museo storico della fisica per diffondere la memoria storica dell'opera di Fermi e la conoscenza scientifica alle nuove generazioni.

Il focus strategico del CREF è dunque quello di proporre linee di ricerca originali e di grande impatto, improntate ai metodi della fisica, ma con un forte carattere interdisciplinare e in relazione con i principali problemi della moderna società della conoscenza. Obiettivo di tale strategia non è quello di replicare in piccolo le linee di ricerca delle grandi istituzioni scientifiche con un forte orientamento tematico, bensì rendere il CREF, grazie anche alla sua dimensione agile, una grande opportunità per la comunità scientifica italiana e internazionale.

In questo quadro, a partire dagli ultimi tre anni, il CREF ha intrapreso un intenso lavoro di sviluppo di **linee di ricerca interdisciplinari ad alto impatto scientifico**:

- 1. Innovazione e scenari predittivi per la Sostenibilità.** Questa attività riguarda l'iniziativa congiunta CREF Sony CSL (denominata JICS), che si distingue per l'unicità del tentativo di combinare un'istituzione pubblica e un laboratorio di ricerca che opera in un ambiente

aziendale per creare una nuova entità di ricerca che integri i campi della scienza, dell'arte, dell'impegno pubblico e delle imprese per promuovere l'innovazione e raggiungere gli Obiettivi di Sviluppo Sostenibile (SDGs). JICS si occupa di sviluppare modelli, piattaforme interattive e scenari predittivi in tre ambiti principali: le città sostenibili, le patologie dell'ecosistema dell'informazione e la cosiddetta creatività aumentata, ossia l'utilizzo di nuove tecnologie legate all'intelligenza artificiale per potenziare la creatività umana.

- 2. Complessità nelle Scienze naturali, sociali ed economiche.** Studio della dinamica di sistemi complessi sociali ed economici mediante tecniche di meccanica statistica, sistemi dinamici, network science e machine learning, allo scopo di realizzare scenari di previsione e di informare l'attività di policy-making in ambito socioeconomico.
- 3. L'impatto dell'intelligenza artificiale sul tessuto socioeconomico e l'innovazione tecnologica.** L'impatto dell'intelligenza artificiale sul tessuto socioeconomico e l'innovazione tecnologica. Studio dell'impatto degli sviluppi nell'IA sul mercato del lavoro e sulle reti sociali. Studio di come questi strumenti possano essere utilizzati per guidare l'esplorazione della conoscenza, la creatività e lo sviluppo scientifico e tecnologico.
- 4. Neuroscienze e Neuroimaging Quantitativo.** Sviluppo di tecniche di neuroimmagini; relative applicazioni allo studio dell'energetica della funzione cerebrale e alla dinamica delle reti cerebrali. Applicazioni alla caratterizzazione di patologie neurodegenerative e all'identificazione di biomarcatori precoci.
- 5. Tecnologie Fotoniche e Intelligenza Artificiale.** Realizzazione di macchine di calcolo fotonico e quantistico per l'elaborazione dati in intelligenza artificiale a basso consumo energetico; sviluppo delle relative metodologie ingegneristiche e conoscenze di fisica di base classica e quantistica mediante esperimenti, teorie e simulazioni numeriche.
- 6. Fisica per i Beni Culturali.** Studio di materiali d'interesse storico-artistico tramite metodi innovativi per l'interpretazione dei dati e Machine Learning. Le attività sono svolte presso il laboratorio dedicato del CREF e presso infrastrutture di ricerca di neutroni e luce di sincrotrone.

A queste linee principali di sviluppo e ricerca si aggiungono vari progetti di natura individuale e specifica, descritti nel sito web (www.cref.it) e nella seconda parte del presente Piano Triennale:

- Complessità nei sistemi auto-gravitanti e materia oscura
- Radio e Adro Terapia
- Problemi Aperti in Meccanica Quantistica
- Il Regio Istituto di Fisica a via Panisperna tra storia e ricerca. Protagonisti, metodi, scoperte, strumenti scientifici

- Sulle orme dei Ragazzi di via Panisperna: tra ricerca scientifica e impegno civile
- Cambiamento climatico: intelligenza artificiale, reti complesse e metodi stocastici per la misura dell'impatto

Le iniziative del CREF comprendono anche importanti **attività di Terza Missione**:

- **Museo Enrico Fermi** dedicato all'eredità scientifica di Enrico Fermi. Il Museo è uno degli elementi fondamentali del CREF e al suo sviluppo è dedicata una parte consistente delle risorse dell'Ente. Il Museo e le attività ad esso connesse sono coordinati da un apposito comitato di ricercatori dell'Ente che supervisiona in tempo reale l'efficacia della proposta culturale rendendola adeguata alle esigenze della terza missione. Grazie alle aperture speciali per la cittadinanza e alle mattine riservate alle scuole, il Museo è **visitato ogni anno da migliaia di persone**
- **Alta formazione** di giovani scienziati attraverso il finanziamento di borse di dottorato in Fisica ed Ingegneria, da svolgere presso il CREF, in convenzione con Università pubbliche. Al momento sono attive 18 borse di dottorato.
- **Progetto Extreme Energy Events – La Scienza nelle Scuole**: una collaborazione con circa 100 scuole superiori in tutta Italia, di cui circa 60 dotate di un rivelatore per i raggi cosmici, sviluppato e monitorato dal CREF.
- **Diffusione e Comunicazione della cultura scientifica**. Negli ultimi due anni, col diminuire degli effetti della pandemia, è stata sviluppata un'intensa attività di diffusione della conoscenza scientifica e storica integrata con l'attività museale per gli studenti delle scuole e per il grande pubblico attraverso conferenze, seminari ed eventi scientifico-culturali.

All'interno del CREF sono state realizzate alcune infrastrutture **fondamentali**, strettamente collegate alle linee di ricerca:

- **Laboratorio per lo studio della Fisica per i Beni Culturali**, dotato di strumentazione portatile per analisi integrate di fluorescenza a raggi X (ED-XRF), spettroscopia Raman e spettroscopia infrarossa in trasformata di Fourier (FTIR) in trasmittanza e assorbanza, workstations dedicate con ampia potenza di calcolo per analisi dati tramite software dedicato e piccola strumentazione accessoria.
- **Laboratorio di Fotonica Computazionale**, dotato di tavoli ottici stabilizzati, sorgenti laser visibili e infrarosso, modulatori spaziali di luce, rivelatori ottici e strumentazione accessoria necessaria alla realizzazione delle macchine di calcolo fotonico e degli esperimenti collegati. Sono presenti workstations dedicate alle simulazioni numeriche per l'indagine teorica.
- **Laboratorio per lo studio dei Raggi Cosmici** collegato al progetto Extreme Energy Events all'interno del quale è installato un telescopio per la rivelazione e tracciamento di

raggi cosmici, costituito da tre rivelatori a gas Multigap Resistive Plate Chambers, ciascuno con superficie efficace di circa 2 mq.

STRATEGIE DI SVILUPPO E INTERNAZIONALIZZAZIONE

Internazionalizzazione del CREF

Il CREF intende proporsi quale punto di riferimento internazionale per molte delle linee di ricerca in cui ha concentrato la sua attività negli ultimi anni. A tal fine, nel corso dell'ultimo anno, è stato elaborato un apposito progetto di sviluppo delle collaborazioni internazionali e presentato al MUR, esplicitando i passaggi strategici fondamentali per una sua piena realizzazione.

Tra le iniziative ad alto potenziale di sviluppo internazionale, ne citiamo alcune qui di seguito, a titolo di esempio.

Complessità nelle Scienze naturali, sociali ed economiche

Una parte rilevante del personale scientifico dell'ente è impegnato in attività di ricerca nell'ambito della teoria dei sistemi complessi applicata a sistemi naturali e socioeconomici. Questi studi si inseriscono al livello più alto di una comunità scientifica internazionale, quella dei sistemi e delle reti complesse, in fortissima crescita negli ultimi anni e con un forte carattere interdisciplinare. Le attività sviluppate all'interno dell'Ente sono perciò ideali per costruire attività e progetti di ricerca congiunti con altre istituzioni scientifiche a livello internazionale. I campi interessati da queste ricerche spaziano da modelli epidemiologici e modelli diffusivi su reti complesse a reti ecologiche e socioeconomiche.

Tra queste attività vale la pena citare il metodo della **Fitness Economica**. Sviluppato da un gruppo di ricercatori ora strutturato al CREF, si è affermato come un **nuovo importante framework** per le analisi economiche relative allo sviluppo industriale dei paesi e all'evoluzione della dinamica delle innovazioni tecnologiche. Da questa linea di ricerca sono nate importanti interazioni con istituzioni **economiche centrali nel panorama internazionale**. Bloomberg Views ha recentemente dichiarato che tale approccio ha un potere predittivo superiore a tutti i metodi standard in letteratura. Negli ultimi anni la **Commissione Europea**, tramite il proprio istituto JRC, ha utilizzato questo metodo per la valutazione delle performance economiche e le prospettive di sviluppo dei paesi europei. Anche il dipartimento IFC della **World Bank di Washington** adotta già da alcuni anni la metodologia della Fitness Economica per pianificare e

monitorare lo sviluppo dei paesi e nel novembre 2021 è stato firmato un Memorandum of Understanding per creare attività di ricerca congiunte e per studiare l'estensione del metodo alla scala delle aziende.

Recentemente il CREF ha anche firmato un accordo di collaborazione scientifica con relativo scambio di Dottorandi e ricercatori con **l'Università delle Nazioni Unite UNU- Merit di Maastricht**, per integrare il metodo della Fitness nei piani di studio dei dottorati di ricerca e avviare attività comuni di studio.

Sulla scia di questi risultati, il nostro obiettivo è quello di ampliare queste attività e stabilire un vero **Hub internazionale**. Inoltre, il metodo della Fitness Economica fornisce al decisore politico un'analisi scientifica radicalmente nuova dei rischi e delle opportunità di sviluppo degli investimenti economici.

Fotonica Computazionale e Informazione Quantistica

Come sopra specificato, all'interno del CREF è operativo un laboratorio sperimentale di Fotonica Quantistica Computazionale finanziato in parte direttamente dal CREF, e in parte da progetti esterni. Le tematiche affrontate rappresentano lo stato dell'arte di questo campo, con alla base il Premio Nobel per la Fisica del 2022. Il laboratorio ha già ottenuto importanti risultati scientifici, pubblicati sulle riviste più influenti del settore e della fisica in generale, e raccolto finanziamenti dal PNRR per un totale di circa **300 k€**. Ambisce pertanto a diventare un **riferimento internazionale** in un campo particolarmente attuale e competitivo.

Scienza e impresa

Il rapporto tra istituzioni di ricerca pubbliche e imprese private rappresenta uno degli elementi originali e strategici a cui il CREF intende dare un importante e originale contributo.

Un progetto di questo tipo, implementato e in pieno sviluppo operativo, è quello relativo **all'iniziativa congiunta tra il nostro Ente e il Centro di Ricerca della Sony Computer Science Laboratory di Parigi**. **Sony CSL supporta 12 ricercatori** che già operano all'interno del Cref con uno specifico progetto di collaborazione su temi di comune interesse. Questo progetto corrisponde a una **risorsa esterna** di circa **un milione di euro** che il Cref acquisisce in termini di stipendi e contributi alla ricerca. Le tematiche di questo laboratorio congiunto riguardano: l'Innovazione, la Creatività, la Dinamica delle Informazioni (Fake News etc.) e in particolare i **17 obiettivi SDG relativi alla Sostenibilità Sociale ed Economica**.

Un'altra collaborazione particolarmente interessante è quella con **PI CAMPUS** (<https://picampus.it> e <https://translated.com>). Questa società, relativamente giovane, ha avuto un grande successo a livello internazionale con traduzioni basate su metodi di Intelligenza Artificiale (AI) e rappresenta anche un incubatore per oltre 50 Startup in vari campi connessi

con AI. Per PI CAMPUS, il CREF ha sviluppato un indice di importanza commerciale delle varie lingue per i vari settori e prodotti industriali (**T-index**) che è stato implementato nelle strategie dell'azienda. PI CAMPUS ha supportato un dottorato triennale e varie altre iniziative del CREF per un valore di circa **200 k€**.

Laboratorio CREF di neuroscienze e Human Brain Project

Rispetto al progetto "Neuroscience e Neuroimaging Quantitativo" continua la collaborazione con l'IRCCS Santa Lucia di Roma. Il gruppo di ricerca si è aggiudicato diversi finanziamenti esterni. Inoltre, ha avviato una collaborazione, con base al CREF, con il gruppo di Neuroscienze dell'Università di Pavia attraverso il partenariato con il progetto flagship europeo "Human Brain Project (HBP)" della Commissione Europea. Sebbene tale progetto si concluderà alla fine del 2023, si prevede l'avvio di nuove iniziative internazionali di sviluppo scientifico che coinvolgeranno l'estesa comunità scientifica internazionale coinvolta in HBP e di cui il CREF è parte integrante.

Altre attività di ricerca

Sono inoltre presenti altre **attività di ricerca, coordinate dai singoli ricercatori del CREF**, di interesse strategico per lo sviluppo dell'Ente e che sono dettagliate nelle apposite schede del presente Piano Triennale di Attività.

Parte integrante dell'attività di ricerca è l'organizzazione sistematica di **seminari scientifici e workshop** su tematiche e progetti scientifici ritenuti centrali per lo sviluppo dell'Ente.

Aderenza verso il PNR

L'attività scientifica del CREF e il relativo Piano Triennale di Attività vengono sviluppati in piena coerenza con gli scopi e le finalità contenuti nel PNR 2021-2027. Conseguentemente, **tutti i Progetti strutturali dell'Ente sono stati concepiti con la finalità di portare un contributo tangibile allo sviluppo del Paese, in conformità con il PNR**. In particolare, molti dei Progetti presentano un carattere fortemente interdisciplinare e innovativo, sono basati su metodologie data-driven e hanno una forte connotazione internazionale. L'attività scientifica di alcuni di essi, come ad esempio l'iniziativa congiunta con il Sony CSL di Parigi presso il CREF, è incentrata prevalentemente sui Sustainable Development Goals delle Nazioni Unite. Insieme al recente accordo con The United Nations University - Maastricht Economic and Social Research Institute on Innovation and Technology (UNU-MERIT), queste attività caratterizzano il Cref come un Hub internazionale del massimo livello. Tutti i progetti scientifici hanno anche

l'obiettivo di **valorizzare e promuovere il contributo dei giovani ricercatori alla ricerca scientifica**.

Gender Equality Plan (GEP)

A partire dal giugno 2022 il CREF si è dotato del Gender Equality Plan (GEP), redatto sulla base delle indicazioni fornite dalla Commissione Europea. Uno dei fondamenti su cui si basa l'intero progetto dell'Unione Europea, a livello di diritto comunitario, è proprio il principio fondamentale dell'uguaglianza tra i sessi che individua nella parità tra le donne e gli uomini uno dei valori fondanti dell'Unione Europea medesima.

Il GEP costituisce dunque un complesso di azioni finalizzate a promuovere l'uguaglianza di genere attraverso il cambiamento istituzionale e culturale e si propone di presentare, all'interno del CREF, una fotografia dell'attuale situazione di genere esistente e l'introduzione di nuove misure e strumenti che possano influire positivamente sul clima lavorativo, favorendo la condivisione di valori di equità e di rispetto individuale.

Il CREF è già da tempo sensibile al tema dell'uguaglianza di genere, dedicando alla sostenibilità sociale risorse e sostenendo iniziative di ricerca contemplanti l'uguaglianza di genere. Così come è ricettivo rispetto alla dimensione più ampia della lotta alle discriminazioni sociali attraverso progetti di ricerca e attività di outreach, tramite l'organizzazione di conferenze, seminari, webinar e docufilm dedicati al tema.

STRUTTURA DELL'ENTE

Per garantire l'alto livello delle ricerche scientifiche dell'Ente, il Consiglio di Amministrazione ha nominato, secondo procedure a norma di Legge, una struttura scientifica composta da scienziati di assoluto prestigio internazionale che interviene sia nella decisione delle strategie di sviluppo che nella verifica dei risultati prodotti delle linee di ricerca e dei progetti.

La struttura di gestione dell'Ente è così composta:

- **Consiglio di Amministrazione:** Luciano Pietronero (Presidente), Tiziana di Matteo (Consigliere), Roberto Benzi (Consigliere)
- **Consiglio Scientifico:** Eugenio Gaudio (Presidente), Ruth Durrer, Fernando Ferroni, Marco Trombetti, Stefano Zapperi
- **Comitato Interno di Valutazione:** Itamar Procaccia (Presidente), Lucilla De Arcangelis, Yi-Cheng Zhang
- **Comitato tecnico del Museo Fermi:** Miriam Focaccia (Coordinatrice), Fabrizio Coccetti, Giulia Festa, Marco Garbini, Federico Giove, Michela Marafini, Silvia Pisano.

- **Gruppo di lavoro GEP:** Giulia Festa (Coordinatrice), Miriam Focaccia, Dario Mazzilli, Aurelio Patelli, Marta Pepe
- **Gruppo di lavoro Piano Triennale 2023-2025:** Fabrizio Coccetti (Coordinatore), Claudio Conti, Giulia Festa, Miriam Focaccia, Federico Giove, Vittorio Loreto
- **Presidente dell'Ente:** Luciano Pietronero
- **Direttore Scientifico:** Andrea Gabrielli
- **Direttore Amministrativo:** Alessandro Sbrana

GOVERNANCE SCIENTIFICA

Come previsto dallo Statuto dell'Ente, **il Consiglio Scientifico** contribuisce attivamente all'indirizzo scientifico del CREF, con particolare riguardo alle collaborazioni nazionali e internazionali e all'innovazione tecnologica nelle imprese. Inoltre, esprime al Consiglio di Amministrazione parere tecnico-scientifico sulle proposte del Piano Triennale e sui relativi aggiornamenti annuali e realizza analisi, studi e confronti sullo stato della ricerca nel campo della fisica a livello nazionale e internazionale, individuando possibili linee evolutive. Il Consiglio Scientifico si riunisce almeno due volte all'anno.

In aggiunta, il CREF si avvale di un **Comitato Interno di Valutazione** che, su base annuale, valuta i risultati scientifici conseguiti dall'attività complessiva dell'Ente in relazione agli obiettivi definiti nel Piano Triennale, predisponendo una apposita Relazione da sottoporre al Consiglio di Amministrazione. La valutazione delle attività di ricerca si basa sui principi previsti dalla Raccomandazione della Commissione Europea dell'11 marzo 2005, riguardante la Carta Europea dei ricercatori (2005/251/CE), e dal documento "European Framework for Research Careers", secondo quanto previsto dal regolamento dell'Agenzia Nazionale di Valutazione del sistema Universitario e della Ricerca (ANVUR) di cui all'art. 3, comma 1, lettera c) del D.P.R. 1° febbraio 2010, n. 76 e successive modifiche e integrazioni.

Il **Direttore Scientifico** è preposto al coordinamento della struttura di ricerca. Le sue funzioni consistono nel sottoporre al Consiglio di Amministrazione gli elementi del Piano Triennale e nel provvedere: al coordinamento dei progetti interdisciplinari del CREF e alla loro attuazione, alla valorizzazione e diffusione dei risultati delle attività di ricerca, alla promozione delle attività di disseminazione della cultura scientifica. Verifica i risultati dell'attività della Struttura di Ricerca e propone al Consiglio di Amministrazione iniziative di formazione e sviluppo professionale di ricercatori, tecnologi e personale tecnico. Il Direttore Scientifico delega la gestione operativa e la supervisione delle attività museali al Comitato Tecnico del Museo.

Il **Comitato Tecnico del Museo** ha i seguenti compiti: curare la conservazione, l'ordinamento, l'esposizione, lo studio dei materiali; curare la tenuta e l'aggiornamento degli inventari e della

catalogazione; provvedere, di concerto con il Direttore Scientifico del CREF, alla gestione scientifica e tecnica del Museo predisponendo gli ambienti espositivi in rapporto alle esigenze dei materiali e delle raccolte; provvedere, di concerto con il Direttore scientifico del CREF, al coordinamento e valorizzazione delle attività della Struttura Museale di Ricerca; curare la compilazione dei cataloghi e delle guide; formulare le proposte relative alla disciplina delle visite del pubblico e degli studenti; relazionarsi con gli uffici amministrativi per le richieste di manutenzione degli strumenti multimediali nonché per ogni altra attività per cui sia necessario il supporto amministrativo; intrattenere rapporti tra il CREF e altri Enti, Musei, Università, Accademie, etc.; proporre e accogliere iniziative che possano favorirne la crescita sociale e culturale; curare l'espletamento di quant'altro risulti necessario, opportuno, conveniente al fine di assicurare il miglior funzionamento del Museo; stabilire il calendario delle visite; proporre al Direttore Amministrativo la turnazione del personale a supporto delle attività museali.

RISORSE E BILANCIO

RICAVI E PROVENTI PER L'ATTIVITÀ ISTITUZIONALE

Contributo ordinario dello Stato

I contributi ordinari si riferiscono a trasferimenti correnti e si distinguono in base alla natura dell'ente erogatore. Qui vengono iscritti i trasferimenti del Ministero dell'Università e della Ricerca, secondo quanto previsto dal decreto di riparto del Fondo Ordinario per gli enti e le istituzioni di ricerca n. 571 del 21 giugno 2022. Ai fini dell'elaborazione del bilancio di previsione 2023, l'art. 2 del decreto prevede che gli enti possano considerare quale riferimento il 100% dell'ammontare dell'assegnazione complessiva indicata nelle tabelle dedicate a ciascun ente per il corrente esercizio, salvo eventuali riduzioni apportate per effetto di disposizioni normative di contenimento della spesa pubblica e per diversa assegnazione disposta con il decreto di ripartizione dell'anno di riferimento.

L'assegnazione del FOE in favore dell'Istituto per l'esercizio 2022, che quindi viene considerata come valore di riferimento anche per l'esercizio 2023 ammonta a:

Assegnazione ordinaria euro 2.495.137

Contributi dallo Stato

Il riferimento è al progetto finanziato dal MUR a valere sul PNRR - Missione 4 "Istruzione e Ricerca" - Componente 2 "Dalla Ricerca all'Impresa" - Investimento 1.2 "Finanziamento di progetti presentati da giovani ricercatori" di cui all'Avviso 247 del 19.08.2022 e ss.mm.ii denominato Comp-SECOONDO, decreto di concessione MUR prot. n. 564 del 13/12/2022, ID progetto MSCA_0000079, di cui è risultato vincitore il dott. Romolo Savo.

Tale progetto precede un finanziamento complessivo di 300.000 euro in tre anni, di cui 150.000 nell'esercizio 2023.

Contributi da privati

La voce è relativa al contributo pari ad euro 42.700 che Sony Europe B.V. erogherà al CREF in base agli accordi di cui alla convenzione per collaborazione scientifica di durata triennale stipulata in data 1 ottobre 2021 (prot. 1452 del 14 ottobre 2021).

Inoltre, nel corso del 2023 il CREF dovrà svolgere alcune procedure concorsuali già programmate a partire dal piano triennale 2022-2024 per il reclutamento di figure amministrative e tecniche. A causa del recente cambiamento della normativa in tema di concorsi, che prevede l'utilizzo di strumenti informatici e digitali per le prove scritte e per le prove orali l'ente, prevedendo un cospicuo afflusso di candidati, non essendo dotato delle necessarie risorse umane e strumentali, dovrà richiedere il supporto esterno, sostenendone i relativi costi. Da qui la previsione di richiedere ai partecipanti (si ipotizza 200) alle prove un contributo di ammissione di euro 10, per un totale stimato di euro 2.000.

Ricavi per cessioni di prodotto e prestazioni di servizi

La voce ricomprende i proventi derivanti dall'organizzazione di eventi scientifici all'interno della sede del CREF, prevalentemente presso l'Aula Fermi, per un importo presunto di euro 10.000.

PRINCIPALI VOCI DEL BILANCIO PREVENTIVO CREF 2023

Personale dipendente

Personale a tempo indeterminato						
Livello	Profilo	In servizio 1 gen 2023	Da assumere 2023	In servizio al 31 dic 2023	Costo	Note
I	Dirigente di Ricerca	2	0	2	196.750,36	
I	Dirigente tecnologo	1	0	1	104.617,59	
II	Primo ricercatore	1	0	1	73.217,01	
III	Ricercatore	11	4	15	843.170,27	a, b
III	Tecnologo	1	0	1	54.316,96	
V	Collaboratore TER	1	0	1	56.714,22	
V	Funzionario amministrativo	1	3	4	226.856,89	c
V	Collaboratore amministrativo	2	0	2	122.592,53	
VI	Collaboratore TER	1	0	1	51.374,13	
VIII	Operatore TER	1	0	1	42.853,79	d
	Totali	21	7	29	1.772.463,7	5

Legenda note

a: 2 ricercatori a tempo indeterminato in servizio reclutati con la linea di finanziamento “giovani ricercatori”

b: 4 concorsi avviati nel 2022 e che si concluderanno a breve

c: 1 posizione già prevista nel 2022 e in corso di reclutamento; 1 posizione ipotesi posto riservato a personale già in servizio (progressione verticale)

d: 1 unità appartenente alle categorie protette (reclutamento obbligatorio effettuato nel 2022)

Personale a tempo determinato

Personale a tempo determinato						
Livello	Profilo	In servizio 1 gen 2023	Da assumere 2023	In servizio al 31 dic 2023	Costo	Note
III	Ricercatore	1	0	1	54.902,81	e
VI	Collaboratore TER	0	1	1	51.887,39	
VII	Collaboratore amministrativo	0	1	1	45.349,76	
n.c.	Direttore amministrativo	1	0	0	156.159,70	f
n.c.	Direttore scientifico	1	0	1	21.123,81	g
	Totali	3	2	4	329.413,47	

Legenda note

e: posizione finanziata su fondi PNRR

f: contratto in scadenza al 29 dicembre 2023

g: quota a carico CREF (già dipendente di altra amministrazione pubblica)

Dimostrazione del rispetto del limite imposto dal D.Lgs. 218/2016:

Totale spese personale 2023	2.101.877,22
Totale spese personale 2023 escluse (a+d+e)	206.390,52
Totale spese personale 2023 soggette al limite	1.895.486,70
Entrate complessive 2019 da consuntivo approvato	3.193.548,00
Entrate complessive 2020 da consuntivo approvato	2.560.113,12
Entrate complessive 2021 da consuntivo approvato	3.569.696,54
Media entrate triennio precedente (2019-2021)	3.107.785,89
80% media triennio precedente	2.486.228,71

Percentuale effettiva spese personale/media entrate	60,99%
---	--------

Assegni di ricerca

Sono attualmente attivi presso il CREF numero 19 assegni di ricerca. Nel bilancio preventivo 2023 è stato costruito nell'ipotesi che si proceda al rinnovo di tutte le posizioni in scadenza. Ad una di queste si è già provveduto. Il bilancio tiene conto anche dell'attivazione (di cui appena avvenuta) di ulteriori due assegni di ricerca.

Il costo complessivo dei 21 assegni di ricerca è calcolato pari ad euro 625.329,81.

Borse di ricerca/studio

Due sono le borse di ricerca/studio attive nel 2023, mentre è stata ipotizzata l'avviamento di ulteriori due nei primi mesi dell'anno. Il costo complessivo delle 4 posizioni è pari ad euro 110.670,00.

COSTI COMPLESSIVI PER IL PERSONALE

I costi complessivi per personale sono quindi pari a:

Tempo indeterminato	1.772.463,75
Tempo determinato	329.413,47
di cui a carico PNRR	54.902,81
Assegni di ricerca	625.329,81
Borse di ricerca/studio	110.670,00
Totale costi risorse umane	2.837.877,03
Totale costi risorse umane a carico FOE	2.782.974,22
FOE 2022	2.495.137,00

A tali costi vanno aggiunti circa 45.000 euro per i buoni pasto e 13.000 per la formazione del personale dipendente.

Il budget per le missioni è contenuto in euro 108.000, per una media di circa euro 2.400 a studioso (ricercatori, tecnologi, assegnisti), escludendo le altre categorie di personale.

MANUTENZIONE DEL MUSEO E DELLA PALAZZINA

Per la manutenzione dell'immobile il budget è stato ripartito nelle seguenti voci:

Manutenzione ordinaria e riparazioni di impianti e macchinari (impianto idraulico, riscaldamento, condizionamento, ascensori, antincendio, elettrico, ecc.)	60.000,0 0
Manutenzione ordinaria e riparazioni di attrezzature (Aula Fermi, videoproiettori, pannelli informativi)	30.000,0 0

Manutenzione ordinaria e riparazioni di beni immobili (lavori edili, infissi, porte, ecc.)	80.000,0 0
Manutenzione ordinaria e riparazioni di beni immobili di valore culturale, storico ed artistico (Museo)	30.000,0 0
Pulizie ordinarie	40.000,0 0
Totale delle voci precedenti	240.000, 00

Si segnalano alcune criticità.

- In generale, nel periodo successivo alla consegna della Palazzina, anche a causa dell'emergenza Covid, le manutenzioni sono state trascurate/omesse. Ciò ha determinato la necessità di intervenire a partire dall'anno 2022 in condizioni di urgenza, con conseguente aggravamento dei costi.
- Il CREF è impossibilitato a godere delle convenzioni o accordi quadro CONSIP per servizi di Facility management (manutenzioni, pulizie, sicurezza, ecc.) in quanto riservati a realtà che dispongono di almeno un "grande immobile" (di superficie superiore a 5000 metri quadrati). Ciò non impedisce di poter contrattare condizioni altrettanto vantaggiose, ma richiede comunque un maggior lavoro per l'amministrazione del CREF nell'interagire con un maggior numero di fornitori.
- Il CREF non dispone ancora di un contratto per le manutenzioni ordinarie all'impianto elettrico. Si ipotizza di provvedere subito dopo il primo assestamento di bilancio, in base alla disponibilità effettiva.

ASSICURAZIONI

Nel corso del secondo semestre del 2022 il CREF si è dotato di nuovi strumenti assicurativi, per far fronte ad imprevisti nell'esercizio delle sue attività, incrementate dopo il termine dell'emergenza Covid. Il costo totale annuo è pari ad euro 40.500,00, così ripartiti:

Kasko missioni dipendenti	3.500,00
All risks Palazzina e Museo (compreso il contenuto)	11.000,00
Responsabilità civile verso terzi	8.000,00
Infortuni assegnisti, dottorandi, frequentatori e visitatori Museo	11.000,00
Tutela legale	7.000,00

Utenze e altri costi indiretti

Per lo svolgimento delle attività istituzionali il CREF ha attualmente bisogno di sostenere, tra gli altri, i seguenti costi annui:

Energia elettrica	130.000,0 0
Acqua	2.000,00
Gas	50.000,0 0
Telefonia fissa	15.000,00
Accesso ad Internet	12.500,00
Spese postali	2.000,00
Servizi di pulizia e lavanderia	40.000,0 0
Rimozione e smaltimento di rifiuti tossico-nocivi e di altri materiali	5.000,00
Servizio di tesoreria	8.000,00
Software gestionale (contabilità, protocollo, ecc.)	85.000,0 0
Prestazioni di natura contabile, tributaria e del lavoro	25.000,0 0
DPO, RSPP, Medico Competente, Esperto museo	70.000,00
Indennità C.d.A.	12.100,00
Compensi agli organi istituzionali di revisione, di controllo	21.600,00
Compensi agli altri incarichi istituzionali dell'amministrazione (OIV)	7.000,00
Totale delle voci precedenti (elenco non esaustivo)	495.200, 00

I costi per l'acqua sanitaria sono solo presunti perché l'effettivo collegamento con l'acquedotto pubblico è avvenuto solo a fine 2022 e non si dispone di uno storico dei consumi.

Le spese per pulizie riguardano la sola componente ordinaria (compresi i materiali di consumo) . Per gli interventi straordinari (sanificazioni, ecc.) si dovrà attendere la quantificazione delle risorse disponibili dopo l'assestamento di bilancio.

Deve essere segnalato il fatto che l'Aula Fermi risulta ancora collegata all'impianto elettrico del Ministero dell'Interno. Il passaggio sull'utenza CREF, auspicabile anche per motivi di sicurezza, richiederà un costo significativo.

Altri costi per attività istituzionale

Per lo svolgimento delle proprie attività istituzionali il CREF deve attualmente di sostenere, tra gli altri, i seguenti costi:

Organizzazione di manifestazioni e convegni	100.000,0 0
Graphic novel Fumetto Fermi	50.000,0 0
Materiale di consumo per laboratorio (gas Progetto EEE)	50.000,0 0
Trasporti, traslochi e facchinaggio (Progetto EEE)	15.000,00
Stampa e rilegatura	5.000,00
Cloud (Progetto EEE)	7.500,00
Svolgimento prove concorsuali e pubblicazioni	55.000,0 0
Totale delle voci precedenti (elenco non esaustivo)	282.500, 00

I costi per i gas del progetto EEE sono stati calcolati in modo conservativo tenendo presente la progressiva eliminazione dal mercato dei gas utilizzati nel progetto, con conseguenti difficoltà di reperimento.

Anche per quanto riguarda le spese di trasporto, sono state sottostimate a seguito delle difficoltà logistiche nell'attuare il piano di redistribuzione delle attrezzature tra i vari istituti scolastici e gli altri partner del progetto.

Sicurezza

A partire dal secondo semestre del 2022 si è provveduto a ripristinare tutti i controlli di sicurezza sui luoghi di lavoro previsti dalla normativa vigente.

Una lista non esaustiva è la seguente:

- costituzione delle squadre di emergenza e formazione antincendio/pronto soccorso;
- predisposizione del documento di valutazione dei rischi;
- attivazione dell'impianto rilevazione incendi (centrale, sensori, ecc.);
- revisione attrezzature antincendio (contratto per manutenzioni);
- collaudo periodico ascensori;
- nomina e formazione preposti;

- installazione cartellonistica;
- sostituzione delle lampade di emergenza fuori uso;
- controlli Legionella e operazioni di bonifica;
- prima pulizia cisterne acqua sanitaria;
- predisposizione piano di evacuazione;
- prova di evacuazione;
- prima ispezione delle coperture e stasamento delle grondaie.

Si segnalano le seguenti criticità, da risolvere a breve, riservando la relativa copertura:

- l'esigenza di attivare appositi contratti per la manutenzione periodica degli impianti di sicurezza ancora non coperti (es. centrale antincendio);
- la necessità di attivare i controlli periodici per il rilevamento del batterio Legionella e l'installazione di un apposito dispositivo per la purificazione dell'acqua sanitaria;
- prima ispezione e pulizia delle condotte dell'aria condizionata;
- la necessità di provvedere alla certificazione delle porte REI installate presso il laboratorio dei Beni culturali, oppure alla loro sostituzione;
- provvedere alla sistemazione delle tegole del tetto fuori posto;
- per l'intervento di cui al punto precedente è indispensabile procedere al collaudo o sostituzione delle "linee vita" presenti sul tetto e badare alle relative verifiche periodiche;
- È in corso di valutazione la migliore soluzione per la messa in sicurezza della sezione non ristrutturata della Palazzina per quanto riguarda gli accessi delle squadre di manutenzione (predisposizione di protezioni anticaduta in tutti i vani scale e in prossimità delle finestre.

La soluzione di tali criticità richiederà il sostenimento di nuovi e consistenti costi, da determinare al momento della quantificazione delle risorse disponibili dopo l'assestamento di bilancio.

Si segnala, infine, che le persiane di cui sono dotate le finestre del CREF (circa 180) versano in gravi condizioni e richiedono di essere mantenute e/o sostituite, generando costi al momento non stimabili. Transitoriamente si è provveduto a rimuovere e conservare quelle che costituivano un pericolo per i passanti.

Strumentazioni di ricerca e altri investimenti

Le poche risorse a disposizione hanno determinato la necessità di contenere gli investimenti in attrezzature scientifiche, attualmente previsto in euro 100.000,00, di cui la gran parte (75.000,00) a carico del progetto PNRR.

Sono poi previsti acquisti di postazioni di lavoro informatiche da assegnare anche ai nuovi assunti, la sostituzione di materiale obsoleto, l'aggiornamento delle attrezzature di rete (switch, access point, ecc.), interventi legati alla sicurezza, quali ad esempio l'adeguamento

degli impianti di rilevazione incendi ed evacuazione, la videosorveglianza. Infine, sempre per ciò che concerne le attrezzature, sono previsti investimenti destinati all'ammodernamento delle attrezzature audio e video per uno svolgimento più funzionale ed efficiente delle videoconferenze nella sala CdA, nonché per un ammodernamento della dotazione dell'Aula Fermi e del Museo, come di seguito indicato.

Macchine per ufficio	15.000,00
Attrezzature informatiche/hardware	20.000,00
Altre attrezzature	30.000,00

Fabbisogno del personale e dotazione organica

Ai sensi dell'art. 9, comma 2, del decreto legislativo 25 novembre 2016, n. 218, attuativo della legge 7 agosto 2015 n. 124, negli enti pubblici di ricerca l'indicatore del limite massimo alle spese di personale, calcolato rapportando le spese complessive per il personale di competenza dell'anno di riferimento alla media delle entrate complessive dell'ente come risultante dai bilanci consuntivi dell'ultimo triennio non può superare l'80 per cento.

Il comma 4 stabilisce che il calcolo delle spese complessive del personale è dato dalla somma algebrica delle spese di competenza dell'anno di riferimento, comprensive degli oneri a carico dell'amministrazione, al netto di quelle sostenute per personale con contratto a tempo determinato la cui copertura sia stata assicurata da finanziamenti esterni di soggetti pubblici o privati. Infine, ai sensi del comma 6 di tale articolo, "gli Enti che, alla data del 31 dicembre dell'anno precedente a quello di riferimento riportano un rapporto delle spese di personale inferiore all'80 per cento possono procedere all'assunzione di personale con oneri a carico del proprio bilancio per una spesa media annua pari a non più del margine a disposizione rispetto al limite dell'80 per cento". A tal fine, in relazione a ogni qualifica di personale, il Ministro dell'Università e della Ricerca fissa un costo medio annuo, calcolato assumendo come riferimento il costo medio del personale nella qualifica di dirigente di ricerca.

Nelle more delle previste determinazioni del Ministero vigilante per i già menzionati calcoli si farà riferimento alla circolare DFP-0072298-P-13/12/2017 del Dipartimento della funzione pubblica, controfirmata dall'Ispettore generale capo dell'IGOP - Dipartimento della Ragioneria generale dello Stato - Ministero dell'Economia e delle Finanze.

In materia di personale degli enti di ricerca l'art. 12 del citato decreto legislativo stabilisce che "le determinazioni relative all'avvio delle procedure di reclutamento e alle relative assunzioni sono comunicate al Dipartimento della funzione pubblica della Presidenza del Consiglio dei ministri" e che "la facoltà degli Enti di reclutare il personale corrispondente al proprio fabbisogno nei limiti stabiliti dall'articolo 9, commi 2 a 4, non è sottoposta a ulteriori vincoli".

Ciò premesso, ai sensi dell'art. 14, comma 2, lettera i. dello Statuto, acquisite le indicazioni del Presidente, sulla base del quadro normativo sopra esposto e nel rispetto dei limiti finanziari e di bilancio appena richiamati, è predisposto il seguente piano di fabbisogno del personale per il triennio 2023-2025 del Museo storico della fisica e Centro studi e ricerche "Enrico Fermi", nel seguito indicato come CREF.

Dal punto di vista metodologico il piano si sviluppa secondo il seguente percorso:

1) fotografia dell'organico al 31 dicembre 2022 e analisi dell'evoluzione dal 1° gennaio 2022 fino alla data di approvazione del presente documento;

- 2) definizione del punto organico e calcolo dei costi medi annuali associati ai singoli profili di inquadramento;
- 3) determinazione del limite massimo alle spese di personale e determinazione dei punti organico disponibili;
- 4) formulazione dell'ipotesi di sviluppo triennale dell'organico in base alle esigenze strategiche dell'ente;
- 5) verifica della compatibilità di tale ipotesi con i punti organico disponibili.

1) Personale in servizio a 31 dicembre 2022

Nel corso del 2022 il CREF ha sostenuto spese per personale dipendente prevalentemente a valere sul fondo ordinario per gli enti e le istituzioni di ricerca (FOE). Come unica eccezione, in data 16 dicembre ha infatti preso servizio un ricercatore III livello la cui posizione è finanziata con risorse dell'Unione Europea - NextGenerationEU nell'ambito del PNRR - Missione 4 "Istruzione e Ricerca" - Componente 2 "Dalla Ricerca all'Impresa" - Avviso 247 del 19.08.2022 e ss.mm.ii., ID progetto MSCA_0000079, nome progetto Second Order nano-Oxide Nonlinear Disordered phOtonics — SECOONDO.

Al termine dell'anno 2022 la composizione del personale in servizio presso il CREF risultava la seguente.

Personale CREF al 31 dicembre 2022					
Profilo	Livello	Tempo indeterminato	Tempo determinato FOE	Tempo determinato fondi esterni	Totale
Dirigente di ricerca	I	2			2
Primo ricercatore	II	1			1
Ricercatore	III	11		1	12
Dirigente tecnologo	I	1			1
Direttore amministrativo	Dirigente II		1		1
Funzionario di amministrazione	V	1			1
Collaboratore di amministrazione	V	2			2
Collaboratore tecnico enti ricerca	V	1			1
	VI	1			1
Operatore tecnico enti ricerca	VIII	1			1

Totale		21	1	1	23
--------	--	----	---	---	----

a) Per quanto riguarda il personale ricercatore e tecnologo nel periodo tra il 1° gennaio 2022 e la data odierna si è assistito alla seguente evoluzione.

a1) Va preliminarmente evidenziato che tra i ricercatori di III livello in servizio al 31 dicembre 2022, uno è stato reclutato - bando 7(20) - a valere sul finanziamento previsto dal D.M. 29 ottobre 2020 n. 802 mediante concorso pubblico riservato a giovani di elevato livello scientifico. Tale posizione è stata finanziata in via straordinaria e deve essere considerata al di fuori della dotazione organica approvata con il piano triennale di attività, nonché esclusa dai limiti di cui all'art. 9 del D.Lgs. 218/2016. La quota parte delle relative risorse appositamente assegnate a partire dal 2021, pari ad euro 88.361,00, non utilizzata per il reclutamento resta nella disponibilità del CREF come assegnazione ordinaria dell'anno e dei successivi. Il suddetto D.M. fissava il termine del 30 novembre 2022 per l'attivazione dei relativi contratti e la presa di servizio.

a2) Il 1° febbraio 2022 hanno preso servizio due vincitori del concorso per ricercatore III livello di cui al bando 11(21).

a3) Il 1° novembre 2022 ha preso servizio il ricercatore III livello previsto dal bando 10(22). Tale posizione era riservata a giovani di elevato livello scientifico e tecnologico ed è finanziata a valere sulle risorse di cui al D.M. 29 ottobre 2020 n. 802 (per la quota di euro 88.361,00 non ancora utilizzata di cui al precedente punto a1) e al D.M. 19 maggio 2021 n. 614 (per euro 24.456,00). Anche in questo caso tale posizione deve essere considerata al di fuori della dotazione organica approvata con il piano triennale di attività, ed il relativo costo risulta escluso dai limiti di cui all'art. 9 del D.Lgs. 218/2016.

a4) In data 16 dicembre 2022 ha preso servizio il primo ricercatore II livello di cui al bando 3(22).

a5) Dal 1° febbraio 2023 decorre il contratto del nuovo tecnologo III livello reclutato con il bando 15(22).

a6) Relativamente al bando 11(22) per numero quattro ricercatori III livello, relativamente alla posizione profilo Beni culturali la presa di servizio del vincitore è avvenuta il 1° aprile 2023, mentre sono concluse o prossime alla conclusione le rispettive procedure relative agli altri tre profili.

b) Per quanto riguarda invece la componente amministrativa e tecnica del personale, essa ha subito la seguente trasformazione.

b1) In data 1° marzo 2022 ha preso servizio il direttore amministrativo, inquadrato come dirigente di II fascia a tempo determinato, il cui contratto scade il 29 dicembre 2023.

b2) Il 7 novembre 2022 è cessato dal servizio per dimissioni volontarie il funzionario di amministrazione V livello a tempo determinato, il cui contratto risultava in scadenza nei trenta giorni successivi.

b3) Il 16 novembre 2022 si è perfezionato il trasferimento in ingresso per mobilità di un funzionario di amministrazione V livello, come previsto dal bando 13(22).

b4) In data 1° dicembre 2022 l'organico CREF è stato incrementato di un'unità grazie all'arrivo per mobilità dell'operatore tecnico VIII livello previsto dal bando 12(22). Si precisa che tale reclutamento è da intendersi obbligatorio secondo quanto disposto dalla legge 68/1999 sul collocamento mirato. Tale posizione non incide sul limite alla sostenibilità ex art. 9, c. 2, D.Lgs. 218/2016, non rilevando quindi in termini di punti organico. Per tale figura andranno comunque previste annualmente le risorse necessarie al pagamento degli emolumenti, attualmente stimati in euro 40.747,00 annui.

b5) Il 13 dicembre 2022 è terminato per dimissioni volontarie il rapporto del funzionario amministrativo di IV livello che nel corso del 2022 ha goduto di periodi aspettativa senza assegni. Tale risorsa era stata temporaneamente sostituita dal funzionario V livello a tempo determinato appositamente reclutato, di cui al precedente punto b2).

b6) Il 30 dicembre 2022 si è conclusa la procedura per le progressioni di livello nei profili previste dall'art. 54 del CCNL comparto Ricerca del 21 febbraio 2002 relativamente all'anno 2022, che ha determinato il passaggio retroattivo, a valere dal 1° gennaio 2022, rispettivamente di un collaboratore di amministrazione e di un collaboratore tecnico enti di ricerca dal VI al V livello.

b7) È stato bandito in data 22 febbraio 2023 il concorso per funzionario amministrativo V livello n. 3(23) già previsto dalla programmazione 2022-2024.

2) Calcolo del punto organico

Secondo quanto previsto dalla lettera c), sesto comma, del citato art. 9 del decreto legislativo 25 novembre 2016, n. 218 che introduce il concetto di punto organico nel comparto degli enti pubblici di ricerca, il Dipartimento della funzione pubblica, con nota 13 dicembre 2017, n.72298-P, ha definito il costo medio annuo di riferimento per ciascuna qualifica di personale, esprimendola in relazione al costo del dirigente di ricerca.

Calcolo del punto organico art. 9, c. 6, l. c), D.Lgs. 218/2016 riferito al dirigente di ricerca		
Costo medio annuo	Accantonamento TFR annuo	Totale annuo
112.838,00 €	5.239,66 €	118.077,66 €

Di seguito la corrispondenza tra ciascun profilo-livello e la percentuale di costo medio relativo per il CREF.

Costi medi annui CREF Rif. nota DFP-0072298-P-13/12/2017 Dipartimento della funzione pubblica				
Livello	Qualifica	Percentuale	Punti organico	Costo annuo
II a	Dirigente amministrativo	125,28%	1,2528	147.927,69 €
I	Dirigente di ricerca	100,00%	1,0000	118.077,66 €
II	Primo ricercatore	71,01%	0,7101	83.846,95 €
III	Ricercatore	42,53%	0,4253	50.218,43 €
I	Dirigente tecnologo	100,37%	1,0037	118.514,55 €
II	Primo tecnologo	54,48%	0,5448	64.328,71 €
III	Tecnologo	34,41%	0,3441	40.630,52 €
IV		54,62%	0,5462	64.494,02 €
V		48,60%	0,4860	57.385,74 €
VI		38,52%	0,3852	45.483,51 €
VII		34,95%	0,3495	41.268,14 €
VIII		32,14%	0,3214	37.950,16 €

3) Verifica del limite di sostenibilità

La verifica della sostenibilità delle spese di personale presuppone il confronto tra le spese per personale dipendente (ricercatore, tecnologo, tecnico, amministrativo) e le entrate dell'ente nell'ultimo triennio.

Il triennio di riferimento dipende, concretamente, dalla tempistica con cui il piano viene adottato. Quest'anno il piano del fabbisogno viene adottato ad esercizio 2023 avviato. In questo caso si fa riferimento ai dati dell'ultimo bilancio disponibile, e cioè il 2022. Si noti che, a regime, il piano del fabbisogno verrà approvato ancor prima, insieme al piano triennale delle attività cui fa riferimento, nel mese di dicembre dell'anno precedente.

I dati utilizzati sono ricavati dai rispettivi conti consuntivi. In un'ottica prudenziale, per quanto riguarda le entrate nei calcoli si è fatto riferimento esclusivamente a quelle derivanti dal fondo ordinario per gli enti e le istituzioni di ricerca (FOE).

Indicatore di sostenibilità 2022 (valori a consuntivo)
Art. 9, c. 2, D.Lgs. 218/2016

	2020	2021	2022
Entrate complessive dell'ente (\approx FOE)	2.354.564,00 €	2.357.108,00 €	2.604.985,00 €
Media entrate nel triennio 2020-2022 (E)	2.438.885,67 €		
Spese personale 2022 non da finanziamenti esterni (S)	1.213.902,10 €		
Rapporto spese personale 2022/media entrate ($R=S/E$)	49,77%		

Ai sensi del quarto comma dell'articolo 9 del D.Lgs. 218/2016 il calcolo delle spese complessive del personale è dato dalla somma algebrica delle spese di competenza dell'anno di riferimento, comprensive degli oneri a carico dell'Amministrazione, al netto delle spese sostenute per personale con contratto a tempo determinato la cui copertura sia stata assicurata da finanziamenti esterni di soggetti pubblici o privati.

Dal calcolo precedente risulta che il CREF negli esercizi precedenti ha tenuto un comportamento prudentiale in quanto il rapporto tra le spese di personale sostenute del 2022 e la media delle entrate complessive dell'ultimo triennio, come risultanti dai relativi conti consuntivi, è inferiore all'80%, e più precisamente pari a circa il 50%.

Di conseguenza il CREF può procedere a nuove assunzioni, fino ad arrivare un organico teorico complessivo equivalente a 16,5239 punti organico, come di seguito determinati.

Punti organico utilizzabili (limite 80% S/E)	
Media entrate nel triennio 2020-2022 (E)	2.438.885,67 €
Limite di spesa per personale ($L=80\% E$)	1.951.108,54 €
Valore del punto organico \approx dirigente ricerca (P)	118.077,66 €
Punti organico totali a disposizione Ente ($T=L/P$)	16,5239

Trattandosi di valori medi forniti dal Dipartimento della funzione pubblica, gli importi così calcolati hanno valore solo ai fini della determinazione del limite al reclutamento. I valori che saranno effettivamente inseriti nella contabilità del CREF (bilancio di previsione, conto consuntivo) rispecchieranno invece i reali costi associati alle singole posizioni.

4) Formulazione ipotesi organico 2023-2025

Per il periodo 2023-2025 al momento è nota solo la cessazione del ricercatore III livello reclutato su progetto PNRR e del direttore amministrativo. Non sono attualmente previste cessazioni relative a posizioni a tempo indeterminato se non nei termini di quanto segue.

Il progetto di reclutamento si declina in tre sezioni, coerentemente con le attività previste nell'omonimo piano triennale per il periodo 2023-2025.

4a) Per quanto riguarda l'ambito della ricerca sono proposte tre nuove figure a tempo indeterminato da attivarsi entro l'anno 2023. Si tratta delle seguenti:

- a) un ricercatore III livello in ambito scientifico Brain, da reclutarsi mediante concorso pubblico. Tale figura sostituisce, a seguito della rielaborazione delle esigenze scientifiche, la posizione da primo ricercatore II livello approvata nella precedente programmazione 2022-2024;
- b) due posizioni da primo ricercatore II livello, finanziate attraverso le risorse di cui al D.M. 1156 del 25 gennaio 2023 (promozione dello sviluppo professionale di ricercatori e tecnologi di ruolo di terzo livello art. 1 comma 310, lett. b) legge 30 dicembre 2021 n. 234, come modificata dall'art. 1 commi 573 e 574 della legge 29 dicembre 2022 n. 197), entro il limite di euro 87.122,00.

Tali risorse appositamente assegnate a partire dal 2022 eventualmente non utilizzate per il reclutamento, resteranno nella disponibilità del CREF come assegnazione ordinaria dell'anno e dei successivi.

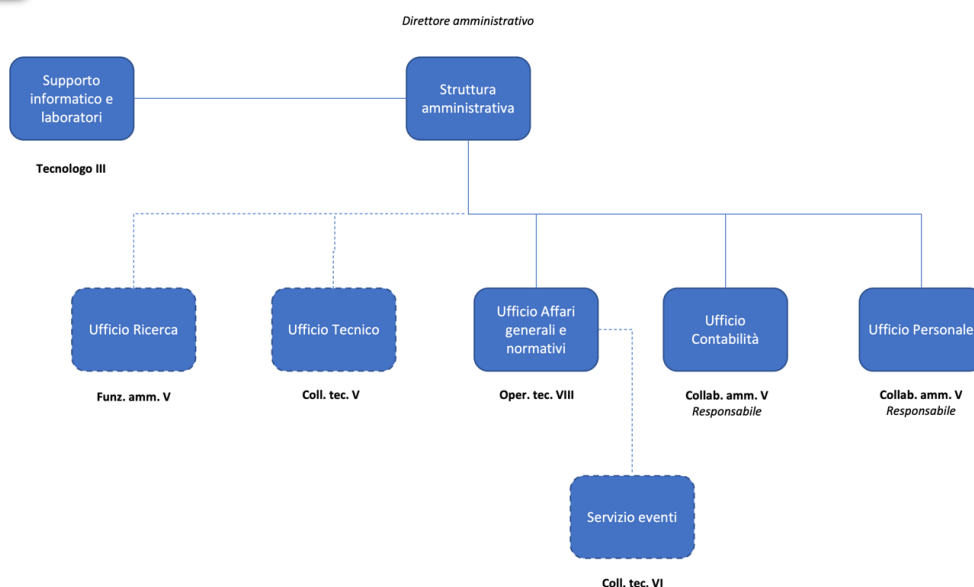
In termini di punti organico, il reclutamento di cui al punto b) inciderà per il solo differenziale primo ricercatore - ricercatore III livello, pari a 0,2848 e comunque il relativo costo sarà garantito dalle risorse aggiuntive di cui al già richiamato D.M. 1156/2023.

4b) Per quanto riguarda l'ambito tecnologico si propone già a partire dal 2023 il reclutamento di un tecnologo III livello con competenze nell'ambito della comunicazione istituzionale che possa supportare le attività del Museo e dell'Amministrazione.

4c) La crescita dell'attività scientifica del CREF deve essere supportata da una struttura amministrativa di qualità. La situazione attuale è quella descritta nella figura seguente.



Organigramma aprile 2023



A fronte del previsto, ulteriore incremento delle attività di ricerca e tecnologiche aumenteranno i carichi di lavoro, sarà necessaria una riorganizzazione degli uffici e, soprattutto, saranno richieste competenze sempre più specialistiche.

Visti gli esiti sfavorevoli del concorso 12(21) per collaboratore di amministrazione VII livello a tempo determinato con competenze di procedure negoziali, di contabilità e bilancio per una durata di 12 mesi, conclusosi nel 2022 per esaurimento della graduatoria degli idonei, il CREF per il momento ritiene di non dover ricorrere a figure a tempo determinato.

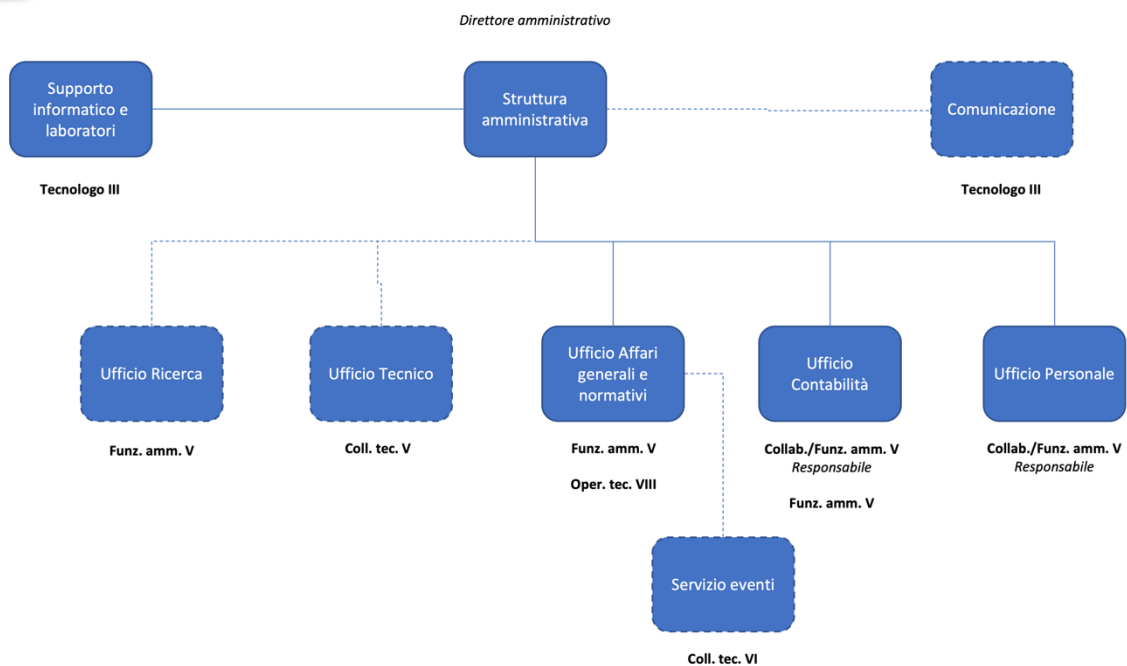
Per far fronte al suddetto scenario viene quindi formulata la seguente ipotesi di reclutamento di figure a tempo indeterminato:

- a) un funzionario amministrativo V livello con competenze giuridiche (concorso 3(23) in espletamento);
- b) un funzionario amministrativo V livello con competenze di contabilità e bilancio, da reclutare già a partire dall'anno 2023 ricorrendo alle modalità consentite dalla legge, tra le quali la mobilità volontaria ex art. 30 del D.Lgs. 165/2001 ed il concorso pubblico.

La figura seguente rappresenta la situazione finale desiderata.



Organigramma finale 2023



Il CREF intende inoltre, compatibilmente con le risorse effettivamente utilizzabili e le disposizioni legislative e di contrattazione collettiva che saranno adottate nel corso del 2023, valorizzare il personale in servizio, anche in deroga al titolo di studio richiesto dall'esterno, sulla base di criteri volti alla valorizzazione dell'esperienza e della professionalità maturata ed effettivamente utilizzata dall'amministrazione, principalmente prevedendo un percorso di crescita degli attuali collaboratori di amministrazione V livello. Si ipotizza pertanto di ricorrere, in una prima fase coincidente con l'anno 2023, a due progressioni verticali "ordinarie", basate sulla garanzia in misura adeguata dell'accesso dall'esterno di cui è pianificata la copertura (cioè nella misura minima del 50% dei posti da coprire, finanziati con ordinarie risorse assunzionali) ex art. 52, comma 1-bis del D.Lgs. 165/2001, oppure "speciali", temporalmente limitate alla finestra temporale la cui disciplina è stata annunciata nel CCNL di imminente adozione, con criteri valutativi e selettivi analoghi a quelli previsti dalla legge, con una parziale deroga al possesso dei titoli di studio richiesti per l'accesso dall'esterno e con rinvio a regolazioni di maggior dettaglio che dovranno essere adottate dall'ente, previo confronto sindacale.

In relazione all'espandersi delle attività museali e degli eventi scientifici organizzati dal CREF appare infine necessario potenziare il relativo servizio, prevedendo al più presto forme di progressione professionale per il personale a ciò preposto.

Allo stato attuale, in previsione della imminente scadenza del mandato dell'attuale governance il CREF non prevede di effettuare ulteriore reclutamento nelle annualità 2024-2025.

Quanto fino a qui descritto è sintetizzato nelle seguenti tabelle.

2023												
Profilo	Livello	Tempo indeterminato				Tempo determinato FOE				Organico totale	Organico soggetto ai limiti	Punti organico 2023
		al 06/04	nuovi	cessati	al 31/12	al 06/04	nuovi	cessati	al 31/12			
Dirigente amministrativo	II					1		1	0	1	1	1,253
Dirigente di ricerca	I	2			2					2	2	2,000
Primo ricercatore	II	1	2		3					3	3	2,130
Ricercatore	III	12	4	2	14					14	12	5,104
Dirigente tecnologo	I	1			1					1	1	1,004
Tecnologo	III	1	1		2					2	2	0,688
Collaboratore tecnico ER	V	1			1					1	1	0,486
	VI	1			1					1	1	0,385
Operatore tecnico	VIII	1			1					1	0	0,000
Funzionario di amministrazione	V	1	4		5					5	5	2,430
Collaboratore di amministrazione	V	2		2	0					0	0	0,000
Totale		23	11	4	30	1	0	1	0	31	28	15,480

2024												
Profilo	Livello	Tempo indeterminato				Tempo determinato FOE				Organico totale	Organico soggetto ai limiti	Punti organico 2024
		al 01/01	nuovi	cessati	al 31/12	al 01/01	nuovi	cessati	al 31/12			
Dirigente amministrativo	II					?	1		1	1	1	1,253
Dirigente di ricerca	I	2			2					2	2	2,000
Primo ricercatore	II	3			3					3	3	2,130
Ricercatore	III	14			14					14	12	5,104
Dirigente tecnologo	I	1			1					1	1	1,004
Tecnologo	III	2			2					2	2	0,688
Collaboratore tecnico ER	V	1			1					1	1	0,486
	VI	1			1					1	1	0,385
Operatore tecnico	VIII	1			1					1	0	0,000
Funzionario di amministrazione	V	5			5					5	5	2,430
Totale		30	0	0	30	0	1	0	1	31	28	15,480

2025												
Profilo	Livello	Tempo indeterminato				Tempo determinato FOE				Organico totale	Organico soggetto ai limiti	Punti organico 2025
		al 01/01	nuovi	cessati	al 31/12	al 01/01	nuovi	cessati	al 31/12			
Dirigente amministrativo	II					1			1	1	1	1,253
Dirigente di ricerca	I	2			2					2	2	2,000
Primo ricercatore	II	3			3					3	3	2,130
Ricercatore	III	14			14					14	12	5,104
Dirigente tecnologo	I	1			1					1	1	1,004
Tecnologo	III	2			2					2	2	0,688
Collaboratore tecnico ER	V	1			1					1	1	0,486
	VI	1			1					1	1	0,385
Operatore tecnico	VIII	1			1					1	0	0,000
Funzionario di amministrazione	V	5			5					5	5	2,430
Totale		30	0	0	30	1	0	0	1	31	28	15,480

Note:

1. L'incarico del direttore amministrativo scade il 29 dicembre 2023.
2. Le posizioni dei ricercatori III livello di cui ai bandi 7(20) e 10(22) e l'operatore tecnico VIII livello di cui al bando 12(22) non incidono sul limite di cui all'art. 9, c. 2, D.Lgs. 218/2016.

5) Verifica della compatibilità dell'ipotesi con il limite di sostenibilità

L'ipotesi di evoluzione dell'organico del CREF nel triennio 2023-2025 deve quindi essere confrontata con il limite di sostenibilità calcolato ai sensi dell'art. 9, c. 2, D.Lgs. 218/2016.

Ann o	Punti organico massimi	Costo teorico massimo	Punti organico utilizzati	Costo effettivo
2023	16,5239	1.951.108,54 €	15,4800	1.827.818,56 €
2024			15,4800	1.827.818,56 €
2025			15,4800	1.827.818,56 €

La verifica dimostra la compatibilità dell'ipotesi formulata con il limite stabilito dalla legge.

6) Copertura finanziaria

Nel bilancio preventivo per l'esercizio 2023 è stata data la necessaria copertura ai costi effettivi del personale previsto negli ultimi documenti di programmazione approvati nell'anno 2022. Sembra opportuno ricordare che i costi del personale indicati nella presente programmazione sono calcolati, in ossequio alla norma, con il costo medio derivante dal cd. "punto organico". Tali costi sono generalmente di molto superiori al costo effettivo del personale che, essendo reclutato nella posizione iniziale del Profilo/Livello, di norma percepirà una retribuzione relativa alla prima fascia stipendiale.

Partecipazioni e Convenzioni

Innovazione e scenari predittivi per la Sostenibilità

- Accordo scientifico CREF – Sony Computer Science Laboratories
- Memorandum of Understanding con il Complexity Science Hub Vienna (in fieri)
- Memorandum of Understanding con la società VOLOCOM nell'ambito dell'attività dedicata ad Infosfera

Fotonica Computazionale

- Weizmann Institute for Science, Israel
- École normale supérieure de Paris
- Université de Paris
- University of St. Andrews
- ETH Zurich
- Institute for Complex Systems, CNR-Italy
- Dipartimento di Fisica, Sapienza, Università di Roma

Complessità nelle scienze naturali, economiche e sociali

- Memorandum of Understanding con International Finance Corporation - World Bank
- Memorandum of Understanding con UNU - Merit
- Memorandum of Understanding con Università di Roma - Tor Vergata

Neuroscienze e neuroimaging quantitativo

- Partecipazione a piattaforma paritetica congiunta con Fondazione Santa Lucia IRCCS per lo sviluppo e di nuove metodiche di neuroimmagini e lo sviluppo traslazionale a patologie neurologiche e psichiatriche
- Partecipazione alla Ebrains Italian Community (EIC, in corso di finalizzazione)
- Membro associato al progetto HBP in base al Partnering Project "Brain Biophysical Models – BBM-CREF"

Fisica per i beni culturali

- Amendment to Memorandum of Understanding (MoU) tra Science and Technology Facilities Council (parte dell'United Kingdom Research and Innovation) ed il CREF riguardo ricerca scientifica di mutuo interesse per le parti presso la sorgente di neutroni a spallazione ISIS (Oxfordshire, UK).. Periodo di validità: 1° novembre 2020 - 31 ottobre 2025.
- Convenzioni di ricerca in corso afferenti alla linea di ricerca:
- Dipartimento di Scienze del Patrimonio Culturale dell'Università degli Studi di Salerno (Numismatica)
- Archivio Storico Pontificia Università Gregoriana (Beni Cartacei e supporti per la scrittura),
- Science and Engineering in Arts, Heritage and Archaeology (SEAHA) Doctoral Centre, University College London (Neutronica per lo studio di metalli)
- MIC - Istituto Centrale per la Patologia degli Archivi e del Libro (Beni Cartacei e supporti di scrittura di origine naturale)
- Sono inoltre in corso attività di ricerca congiunte nell'ambito del dottorato in archeologia dell'University College London (UCL) in collaborazione con il CSIC-Consejo Superior de Investigaciones Científicas in Galizia per lo studio di manufatti in metallo dell'età del bronzo conservati presso il British Museum di Londra

Museo Enrico Fermi

- Convenzione con il Dipartimento di Fisica, Sapienza Università di Roma
- Accordo di collaborazione con Dipartimento di Lettere e Culture Moderne, Sapienza Università di Roma
- Convenzione con il Dipartimento di Filosofia e Comunicazione dell'Alma Mater Studiorum Università di Bologna
- Partecipazione in qualità di socio alla DMO Es.Co Esquilino Comunità porta di Roma
- Convenzione per la promozione di tirocini con Università degli Studi di Tor Vergata (Area di Lettere) e Sapienza Università di Roma
- Accordo di collaborazione con Scienza Insieme_NET 2021 (ScieNcE Together), H2020bis MSCA-NIGHT-2021, Grant Agreement n. 101036127

Progetto Extreme Energy Events

Convenzioni attive:

- Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN), Frascati (RM)
- Ettore Majorana Foundation and Centre for Scientific Culture (EMFCSC), Erice (TP)

ATTIVITÀ DI RICERCA PRINCIPALI

1. INNOVAZIONE E SCENARI PREDITTIVI PER LA SOSTENIBILITÀ

Finalità e Obiettivi: breve descrizione dei risultati

L'iniziativa congiunta CREF-Sony (d'ora in poi JICS) è unica nel suo genere, in quanto unisce un'istituzione pubblica e un laboratorio di ricerca inserito in un ambiente aziendale. L'accordo mira a gettare le basi di una nuova entità di ricerca che vuole perseguire gli Obiettivi dello Sviluppo Sostenibile (SDGs). In particolare, CREF e Sony CSL hanno concordato di lavorare sui seguenti tre progetti congiunti:

Città sostenibili per affrontare le sfide dello sviluppo sostenibile. Il progetto mira a sviluppare e implementare una serie di tecnologie cosiddette "what-if" con diversi scopi specifici: (i) valutare la situazione degli ambienti urbani in materia di qualità dei trasporti pubblici, inclusività, attività economiche; (ii) sviluppare nuovi scenari per gli ambienti urbani e le loro sfide socio-economiche; (iii) creare strumenti e politiche che possano essere adottati da agenzie istituzionali e responsabili politici in tutto il mondo per pianificare interventi locali e rimodellare il tessuto urbano.

Disinformazione e dialogo sociale (Infosfera). Obiettivo del progetto è migliorare lo stato di salute delle dinamiche informative nelle società democratiche lungo i seguenti assi: (i) migliorare la conoscenza dell'ecosistema dell'informazione per minimizzare la disinformazione e ridurre i fenomeni di polarizzazione; (ii) sviluppare nuovi sistemi di raccomandazione e nuovi meccanismi di reputazione per ricostruire la fiducia nel sistema informativo; (iii) concepire politiche innovative, basate su dati scientifici, per governi, autorità e parti socio-economiche.

AI e Machine Learning per l'innovazione (Creatività aumentata). Il progetto propone di studiare le interazioni tra l'intelligenza umana (HI) e l'intelligenza artificiale (AI) per favorire l'emergere di quella che potremmo definire "Creatività Aumentata". La Creatività Aumentata apre nuovi scenari per lo sviluppo di nuove idee e tecnologie per la ricerca di soluzioni sostenibili alle attuali sfide sociali.

Contenuto tecnico scientifico

Città sostenibili JICS mira allo studio delle città con due obiettivi specifici: sviluppare un osservatorio permanente e concepire e sviluppare nuovi scenari validati per valutare l'impatto

di politiche e azioni concrete. L'analisi si svilupperà su scale spaziali e temporali molto diverse. Alla scala macroscopica, ci si concentrerà sull'analisi dello sviluppo socio-economico delle città e sulle sue potenzialità di sviluppo e d'innovazione. Alla scala microscopica, ci si concentrerà sull'analisi della città dal punto di vista della mobilità (città 15 minuti, accessibilità, impatto di nuove infrastrutture, ecc.) e di aspetti più sociali quali l'inclusione e la segregazione. Infine, CREF e Sony CSL hanno lanciato, in collaborazione con Sony Semiconductor Solutions (SSS), un progetto di computer vision per sondare lo stato della città (ad esempio utilizzo dei mezzi pubblici) e proporre nuove soluzioni (ad esempio in ambito di sicurezza e prevenzione).

Misinformazione e dialogo sociale (Infosfera) JICS si propone la comprensione delle dinamiche del sistema informativo e la ricerca di antidoti alla diffusione della disinformazione e alla crescente tossicità del dialogo sociale. A tal fine, JICS si propone di indagare la complessità dei fenomeni di polarizzazione e il loro emergere collettivo dai comportamenti individuali, nonché lo sviluppo di nuovi sistemi di raccomandazione e fruizione dell'informazione.

AI e Machine Learning per l'innovazione (Creatività Aumentata) JICS si propone di sviluppare nuovi sistemi di AI capaci di operare in ambienti non-stazionari. JICS svilupperà ulteriormente un nuovo metodo, chiamato Dreaming Learning, originariamente sviluppato da Sony-CSL, per incorporare efficacemente le novità spazio-temporali nei sistemi di IA. In parallelo, JICS esplorerà una prolifica fusione tra le rappresentazioni della città basate sui dati e il flusso creativo degli artisti per trasformare quei dati in espressioni tangibili e significative.

Collaborazioni nazionali e internazionali

Istituzioni

- Camera di Commercio di Roma (<https://www.rm.camcom.it/>) [Città sostenibili]
- Città Metropolitana di Roma Capitale [Città sostenibili]
- AGCOM [Infosfera]

Settore privato

- Sony CSL Paris, Sony CSL Tokyo, Sony CSL Kyoto
- Sony Semiconductor Solutions (SSS): the small team of applied AI put together by SSS at CREF, though originally not foreseen by the Joint Initiative, is serving the purpose of completing the pipeline from pure research to applications in the area of Sustainable Cities". [Città sostenibili]
- VOLOCOM [Infosfera]
- ILAB [Creatività aumentata + Città sostenibili]

Altri settori

- Aterballetto (<https://www.aterballetto.it/>) [Creatività aumentata]

- MAXXI, Museum of the XXI century [Creatività aumentata]
- Fernando Cobelo (Artist) [Creatività aumentata]

Collaborazioni con le Università

- Sapienza Univ. of Rome, Physics Dept. [Città sostenibili e Infosfera]
- University of Roma 2 "Tor Vergata" [Città sostenibili e Infosfera]
- University of Rome 3, Physics and Architecture [Città sostenibili]
- University of Venice Ca' Foscari [Città sostenibili]
- IMT Lucca [Città sostenibili e Infosfera]
- LUISS Business school and research centres [Creatività aumentata]
- Complexity Science Hub Vienna (CSHV) [Sustainable Cities and Infosphere]
- King's College London [Città sostenibili e Creatività aumentata]
- Univ. of Melbourne [Città sostenibili]

Infrastrutture di ricerca

Durante il primo anno della collaborazione JICS si è dotata di una infrastruttura per la raccolta, lo stoccaggio e la manipolazione di grandi moli di dati. L'infrastruttura è principalmente su cloud ma si sta programmando l'acquisizione di risorse computazionali locali. È stata raccolta una grande quantità di dati provenienti da fonti diverse, per alimentare e supportare le linee di ricerca di Infosfera e Città sostenibili.

Infosfera

- Climate change debate on social media from 01/01/2013 – 31/01/2022
- Political debate in Italy from 01/01/2017 to 30/11/2020
- Ukraine crisis on social media from 01/01/2013 – 23/02/2022
- Vaccine debate on social media in Italy from 01/01/2016 to 31/12/2021
- Vaccine debate on social media from 01/01/2016 to 31/12/2021
- All the content published on Facebook by an extensive list of news sources from France, Germany, UK and Italy in the timespan 01/01/2018 - to date.
- All the content published on Twitter by the aforementioned news sources, together with selected liking and retweet networks of users
- the production and separate collection of municipal waste in Italy from 2010 to 2020, together with data on the management costs at municipality level. Data comes from ISPRA and ANCI-CONAI archives.

Città sostenibili

- Geotracking opt-in dell'azienda Cuebiqu. Il set di dati acquisito copre il periodo dal 1° gennaio 2019 al 30 marzo 2020 in Italia, Francia e Regno Unito

- Punti di Interesse (POI) categorizzati da Open Street Map (OSM) per ogni grande città (> 100000 abitanti) in Italia, Francia e Regno Unito. Abbiamo sviluppato una mappatura personalizzata per assegnare tutti i POI raccolti a nove categorie ben definite: Negozi, Alimentari, Ristoranti, Sanità, Servizi, Attività esterne, Istruzione, Attività culturali
- Microsoft Geolife: traiettorie GPS di questo set di dati è rappresentata da una sequenza di punti marcati temporalmente, ognuno dei quali contiene informazioni di latitudine, longitudine, altezza, velocità e direzione, ecc.
- Dati di Infocamere sulle attività commerciali: Il dataset contiene informazioni sulle imprese aperte a Roma dal 2012 al 2021. Sono elencate 603 624 attività economiche nell'area metropolitana di Roma, la loro data di apertura ed eventualmente di chiusura, la loro ubicazione e in quale settore economico operano, quest'ultima informazione codificata da un codice ATECO.
- Indicatori urbani di Oxford economics: Un dataset di indicatori sociali ed economici sulle città dal 1980 a oggi e previsioni fino al 2050. Il dataset comprende un lungo elenco di città europee, cinesi e asiatiche.

Ricercatori coinvolti

Direttori dei progetti:

- CREF: Luciano Pietronero
- Sony CSL: Vittorio Loreto

Project managers:

- CREF: Andrea Gabrielli, Fabio Saracco, Andrea Tacchella
- Sony CSL: Matteo Bruno, Alessandro Londei, Pietro Gravino

Ricercatori coinvolti:

- CREF: Angelica Sbardella, 2 Nuovi ricercatori post-docs da assumere nella primavera del 2023
- Sony CSL: Emanuele Brugnoli, Ruggiero Lo Sardo, Hygor Piaget Melo, Giulio Prevedello (30%, CSL Paris), Martina Galletti (30%, CSL Paris and Sapienza), Remi Van Trijp (10%, CSL Paris)
- Sapienza Università di Roma: Bruno Campanelli
- Studenti di Dottorato: Lorenzo Biferale (GSSI), Giordano De Marzo (Sapienza), Francesco Marzolla (Sapienza), Giovanni Palermo (Sapienza), Lavinia Rossi-Mori (Roma 2), Matteo Straccamore (Sapienza),
- IMT Lucca: Tiziano Squartini
- Università di Roma 2: Giulio Cimini

Risorse e fonti finanziamento

Investimento annuale del CREF: Il CREF, oltre a mettere a disposizione di Sony-CSL uno spazio dedicato all'iniziativa congiunta, fornisce servizi essenziali quali utenze, accesso alla rete, pulizia, sicurezza, etc. In aggiunta il CREF finanzia due ricercatori post-doc dedicati all'iniziativa congiunta per un costo complessivo di circa 60Keuro l'anno.

Investimento annuale di Sony CSL: Sony CSL finanzia l'iniziativa congiunta con 11 ricercatori (tra full-time e part-time) di Sony CSL Roma e Sony CSL Parigi, le attrezzature di ricerca, l'acquisto di dati e comprende costi di viaggio, pubblicazione e disseminazione dei risultati, organizzazione di eventi. L'investimento annuale di Sony CSL si aggira intorno ad un milione di Euro.

In aggiunta alle risorse interne CREF e Sony CSL, JICS è stato parzialmente supportato anche dai finanziamenti esterni:

- EU-STARTS: Repairing the present (luglio 2021-dicembre 2022), 2 artisti in residenza in collaborazione con il museo MAXXI [Creatività Aumentata]
- EU-STARTS: AIR (febbraio 2023, ottobre 2024), 2 artisti in residenza [Creatività Aumentata]
- EU-VALAWAI, Value-Aware AI (ottobre 2022-settembre 2026), 1 post-doc per 2 anni che lavorerà nella linea di ricerca Infosfera [Infosfera]
- FR-SCIENTIA (luglio 2022-giugno 2025), progetto finanziato dall'ANR francese sull'impatto dell'IA in tutte le altre discipline. 1 post-doc per 2 anni nell'ambito del JICS [Creatività Aumentata]

Budget complessivo del Progetto per il 2023: 1.100.000 euro (di cui circa un milione di euro da parte Sony CSL).

2. COMPLESSITÀ NELLE SCIENZE NATURALI, SOCIALI ED ECONOMICHE

Finalità e Obiettivi: breve descrizione dei risultati

Il progetto di Complessità Sociale ed Economica è articolato in due macroaree: applicazioni del framework di Economic Fitness and Complexity (EFC) e avanzamenti teorici e metodologici nelle tecniche di scienza dei network.

Economic Fitness

Nel corso del triennio 2023-25 le attività nell'ambito EFC si pongono una varietà di obiettivi guidati dalla finalità generale di aumentare la capacità di affrontare temi cruciali e concreti, in particolare legati all'analisi di policy, di tematiche di sostenibilità e legate al PNRR.

Si lavorerà dunque, come meglio dettagliato nelle sezioni seguenti, per aumentare la comprensione dei fondamenti teorici, la disaggregazione e l'integrazione dei dati e per aumentare l'integrazione delle attività tra i vari ambiti disciplinari coinvolti (economia, scienze sociali, computer science). Le tematiche al centro delle attività di ricerca saranno la sostenibilità ambientale e sociale, le dinamiche di innovazione e del mercato del lavoro e le catene globali del valore.

Metodi e Teoria dei Networks

Le attività nell'ambito dei Metodi e della Teoria dei Networks seguiranno due direzioni principali. La prima consisterà nello sviluppo di metodologie per l'analisi di reti complesse ed eterogenee basate sul framework del Gruppo di Rinormalizzazione. La finalità di queste attività è di ottenere una procedura statisticamente rigorosa per l'analisi multi-scala di network complessi. La seconda direzione di analisi sarà focalizzata sullo sviluppo di modelli nulli per reti monopartite e bipartite. Questi approcci assumono particolare importanza quando si manifesta la necessità di ricostruire le informazioni rilevanti di un network empirico nel quale sia presente rumore.

Contenuto tecnico scientifico

Economic Fitness

Nell'ambito Economic Fitness verrà portato avanti uno sviluppo a 360 gradi del framework, con particolare attenzione agli aspetti di sostenibilità ambientale e sociale e di innovazione tecnologica. In particolare, ci si concentrerà sull'integrazione nel framework delle normative europee sulle emissioni industriali, sulle tecnologie per l'adattamento ai cambiamenti climatici e relative alle fonti di energia rinnovabili. Si proseguirà inoltre con l'integrazione tra i diversi layer di attività (produzione, tecnologia, scienza, lavoro) e di nuovi dataset, tra cui il valore unitario delle merci scambiate. Si lavorerà sull'espansione delle capacità predittive in termini di innovazione tecnologica, mediante l'utilizzo di metodi di Machine learning e intelligenza artificiale su dati di produzione tecnologica e scientifica. Sono previste anche attività sui fondamenti del campo, dalle connessioni con la teoria del trasporto ottimale, allo studio di modelli generativi.

Metodi e Teoria dei Network

Nell'ambito dei Metodi e Teoria dei network prevediamo lo sviluppo di metodi per studiare il comportamento di reti eterogenee basati sulla tecnica della rinormalizzazione con la quale è possibile semplificare la rete iterativamente, identificando gruppi di nodi "simili" tra loro in termini di connessioni. Il progetto prevede l'utilizzo di questo paradigma per individuare punti deboli e nodi chiave in reti elettriche, neuronali, di comunicazione e di controllo della trasmissione delle malattie. Inoltre, verrà portato avanti il lavoro sui modelli nulli per l'analisi di reti complesse, con l'estensione ad ipergrafi, reti segnate e dinamiche, con applicazioni a tematiche di echo-chambers e disinformazione.

Collaborazioni nazionali e internazionali

Le collaborazioni attinenti al progetto sono molte. Solo negli ultimi due anni sono state ufficializzate, attraverso Memorandum of Understanding (MoU), le partnership scientifiche tra il CREF e l'IFC della World Bank group, l'università UNU-MERIT, l'università di Tor Vergata ed il Complex Science Hub di Vienna.

Inoltre, sui temi di complessità, sono da tempo stabili le seguenti collaborazioni:

- Joint Research Center dell'unione europea
- King's College, London
- University of Granada
- IMT di Lucca
- Oxford University
- Namur University
- Central European University of Vienna
- Max Planck Institute
- Sapienza, Università di Roma
- CENTAI di Torino
- Biocruces-Bizkaia Health Research Institute
- International Labour Organization
- Institute for New Economic Thinking School for Oriental and African Studies

Collaborazioni con le Università

- Sapienza, Università di Roma,
- King's College, London
- University of Granada,
- IMT Lucca,
- Oxford University,

- Namur University,

Ricercatori coinvolti

- Bernardo Caldarola, Assegnista, CREF - 90%
- Lorenzo Cresti, Assegnista, CREF - 90%
- Dario Mazzilli, Ricercatore, CREF - 90%
- Aurelio Patelli, Assegnista, CREF - 90%
- Fabio Saracco, Ricercatore, CREF - 90%
- Angelica Sbardella, Ricercatrice, CREF - 90%
- Andrea Tacchella, Primo Ricercatore, CREF - 90%
- Tiziana Di Matteo, Full Professor, King's College, London
- Giulio Cimini, Professore Associato, Tor Vergata
- Pablo Villegas, Assegnista, CREF - 90%
- Luciano Pietronero, Presidente, CREF
- Andrea Gabrielli, Direttore Scientifico, CREF

Risorse e fonti finanziamento

Progetti finanziati

- Tender ECOMAXP, finanziato da JRC (Commissione Europea). Importo finanziato: 80600€. PI: Aurelio Patelli

Progetti presentati, in attesa di valutazione

- Progetto SYNERGIES (call Horizon 2020). 11 Partners internazionali. Budget totale: 3M€. Budget CREF: 390k€. PI nodo CREF: Angelica Sbardella
- PRIN 2022. Partnership con ISC-CNR. Budget totale: 332k€. Budget CREF: 151k€. PI nodo CREF: Dario Mazzilli
- PRIN 2022 – PNRR. Partnership con Scuola Superiore Sant'Anna. Budget totale: 299k€. Budget CREF: 177k€. PI nodo CREF: Angelica Sbardella
- PRIN 2022. Partnership con CNR, Politecnico di Milano. Budget totale: 299k€. Budget CREF: 36k€. PI nodo CREF: Fabio Saracco
- PRIN 2022 – PNRR. Partnership con CNR. Budget totale: 278k€. Budget CREF: 91k€. PI nodo CREF: Fabio Saracco

Budget complessivo del Progetto per il 2023: 400.000 euro.

3. L'IMPATTO DELL'INTELLIGENZA ARTIFICIALE SUL TESSUTO SOCIOECONOMICO E L'INNOVAZIONE TECNOLOGICA

Finalità e Obiettivi: breve descrizione dei risultati

I recenti progressi nel campo dell'intelligenza artificiale hanno dimostrato di essere in grado di produrre rapidi mutamenti nel modo di elaborare informazioni e di generare contenuti. In questo progetto ci concentreremo prevalentemente sui Language Models.

In questo progetto ci proponiamo di analizzare il potenziale trasformativo di questi strumenti in tre direzioni:

- Il loro impatto sociale ed economico
- La loro capacità di aumentare la creatività e l'innovatività
- La possibilità di utilizzarli come strumenti per aumentare la nostra comprensione dei fenomeni economici e sociali

Concretamente le attività di ricerca verranno strutturate attraverso diversi punti chiave. In primo luogo, si analizzerà l'impatto delle competenze richieste dal mercato del lavoro e come ciò sia correlato all'emergere di nuovi strumenti di intelligenza artificiale (IA). Si cercherà di mantenere un'analisi in tempo reale di questa dinamica e di integrarla con scenari di previsione utilizzando tecniche di previsione e continuous learning. In secondo luogo, si useranno modelli di linguaggio naturale (LLM) per analizzare dinamiche economiche e di innovazione, sfruttando la disponibilità di LLM open source per estrarre segnali dinamici da enormi quantità di informazioni non strutturate. In terzo luogo, si sfrutteranno gli LLM per ottimizzare le politiche di transizione verde, connettendo le prescrizioni di policy con le capacità effettive dei territori. Si esploreranno anche tecniche di apprendimento per sistemi non stazionari, cercando di creare sistemi di IA che possano apprendere in modo dinamico, conservando le informazioni precedenti e includendo rapidamente le nuove conoscenze. Un'altra area di interesse è il supporto alla creatività artistica, con l'obiettivo di sviluppare un sistema di IA che comprenda e supporti i processi creativi umani. Si studieranno inoltre sistemi evolutivi, come la diffusione dell'IA in diverse aree di ricerca o lo sviluppo dei codici tecnologici nei brevetti, al fine di anticipare le prossime aree di evoluzione. Infine, si esplorerà la creatività nei processi di scrittura collettiva ibrida tra persone e IA, sviluppando strumenti di IA per il coordinamento e la curatela di tali processi creativi.

Contenuto Tecnico Scientifico

Attraverso l'utilizzo di modelli di linguaggio avanzati (LLM), questo progetto si propone di analizzare le dinamiche di innovazione e anticipare le scoperte imminenti, costruendo sistemi di rappresentazione matematica dei concetti di innovazione espressi in articoli scientifici, brevetti e repositories di codice. Sarà effettuata una mappatura dettagliata delle competenze tecnologiche verdi, collegando le specifiche tecniche della normativa europea sulla riduzione delle emissioni industriali con i brevetti mondiali. Si condurrà una ricerca sul contenuto di materie prime critiche (MPC) nelle tecnologie per l'adattamento ai cambiamenti climatici, utilizzando grandi modelli di linguaggio e tecniche di text mining. Si studierà anche l'impatto dell'IA sul mercato del lavoro, analizzando i dati degli annunci di lavoro per comprendere come l'avvento dell'IA modifichi la domanda di competenze. Sarà sviluppata una pipeline di analisi per identificare e geolocalizzare i providers di servizi attraverso lo scraping sistematico di pagine web, consentendo una migliore comprensione dell'economia dei servizi. Saranno esplorate nuove tecniche di apprendimento delle IA, come il Dreaming Learning, per anticipare nuove informazioni e focalizzarsi sulle novità rilevanti. Si svilupperanno sistemi neurali evolutivisti, capaci di adattarsi in modo flessibile e adattivo alle dinamiche di innovazione. Verrà creata una piattaforma di scrittura collaborativa non-lineare, chiamata WeWrite, che faciliterà la traduzione di idee complesse in forme testuali fruibili. Infine, saranno studiate metriche per individuare le fasi creative nei processi di scrittura, al fine di sviluppare un assistente di scrittura consapevole del processo creativo.

Collaborazioni

- IFC – International Finance Corporation
- Translated.com
- Mamacrowd
- Sony CSL Rome partecipa al progetto STARTS-AIR all'intersezione tra Arte e Scienza.
- Aterballetto, per lo sviluppo di tecnologie di interazione artistica performativa tra performer e sistemi di IA per il supporto alla creatività naturale.
- Linguistics/Centre for Behaviour and Evolution (Christine Cusckley)
- CSL-Rome è parte del progetto francese "ScientIA" sullo studio dell'impatto dell'Intelligenza Artificiale in altre discipline scientifiche.

Ricercatori Coinvolti

- Andrea Tacchella, Angelica Sbardella, Francesco De Cunzo (CREF)
- Alessandro Londei, Vittorio Loreto, Ruggiero Lo Sardo (CREF – SONY)

Risorse e fonti finanziamento

Budget complessivo del Progetto per il 2023: 100.000 euro.

4. NEUROSCIENZE E NEUROIMAGING QUANTITATIVO

Finalità e Obiettivi: breve descrizione dei risultati

Il progetto ha due finalità: investigare il legame tra metabolismo energetico e funzione cerebrale, e sfruttare questa conoscenza per comprendere meglio alcune patologie neurologiche ed eventualmente per identificare marcatori precoci di degenerazione basati su neuroimmagini.

Nel corso del triennio, tali finalità saranno perseguite mediante alcuni obiettivi intermedi:

1. Sviluppo di tecnologie MRI per misure quantitative di consumo di ossigeno e reattività vascolare; applicazioni allo studio dell'energetica cerebrale.
2. Sviluppo dell'imaging eteronucleare con ^{23}Na per l'investigazione di alterazioni funzionali precoci nella malattia di Alzheimer (AD).
3. Caratterizzazione della dinamica delle reti cerebrali e identificazione delle componenti di origine non neuronale.
4. Investigazione del ruolo del glicogeno nel mantenimento dell'omeostasi energetica.

Il progetto ha pubblicato oltre 30 contributi scientifici su rivista negli ultimi 5 anni. Abbiamo mostrato che la percezione visiva induce un disaccoppiamento tra risposta funzionale e risposta metabolica; tale disaccoppiamento è stato interpretato nell'ambito di una completa modellistica del metabolismo cerebrale, di recente estesa per formalizzare l'ipotesi che il glicogeno sia fondamentale per assicurare ai neuroni la disponibilità di glucosio. Abbiamo confermato che la topologia dei network cerebrali a riposo è conservata durante l'esecuzione di un task cognitivo continuo, e che una parte sostanziale di modulazione dipende dalla forza del network a riposo e non ha correlati comportamentali. Ciò suggerisce la necessità di una rivisitazione dell'interpretazione degli studi di connettività funzionale. Infine, abbiamo sviluppato metodi quantitativi per l'analisi multiparametrica di dati MRI e per la mitigazione del rumore fisiologico, che stanno trovando applicazione in studi di neuroscienze di base e in studi clinici miranti alla caratterizzazione di patologie come la malattia di Alzheimer.

Contenuto tecnico scientifico

1. Stiamo mettendo a punto misure di $CMRO_2$ (consumo di ossigeno cerebrale, un indice metabolico) e CVR (CerebroVascular Reactivity, un indice di vascular compliance) basate sulla somministrazione di un composto vasodilatatore (piccole quantità di CO_2). Le misure di $CMRO_2$ saranno associate a misure di spettroscopia per caratterizzare l'energetica della percezione.
2. Il sodio ha un ruolo fondamentale in molte funzioni fisiologiche e biochimiche. In particolare, l'omeostasi del sodio è associata a neuroinfiammazione, con potenziale sensibilità ad alterazioni vascolari e metaboliche. Svilupperemo la risonanza magnetica eteronucleare come strumento per studiare la neuroinfiammazione associata alla malattia di Alzheimer e come componente di un protocollo MRI quantitativo multiparametrico per caratterizzare, in vivo e in modo non invasivo, le alterazioni neurofisiologiche alla base della neuroinfiammazione.
3. Lo studio della connettività cerebrale, basata sulla caratterizzazione spazio-temporale della sincronia delle fluttuazioni del segnale BOLD, sta continuamente espandendo i propri campi di applicazione. Si tratta di una tecnica complessa e soggetta a falsi positivi, legati soprattutto al "rumore fisiologico". Sfruttando le misure CVR, proseguiremo nello sviluppo di tecniche di denoising miranti a filtrare il segnale non neuronale. Continueremo inoltre ad applicare le tecniche da noi sviluppare per identificare i correlati comportamentali della dinamica delle reti cerebrali.
4. Continueremo ad associare lo studio sperimentale dell'energetica cerebrale con il suo inquadramento in modelli computazionali che, integrando misure di diversa origine, permettano una più rigorosa interpretazione dei risultati. Prevediamo di estendere la nostra modellistica sul ruolo del glicogeno per incorporare i meccanismi omeostatici di pO_2 , pCO_2 , pH, con future applicazioni a demenze di tipo vascolare.

Collaborazioni nazionali e internazionali

- Fondazione Santa Lucia, Roma (Prof. A. Carlesimo, Dr. Laura Serra)
- IMT Lucca (Dr. T. Gili)
- CNR, Istituto dei sistemi complessi, (Dr. S. Capuani) e Istituto di Nanotecnologia (Dr. M. Fratini)
- ISS Roma (Dr. R. Canese)
- Netabolics S.R.L. (start-up originata nel gruppo).
- Siemens Healthcare S.R.L.

Collaborazioni con le Università

- Sapienza Università di Roma, Dipartimenti di Ingegneria dell'Informazione Elettronica e Telecomunicazioni (Prof. F. Frezza) e di Fisica (Prof. S. Giagu, Prof.ssa Cecilia Voena)
- Università di Chieti-Pescara, Dipartimento di Neuroscienze, Chieti (Prof. R. G. Wise)
- Università di Pavia, Dipartimento di Scienze del Sistema Nervoso e del Comportamento (Prof. E. D'Angelo)
- University of Minnesota, Center for Magnetic Resonance Research (CMRR), Minneapolis. (Prof. S. Mangia)
- Yale University, Magnetic Resonance Research Center, New Haven. (Prof. D. Rothman)

Infrastrutture di ricerca

Appartenenti al PNIR:

- Elettra Sincrotrone, Trieste
- ESRF Grenoble

Altri:

- MRI 3T facility, Fondazione Santa Lucia, Roma (coordinata dal PI del progetto)

Ricercatori coinvolti

Ricercatore	Posizione	Impegno sul progetto (%)		Istituzione
Origine fondi				
Federico Giove	Dirigente di ricerca	90	CREF	FOE
Luca Cairone	Borsista	90	CREF	Commessa FSL
Mauro Di Nuzzo	Postdoc	90	CREF	FOE
Irene Egidi	Borsista	100	CREF	NBP
Maria Guidi	Postdoc	100	CREF	FISASMEM
Dimitri Rodarie	Postdoc	90	CREF	FOE
Giovanni Giulietti	Cococo/PhD stud.	20	FSL	FSL

Risorse e fonti finanziamento

- 2022 Istituto Italiano di Tecnologia. Commessa per l'analisi di dati fMRI. Totale: 32000 €.
- 2021 Fondazione Santa Lucia IRCCS. Commessa per analisi quantitativa dati MRI. Totale: 28800 €.
- 2021–2023 Regione Lazio POR-FESR 2014–2020 A0375-2020-36648, "FISASMEM — Fisiologia dell'aging: sviluppo di metodi MRI quantitativi". Unità coordinatrice. Fondi propri: 75000 €.

- 2020–2022 Regione Lazio POR-FESR 2014–2020 A0320-2019-28189, “NBP — Sviluppo e implementazione di una piattaforma collaborativa per metodi avanzati di neuroimaging”. Unità coordinatrice. Fondi propri: 80000 €.
- Fondi istituzionali per missioni e disseminazione: 6000 €
- Fondi esauriti (periodo 2015-2022): 1065000 € (H2020, Regione Lazio)

Budget complessivo del Progetto per il 2023: 200.000 euro

5. TECNOLOGIE FOTONICHE E INTELLIGENZA ARTIFICIALE.

Finalità e Obiettivi: breve descrizione dei risultati

Il progetto sulle tecnologie fotoniche e l'intelligenza artificiale ha lo scopo di dimostrare sperimentalmente nuove macchine di calcolo che utilizzano la luce per accelerare la soluzione di problemi di ottimizzazione combinatoria e per delle reti neuralifotoniche o ibride fotoniche-elettroniche. Ulteriore obiettivo è sviluppare conoscenze in merito alla fisica di base classica e quantistica in questi dispositivi, mediante teorie e simulazioni numeriche.

Le finalità prevedono la messa in opera di un nuovo laboratorio con strumentazione ottica e la creazione un gruppo formato da 2 ricercatori, 1 tecnologo e 2 assegnisti di ricerca, oltre ad alcuni associati nell'ambito delle collaborazioni con enti e università.

Il laboratorio è in fase di allestimento. Per ora sono stati installati tre banchi ottici attrezzati, comprensivi di modulatori spaziali di luce e prime sorgenti laser a bassa potenza, come descritto nella sezione infrastrutture. Attualmente è in servizio un ricercatore a tempo indeterminato che si occupa del design e della simulazione delle macchine fotoniche. Un ricercatore a tempo determinato è stato assunto su progetto con fondi esterni PNRR per l'iniziativa giovani ricercatori e si occupa della realizzazione dei prototipi e relativi esperimenti. Inoltre, un tecnologo è dedicato alla manutenzione del laboratorio e della strumentazione presente.

La realizzazione delle prime macchine computazionali è prevista nel corso del 2023 e del 2024.

Contenuto tecnico scientifico

Il progetto si articola su tre direzioni principali:

1. Ideazione, ingegnerizzazione e simulazione al calcolatore di nuove macchine computazionali fotoniche. Teoria dei sistemi classici e quantistici che compongono tali macchine.

2. Messa in opera e sviluppo di un laboratorio di fotonica computazionale per sperimentare le macchine computazionali.
3. Dimostrazione sperimentale dei prototipi e nuovi esperimenti di fisica interdisciplinare, classica e quantistica, basata sulle macchine computazionali fotoniche

L'analisi teorica si articola in due principali direzioni: classica e quantistica. Il progetto prevede da un lato la formulazione e l'analisi di nuovi modelli matematici basati sulla dinamica non lineare di oscillatori parametrici. Dall'altro, con l'analisi dei sistemi quantistici, il progetto si pone l'obiettivo di studiare modelli quanto-meccanici di oscillatori la cui descrizione matematica si basa principalmente sul formalismo dei sistemi aperti dissipativi. Lo scopo è principalmente l'investigazione di come la presenza di correlazioni quantomeccaniche tra gli oscillatori influenzi l'efficienza computazionale della macchina, mostrando quindi un "quantum advantage" rispetto alla controparte classica.

I metodi sperimentali si basano sulla modulazione di fasci laser mediante modulatori spaziali di luce e sull'interazione della luce con sistemi fotonici complessi. La modulazione spaziale della fase del campo ottico consente di codificare milioni di variabili in un singolo spot luminoso di qualche millimetro. L'attraversamento della luce in materiali fotonici con proprietà controllate, come il disordine e non linearità, consente l'elaborazione in parallelo di una enorme quantità di dati. I laser utilizzati comprendono sorgenti in continua ed impulsate. Gli apparati sperimentali vengono controllati da calcolatori classici che consentono la programmazione e l'ingegnerizzazione delle macchine fotoniche. Particolare attenzione è prestata all'avanzamento delle conoscenze fondamentali nella fisica dei sistemi fotonici disordinati e non lineari che fungono da piattaforma fisica (hardware) per il calcolo ottico.

Collaborazioni nazionali e internazionali

- Weizmann Institute for Science, Israel (Prof. Nir Davidson)
- École normale supérieure de Paris (Prof. Sylvain Gigan)
- Université de Paris (Prof. Cristiano Ciuti)
- University of St. Andrews (Prof. Andrea Di Falco)
- ETH Zurich (Prof. Rachel Grange)
- Institute for Complex Systems, CNR-Italy (Dr.ssa Piloizzi, Dr.ssa Brosco, Dr.ssa Gentilini, Dr. Pierangeli, Dr.ssa Ghofraniha, Dr. Felicetti).

Collaborazioni con le Università

Dipartimento di Fisica, Sapienza, Università di Roma.

Infrastrutture di ricerca

Il CREF si sta dotando di una infrastruttura per la realizzazione sperimentale e l'ingegnerizzazione di sistemi fotonici di calcolo classici e quantistici, come descritto nella sezione laboratori.

Ricercatori coinvolti

- Claudio Conti, Università Sapienza, 40%,
- Marcello Calvanese Strinati, Ricercatore, CREF, 90%
- Romolo Savo, Ricercatore, CREF, 90%
- Giovanni De Angelis, Tecnologo, CREF, 50 %
- Fabrizio Coccetti, Dirigente Tecnologo, CREF, 30%

Risorse e fonti finanziamento

- Finanziamento esterno nell'ambito del Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR), Missione 4 "Istruzione e Ricerca" - Componente 2 "Dalla Ricerca all'Impresa" - Investimento 1.2 "Finanziamento di progetti presentati da giovani ricercatori", Finanziato dall'Unione Europea - Next Generation EU. Titolo del progetto "Comp-SECOONDO". Finanziamento 300.000 euro. Durata 3 anni. Responsabile (dott. Romolo Savo)
- Fondi istituzionali per missioni e disseminazione.
- PRIN 2022: PI (La Sapienza): Claudio Conti, Co-Pi (CREF) Fabrizio Coccetti, budget 220 mila euro.

Budget complessivo del Progetto per il 2023: 250.000 euro.

6. FISICA PER I BENI CULTURALI

Finalità e Obiettivi: breve descrizione dei risultati

La linea di ricerca "Fisica per i Beni Culturali" è caratterizzata da attività sperimentali di analisi dei materiali d'interesse storico-artistico e all'utilizzo di metodi innovativi per l'interpretazione dei dati come il Machine Learning. Tra i materiali presi in esame ci sono ceramiche, metalli, carte, tessuti, papiri, inchiostri, ossa e reperti organici. Scopo della ricerca sono problematiche di carattere archeologico-conservativo che emergono dalla collaborazione con archeologi, conservatori, chimici, museologi, antropologi e archivisti. Le attività sperimentali sono svolte tramite la strumentazione portatile di cui dispone il laboratorio di "Fisica per i Beni Culturali" del CREF, utilizzabile anche in-situ presso i Musei, eventualmente integrata da misure presso

Large Scale Facilities attraverso programmi di accesso a strumentazione avanzata di neutroni e radiazione di sincrotrone. Il personale è inoltre impegnato in attività di divulgazione scientifica inerenti alla linea di ricerca, in stretta connessione con le attività del museo e di outreach dell'Ente.

Contenuto tecnico scientifico

Di seguito sono presentate in dettaglio alcune delle principali attività di ricerca effettuate o in corso di svolgimento nel periodo di riferimento.

- **Pigmenti, leganti e loro interazione.** Sviluppo di un nuovo metodo di analisi dati per la caratterizzazione dei dipinti tramite tecniche spettroscopiche e Machine Learning. Lo studio fornisce la base per analisi di opere di noti pittori tra i quali, in previsione, anche Michelangelo Merisi detto il Caravaggio.
- **Identificazione di bio-marcatori di temperatura in ossa combuste** tramite l'analisi di variazioni strutturali, cristallinità, e di fingerprints vibrazionali. Questo nuovo tipo di approccio è stato sperimentato con successo su resti ossei di un ipogeo romano, contribuendo all'identificazione di riti funerari. Oltre che in archeologia, può avere un impatto anche nelle scienze forensi, aprendo la strada verso un nuovo campo di ricerca.
- **Metallurgia nell'antico Egitto e numismatica.** Studio delle tecniche di lavorazione di vasi metallici appartenenti al Corredo Funerario di Kha e Merit (Museo Egizio di Torino) tramite diffrazione a raggi X e Machine Learning. Lo studio riguarda l'analisi di oggetti metallici appartenenti a collezioni di differente periodo storico e provenienza per l'individuazione di benchmarks specifici per l'attribuzione ed autenticazione.
- **Olio Extra Vergine di Oliva.** Sviluppo di una procedura analitica per il monitoraggio della qualità, tracciabilità e valutazione della sicurezza nell'industria alimentare dell'olio extravergine di oliva mediante spettroscopie e Machine Learning. Il lavoro ha un notevole impatto nel campo della Food Science.
- **Manoscritti del XVII e XVIII secolo.** Lo studio riguarda l'analisi di adesivi, inchiostri, carte per una corretta attribuzione e lo studio dell'applicazione di nuovi prodotti di restauro e valutazione della loro durabilità ed efficacia.

Nel prossimo triennio si prevede l'ampliamento degli studi a nuove problematiche storico-artistiche.

Attività di outreach della linea di ricerca.

- [2023] Visita al laboratorio di Fisica per i Beni Culturali nell'ambito delle visite museali.
- [2022] G. Festa. Festival della Scienza di Roma. Nell'ambito del Festival della Scienza di Roma, partecipazione al podcast di Adriana Migliucci *Stesi dalle Tesi* presso la Casa del Podcast di Villa Torlonia, per parlare della propria ricerca.

- [2022] G. Festa. "Ossa, spettrometri e antichi rimedi. Quando la fisica incontra l'archeologia", Digitour, Festival della Scienza di Genova, 24 ottobre 2022.
- [2022] Notte europea dei ricercatori, Fisica per i Beni Culturali. Attività di divulgazione scientifica presso il CREF.
[2022] "Tutela e conservazione: i restauratori raccontano". Presentazione degli ultimi interventi di restauro sui cimeli del museo, 7 maggio 2022 – MuGa, Polo Culturale Mentana.
- [2022] Invisible Colours. 2ª edizione Evento online per le scuole superiori, Giulia Festa, La ricerca attraverso i colori, 27 aprile 2022.
- [2022] Quantum Weeks a via Panisperna, 14 aprile 2022, visita ai laboratori di Fisica per i Beni Culturali.
- [2022] Webinar 11 febbraio – CREF in occasione della Giornata internazionale delle donne e delle ragazze nella scienza, Scienziate di oggi incontrano scienziate* di domani, venerdì 11 febbraio 2022.
- [2021] Ideazione e realizzazione della prima edizione del concorso per le scuole superiori Invisible Colours. 1ª edizione, Evento online, 27 aprile 2021.

Nel prossimo triennio si prevede di dedicare una percentuale del tempo del personale per attività di outreach e divulgazione scientifica tramite la partecipazione ad eventi di divulgazione, seminari, attività specifiche e progetti di disseminazione della cultura scientifica e dei risultati della ricerca.

Collaborazioni nazionali e internazionali

Di seguito sono riportate le collaborazioni nazionali ed internazionali in corso.

- Anthropological Service – Soprintendenza Archeologia del Lazio e dell'Etruria Meridionale
- British Museum (London, UK)
- Centro Restauro Venaria Reale (Torino)
- CNR-IPCF
- CNR-IBAM
- CNR-ISC
- CSIC- Consejo Superior de Investigaciones Científicas (Spagna)
- ISIS Spallation Neutron Source (Oxford, UK)
- Museo Egizio (Torino)
- Opificio delle Pietre Dure (Firenze)
- Paul Scherrer Institut, Villigen (Switzerland)
- Archivio Università Pontificia Gregoriana (Roma)

- Istituto Centrale per la Patologia degli Archivi e del Libro (Roma)
- Oak Ridge National Laboratory (USA)
- Polo Culturale Mentana (MuCaM – museo civico archeologico di Mentana e dell'agro nomentano, MuGa – museo garibaldino, MASCO- Mentana Archivio Storico Comunale)

Amendment to MoU tra Science and Technology Facilities Council (parte dell'United Kingdom Research and Innovation) ed il CREF riguardo ricerca scientifica di mutuo interesse per le parti presso la sorgente di neutroni a spallazione ISIS (Oxfordshire, UK). Referente tecnico-scientifico- Dott.ssa G. Festa. Periodo di validità: 1° novembre 2020 - 31 ottobre 2025.

Convenzioni di ricerca in corso afferenti alla linea di ricerca:

- Archivio Storico Pontificia Università Gregoriana (Beni Cartacei e supporti per la scrittura), referente CREF - G. Festa.
- MIC - Istituto Centrale per la Patologia degli Archivi e del Libro (Beni Cartacei e supporti di scrittura di origine naturale), referente CREF - G. Festa.

Nel prossimo triennio si prevede il rafforzamento e l'ampliamento dei contatti con i Musei, in ambito regionale, nazionale ed internazionale, tramite la stipula di ulteriori nuove convenzioni finalizzate ad attività di ricerca congiunte a medio e lungo termine.

Collaborazioni con le Università

- Sapienza Università di Roma (Roma)
- University College London (Inghilterra)
- Università Politecnica di Valencia, Dip. Fisica Applicata (Spagna)
- Università Pontificia Gregoriana (Roma)
- Università degli Studi di Salerno
- Università di Siena
- Università di Coimbra (Portogallo)
- Università di Palermo
- Università degli Studi Roma 3

Convenzioni di ricerca con Università afferenti alla linea di ricerca:

- Dipartimento di Scienze del Patrimonio Culturale dell'Università degli Studi di Salerno (Numismatica), referente CREF - G. Festa.
- Science and Engineering in Arts, Heritage and Archaeology (SEAHA) Doctoral Centre, University College London (Neutronica per lo studio di metalli), referente CREF - G. Festa.

Sono inoltre in corso attività di ricerca congiunte nell'ambito del dottorato in archeologia dell'University a London (UCL) in collaborazione con il CSIC-Consejo Superior de

Investigaciones Científicas in Galizia per lo studio di manufatti in metallo dell'età del bronzo conservati presso il British Museum di Londra.

Infrastrutture di ricerca

Le attività di ricerca si svolgono principalmente presso il laboratorio di Fisica per i Beni Culturali del CREF situato al piano -1 della storica palazzina di Via Panisperna, che è parte dell'infrastruttura di ricerca dell'Ente. All'occorrenza, vengono utilizzate infrastrutture esterne per specifiche indagini su materiali di interesse storico-artistico, tramite proposte sperimentali soggette a peer-review, presso laboratori di neutroni, luce di sincrotrone e infrastrutture distribuite con strumentazione portatile. Le attività di ricerca che si intendono portare avanti nel triennio di riferimento prevedono la richiesta di accesso ad infrastrutture di ricerca nazionali e internazionali tramite la stesura di proposte sperimentali (proposals) che verranno valutate in base alla logica del peer-review e verranno scelte in base alle esigenze di ricerca scientifica: ad esempio E-RIHS, la European Research Infrastructure for Heritage Science (<http://www.e-rihs.eu>), infrastrutture di neutroni e Luce di sincrotrone. È inoltre in programma la possibilità di partecipare come Ente al DTC Lazio - Centro di Eccellenza del Distretto Tecnologico della Cultura della Regione Lazio.

Ricercatori coinvolti

Giulia Festa (90%), Claudia Scatigno (90%), Miriam Focaccia (3%), Lorenzo Teodonio associato CREF (100%).

Risorse e fonti finanziamento

- Progetto Regione Lazio ISIS@MACH. Prevede finanziamenti per l'acquisto di apparecchiature e l'inserimento del laboratorio nella infrastruttura distribuita ISIS@MACH. ISIS@MACH è concepito come nodo di una infrastruttura internazionale per la caratterizzazione dei materiali in cordata con l'Università degli Studi di Roma "Tor Vergata" e la sorgente di neutroni ISIS Pulsed Neutron and Muon Source con sede nell'Oxfordshire (UK). Finanziamento CREF: 500.000 €. Fonte di finanziamento: fondi europei indiretti erogati tramite la Regione Lazio (POR FESR Lazio 2014-2020).
- Fondi istituzionali per missioni e disseminazione: 6000 €
- Call PRIN 2022 (in attesa di valutazione) - SLOW SUMER. Repair, Reuse, Recycling and Southern Mesopotamian Society in the Changing World of 2500-2000 BC. Coordinatore CREF Dott.ssa G. Festa, contributo CREF: 108.054 €
- Call PRIN PNRR 2022 (in attesa di valutazione) come descritto nella sezione dedicata alle attività di terza missione dell'Ente.

Budget complessivo del Progetto per il 2023: 110.000 euro

INFRASTRUTTURE DI RICERCA

I laboratori del CREF sono infrastrutture situate nel seminterrato (piano -1) dell'edificio storico di via Panisperna 89A e sono attivi nell'ambito delle seguenti attività di ricerca sperimentali: il laboratorio di Beni Culturali, il laboratorio di Fisica Computazionale e il laboratorio di Extreme Energy Events (EEE). Negli ultimi 3 anni si è proceduto all'allestimento e alla messa a regime dei laboratori, ora funzionanti e produttivi. Gli spazi dedicati sono circa di (200) m², sono visitabili ed il personale è attivamente coinvolto in attività specifiche di terza missione con studenti delle scuole ed il pubblico in genere. I laboratori possiedono una fornitura di strumentazione di base per l'espletamento delle attività sperimentali descritte di seguito ed una infrastruttura informatica per il calcolo e lo storage dei dati.

Il **Laboratorio di Fotonica Computazionale** è dotato delle infrastrutture necessarie per la realizzazione dei primi prototipi delle macchine di calcolo fotonico e l'implementazione degli esperimenti ottici associati. Il laboratorio dispone di tavoli ottici stabilizzati, sorgenti laser nella banda spettrale del visibile e del vicino infrarosso, modulatori spaziali di luce per luce visibile ed infrarossa, rivelatori ottici, componenti ottici e optomeccanici accessori. Sono presenti workstations basate su calcolatori convenzionali dedicate all'indagine teorica, alle simulazioni numeriche e all'analisi dati. Per l'ingegnerizzazione delle piattaforme fisiche di calcolo, consistenti in sistemi fotonici caratterizzati da disordine e non linearità, il laboratorio si avvale di collaborazioni con prestigiosi istituti di ricerca internazionali come l'ETH di Zurigo e l'Ecole Normale Supérieure di Parigi, oltre che di facilities presenti nell'Istituto di Sistemi Complessi (ISC) del CNR di Roma.

Nel **Laboratorio di Fisica per i Beni Culturali** sono ad oggi presenti strumentazioni per analisi di fluorescenza a raggi X (XRAMAN, Bruker), spettroscopia infrarossa in trasformata di Fourier (FTIR, Thermo Fisher Scientific), workstations dedicate con ampia potenza di calcolo per analisi dati di imaging tramite software dedicato e piccola strumentazione accessoria (bilancia analitica di precisione, pressa, campioni standard). Il laboratorio si avvale inoltre di programmi di accesso presso altre infrastrutture di ricerca quali *Large Scale Facilities* per l'utilizzo di strumentazione avanzata di neutroni e radiazione di sincrotrone ed infrastrutture distribuite. Il laboratorio è inoltre parte dell'infrastruttura di ricerca ISIS@MACH (MATERIALS CHARACTERIZATION Hub): un'Infrastruttura di Ricerca (RI) con sede nella Regione Lazio, primo Hub di ISIS pulsed neutron and muon source con sede nel Regno Unito, sostenuto dalla Regione Lazio nell'ambito del programma di finanziamento specifico POR FESR 2014-2020 per rafforzare le Infrastrutture

di Ricerca. È inoltre in programma la valutazione di una eventuale partecipazione come Ente al DTC Lazio - Centro di Eccellenza del Distretto Tecnologico della Cultura della Regione Lazio.

Il **Laboratorio del Progetto Extreme Energy Events** - “La Scienza nelle scuole” (Progetto EEE) ospita al suo interno un telescopio in grado di rilevare e tracciare i raggi cosmici che lo attraversano. Il telescopio è costituito da tre rivelatori a gas di tipo Multigap Resistive Plate Chamber di ampia area (circa 2 m²) equipaggiato con opportuna elettronica di front-end e readout per l'acquisizione su PC dei dati e successiva analisi. In particolare, i dati acquisiti sono trasferiti via rete al centro di raccolta e immagazzinamento dei dati e analizzati in tempo reale. Il laboratorio è anche dotato di strumentazione accessoria che comprende anche un oscilloscopio digitale e vari strumenti. Il telescopio fa parte della rete di 60 telescopi installati in tutta Italia, la maggior parte dei quali all'interno di scuole superiori. Oltre alla partecipazione alle fasi di presa dati del Progetto EEE il laboratorio è utilizzato per testare nuove soluzioni da utilizzare su tutta la rete ed è fruibile sia per visite guidate, sia per laboratori didattici, ma anche per attività legate a convenzioni per i Percorsi per le Competenze Trasversali e l'Orientamento (PCTO) con le scuole.

INFRASTRUTTURE VIRTUALI

L'iniziativa congiunta CREF Sony (JICS), si avvale, tramite il partner Sony CSL, di diverse macchine in collaborazione con il provider OVHcloud. OVHcloud è un'azienda di web hosting francese, la più grande nell'Unione Europea. Essa fornisce server dedicati, domini e servizi di telefonia. La società possiede 32 datacenter per un totale di 250.000 server. Inoltre, offre i suoi servizi in 17 paesi tra cui Francia, Germania, Italia, Polonia, Spagna, Irlanda, Regno Unito, Finlandia e Canada. La dotazione include le seguenti macchine cloud: 2 x VPS Essential 2-4-80, 1 x VPS 2016 Cloud RAM 2, 1 x VPS 2016 Cloud RAM 3, 1 x Server MG-128 - 2x Xeon E5- 2630v3 - 128GB - SoftRaid 2x2To, 1 x Server HOST-128L - Xeon D- 1520 - 128GB - SoftRaid 2x2To, 1 x vRack bandwidth 100 Mbps. Le macchine ospitano i progetti congiunti e sono a disposizione dei ricercatori coinvolti e del pubblico, ove necessario. JICS è attualmente in contrattazione con Sony ed Amazon per un agreement relativo all'uso dei servizi cloud AWS.

Il progetto Neuroscienze e Neuroimaging Quantitativo, nell'ambito della piattaforma congiunta con la Fondazione Santa Lucia descritta nel paragrafo “Infrastrutture e attività di ricerca clinica”, gestisce un database di neuroimmagini che comprende al momento 14000 pazienti e volontari sani. I dati, disponibili in formati standard (DICOM e NIfTI), sono associati a

relativi metadati e archiviati con modalità rispettose del GDPR e delle convenzioni internazionali sul consenso informato.

COLLABORAZIONI NAZIONALI E INTERNAZIONALI

TECNOLOGIE FOTONICHE E INTELLIGENZA ARTIFICIALE

- Weizmann Institute for Science, Israel
- École normale supérieure de Paris
- Université de Paris
- University of St. Andrews
- ETH Zurich
- Institute for Complex Systems, CNR-Italy
- Dipartimento di Fisica, Sapienza, Università di Roma.

INNOVAZIONE E SCENARI PREDITTIVI PER LA SOSTENIBILITÀ

- Camera di Commercio di Roma (<https://www.rm.camcom.it/>) [Città sostenibili]
- Città Metropolitana di Roma Capitale [Città sostenibili]
- AGCOM [Infosfera]
- Sony CSL Paris, Sony CSL Tokyo, Sony CSL Kyoto
- Sony Semiconductor Solutions (SSS): the small team of applied AI put together by SSS at CREF, though originally not foreseen by the Joint Initiative, is serving the purpose of completing the pipeline from pure research to applications in the area of Sustainable Cities". [Città sostenibili]
- VOLOCOM [Infosfera]
- ILAB [Creatività aumentata + Città sostenibili]
- Aterballetto (<https://www.aterballetto.it/>) [Creatività aumentata]
- MAXXI, Museum of the XXI century [Creatività aumentata]
- Fernando Cobelo (Artist) [Creatività aumentata]
- Sapienza Univ. of Rome, Physics Dept. [Città sostenibili e Infosfera]
- University of Roma 2 "Tor Vergata" [Città sostenibili e Infosfera]
- University of Rome 3, Physics and Architecture [Città sostenibili]
- University of Venice Ca' Foscari [Città sostenibili]

- IMT Lucca [Città sostenibili e Infosfera]
- LUISS Business school and research centres [Creatività aumentata]
- Complexity Science Hub Vienna (CSHV) [Sustainable Cities and Infosphere]
- King's College London [Città sostenibili e Creatività aumentata]
- Univ. of Melbourne [Città sostenibili]

COMPLESSITÀ NELLE SCIENZE NATURALI, SOCIALI ED ECONOMICHE

- Memorandum of Understanding tra CREF e l'IFC della World Bank group
- Università UNU-MERIT
- Università di Tor Vergata
- Complex Science Hub di Vienna
- Joint Research Center dell'unione europea
- King's College, London
- University of Granada
- Oxford University
- Namur University
- Central European University of Vienna
- Max Planck Institute
- IMT Lucca
- Ca' Foscari, Università di Venezia
- CENTAI di Torino
- Biocruces-Bizkaia Health Research Institute
- International Labour Organization
- Institute for New Economic Thinking School for Oriental and African Studies
- Sapienza, Università di Roma

NEUROSCIENZE E NEUROIMAGING QUANTITATIVO

- Fondazione Santa Lucia, Roma
- IMT Lucca
- CNR, Istituto dei sistemi complessi e Istituto di Nanotecnologia
- ISS Roma
- Netabolics S.R.L.
- Siemens Healthcare S.R.L.

- Sapienza Università di Roma, Dipartimenti di Ingegneria dell'Informazione Elettronica e Telecomunicazioni e di Fisica
- Università di Chieti-Pescara, Dipartimento di Neuroscienze, Chieti
- Università di Pavia, Dipartimento di Scienze del Sistema Nervoso e del Comportamento
- University of Minnesota, Center for Magnetic Resonance Research (CMRR), Minneapolis.
- Yale University, Magnetic Resonance Research Center, New Haven.

FISICA PER I BENI CULTURALI

- Anthropological Service – Soprintendenza Archeologia del Lazio e dell'Etruria Meridionale
- British Museum (London, UK)
- Centro Restauro Venaria Reale (Torino)
- CNR-IPCF
- CNR-IBAM
- CNR-ISC
- CSIC- Consejo Superior de Investigaciones Científicas (Spagna)
- ISIS Spallation Neutron Source (Oxford, UK)
- Museo Egizio (Torino)
- Opificio delle Pietre Dure (Firenze)
- Paul Scherrer Institut, Villigen (Switzerland)
- Archivio Università Pontificia Gregoriana (Roma)
- Istituto Centrale per la Patologia degli Archivi e del Libro (Roma)
- Oak Ridge National Laboratory (USA)
- Polo Culturale Mentana (MuCaM – museo civico archeologico di Mentana e dell'agro nomentano, MuGa – museo garibaldino, MASCO- Mentana Archivio Storico Comunale)
- Science and Technology Facilities Council (parte dell'United Kingdom Research and Innovation)
- Archivio Storico Pontificia Università Gregoriana (Beni Cartacei e supporti per la scrittura)
- MIC - Istituto Centrale per la Patologia degli Archivi e del Libro (Beni Cartacei e supporti di scrittura di origine naturale)
- Sapienza Università di Roma (Roma)
- University College London (Inghilterra)
- Università Politecnica di Valencia, Dip. Fisica Applicata (Spagna)

- Università Pontificia Gregoriana (Roma)
- Università degli Studi di Salerno
- Università di Siena
- Università di Coimbra (Portogallo)
- Università di Palermo
- Università degli Studi Roma 3
- Dipartimento di Scienze del Patrimonio Culturale dell'Università degli Studi di Salerno (Numismatica)
- Science and Engineering in Arts, Heritage and Archaeology (SEAHA) Doctoral Centre, University College London (Neutronica per lo studio di metalli)

ATTIVITÀ DI TERZA MISSIONE

FINALITÀ E OBIETTIVI

Il Museo Storico della Fisica e Centro Studi e Ricerche “Enrico Fermi” (CREF), nasce con la duplice anima di Centro di Ricerca e di Museo Storico, con l’intento di conservare e diffondere in Italia e nel mondo la memoria della vita e delle opere di Enrico Fermi, oltre che favorire un’ampia diffusione e comunicazione della cultura scientifica. La Terza missione ha un ruolo centrale per il CREF, in particolare attraverso le attività legate al **Museo dedicato all’eredità Scientifica di Enrico Fermi** a cui si aggiungono: **l’Alta Formazione di giovani scienziati** attraverso il finanziamento di **borse di dottorato**, il **Progetto Extreme Energy Events - La Scienza nelle Scuole** rivolto alle **scuole superiori** e la **Comunicazione e Diffusione della cultura scientifica** attraverso una serie di conferenze scientifiche e storiche rivolte al grande pubblico.

Obiettivo dell’allestimento e dell’apertura del Museo Fermi è la conservazione e la divulgazione della memoria storica legata alla figura di Enrico Fermi e dei suoi collaboratori. Il risultato è un percorso storico-scientifico immersivo che combina in maniera innovativa oggetti e allestimenti tradizionali con moderne tecnologie multimediali. Fanno parte integrante del percorso museale alcuni luoghi storici della palazzina, tra cui il cortile interno con la fontana detta ‘dei pesci rossi’ (primo sito storico italiano della European Physical Society inaugurato nel 2012) e la scalinata d’ingresso, immortalata nel 1931 in occasione del primo congresso internazionale di Fisica nucleare cui parteciparono i più celebri fisici teorici del tempo. A partire dal 2022 sono state calendarizzate visite guidate per i singoli visitatori e piccoli gruppi, che si affiancano alla programmazione di aperture settimanali riservate alle scuole e alle aperture speciali su richiesta di fondazioni e società scientifiche: la ripresa delle attività delle visite museali, post COVID-19, ha visto una presenza nel 2022 di circa duemila visitatori.

Il Progetto “Extreme Energy Events - La Scienza nelle Scuole” rappresenta un unicum a livello nazionale e internazionale, per continuità nel coinvolgimento delle scuole superiori italiane, nelle attività di diffusione della cultura scientifica: studenti e professori delle scuole superiori di tutta Italia sono protagonisti in tutte le fasi di un esperimento scientifico per la misura dei raggi cosmici. Gli studenti iniziano la loro esperienza presso il CERN, il principale laboratorio internazionale per lo studio della fisica delle particelle, con la costruzione dei tre rivelatori che costituiscono il telescopio per raggi cosmici del Progetto EEE. Partecipano alla sua

installazione all'interno della loro scuola, si occupano del monitoraggio del funzionamento e dell'analisi dei dati. Oltre alle attività sperimentali sui telescopi, il Progetto EEE offre un intenso e ricco programma di incontri di collaborazione (da remoto e in presenza), masterclass e seminari tematici che registrano molto successo: ogni anno partecipano alle attività del Progetto EEE più di mille studenti. Nell'ambito del Progetto EEE è anche nata la Missione PolarquEEEst per la quale sono stati costruiti (sempre da studenti delle scuole superiori) ed installati alle isole Svalbard, rivelatori a scintillazione compatti per lo studio dei raggi cosmici a latitudini estreme.

Questo progetto permette al CREF di mantenere uno stretto legame con un'ampia rete di scuole di vario ordine e grado disseminate su tutto il territorio nazionale, e che partecipano alle iniziative di diffusione scientifica e a percorsi per le competenze trasversali e per l'orientamento (PCTO).

La missione del CREF di diffusione della cultura scientifica si concretizza inoltre con la partecipazione a Festival della Scienza ed altri eventi a livello nazionale e internazionale, con l'organizzazione di cicli di conferenze, presentazioni di libri e proiezioni di film sulla storia della fisica del '900 legata all'eredità di via Panisperna, un canale YouTube del CREF che mette a disposizione del pubblico generale le registrazioni delle conferenze e contenuti divulgativi ed un programma editoriale dei canali social del CREF che prevede una rubrica (su Facebook e Instagram) dedicata alla storia della fisica del 900.

ALTA FORMAZIONE DI GIOVANI SCIENZIATI

Il Centro Ricerche Enrico Fermi da tre anni promuove un programma di alta formazione dei giovani scienziati in convenzione con le tre università pubbliche di Roma (Sapienza, Tor Vergata, Roma Tre) finanziando borse di dottorato di ricerca in Fisica ed Ingegneria Elettronica. Le convenzioni prevedono attività di formazione e ricerca legate alle principali linee scientifiche di sviluppo dell'Ente e di interesse per le Università convenzionate. I dottorandi svolgono la propria attività scientifica di tesi principalmente presso il CREF stesso che li dota di spazi, supporto logistico ed attrezzature informatiche dedicate al progetto di alta formazione. Al momento sono impegnati in tale programma 18 dottorandi.

Il programma di alta formazione prevede anche il coinvolgimento attivo dei summenzionati dottorandi nelle attività museali, con una formazione apposita fornita dal Comitato del Museo dedicato ad Enrico Fermi, e di diffusione della cultura scientifica.

ATTIVITÀ DI PUBLIC ENGAGEMENT

Data/periodo di svolgimento dell'iniziativa	Giugno -Settembre
Titolo dell'iniziativa	Notte Europea dei Ricercatori
Categoria di attività di public engagement	Eventi Pubblici
Breve descrizione	Presentazione al grande pubblico delle attività di ricerca del CREF e dei progetti di terza missione: Museo e Progetto EEE. All'attività partecipano come presentatori i ricercatori del CREF allestendo exhibit, stand con poster, visite ai laboratori e visita al museo Fermi. Nell'ambito del Progetto EEE sono previste anche conferenze tematiche online.
Budget complessivo utilizzato	
(di cui) Finanziamenti esterni	
Impatto stimato	Il numero stimato è di circa 150 partecipanti in presenza e di 400 partecipanti online
Link a siti web (se disponibili)	https://www.scienzainsieme.it

Data/periodo di svolgimento dell'iniziativa	Tutto l'anno
Titolo dell'iniziativa	Visite guidate al Museo Fermi
Categoria di attività di public engagement	organizzazione eventi pubblici + fruizione da parte della comunità di musei, ospedali, impianti sportivi, biblioteche, teatri, edifici Storici degli enti di ricerca
Breve descrizione	Il Museo Fermi è aperto alle scuole settimanalmente e alla cittadinanza in occasione di open-day calendarizzati, oltre che in concomitanza di speciali eventi quali convegni e conferenze. Le visite, gestite dai ricercatori del CREF, comprendono la mostra permanente dedicata a Enrico Fermi e la guida al complesso monumentale di via Panisperna che è, a pieno titolo, parte integrante del percorso museale.
Budget complessivo utilizzato	
(di cui) Finanziamenti esterni	
Impatto stimato	Il numero stimato è di circa 3000 partecipanti
Link a siti web	https://museum.cref.it

Data/periodo di svolgimento dell'iniziativa	Settembre - Giugno
Titolo dell'iniziativa	PCTO
Categoria di attività di public engagement	Iniziative di orientamento e interazione con le scuole superiori
Breve descrizione	Il CREF offre la possibilità di attivare programmi PCTO alle scuole superiori nell'ambito delle attività legate al Museo Fermi e al Progetto EEE.
Budget complessivo utilizzato	
(di cui) Finanziamenti esterni	
Impatto stimato	Il numero stimato per l'anno in corso è di circa 400 persone coinvolte direttamente.
Link a siti web	http://eee.centrofermi.it

Data/periodo di svolgimento dell'iniziativa	Ottobre - Maggio
Titolo dell'iniziativa	Lezioni aperte al pubblico

Categoria di attività di public engagement	Organizzazione eventi pubblici
Breve descrizione	Un ciclo di conferenze, presentazioni di libri e proiezioni di film aperti al pubblico sulla storia della fisica del '900 legata all'eredità di via Panisperna. Le conferenze sono affidate a storici della Scienza, registrate in alta qualità e disponibili in chiaro sul canale Youtube dell'Ente
Budget complessivo utilizzato	9300 euro
(di cui) Finanziamenti esterni	
Impatto stimato	Il numero stimato è circa 350 partecipanti in presenza, mentre le visualizzazioni dei video nel complesso sono circa 30.000
Link a siti web	https://cref.it https://www.youtube.com

Data/periodo di svolgimento dell'iniziativa	Ottobre
Titolo dell'iniziativa	Festival della Scienza di Genova
Categoria di attività di public engagement	partecipazioni attive a incontri pubblici organizzati da altri soggetti
Breve descrizione	Il CREF ha partecipato attivamente al Festival della Scienza di Genova con un caffè scientifico sul tema Economic Complexity di Luciano Pietronero e a distanza con un digitour (tour online) del laboratorio di fisica per i beni culturali Anche quest'anno prevediamo la partecipazione al festival
Budget complessivo utilizzato	1500 euro
(di cui) Finanziamenti esterni	
Impatto stimato	Il numero stimato è circa 60 partecipanti per il caffè scientifico più tre classi (60 studenti circa) per il digitour
Link a siti web	https://festival2022.festivalscienza.it

Data/periodo di svolgimento dell'iniziativa	Novembre
Titolo dell'iniziativa	International Cosmic Day
Categoria di attività di public engagement	Partecipazioni attive a incontri pubblici organizzati da altri soggetti
Breve descrizione	Il Progetto EEE partecipa alla giornata internazionale dedicata a studenti delle scuole secondarie di tutto il mondo e incentrata sui raggi cosmici. Sono previsti piccoli esperimenti e analisi dati e presentazione agli altri partecipanti dei risultati.
Budget complessivo utilizzato	
(di cui) Finanziamenti esterni	
Impatto stimato	Il numero stimato è di circa 500 partecipanti
Link a siti web	https://icd.desy.de

Data/periodo di svolgimento dell'iniziativa	Ottobre – Giugno
Titolo dell'iniziativa	Run Coordination Meeting e Giornate di Studio del Progetto EEE
Categoria di attività di public engagement	Iniziative di orientamento e interazione con le scuole superiori
Breve descrizione	Il Progetto EEE organizza, con cadenza mensile durante l'anno scolastico, delle riunioni da remoto con studenti e professori partecipanti al Progetto, su temi

	legati all'esperienza e non solo. Si organizzano inoltre, con cadenza annuale, incontri in presenza per approfondire tematiche relative all'esperienza per mezzo di lezioni ed esercitazioni (masterclass). Durante le giornate di studio gli studenti sono anche chiamati a presentare a tutta la platea i risultati di lavori svolti nell'ambito di EEE durante l'anno.
Budget complessivo utilizzato	15000 € per gli incontri annuali in presenza
(di cui) Finanziamenti esterni	
Impatto stimato	Il numero stimato è di circa 500/600 partecipanti per gli incontri online, 100 partecipanti per quelli in presenza
Link a siti web	https://eee.centrofermi.it

Data/periodo di svolgimento dell'iniziativa	Ottobre
Titolo dell'iniziativa	Partecipazione alla Maker Faire European Edition
Categoria di attività di public engagement	Eventi pubblici
Breve descrizione	Il CREF e il Sony Computer Science Laboratories partecipano regolarmente, a partire dal 2021, alla Maker Faire European Edition (https://makerfairerome.eu/it/) con una serie di stand interattivi dedicati alle ricerche dell'Iniziativa Congiunta CREF-Sony (JICS). Nel 2022 JICS ha presentato 8 stand dedicati a temi che spaziavano dalle Città Sostenibili, alle patologie dell'ecosistema dell'informazione, dalla creatività aumentata ad applicazioni di intelligenza artificiale per disabilità.
Budget complessivo utilizzato	15000 €
(di cui) Finanziamenti esterni	15000 €
Impatto stimato	Il numero stimato è di circa 45000 partecipanti su tre giorni di evento.
Link a siti web	https://makerfairerome.eu/it/

PRODUZIONE E GESTIONE DEI BENI CULTURALI

La Palazzina di Via Panisperna rappresenta la cornice ideale nella quale è inserito il Museo Fermi, luogo della memoria storica legata alla figura di Enrico Fermi e dei suoi collaboratori, detti appunto "i ragazzi di via Panisperna", oltre che della storia del Regio Istituto di Fisica a partire dalla sua fondazione negli anni Ottanta dell'Ottocento fino al 1936, quando l'Istituto venne trasferito nella nuova sede di Sapienza, in piazzale Aldo Moro.

A partire da marzo 2022, data dell'effettiva ripresa delle attività museali dopo la chiusura forzata a causa della pandemia da Covid 19, il Museo Fermi ha riaperto i propri spazi alle

scuole e alla cittadinanza con un programma di attività di promozione e diffusione della cultura scientifica ricco e articolato.

Il Museo Fermi è oggi aperto alle scuole, a società e organizzazioni scientifiche tutte le settimane. Per la cittadinanza, sono organizzati degli open-day in modo costante e sistematico, oltre che eventi di divulgazione e comunicazione scientifica a cadenza mensile, tutti pubblicizzati sul sito del Museo e tramite i social media dell'Ente. Nell'anno 2022 (marzo-dicembre) si è registrata una presenza di oltre 200 visitatori al mese al Museo. In considerazione del trend di prenotazioni, per l'anno 2023 si prevede un aumento di almeno il 50% delle presenze rispetto a quelle dell'anno passato.

Il bacino d'utenza del Museo Fermi, ad oggi, è prevalentemente rappresentato dalle scuole superiori di II grado, sparse su tutto il territorio nazionale, nonché straniere. Il Museo Fermi è conosciuto anche oltre i confini nazionali: ha ospitato e ospiterà scuole e studenti stranieri provenienti da numerose nazioni europee, dalla Gran Bretagna alla Germania; dalla Danimarca alla Grecia, sino a Polonia, Romania e Bulgaria. Per il 2023 si stanno preparando percorsi alternativi costruiti ad hoc per altri target di studenti (scuole elementari e scuole medie) la cui validità sarà testata da alcune visite pilota calendarizzate a partire da marzo 2023.

L'interesse per il Museo Fermi da parte delle scuole e del pubblico è in continua crescita e data la grande risposta e l'ampio interesse riscontrato, si è resa necessaria una organizzazione sostenibile e l'identificazione di risorse dedicate per fare fronte a queste richieste, sia nell'ottica di una continuità della proposta, sia per poter estendere le aperture.

Un Comitato tecnico del Museo, istituito con delibera del CdA del 31 marzo 2022 e composto da studiosi e ricercatori dell'Ente, si occupa dell'organizzazione e della gestione del Museo. Il Comitato sta valutando progetti e idee per poter ampliare e valorizzare l'offerta museale attraverso l'allestimento di nuove postazioni che, in linea con l'estetica del museo e avvalendosi di tecnologie multimediali moderne e coinvolgenti, interesseranno alcuni spazi del Museo. A questo proposito, il CREF ha ricevuto un finanziamento dalla Regione Lazio per il progetto VEROSH - Virtual ExploRation Of Science History per lo sviluppo di un'esperienza di realtà immersiva virtuale da integrare nel Museo. La realtà virtuale proposta nel progetto VEROSH rappresenta il core di una nuova maniera di divulgare la scienza, utilizzando l'aspetto emozionale e di intrattenimento per avvicinare il grande pubblico a contenuti scientifici in maniera semplice e accattivante. Infatti, le esperienze museali sono straordinariamente memorabili e rimangono impresse a lungo nella memoria divenendo quindi un volano per l'apprendimento.

Il target di riferimento dell'azione di diffusione della cultura scientifica include categorie di soggetti diversi, quali studenti e docenti delle scuole primarie, secondarie ed universitari, ma anche e soprattutto il vasto pubblico dei cittadini incuriositi dalla scienza che può trovare nel

Museo un riferimento per l'approfondimento di tematiche che abbiano sia una solida base scientifica e storica, sia una rilevanza nella formazione di una pubblica opinione informata su temi di attualità.

Tra le attività previste, si segnalano cicli di conferenze, convegni accademici, attività laboratoriali, meeting tematici di storia e filosofia della scienza, proiezione di documentari, cortometraggi e film a carattere scientifico ed anche installazioni e performances da parte di artisti che si ispirano ad approfondire e sviluppare il rapporto tra arte e scienza. In breve, si vuole rendere il Museo un luogo dove poter sperimentare e ricercare nuove e diverse forme di diffusione della cultura scientifica che utilizzino anche, come strumento di comunicazione, le moderne tecnologie, le arti visive e cinematografiche, creando così un reale ponte tra la cultura umanistica e quella scientifica che possa attrarre l'interesse di un vasto pubblico.

Il Museo è parte integrante dell'Ente di Ricerca e dunque al momento le spese per il suo mantenimento sono a carico del fondo di finanziamento ordinario dello stesso, le cui risorse finanziarie sono utilizzate principalmente per il personale, le attività di ricerca e la relativa struttura amministrativa a supporto della stessa.

Ricercatori coinvolti

- Miriam Focaccia, Coordinatrice Comitato tecnico Museo Fermi: 30%
- Tutto il personale permanente di ricerca dell'Ente impiega il 10% del proprio tempo
- Una borsa di studio Junior (16/01/2023-15/01/2024): 100%

Risorse e fonti finanziamento

- VEROSH - Progetto Regione Lazio VEROSH (Virtual EplORation Of Science History). "Virtual Imaging to better understand the history of the via Panisperna Historical building, interacting with avatars of the most important people who worked at the Institute of Physics." Il progetto riguarda lo sviluppo ed allestimento di una nuova sezione del Museo tramite approcci innovativi quali realtà virtuale, allestimento museale interattivo, etc. Personale coinvolto: F. Coccetti, G. Festa, M. Focaccia, F. Giove, F.S. Labini
Finanziamento: 1 FASE: 73.84000 euro su 12 mesi, 2 FASE: 868.6381.271.810 euro - 24 mesi (al momento non finanziabile per esaurimento della dotazione, eventualmente concesso in caso di scorrimento della graduatoria) + 250.000 euro cofinanziamento, BUDGET TOTALE: 1.192.478390.870 euro.

- PRIN-PNRR 2022, Towards a Science Museum in Rome: survey, description, digitization and communication of science & technology heritage (in attesa dei risultati). Personale coinvolto: Miriam Focaccia, Giulia Festa. Il progetto è in collaborazione con la linea di ricerca Fisica per i Beni Culturali.

Infrastrutture e attività di ricerca clinica

Il CREF collabora con la Fondazione Santa Lucia IRCCS (FSL) all'interno di una piattaforma di ricerca congiunta e paritaria istituita presso la Fondazione stessa. La Fondazione è un Istituto di Ricovero e Cura a Carattere Scientifico, sede di attività cliniche di alta specializzazione nei campi di trattamento di patologie neurologiche e neuroriabilitazione dopo traumi o insulti cerebrali. La Fondazione Santa Lucia tratta oltre 2000 ricoveri all'anno (oltre all'attività ambulatoriale) ed è sede di un'intensa attività di ricerca.

La piattaforma di ricerca congiunta è dedicata a ricerca di base e clinica in neuroscienze e neuroimmagini, ed è finalizzata allo sviluppo, messa a punto e applicazione di nuove tecnologie di Risonanza Magnetica. Nell'ambito delle attività di piattaforma, ricercatori CREF e FSL collaborano in stretto contatto con le attività cliniche, in modo da massimizzare la valenza traslazionale della ricerca.

All'interno della piattaforma, il CREF dispone di un laboratorio dedicato (NaN, Neurophysics and Neuroimaging); inoltre, le attività di ricerca con neuroimmagini dell'intera piattaforma sono coordinate da personale CREF (Federico Giove). Tali attività coinvolgono un elevato numero di ricercatori (circa 50), provenienti da varie istituzioni pubbliche e private, e possono contare su infrastrutture sperimentali all'avanguardia. È in particolare disponibile uno scanner MRI Siemens Prisma 3T, dedicato esclusivamente alla ricerca. È lo scanner dalle prestazioni più elevate attualmente disponibile (64 canali RF, gradienti 80 mT/m @ 200 T/m/s, magnete altamente omogeneo). Sono disponibili sequenze MRI avanzate e non commerciali, in base ad accordi di ricerca con importanti istituzioni internazionali (Harvard Medical School, University of Minneapolis, University of California San Diego). Sono disponibili strumenti per la programmazione delle sequenze di impulsi, nonché le competenze e le abilitazioni richieste. Sono infine disponibili presso la piattaforma tutti gli strumenti ausiliari necessari al monitoraggio dei volontari ed all'esecuzione di complessi studi funzionali. La piattaforma dispone altresì di strutture IT complete. Queste includono l'elaborazione distribuita (grid based computing ottimizzato per il neuroimaging, oltre 140 nodi) e un database completo per i dati di

neuroimmagini integrato con storage centrale su SAN RAID (200 TB online, di cui circa il 10% su SSD). Il database contiene al momento le neuroimmagini di circa 14000 pazienti.

Brevetti

Il laboratorio di Fotonica Computazionale prevede come parte del suo output scientifico l'ottenimento di brevetti per la realizzazione di macchine di calcolo fotonico aventi design innovativi e/o prestazioni superiori rispetto allo stato dell'arte.

SECONDA PARTE: DETTAGLIO DELLE ATTIVITÀ DI RICERCA E DI DIFFUSIONE SCIENTIFICA

La seconda parte del Piano Triennale di Attività del Museo Storico della Fisica e Centro Studi e Ricerche “Enrico Fermi” (CREF) illustra in dettaglio le attività di ricerca e di diffusione scientifica dell’Ente.

1. INNOVAZIONE E SCENARI PREDITTIVI PER LA SOSTENIBILITÀ

Responsabile scientifico: Vittorio Loreto

Stato dell'arte nel campo

Il nostro ambiente e le nostre società stanno subendo trasformazioni strutturali significative, soprattutto a causa dei cambiamenti climatici, della globalizzazione e della digitalizzazione. Questa rapida serie di trasformazioni sta minacciando la nostra sicurezza e quella del nostro pianeta. La recente pandemia ha esacerbato le sfide esistenti e ha reso evidente l'urgenza di un ripensamento radicale dei nostri stili di vita: dall'organizzazione delle nostre società e città al rapporto tra aree urbane e rurali, dai nostri sistemi di produzione allo sfondamento dei limiti ecologici. La crisi attuale ha fatto ancora di più: ci ha catapultati improvvisamente in una realtà alternativa in cui abbiamo potuto sperimentare nuovi equilibri e nuove soluzioni per organizzare la nostra vita: dal lavoro alla scuola al tempo libero. Anche se il percorso verso la sicurezza planetaria non è ancora visibile, è chiaro che la crisi attuale cambierà in modo permanente le nostre abitudini e le nostre vite al livello più profondo. In questo contesto è di assoluta importanza colmare il profondo divario tra scienza da un lato e decisori e parti sociali ed economiche, per trovare e identificare nuove soluzioni tempestive e convincenti che integrino tecnologie e pensiero creativo.

Finalità e obiettivi

L'iniziativa congiunta CREF-Sony (d'ora in poi JICS) è unica nel suo genere, in quanto unisce un'istituzione pubblica e un laboratorio di ricerca inserito in un ambiente aziendale. L'accordo mira a gettare le basi di una nuova entità di ricerca che combinerà, in uno spazio concettuale unico, le scienze, le arti, l'impegno pubblico e le imprese, per guidare l'innovazione e raggiungere gli Obiettivi di Sviluppo Sostenibile (SDGs). In particolare, CREF e Sony CSL hanno concordato di lavorare sui seguenti tre progetti congiunti:

Città sostenibili Gli inevitabili cambiamenti che le nostre città stanno subendo richiedono un pensiero intelligente e strategico per raggiungere gli Obiettivi di Sviluppo Sostenibile (SDGs). Per affrontare queste sfide, questo progetto mira a sviluppare e implementare una serie di tecnologie cosiddette "what-if" con diversi scopi specifici: (i) valutare la situazione degli

ambienti urbani in materia di qualità dei trasporti pubblici, inclusività, attività economiche; (ii) concepire e testare scenari per gli ambienti urbani e le loro sfide socio-economiche; (iii) creare metriche e visualizzazioni, strumenti di modellazione e assistenti di intelligenza artificiale che potrebbero essere adottati da agenzie istituzionali e responsabili politici in tutto il mondo per pianificare interventi locali e rimodellare il tessuto urbano.

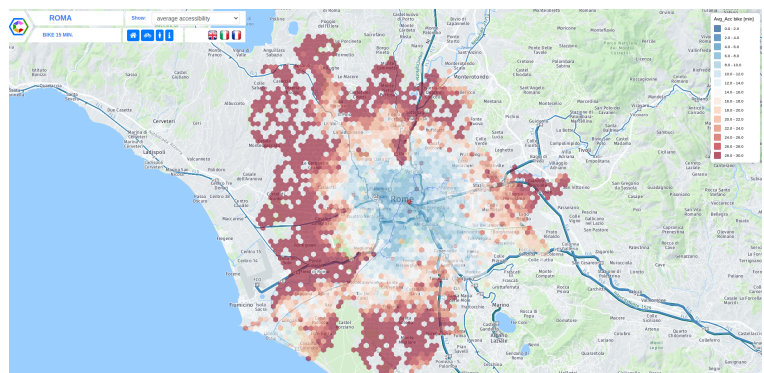
Disinformazione e dialogo sociale (Infosfera) In quest'area, il JICS mira a migliorare lo stato di salute delle dinamiche informative nelle società democratiche lungo i seguenti assi: (i) fornire una conoscenza più approfondita delle dinamiche di domanda e offerta di informazioni nell'ecosistema delle notizie per minimizzare la disinformazione e ridurre i fenomeni di polarizzazione; (ii) sviluppare nuovi sistemi di raccomandazione, nuovi meccanismi di reputazione per ricostruire la fiducia nel sistema informativo; (iii) creare politiche innovative, basate su dati scientifici, per i governi, le autorità e gli stakeholder dell'ecosistema delle notizie.

AI e Machine Learning per l'innovazione (Creatività aumentata) Il JICS si propone di studiare le interazioni tra l'intelligenza umana (HI) e l'intelligenza artificiale (AI) per favorire l'emergere di quella che potremmo definire "Creatività Aumentata", ovvero la creatività umana supportata da nuovi strumenti di AI. La sintesi tra HI e AI, realizzata dalla Creatività Aumentata, apre nuovi scenari per lo sviluppo di nuove idee e tecnologie per il miglioramento dell'umanità e la ricerca di soluzioni sostenibili alle attuali sfide sociali. L'effetto collaterale di questo processo, ancora agli inizi, sarà anche un ripensamento globale di ciò che oggi chiamiamo Intelligenza Artificiale, con l'obiettivo finale di favorire la nascita di una nuova generazione di agenti artificialmente intelligenti in grado di supportare le imprese cognitive umane.

Contenuti e metodi

Città sostenibili

Città dei 15 minuti L'idea di una città di prossimità è interessante dal punto di vista della transizione verde. Meno pendolarismo implica meno emissioni e una migliore qualità della vita. In questo contesto, l'iniziativa JICS mira a fornire strumenti per valutare lo stato delle nostre città e concepire e convalidare nuovi scenari di sviluppo. JICS ha già migliorato e sviluppato ulteriormente la piattaforma delle città in 15 minuti



(<http://whatif.cslparis.com/15mincity/>), originariamente concepita e promossa dal CSL di Parigi. La piattaforma, disponibile gratuitamente online, viene costantemente aggiornata con nuove città e funzionalità. In figura, riportiamo una rappresentazione in 15 minuti della città di Roma. Nelle aree blu, i servizi sono accessibili in media in meno di 15 minuti, mentre le aree rosse non soddisfano il criterio dei 15 minuti.

Fitness ed economia urbana JICS mira a valutare l'accessibilità e la mobilità delle diverse aree di una città utilizzando il framework Fitness and Complexity. Questo quadro, sviluppato per valutare la competitività (Fitness) e la complessità dei prodotti esportati dai Paesi, viene adattato per analizzare il paesaggio fitness di varie città, dividendole in settori e collegando ogni settore con tutti i diversi tipi di punti di interesse (POI) situati al suo interno. L'obiettivo principale è quello di confrontare i risultati della tecnica Fitness and Complexity con altri indicatori urbani, come l'accessibilità, i flussi di mobilità e i prezzi delle abitazioni, per avere uno strumento più completo per quantificare la disuguaglianza e la segregazione nelle città. Un'ulteriore attività mira a indagare come il contenuto tecnologico dei brevetti caratterizzi lo sviluppo delle aree metropolitane e come l'innovazione sia correlata al PIL pro capite.

Un progetto Smart-city CREF e Sony CSL hanno lanciato, in collaborazione con Sony Semiconductor Solutions (SSS), un progetto in corso che sfrutta le tecnologie all'avanguardia nella computer vision applicate in un contesto urbano. Il POC lanciato adotta il nuovo sensore intelligente Sony IMX500. Le principali attività pianificate finora, in collaborazione con soggetti pubblici (Comune di Roma, Azienda municipalizzata per i servizi di trasporto pubblico, ecc.) e privati (Envision, Artificially, ecc.), sono: (i) Previsione del carico di passeggeri sul trasporto pubblico per favorire viaggi più sostenibili, efficienti e sicuri; (ii) Valutazione della sicurezza degli incroci in base a diversi fattori (numero di veicoli, loro velocità, promiscuità tra soggetti deboli (pedoni, ciclisti, ecc.) e mezzi pesanti) con ovvie implicazioni in termini di sicurezza e prevenzione.

Misinformazione e dialogo sociale (Infosfera)

Dinamiche dell'ecosistema dell'informazione Recenti evidenze (vedi Gravino et al., Nat Hum Behav 6, 1069-1078 (2022) <https://doi.org/10.1038/s41562-022-01353-3>) mostrano che la disinformazione tende a prosperare quando l'offerta non corrisponde alla domanda di informazioni. Il JICS si propone di esplorare ulteriormente questa fenomenologia, in primo luogo per migliorare la comprensione delle dinamiche del sistema informativo e in secondo luogo per trovare antidoti alla diffusione della disinformazione e alla crescente tossicità del dialogo sociale.

Disaccordo e polarizzazione strutturale La crescente polarizzazione minaccia in modo significativo la coesione sociale e il dialogo. Spesso viene messa in relazione con le cosiddette



"fake news", anche se recenti scoperte evidenziano che la polarizzazione è generata da ogni tipo di notizia, falsa o meno. Il JICS si propone di indagare la complessità dei fenomeni di polarizzazione e il loro emergere collettivo dai comportamenti individuali.

Gli obiettivi principali sono: (i) sviluppare una teoria della polarizzazione che possa indicare se una popolazione è a rischio di conflitto; (ii) sviluppare nuovi strumenti per raggiungere difficili compromessi: promuovere la diversità delle opinioni diminuendo la violenza online, suggerire contenuti pertinenti e personalizzati evitando la creazione di camere dell'eco, migliorare l'affidabilità dei contenuti online senza censurare la libertà di parola.

Sistemi di raccomandazione e dinamiche di opinione Il ruolo dei sistemi di raccomandazione è ancora controverso all'interno della comunità scientifica. JICS si propone di definire e testare in una sola volta i tre ingredienti necessari per valutare e superare l'effetto "echo chamber": nuove metriche per la diversità, nuovi modelli per i comportamenti degli utenti (comprese le dinamiche di opinione a lungo termine) e nuovi algoritmi di raccomandazione. (In figura un'immagine di un recente esperimento sul ruolo dei sistemi di raccomandazione sulla nascita della polarizzazione).

AI e Machine Learning per l'innovazione (Creatività Aumentata)

AI non stazionaria L'apprendimento automatico moderno si basa sull'ipotesi di stazionarietà, ossia che i parametri delle distribuzioni associate ai dati di addestramento rimangano invariati nel tempo. Sebbene sia evidente che la stazionarietà si verifica raramente nella vita reale, ciò è particolarmente vero per i processi creativi, per i quali le novità rappresentano un ingrediente cruciale che può portare a radicali cambiamenti di paradigma nel sistema di riferimento. Anche i sistemi di IA più recenti e di maggior successo, come ChatGPT, non prevedono la gestione delle dinamiche di innovazione. JICS svilupperà ulteriormente un nuovo metodo, chiamato Dreaming Learning, originariamente sviluppato da Sony-CSL, per incorporare efficacemente le novità spazio-temporali nei sistemi di IA. Il JICS intende approfondire ed espandere questa tecnica attraverso una più profonda comprensione teorica dei sistemi di IA non in equilibrio e applicare questa metodologia a problemi del mondo reale.

Complessità urbana e arti performative Una lunga letteratura sulle città "invisibili" si riferisce ad aspetti delle città che sfuggono a un'analisi quantitativa superficiale. Tuttavia, c'è un crescente consenso sul fatto che un quadro più completo delle città sarebbe fondamentale per affrontare le sfide attuali e migliorare la qualità della vita. Con questo spirito, potremmo

chiederci se le arti, in particolare quelle performative, possano aiutarci a catturare tutte le diverse impronte digitali e a rivelare il carattere invisibile delle città. Immaginiamo una prolifica fusione tra le rappresentazioni della città basate sui dati e il flusso creativo degli artisti per trasformare quei dati in espressioni tangibili e significative. In questo quadro, città diverse potrebbero, ad esempio, "suonare" o "danzare" in modo diverso a seconda delle loro specifiche impronte digitali. La differenza dei fattori dinamici che descrivono le aree urbane fornirà spunti creativi agli artisti col fine di stimolare la consapevolezza, rafforzare la responsabilità individuale e suggerire nuove azioni curative.

Collaborazioni nazionali e internazionali

ACCADEMIA:

- Sapienza Univ. of Rome, Physics Dept. [Città sostenibili e Infosfera]
- University of Roma 2 "Tor Vergata" [Città sostenibili e Infosfera]
- University of Rome 3, Physics and Architecture [Città sostenibili]
- University of Venice Ca' Foscari [Città sostenibili]
- IMT Lucca [Città sostenibili e Infosfera]
- LUISS Business school and research centres [Creatività aumentata]
- Complexity Science Hub Vienna (CSHV) [Sustainable Cities and Infosphere]
- King's College London [Città sostenibili e Creatività aumentata]
- Univ. of Melbourne [Città sostenibili]

ISTITUZIONI

- Camera di Commercio di Roma (<https://www.rm.camcom.it/>) [Città sostenibili]
- Città Metropolitana di Roma Capitale [Città sostenibili]
- AGCOM [Infosfera]

SETTORE PRIVATO

- Sony CSL Paris, Sony CSL Tokyo, Sony CSL Kyoto
- Sony Semiconductor Solutions (SSS): the small team of applied AI put together by SSS at CREF, though originally not foreseen by the Joint Initiative, is serving the purpose of completing the pipeline from pure research to applications in the area of Sustainable Cities". [Città sostenibili]
- VOLOCOM [Infosfera]
- ILAB [Creatività aumentata + Città sostenibili]
- ALTRI SETTORI
- Aterballetto (<https://www.aterballetto.it/>) [Creatività aumentata]
- MAXXI, Museum of the XXI century [Creatività aumentata]

- Fernando Cobelo (Artist) [Creatività aumentata]

Ricercatori coinvolti

Direttori dei progetti:

CREF: Luciano Pietronero

Sony CSL: Vittorio Loreto

Project managers:

CREF: Andrea Gabrielli, Fabio Saracco, Andrea Tacchella

Sony CSL: Matteo Bruno, Alessandro Londei, Pietro Gravino

Ricercatori coinvolti:

CREF: Angelica Sbardella, 2 Nuovi ricercatori post-docs da assumere nella primavera del 2023

Sony CSL: Emanuele Brugnoli, Ruggiero Lo Sardo, Hygor Piaget Melo, Giulio Prevedello (30%, CSL Paris), Martina Galletti (30%, CSL Paris and Sapienza), Remi Van Trijp (10%, CSL Paris)

Sapienza: Bruno Campanelli

Studenti di Dottorato: Lorenzo Biferale (GSSI), Giordano De Marzo (Sapienza), Francesco Marzolla (Sapienza), Giovanni Palermo (Sapienza), Lavinia Rossi-Mori (Roma 2), Matteo Straccamore (Sapienza),

IMT Lucca: Tiziano Squartini

Univ. Roma 2: Giulio Cimini

Pubblicazioni recenti

- M. Straccamore, M. Bruno, B. Monechi and V. Loreto, *Urban Economic Fitness and Complexity from Patent Data*, *Scientific Reports*, **13**: 3655 (2023)
<https://www.nature.com/articles/s41598-023-30649-1>
- D. R. Lo Sardo, P. Gravino, C. Cuskley, V. Loreto, *Exploitation and exploration in text evolution. Quantifying planning and translation flows during writing*, *PLoS ONE*, 18(3):e0283628 (2023)
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0283628>
- Daniotti, S., Monechi, B. & Ubaldi, E. A maximum entropy approach for the modelling of car-sharing parking dynamics. *Nature Scientific Reports* 13, 2993 (2023).
<https://doi.org/10.1038/s41598-023-30134-9>

- Emanuele Brugnoli, Martina Galletti, Ruggiero Lo Sardo, Giulio Prevedello, Milena Di Canio & Pietro Gravino, “Decoding political social media posts”, *Nature Italy* (17 February 2023). [<https://www.nature.com/articles/d43978-023-00026-7> “Decoding political social media posts.pdf”, italian version: <https://www.nature.com/articles/d43978-023-00027-6> “Decodificare la comunicazione politica sui social media.pdf”]
- P. Gravino, G. Prevedello, M. Galletti & V. Loreto, *The supply and demand of news during COVID-19 and assessment of questionable sources production*, *Nat. Hum. Behav*, **6**, 1069–1078 (2022). <https://www.nature.com/articles/s41562-022-01353-3>
- W. Schueller, J. Wachs, V.D.P. Servedio, Stefan Thurner & V. Loreto, *Evolving collaboration, dependencies, and use in the Rust Open Source Software ecosystem*, *Scientific Data*, **9**:703 (2022). <https://doi.org/10.1038/s41597-022-01819-z>
- N. Reisz , V.D.P. Servedio, V. Loreto, W. Schueller, M.R. Ferreira and S. Thurner, *Loss of sustainability in scientific work*, *New Journal of Physics*, **24**: 053041 (2022). <https://doi.org/10.1088/1367-2630/ac6ca1>
- B. Monechi, E. Ubaldi, P. Gravino, I. Chabay & V. Loreto, *Finding successful strategies in a complex urban sustainability game*, *Scientific Reports*, **11**:15765 (2021). <https://doi.org/10.1038/s41598-021-95199-w>
- E. Ubaldi, R. Burioni, V. Loreto & F. Tria, *Emergence and evolution of social networks through exploration of the Adjacent Possible space*, *Communication Physics*, **4**:28 (2021). <https://doi.org/10.1038/s42005-021-00527-1>
- E. Ubaldi, B. Monechi, C. Chiappetta and V. Loreto, Heterogeneity and segregation of mobility patterns, in *Handbook on Entropy, Complexity and Spatial Dynamics*, Edited by Aura Reggiani, Laurie A. Schintler, Daniel Czamanski, and Roberto Patuelli (2021). <https://doi.org/10.4337/9781839100598>
- G. Di Bona, E. Ubaldi, I. Iacopini, B. Monechi, V. Latora, V. Loreto, *Socially-enhanced discovery processes*, under review in *Nature Communications* (2023).
- E. Brugnoli, R. Simone, M. Delmastro, *Combining NLP techniques and statistical modeling to analyze gender gaps in the mediated personalization of politics*, Under review to *Social Science Computer Review* (2022).
- E. Brugnoli, M. Delmastro, *Dynamics of (mis)information flow and engaging power of narratives*, under review to *PLoS ONE* (2022), <https://arxiv.org/abs/2207.12264>
- A. Galeazzi, A. Peruzzi, E. Brugnoli, M. Delmastro, F. Zollo, *Unveiling the Hidden Agenda: Biases in News Reporting and Consumption*, under review to *PNAS* (2022), <https://arxiv.org/abs/2301.05961>

Risorse

Investimento annuale del CREF: Il CREF, oltre a mettere a disposizione di Sony-CSL uno spazio dedicato all'iniziativa congiunta, fornisce servizi essenziali quali utenze, accesso alla rete, pulizia, sicurezza, etc. In aggiunta il CREF finanzia due ricercatori post-doc dedicati all'iniziativa congiunta per un costo complessivo di circa 60 mila euro l'anno.

Investimento annuale di Sony CSL: Sony CSL finanzia l'iniziativa congiunta con 11 ricercatori (tra full-time e part-time) di Sony CSL Roma e Sony CSL Parigi, le attrezzature di ricerca, l'acquisto di dati e comprende costi di viaggio, pubblicazione e disseminazione dei risultati, organizzazione di eventi. L'investimento annuale di Sony CSL si aggira intorno ad un milione di euro.

Budget complessivo del Progetto per il 2023: 1.100.000 euro (di cui circa un milione di euro da parte Sony CSL).

2. COMPLESSITÀ NELLE SCIENZE NATURALI, SOCIALI ED ECONOMICHE

Responsabile scientifico: Luciano Pietronero

Stato dell'arte nel campo

Il progetto di Complessità Sociale ed Economica è articolato in due macro-aree: applicazioni del framework di Economic Fitness and Complexity e Metodi e Teoria dei Networks.

Economic Fitness

Economic Fitness and Complexity (EFC) è il recente metodo economico sviluppato a Roma dal gruppo supervisionato dal prof. Luciano Pietronero (prima a Sapienza e attualmente al CREF) che utilizza e sviluppa le moderne tecniche di analisi dati per costruire modelli economici basati su una metodologia scientifica riconducibile alla fisica dei sistemi complessi e rigorosamente misurabili e testabili. Non si basa su teorie economiche ma sulla valutazione di problemi specifici e concreti basati su un approccio data based e bottom up che acquisisce le informazioni dai dati di crescita passata di tutti i paesi con metodi di Complex Networks, Algoritmi e Machine Learning. Questa scientificità è stata testata in dettaglio rispetto alla capacità di predire la crescita dei vari paesi che è risultata superiore a quella del Fondo Monetario Internazionale (FMI), come descritto anche da Bloomberg Views: "New research has demonstrated that the "fitness" technique systematically outperforms standard methods, despite requiring much less data". Alcune istituzioni maggiori come World Bank Group e il Joint Research Center usano attualmente questi metodi.

Metodi e Teoria dei Networks

La struttura delle reti complesse reali ha un impatto rilevante in tutta una serie di processi importanti per la società, come la propagazione di shock nei mercati finanziari, la risposta degli ecosistemi al cambiamento climatico, la diffusione di (dis)informazione nella società, la propagazione di malattie tra la popolazione o le funzionalità del cervello umano.

Nonostante i progressi nella connessione tra la struttura delle reti e le dinamiche di questi processi, rimangono aperte molte domande. L'approccio standard impone la scelta di una risoluzione nella rappresentazione della rete e di conseguenza il risultato dell'analisi dipende dalla scala prescelta (sia la diffusione di un'epidemia o di uno stress-test finanziario) e la

descrizione di una rete a livello aggregato può portare a risultati molto diversi da quelli a livello microscopico.

Un altro aspetto importante è la distinzione tra il segnale genuino, informativo per la comprensione del sistema analizzato, e il rumore casuale. Le reti complesse sono spesso affette da una quota rilevante di rumore e pertanto è necessario lo sviluppo di modelli statistici in grado di fornire un riferimento. Recentemente è stato proposto un paradigma teorico per lo sviluppo di modelli nulli che utilizza tecniche a cavallo tra la Fisica Statistica e la Teoria dell'Informazione, che costituisce il cardine delle attività del CREF in questo ambito.

Finalità e obiettivi

Economic Fitness

Nel corso del triennio 2023-25 le attività nell'ambito EFC si pongono una varietà di obiettivi guidati dalla finalità generale di aumentare la capacità di affrontare temi cruciali e concreti, in particolare legati all'analisi di policy, di tematiche di sostenibilità e legate al PNRR.

Si lavorerà dunque, come meglio dettagliato nelle sezioni seguenti, per aumentare la comprensione dei fondamenti teorici, la disaggregazione e l'integrazione dei dati, e per aumentare l'integrazione delle attività tra i vari ambiti disciplinari coinvolti (economia, scienze sociali, computer science). Le tematiche al centro delle attività di ricerca saranno la sostenibilità ambientale e sociale, le dinamiche di innovazione e del mercato del lavoro e le catene globali del valore.

Metodi e Teoria dei Networks

Le attività nell'ambito dei Metodi e della Teoria dei Networks seguiranno due direzioni principali. La prima consisterà nello sviluppo di metodologie per l'analisi di reti complesse ed eterogenee basate sul framework del Gruppo di Rinormalizzazione. La finalità di queste attività è di ottenere una procedura statisticamente rigorosa per l'analisi multi-scala di network complessi. La seconda direzione di analisi sarà focalizzata sullo sviluppo di modelli nulli per reti monopartite e bipartite. Questi approcci assumono particolare importanza quando si manifesta la necessità di ricostruire le informazioni rilevanti di un network empirico nel quale sia presente rumore.

Contenuti e metodi

Economic Fitness

Fondamenti

Dal punto di vista dei fondamenti teorici, esploreremo diverse direzioni. La prima domanda fondamentale ancora aperta è la natura e la dinamica delle capacità produttive. Questo aspetto sarà studiato a due diversi livelli: i paesi e le aziende. Per le aziende si studieranno i dati riguardanti diversi aspetti dell'organizzazione manageriale e strutturale delle imprese italiane. Per i paesi si esploreranno dei modelli generativi per simulare la formazione e aggregazione delle capacità industriali di una nazione.

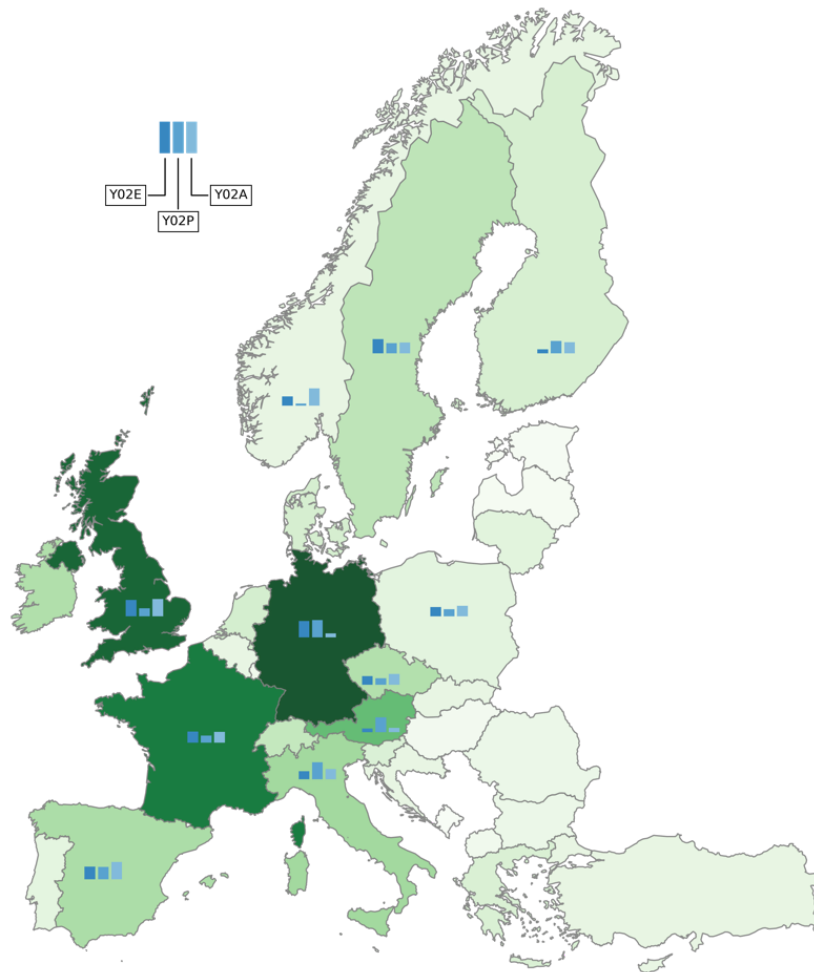
Dal punto di vista delle misure di complessità economica si studierà la profonda connessione tra l'algoritmo Fitness&Complexity (F&C) e il problema del trasporto ottimale. Questo permetterà un inquadramento completamente nuovo delle misure in termini sia teorici che applicativi.

Un ultimo importante problema teorico del quale ci occuperemo è quello di connettere la metodologia di F&C alle moderne teorie economiche quali l'economia strutturalista e l'economia dell'innovazione.

Sostenibilità

Le attività di ricerca del CREF in EFC si stanno sempre più direzionando allo studio della transizione sostenibile e dei *sustainable development goals*. In particolare, il progetto si propone di studiare l'innovazione tecnologica verde, sia guardando ai brevetti per la mitigazione e l'adattamento al cambiamento climatico, sia applicando metodi di *machine learning* per lo studio dei brevetti legati alle politiche europee sul monitoraggio delle emissioni industriali¹. L'applicazione di metodi di sistemi complessi e dell'approccio EFC all'attività brevettuale permette di studiare le potenzialità di crescita e competitività dei sistemi di innovazione tecnologica verde e non verde – a livello nazionale, regionale (in particolare europeo e con dettagliati casi studio nazionali), e urbano – e la complementarità tra produzione, competenze verdi e non verdi, con un particolare focus sull'interazione tra brevetti legati alle fonti di energia rinnovabile e fossile. Inoltre verranno portati avanti studi sul legame tra disuguaglianze ambientali e sociali, competitività industriale e inquinamento industriale tossico, focalizzando l'attenzione alla geografia delle cosiddette "left-behind areas".

¹ <https://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference>

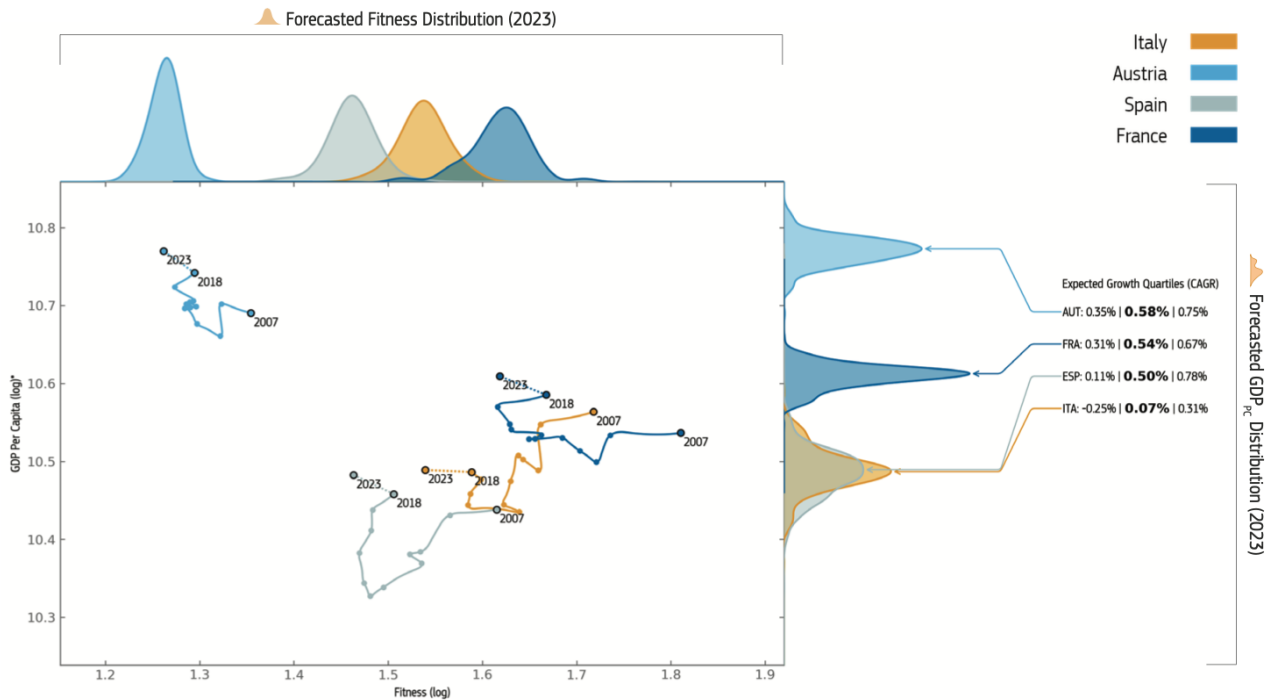


Mappa della competitività verde dei paesi europei basata sui brevetti prodotti nel 2016. Le barre identificano la competitività relativa a tre ambiti legati alla transizione verde: Y02E è legato alla generazione di energie rinnovabili, Y02P è legato alla produzione di beni in maniera sostenibile e Y02A è legato alle tecnologie per l'adattamento climatico.

Sviluppo Economico

L'approccio EFC si è dimostrato molto efficace nella previsione della crescita economica ed utilizza anche nuovi sviluppi della scienza della complessità e del *Machine Learning*, per effettuare previsioni di sviluppo a livello del singolo prodotto. E' infatti sempre più focalizzato sull'identificazione di prodotti, settori e tecnologie che potrebbero garantire maggiori guadagni competitivi per ogni paese sulla base delle rispettive capacità produttive, permettendo di ottenere previsioni molto dettagliate e di definire indici di cosiddetta *relatedness*, misure del legame tra diverse attività. Inoltre il CREF è leader nella ricostruzione e nell'armonizzazione di dati di commercio internazionale e, nel contesto di un progetto finanziato dal Joint Research Center della Commissione Europea, sta effettuando una *data reconstruction* dei prezzi unitari dei beni scambiati nei mercati internazionali. Infine, ci si prefigge anche di integrare i dati di

commercio internazionale e le analisi che sfruttano la metodologia Economic Fitness and Complexity con informazioni sulle catene globali del valore a livello settoriale.



*GDP Per Capita at Purchase Power Parity in 2017 constant US\$

Traiettorie nel piano GDP-ProCapite/Fitness. Le traiettorie in questo spazio risultano in larga parte prevedibili sulla base della dinamica osservata in passato e consentono una previsione di crescita economica (distribuzioni di probabilità sugli assi). Questo approccio si è dimostrato essere il 25% più accurato delle stime del FMI a 5 anni².

Diverse dimensioni di sviluppo Economico e Sociale

I metodi EFC permettono di rappresentare le strutture produttive delle economie nazionali non solo attraverso informazioni sull'esportazione dei prodotti, ma anche utilizzando dati sulla forza lavoro. Questa nuova branca di ricerca riconducibile al framework EFC permette di analizzare la struttura produttiva di paesi e regioni considerando anche settori occupazionali non esportabili, come gran parte dei servizi, fornendo una più ampia rappresentazione delle capacità produttive nazionali e regionali. Inoltre, questo nuovo approccio consente di identificare traiettorie di trasformazione strutturale basate sullo spostamento dell'impiego tra settori industriali, e di analizzarne le conseguenze in termini di dinamiche salariali e di polarizzazione dei mercati del lavoro.

Complessità Economica Multilayer

Le attività del progetto si sviluppano anche verso l'analisi delle diverse dimensioni legate allo sviluppo economico e sociale. In particolare si studieranno le evoluzioni di competitività e

² <https://www.nature.com/articles/s41567-018-0204-y>

disuguaglianza nella produzione scientifica attraverso le dinamiche dei processi di citazioni tra autori residenti in varie regioni del mondo, e la connessione tra competitività nel mercato del lavoro e la complessità dei profili di lavoro in EU e USA. Attraverso l'uso di metodi di Machine Learning, si analizzerà anche come l'innovazione descritta tramite la classificazione dei brevetti sia prevedibile, in quanto coppie di codici tecnologici che formeranno nuove tecnologie tendono precedentemente a diminuire una loro distanza semantica. Le diverse dimensioni dello sviluppo verranno poi analizzate insieme, estraendo la loro mutua interazione usando tecniche di Network Theory ed ottenendo il multigrafo relazionante Economia, Scienza ed Innovazione.

Disseminazione

Le finalità del progetto sono anche indirizzate verso una parte di disseminazione e condivisione delle conoscenze acquisite, tramite canali sia scientifici che divulgativi. È già in programma una scuola primaverile intitolata Economic Fitness and Complexity Spring School ad inizio giugno 2023. La scuola prevede di formare studenti di dottorato e giovani ricercatori sulle tematiche portate avanti dal progetto. Si prevede di ripetere l'iniziativa con cadenza annuale.

Sempre a carattere scientifico, il personale del progetto organizzerà sezioni parallele ad importanti conferenze internazionali, quali ad esempio il congresso dell'European Regional Sciences Association. La divulgazione scientifica diretta al pubblico generico viene effettuata sia attraverso i canali social dell'ente, sia nel corso di seminari e conferenze finalizzati alla presentazione dell'attività di ricerca in maniera informale.

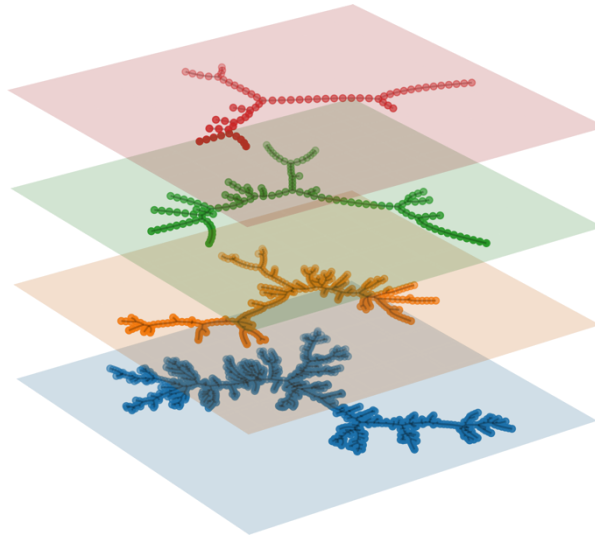
Metodi e Teoria dei Networks

Gruppo di Rinormalizzazione per reti complesse

Il progetto prevede lo sviluppo di metodi per studiare il comportamento di reti eterogenee, ovvero reti in cui i nodi hanno diverse proprietà e modelli di connessione, basati sulla tecnica della rinormalizzazione, utilizzata in fisica statistica. In pratica, gli sviluppi realizzati permettono di semplificare la rete iterativamente, identificando gruppi di nodi "simili" tra loro in termini di connessioni. Ciò consente di studiare come le proprietà della rete cambiano durante questa "rinormalizzazione".

Il progetto prevede l'utilizzo di questo paradigma per individuare punti deboli e nodi chiave in reti elettriche, neuronali, di comunicazione e di controllo della trasmissione delle malattie. Ad esempio, può essere utilizzato per identificare i nodi chiave all'interno di reti di diffusione di contagio e creare programmi di vaccinazione mirati. Nella lotta alla disinformazione, può essere utilizzato per analizzare la diffusione di notizie false e propaganda su Internet e

identificare le reti di utenti che promuovono queste informazioni, contrastando così le campagne di disinformazione. In sintesi, rappresenta uno strumento di grande valore per comprendere e migliorare il funzionamento dei sistemi complessi.



Processo di riduzione di una rete complessa

Modelli Nulli

Lo sviluppo di modelli nulli per l'analisi di reti complesse è un campo consolidato in settori come lo studio dei sistemi finanziari e delle reti di commercio internazionale, ma solo di recente è stato applicato all'analisi dei social network online, con risultati significativi. Grazie alla distinzione tra segnale e rumore, è stato possibile identificare comportamenti coordinati nella diffusione di disinformazione politica e individuare strutture di rete favorevoli alla diffusione di infodemie. Il progresso in questo ambito si concentra su due aspetti: dal punto di vista teorico, si sta sviluppando una vasta gamma di modelli nulli per l'analisi di diverse descrizioni delle reti, compresi ipergrafi, reti segnate e dinamiche. Dal punto di vista delle applicazioni, l'attività di ricerca si concentra sulla struttura del dibattito online e sui vari fenomeni di diffusione dell'informazione, tra cui le echo-chambers e la disinformazione, utilizzando i modelli nulli più adatti.

Collaborazioni nazionali e internazionali

Le collaborazioni attinenti al progetto sono molte. Solo negli ultimi due anni sono state ufficializzate, attraverso Memorandum of Understanding, le partnership scientifiche tra il CREF e l'IFC della World Bank group, l'università UNU MERIT, l'università di Tor Vergata ed il Complexity Science Hub di Vienna.

Inoltre, sui temi di complessità, sono da tempo stabili le seguenti collaborazioni:

- Joint Research Center dell'Unione Europea

- King's College, London
- University of Granada
- IMT di Lucca
- Oxford University
- Namur University
- Central European University of Vienna
- Max Planck Institute
- Sapienza Università di Roma
- CENTAI di Torino
- Biocruces-Bizkaia Health Research Institute
- International Labour Organization
- Institute for New Economic Thinking
- School for Oriental and African Studies

Ricercatori coinvolti

- Bernardo Caldarola, Assegnista, CREF - 90%
- Lorenzo Cresti, Assegnista, CREF - 90%
- Dario Mazzilli, Ricercatore, CREF - 90%
- Aurelio Patelli, Assegnista, CREF - 90%
- Fabio Saracco, Ricercatore, CREF - 90%
- Angelica Sbardella, Ricercatrice, CREF - 90%
- Andrea Tacchella, Primo Ricercatore, CREF - 90%
- Tiziana Di Matteo, Full Professor, King's College, London
- Giulio Cimini, Professore Associato, Tor Vergata
- Pablo Villegas, Assegnista, CREF - 90%
- Luciano Pietronero, Presidente, CREF
- Andrea Gabrielli, Direttore Scientifico, CREF

Pubblicazioni recenti

- De Cunzo, F., Petri, A., Zaccaria, A., & Sbardella, A. (2022). The trickle down from environmental innovation to productive complexity. *Scientific Reports*, 12(1), 22141.
- Napolitano, L., Sbardella, A., Consoli, D., Barbieri, N., & Perruchas, F. (2022). Green innovation and income inequality: A complex system analysis. *Structural Change and Economic Dynamics*, 63, 224-240.
- Cetrulo, A., Sbardella, A., & Virgillito, M. E. (2023). Vanishing social classes? Facts and figures of the Italian labour market. *Journal of Evolutionary Economics*, 33(1), 97-148.

- Aufiero, S., De Marzo, G., Sbardella, A., & Zaccaria, A. (2023). Mapping job complexity and skills into wages. *arXiv preprint arXiv:2304.05251*.
- Aurelio Patelli, A. Roventini, and A. Sbardella (2023) Politiche per la transizione verde, il Mulino
- Aurelio Patelli, L. Napolitano, G. Cimini, and A. Gabrielli (2023) Geography of science: Competitiveness and inequality. *Journal of Informetrics*, 17(1):101357.
- Aurelio Patelli, L. Pietronero, and A. Zaccaria (2022) Integrated database for economic complexity. *Scientific Data*, 9:
- Aurelio Patelli, L. Napolitano, G. Cimini, and A. Gabrielli (2023) Capability accumulation patterns across economic, innovation, and knowledge-production activities, *Scientific Reports*
- Caldarola, B., Grazzi, M., Ocelli, M., & Sanfilippo, M. (2023). Mobile internet, skills and structural transformation in Rwanda. *Accepted in Research Policy*.
- Caldarola, B. (2022). Structural change (s) in Ghana: A comparison between the trade, formal and informal sectors. *Laboratory of Economics and Management (LEM) Working Paper Series*, (2022/36). https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=4306229
- Saracco, F., Petri, G., Lambiotte, R., & Squartini, T. (2022). Entropy-based random models for hypergraphs. *arXiv preprint arXiv:2207.12123*.
- Mattei, M., Pratelli, M., Caldarelli, G., Petrocchi, M., & Saracco, F. (2022). Bow-tie structures of twitter discursive communities. *Scientific Reports*, 12(1), 1294
- Bernaschi, M., Celestini, A., Guarino, S., Mastrostefano, E., & Saracco, F. (2022). The Fitness-Corrected Block Model, or how to create maximum-entropy data-driven spatial social networks. *Scientific Reports*, 12(1), 18206.
- Bruno, M., Lambiotte, R., & Saracco, F. (2022). Brexit and bots: characterizing the behaviour of automated accounts on Twitter during the UK election. *EPJ Data Science*, 11(1), 17.
- Bruno, M., Mazzilli, D., Patelli, A., Squartini, T., & Saracco, F. (2023). Inferring comparative advantage via entropy maximization. *arXiv preprint arXiv:2304.12245*.
- Patuelli, A., & Saracco, F. (2023). Sustainable development goals as unifying narratives in large UK firms' Twitter discussions. *Scientific Reports*, 13(1), 7017.
- Villegas, P., Gabrielli, A., Santucci, F., Caldarelli, G., & Gili, T. (2022). Laplacian paths in complex networks: Information core emerges from entropic transitions. *Physical Review Research*, 4(3), 033196.
- Villegas, P., Gili, T., Caldarelli, G., & Gabrielli, A. (2023). Laplacian renormalization group for heterogeneous networks. *Nature Physics*, 19(3), 445-450.

Risorse

Progetti finanziati

- Tender ECOMAXP, finanziato da JRC (Commissione Europea). Importo finanziato: 80600€. PI: Aurelio Patelli

- Fondi istituzionali per missioni e disseminazione: —

Progetti presentati, in attesa di valutazione

- Progetto SYNERGIES (call Horizon 2020). 11 Partners internazionali. Budget totale: 3M€. Budget CREF: 390k€. PI nodo CREF: Angelica Sbardella
- PRIN 2022. Partnership con ISC-CNR. Budget totale: 332k€. Budget CREF: 151k€. PI nodo CREF: Dario Mazzilli
- PRIN 2022 – PNRR. Partnership con Scuola Superiore Sant’Anna. Budget totale: 299k€. Budget CREF: 177k€. PI nodo CREF: Angelica Sbardella
- PRIN 2022. Partnership con CNR, Politecnico di Milano. Budget totale: 299k€. Budget CREF: 36k€. PI nodo CREF: Fabio Saracco
- PRIN 2022 – PNRR. Partnership con CNR. Budget totale: 278k€. Budget CREF: 91k€. PI nodo CREF: Fabio Saracco

Budget complessivo del Progetto per il 2023: 400.000 euro.

3. L'IMPATTO DELL'INTELLIGENZA ARTIFICIALE SUL TESSUTO SOCIOECONOMICO E L'INNOVAZIONE TECNOLOGICA

Responsabile scientifico: Andrea Tacchella

Stato dell'arte nel campo

I recenti progressi nel campo dell'intelligenza artificiale hanno dimostrato di essere in grado di produrre rapidi mutamenti nel modo di elaborare informazioni e di generare contenuti. In particolare i modelli per il linguaggio (Large Language Models - LLM), come ChatGPT, GPT4, LLaMA, e i modelli per la generazione di immagini (Diffusion Models - DM), come DALL-E 2, Midjourney, StableDiffusion, si sono dimostrati in grado di produrre contenuti e rispondere a richieste a livelli comparabili con quelli di un essere umano. Questi strumenti hanno il potenziale di modificare profondamente il modo di gestire, trasformare e produrre informazioni, contenuti ed, in ultima analisi, lavoro.

In questo progetto ci concentreremo prevalentemente sui Language Models, che sono quelli con il maggiore potenziale trasformativo per il mercato del lavoro, ma anche quelli che si meglio si prestano ad essere utilizzati come strumenti per l'analisi economica e sociale.

I modelli di linguaggio hanno compiuto un notevole progresso, con modelli come il GPT-3 di OpenAI, rilasciato nel giugno 2020, che hanno spinto i confini della comprensione e generazione del linguaggio naturale. Il GPT-3 è uno dei più grandi modelli di linguaggio, con ben 175 miliardi di parametri. Ha dimostrato capacità impressionanti in vari compiti, come la traduzione del linguaggio, il question-answering e il completamento del testo. L'architettura del GPT-3 si basa sul modello transformer, che utilizza meccanismi di autoattenzione per catturare le dipendenze a lungo raggio nel testo. Nei primi mesi del 2023 OpenAI ha rilasciato GPT-4, un modello multimodale, in grado di lavorare simultaneamente su immagini e testo, che si stima essere composto da circa 100 trilioni di parametri.

Negli stessi mesi sono stati rilasciati diversi LLM open source, ovvero i cui parametri sono stati resi pubblici, a differenza dei modelli di OpenAI che rimangono proprietari. Il principale modello open source disponibile al momento è LLaMA. Una caratteristica fondamentale di questi modelli open-source è la possibilità di eseguirne un fine-tuning su compiti specifici, ottenendo

risultati all'avanguardia in aree come l'analisi del sentiment, il riconoscimento delle entità nominate e la classificazione del testo. Questo consente di sfruttare le capacità linguistiche di questi modelli in un'enorme varietà di compiti.

I processi creativi sono strettamente correlati alle dinamiche di innovazione in numerosi sistemi appartenenti alla teoria della complessità. In entrambi uno degli elementi caratterizzanti è l'espansione temporale dello spazio concettuale dovuto sia all'inclusione di elementi nuovi e inaspettati, sia a processi autonomi legati all'esplorazione dello spazio del possibile. In generale, le moderne tecniche di Intelligenza Artificiale hanno raggiunto livelli straordinari di ricombinazione delle informazioni presenti nella loro base di conoscenza. ChatGPT o GPT4 al momento riescono a produrre testi estremamente convincenti grazie all'apprendimento di una quantità enorme di informazioni di training e a infrastrutture tecnologiche di ragguardevoli dimensioni. Tuttavia, sebbene le capacità generative di tali sistemi siano del tutto convincenti, a oggi queste macchine non possiedono una specifica capacità di includere nuove informazioni o anche semplicemente di anticiparne l'arrivo in un contesto di *continuous learning*. Questa limitazione, a cui si è cercato di far fronte attraverso l'adozione di tecniche miste - come ad esempio reti neurali e reinforcement learning - non hanno portato a soluzioni effettivamente utilizzabili in applicazioni su sistemi non stazionari. In particolare, questo problema assume un ruolo molto rilevante in tutte le applicazioni in cui l'IA deve stabilire un collegamento tra la creatività umana - articolata in senso artistico, o quale processo di innovazione delle idee e di sviluppo - in modo da rappresentare uno strumento utile ed efficace per supportare le dinamiche creative naturali.

Nel contesto della collaborazione con strumenti di IA, la produzione testuale ha un ruolo di spicco, per via dei risultati ottenuti nel campo della Natural Language Processing (NLP) quali il suggerimento di alternative semanticamente corrette, l'analisi della leggibilità del testo e la generazione di testi a partire da una richiesta dell'utente. Quest'ultima tecnologia promette di cambiare radicalmente il processo di scrittura, fornendo un motore per: la produzione di testi, la sintesi e la proposta di forme retoriche alternative che, nonostante l'apertura al pubblico sia avvenuta meno di un anno fa, è già utilizzata su vasta scala e sta già influenzando il flusso di lavoro di molti scrittori.

Tuttavia, l'utilizzo di questi strumenti rimane relegato nell'analisi del testo, come una forma statica. Quando si parla di tempo nella comunità NLP si parla più spesso del concetto per codificare la successione di elementi testuali di un'opera e non per parlare del processo di scrittura.

Finalità e obiettivi

In questo progetto ci proponiamo di analizzare il potenziale trasformativo di questi strumenti in tre direzioni:

- Il loro impatto sociale ed economico
- La loro capacità di aumentare la creatività e l'innovatività
- La possibilità di utilizzarli come strumenti per aumentare la nostra comprensione dei fenomeni economici e sociali

La ricerca verrà dunque articolata secondo molteplici linee che affrontano questi temi in maniera interconnessa:

- 1. Analisi dell'impatto sul mercato del lavoro.** Verrà studiata la dinamica delle competenze richieste dal mercato del lavoro e come questa sia correlata all'emergere della disponibilità di nuovi strumenti di IA. Grazie allo sviluppo delle tecniche di previsione e di *continuous learning* descritte sotto, si intende anche mantenere una analisi in "tempo reale" della dinamica e integrarla con la produzione di scenari di previsione.
- 2. Uso di LLM per l'analisi delle dinamiche economiche e di innovazione.** Grazie alla crescente disponibilità di LLM open source diventa possibile l'analisi automatizzata di enormi quantità di informazioni non strutturate liberamente disponibili, quali siti web, pubblicazioni scientifiche e brevetti. Uno degli obiettivi di questo progetto è di fare uso di questi strumenti, con opportuni fine-tuning, per estrarre segnali dinamici sui processi di innovazione tecnologica e di sviluppo economico.
- 3. Uso di LLM per l'ottimizzazione di policy di transizione verde.** Gli LLM possono essere utilizzati per connettere le prescrizioni di policy con la reale disponibilità di capabilities sui territori. Ad esempio è possibile connettere i brevetti con le legislazioni europee sulla riduzione dell'inquinamento industriale, o è possibile ricostruire la necessità di materie prime critiche per l'implementazione di queste policy.
- 4. Esplorazione di tecniche di apprendimento di sistemi non stazionari.** Come già accennato sopra, l'inclusione di nuove informazioni nei sistemi di IA è ancora un tema irrisolto nel panorama delle moderne tecniche di apprendimento. La principale finalità in questo ambito consiste nel creare sistemi in grado di implementare apprendimenti dinamici che siano conservativi nel mantenere in memoria le informazioni precedentemente apprese, ma che allo stesso tempo siano in grado di includere rapidamente le novità in processi di *continuous learning*.
- 5. Supporto alla creatività artistica.** Una classe di sistemi di IA dotata delle caratteristiche riportate sopra ha le capacità di codificare e includere processi di innovazione artistica quale processo evolutivo non stazionario. In quest'ambito, si vuole realizzare un sistema di IA in grado di comprendere, a diversi livelli di complessità, le procedure creative umane in modo da elaborare un dialogo costruttivo per un supporto bidirezionale uomo-macchina alla creatività

6. **Rappresentazione e previsione di sistemi evolutivi.** Lo studio di specifici ambiti evolutivi, come ad esempio la diffusione dell'IA in diverse aree di ricerca o lo sviluppo dei codici tecnologici nel caso di brevetti tecnologici, permette di comprendere la natura storica di tali evoluzioni e consentendo di anticipare le prossime aree che coinvolgeranno questi processi. In questo caso, l'IA oltre a essere in grado di includere le novità delle serie storiche, deve essere in grado di costruire scenari probabilistici compatibili con il passato e verosimili per le previsioni future.
7. **Creatività nei processi di scrittura collettiva in ambito ibrido persona-IA.** Le caratteristiche in termini di innovatività delle intelligenze artificiali generative e le conseguenze che ha il loro uso ricorrente nella scrittura di testi, quale la riduzione della sorpresa, qualità di una serie temporale che ne descrive il carattere inaspettato di un dato elemento dati i precedenti. I modelli di lavoro del processo creativo ibridi persona-IA, in termini di organizzazione delle fasi del lavoro e distribuzione degli obiettivi volti al miglioramento dell'attività creativa nei termini definiti dall'utente (innalzamento della qualità finale del prodotto, godibilità del processo, maggiori probabilità di innovazione, etc.). La creazione di strumenti di IA atti al coordinamento e la curatela dei processi di scrittura collaborativi.
 - IA per potenziare l'analisi economica
 - E.g. BloombergGPT
 - LLM for innovation analysis (patents, papers)
 - LLM for web scraping of economic activity data (services, job ads) - with IFC, AirBnB, Translated.com

Contenuti e metodi

1. Analisi delle dinamiche tecnologiche e di innovazione. Il processo di esplorazione della conoscenza è largamente documentato attraverso la produzione di articoli scientifici, brevetti e repositories di codice. La vastità e varietà di questa produzione rende sostanzialmente impossibile tracciare le dinamiche di innovazione con metodi tradizionali, se non a livello di tendenze macroscopiche. Tuttavia una conoscenza dettagliata di queste dinamiche consente l'anticipazione di scoperte imminenti. Tramite l'uso di LLM verranno costruiti dei sistemi di rappresentazione matematica dei concetti di innovazione (embeddings) espressi nei diversi domini documentali (articoli scientifici, brevetti, repositories di codice), ne verranno studiate le dinamiche e si costruiranno modelli di previsione basati sulla prossimità semantica dei concetti.
2. Mappatura delle competenze tecnologiche verdi. Le tecniche di riduzione delle emissioni inquinanti sono oggetto di numerose normative. In particolare, la normativa europea sulla riduzione delle emissioni industriali è considerata uno standard di riferimento a livello mondiale. Mediante l'uso di LLM ci proponiamo di connettere tutte le specifiche tecniche dettagliate nella normativa europea con la produzione di brevetti a livello mondiale. Questo consentirà una

mappatura dettagliata delle impronte tecnologiche di questi processi e della disponibilità geografica delle competenze connesse

3. Materie prime critiche. Sulla base di recenti studi che connettono la produzione di singole tecnologie in tutto lo spettro tecnologico o guardando in particolare alle tecnologie per l'adattamento ai e la mitigazione dei cambiamenti climatici (de Cunzio et al., 2022) e l'export al livello di singoli prodotti (Pugliese et al., 2019), abbiamo l'obiettivo di integrare gli studi sulla transizione sostenibile e l'utilizzo di innovative metodologie di intelligenza artificiale. In particolare, intendiamo portare avanti una ricerca sul contenuto di materie prime critiche (MPC) nelle tecnologie per l'adattamento ai e la mitigazione dei cambiamenti climatici, tramite lo studio degli *abstract* dei brevetti presenti negli ambiti tecnologici Y02-Y04S tramite *language models* di grandi dimensioni, sistemi di elaborazione del linguaggio naturale (NLP) con miliardi di parametri che hanno dimostrato nuove capacità di rispondere a domande di comprensione della lettura, così come generare testi creativi o risolvere problemi matematici. Infatti, la diffusione delle tecnologie verdi rappresenta un passo fondamentale per il raggiungimento degli obiettivi di policy sulla mitigazione dei cambiamenti climatici, ma comporta una significativa espansione della produzione e del commercio di materie prime critiche fondamentali per il loro funzionamento e al momento insostituibili per esempio nei pannelli solari, nelle turbine eoliche, nei veicoli elettrici e nell'illuminazione ad alta efficienza energetica (International Energy Agency, 2021; Herrington, 2021; Hund et al., 2020; Kowalski and Legendre, 2023). Le MPC sono una serie di materie prime di importanza strategica ed elevato rischio di approvvigionamento identificate dalla Commissione Europea, che aggiorna in modo continuo una lista di queste risorse collegate alla tecnologia odierna (European Commission, 2011, 2020a, 2020b). Il lavoro che intendiamo portare avanti potrebbe fornire un'analisi empirica descrittiva completa della presenza di CRM nelle tecnologie verdi, inizialmente utilizzando tecniche di text mining sulle descrizioni dei brevetti verdi e poi con *language models* più complessi. Combinando questo risultato con le informazioni sui paesi in cui i brevetti sono depositati, è possibile identificare quali tecnologie verdi fanno maggiore affidamento sui CRM e dove vengono impiegate. Inoltre, tenendo conto dei dati di produzione dei materie prime critiche, sarà possibile, da un lato, di articolare meglio la dipendenza delle tecnologie verdi da questi materiali, per esempio, includendo un indice di concentrazione della loro produzione e, dall'altro, di geolocalizzare la distribuzione spaziale di questi input e confrontarla con quella dei paesi in cui vengono impiegate le tecnologie verdi dipendenti dai MPC. Analisi preliminari indicano che materiali come il litio, il silicio, le terre rare, il cobalto e la grafite si sono componenti chiave per lo sviluppo delle tecnologie verdi (in particolare le tecnologie di generazione e trasmissione dell'energia e quelle legate alla produzione o alla lavorazione dei beni) e necessitano senz'altro un attento monitoraggio a causa della scarsa diversificazione della loro produzione. Infine, notiamo una chiara divergenza tra i produttori delle materie prime necessarie per lo sviluppo delle tecnologie verdi e i paesi in cui tali

tecnologie sono sviluppate. L'utilizzo di metodologie di AI più avanzate ci permetteranno di affinare i risultati preliminari e di distinguere tra l'utilizzo dei materiali come input necessari per la costruzione delle tecnologie o la loro presenza all'interno delle descrizioni dei brevetti che mirano alla rimozione dell'inquinamento ambientale e al riciclo delle MPC.

4. Impatto dell'AI sul mercato del lavoro. I dati degli annunci di lavoro sono considerati uno dei migliori strumenti per osservare le dinamiche di domanda di competenze da parte dei datori di lavoro. Questi annunci vengono raccolti in grandi database di dati scarsamente strutturati. Mediante l'uso di strumenti di language modeling è possibile estrarre informazioni da questi annunci come il settore a cui fa riferimento l'annuncio, il luogo di lavoro e le skills richieste. In questo progetto faremo uso di queste basi di dati per studiare (anche in tempo reale) come l'avvento e la diffusione di strumenti di AI modifica la domanda di skills a livello geografico e di settore.
5. Scraping web per l'economia dei servizi. Contrariamente ai dati sul commercio di beni fisici, i dati sul commercio dei servizi sono scarsamente disponibili, non armonizzati e generalmente poco affidabili. Questo limita molto le analisi economiche, specialmente in ambito economic complexity. Con la collaborazione di Translated.com, la più grande azienda nel mercato di traduzioni al mondo, che ha sede a Roma, intendiamo sviluppare, utilizzando LLM, una pipeline di analisi per identificare e geolocalizzare i providers di servizi attraverso uno scraping sistematico di grandi database di pagine web (CommonCrawl). Questa attività coinvolgerà anche la International Finance Corporation, con la quale il CREF ha sottoscritto un MoU, che ha manifestato interesse alle possibilità di analisi dell'economia dei servizi nei mercati emergenti. Un primo progetto pilota verrà realizzato su Capo Verde.
6. Dreaming Learning. Questa tecnica di apprendimento delle IA è al momento in sviluppo e in fase di finalizzazione. Essa permette di dotare una rete neurale generativa dalla proprietà di anticipare nuove informazioni che possono pervenire all'ingresso di tali sistemi, consentendo di includere con grande facilità le novità all'interno dalla base di conoscenza precedente. Inoltre la sua descrizione teorica permette di stabilire una precisa connessione con gli approcci Bayesiani per la descrizione automatica di prior opportuni. Queste caratteristiche consentono alla macchina di generalizzare l'informazione di training in maniera molto efficace e, allo stesso tempo, di focalizzare l'attenzione sulle novità rilevanti in termini di impatto sulla sequenza temporale non stazionaria sotto analisi.
7. Sistemi neurali evolvuzionistici. Il vantaggio dimostrato nell'applicazione del Dreaming Learning induce a ritenere che sistemi neurali dotati di architetture meno vincolate al modello feed-forward e in cui l'informazione può circolare più liberamente all'interno dalla rete, siano più efficaci nella comprensione di dinamiche di innovazione flessibili e adattive. In questa direzione, si intende sviluppare nuovi sistemi di IA basati sulle dinamiche evolvuzionistiche nei quali l'architettura possa adattarsi in maniera efficace e naturale al problema proposto.

8. WeWrite. Un'innovativa piattaforma di scrittura non-lineare collaborativa, volta a facilitare il processo di traduzione di idee complesse in forme testuali fruibili, quali articoli scientifici e brani di narrativa, ma anche reti testuali navigabili come nel caso di giochi interattivi. La piattaforma stessa, o le competenze sviluppate nella sua costruzione, possono gettare le basi per uno studio sulla distribuzione del lavoro in un ambito di scrittura ibrida, proponendo alternative facilmente esplorabili e permettendo di ricostruire la storia del processo creativo e accreditare il lavoro dei differenti partecipanti persona o IA.
9. Metriche per l'individuazione delle fasi creative nei processi di scrittura. Il recente lavoro sul processo di scrittura permette di utilizzare sequenze di testi ordinate temporalmente per individuare la quantità di esplorazione, in termini di idee e di soluzioni retoriche, compiuta dal team di scrittura tra una versione e la successiva del testo. Utilizzando queste tecniche in concomitanza con i nuovi strumenti di intelligenza artificiale generativa si può sviluppare un assistente di scrittura consapevole del processo creativo e capace di dare indicazioni basate sul percorso dello scrittore.

Referenze

- de Cunzio, F., Petri, A., Zaccaria, A., & Sbardella, A. (2022). The trickle down from environmental innovation to productive complexity. *Scientific Reports*, 12(1), 22141.
- European Commission (2011), Tackling the challenges in commodity markets and on raw materials, Technical report, European Commission.
- European Commission (2020), Critical raw materials resilience: Charting a path towards greater security and sustainability, Technical report, European Commission.
- Herrington, R. (2021), 'Mining our green future', *Nature Reviews Materials* 6(6), 456–458.
- Hund, K., La Porta, D., Fabregas, T., Laing, T. and Drexhage, J. (2020), Minerals for climate action: The mineral intensity of the clean energy transition, Technical report, The World Bank Group, 1818 H Street NW Washington, DC 20433, USA.
- International Energy Agency (2021), The role of critical minerals in clean energy transitions, Technical report, International Energy Agency, Paris.
- Kowalski, P. and Legendre, C. (2023), 'Raw materials critical for the green transition: Production, international trade and export restrictions', *OECD Trade Policy Papers* 269.
- Pugliese, E., Cimini, G., Patelli, A., Zaccaria, A., Pietronero, L., & Gabrielli, A. (2019). Unfolding the innovation system for the development of countries: coevolution of Science, Technology and Production. *Scientific reports*, 9(1), 16440.

Collaborazioni nazionali e internazionali

- IFC – International Finance Corporation
- Translated.com
- Mamacrowd

- Sony CSL Rome partecipa al progetto STARTS-AIR all'intersezione tra Arte e Scienza.
- Aterballetto, per lo sviluppo di tecnologie di interazione artistica performativa tra performer e sistemi di IA per il supporto alla creatività naturale.
- Linguistics/Centre for Behaviour and Evolution (Christine Cusckley)
- CSL-Rome è parte del progetto francese "ScientIA" sullo studio dell'impatto dell'Intelligenza Artificiale in altre discipline scientifiche.

Ricercatori coinvolti

- Andrea Tacchella, Angelica Sbardella, Francesco De Cunzo (CREF)
- Alessandro Londei, Vittorio Loreto, Ruggiero Lo Sardo (CREF – SONY)

Pubblicazioni recenti

- De Cunzo, F., Petri, A., Zaccaria, A., & Sbardella, A. (2022). The trickle down from environmental innovation to productive complexity. *Scientific Reports*, 12(1), 22141.
- Napolitano, L., Sbardella, A., Consoli, D., Barbieri, N., & Perruchas, F. (2022). Green innovation and income inequality: A complex system analysis. *Structural Change and Economic Dynamics*, 63, 224-240.
- Caldarola, B., Grazzi, M., Ocelli, M., & Sanfilippo, M. (2023). Mobile internet, skills and structural transformation in Rwanda. *Accepted in Research Policy*.
- Bruno, M., Lambiotte, R., & Saracco, F. (2022). Brexit and bots: characterizing the behaviour of automated accounts on Twitter during the UK election. *EPJ Data Science*, 11(1), 17.
- Patuelli, A., & Saracco, F. (2023). Sustainable development goals as unifying narratives in large UK firms' Twitter discussions. *Scientific Reports*, 13(1), 7017.

Risorse

Budget complessivo del Progetto per il 2023: 100.000 euro.

4. NEUROSCIENZE E NEUROIMAGING QUANTITATIVO

Responsabile scientifico: Federico Giove

Stato dell'arte nel campo

I meccanismi fisiologici responsabili della funzione del cervello umano costituiscono tuttora una frontiera aperta per la scienza. L'investigazione di tali meccanismi è tanto più importante, quanto più si va chiarendo lo strettissimo legame tra proprietà elementari dei singoli fattori in gioco (metabolismo energetico, funzione dei microcircuiti) e manifestazioni complesse come il comportamento, nelle sue diverse manifestazioni, dalle attività sensoriali e motorie a fenomeni come la percezione e la coscienza. Il progresso delle neuroscienze, e più specificamente la comprensione del cervello umano e di come esso sia in grado di generare un comportamento, hanno grandemente beneficiato dello sviluppo di tecniche di neuroimmagini funzionali basate su MRI (fMRI). Infatti, l'MRI gode di importantissime proprietà. Da un lato esso è completamente non invasivo, e può dunque essere estensivamente applicato all'uomo, anche per studi ripetuti e longitudinali mirati a caratterizzare fenomeni prolungati, come l'invecchiamento, lo sviluppo delle patologie neurodegenerative, gli effetti di programmi di neuroriabilitazione. Dall'altro, l'imaging MR è caratterizzato dall'essere una tecnica intrinsecamente multiparametrica. Mediante opportuna manipolazione degli spin nucleari, esso può infatti essere sensibilizzato a molteplici fenomeni di interesse per le neuroscienze. Grazie a queste proprietà, l'MRI ha totalmente rivoluzionato la diagnostica medica ed offerto un importante insieme di metodiche di indagine quantitativa e non invasiva.

Finalità e obiettivi

Il progetto ha due finalità principali: comprendere il legame tra metabolismo energetico e funzione cerebrale, e sfruttare questa conoscenza per comprendere meglio alcune patologie neurologiche (segnatamente di tipo neurodegenerativo) ed eventualmente per identificare marcatori precoci di degenerazione basati su neuroimmagini.

Nel corso del triennio, tali finalità saranno perseguite mediante alcuni obiettivi intermedi:

1. Sviluppo di tecnologie MRI per misure quantitative di consumo di ossigeno e reattività vascolare; applicazioni allo studio dell'energetica cerebrale.

2. Sviluppo dell'imaging eteronucleare con ^{23}Na per l'investigazione di alterazioni funzionali precoci nella malattia di Alzheimer (AD).
3. Caratterizzazione della dinamica delle reti cerebrali e di identificazione delle componenti di origine non neuronale.
4. Investigazione del ruolo del glicogeno nel mantenimento dell'omeostasi energetica.

Contenuti e metodi

Sviluppo di tecnologie MRI per misure quantitative di consumo di ossigeno e reattività vascolare; applicazioni allo studio dell'energetica cerebrale

Il metabolismo energetico è al contempo un prerequisito ed un vincolo per l'evoluzione ed il mantenimento della funzione cerebrale. Malfunzionamenti anche parziali della catena di rifornimento di energia determinano immediate alterazioni della funzione cerebrale, e se protratti anche per pochi minuti determinano danni permanenti o la morte.

Stiamo implementando il modello di Davis per la calibrazione del BOLD. Il segnale BOLD (Blood Oxygenation Level Dependent) è prodotto da variazioni di concentrazione di deossiemoglobina che possono avere origine vascolare o neuronale. La componente neuronale riflette il rateo di consumo di ossigeno (CMRO_2) e, pur non potendo essere misurata direttamente con tecniche fMRI non invasive, può essere isolata calibrando il segnale BOLD. Il segnale BOLD può essere descritto in termini di CBF (Cerebral Blood Flow), CBV (Cerebral Blood Volume) e CMRO_2 , introducendo un fattore di calibrazione M. Dato che il CBV può essere approssimativamente ricavato dal CBF, e CBF e BOLD possono essere misurati direttamente, il fattore di calibrazione M può essere derivato eseguendo due misure, di cui una introducendo una manipolazione che varia la relazione tra CBF e BOLD. Svilupperemo pertanto una tecnica basata sulla somministrazione di piccole dosi di CO_2 (5% in aria), di cui sfrutteremo le proprietà vasodilatatorie. Oltre che per derivare misure di CMRO_2 , useremo la somministrazione di CO_2 anche per quantificare la CerebroVascular Reactivity (CVR), un indice di vascular compliance (capacità dei vasi venosi di dilatarsi in modo reversibile). La CVR sarà semplicemente determinata come variazione relativa del segnale BOLD e CBF durante la somministrazione di CO_2 .

Le misure di CMRO_2 saranno associate a misure di spettroscopia per caratterizzare l'energetica della percezione. Abbiamo recentemente mostrato che la percezione visiva induce un disaccoppiamento tra risposta funzionale e risposta metabolica; ci proponiamo di verificare se tale disaccoppiamento sia associabile ad una diversa regolazione del metabolismo aerobico (CMRO_2), il che avrebbe importanti conseguenze sull'interpretazione dei dati funzionali e sulla

comprensione di patologie o condizioni che impattano sulla percezione (per esempio, stati allucinatori).

Questa sezione è parzialmente finanziata dalla Regione Lazio (progetti NBP e FISASMEM)

Sviluppo dell'imaging eteronucleare con ^{23}Na per l'investigazione di alterazioni funzionali precoci nella malattia di Alzheimer (AD)

L'AD è il tipo più diffuso di demenza (80% del totale). Si verifica comunemente nella popolazione anziana causando un progressivo declino dei domini cognitivi, tra cui l'attenzione, l'apprendimento, la memoria e le capacità di pianificazione. L'AD ha costi umani e sociali elevati e crescenti. L'eziologia dell'AD rimane sconosciuta. La diagnosi di demenza viene effettuata principalmente su base clinica, in assenza di biomarcatori appropriati che possano fornire una diagnosi inequivocabile e caratterizzare in vivo gli eventi metabolici e microstrutturali associati allo sviluppo precoce della malattia.

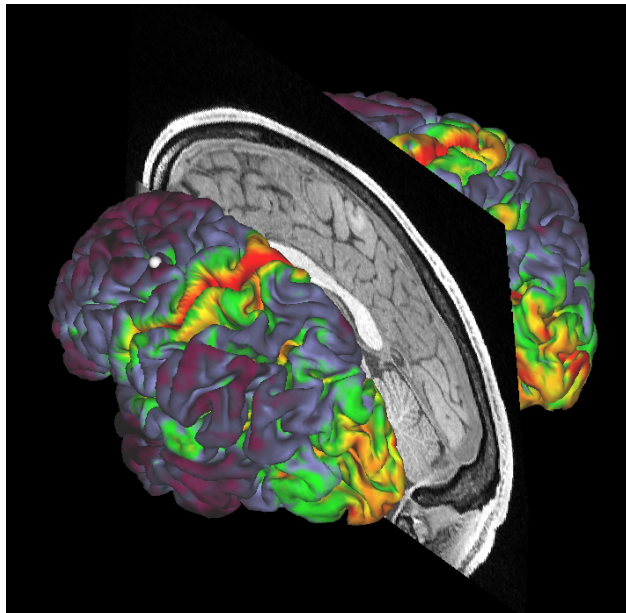


Figura 1: Mappa del contenuto mielinico (ottenuta mediante tecnica T_1/T_2); si tratta di uno dei dati quantitativi MRI che saranno inseriti dello studio multiparametrico su AD

Svilupperemo e sfrutteremo nuove tecniche di risonanza magnetica basate sull'imaging ^{23}Na in combinazione con la risonanza magnetica quantitativa per identificare potenziali biomarcatori della malattia ed esplorare i processi fisiopatologici alla base del danno tissutale microstrutturale e del deterioramento cognitivo. Il sodio ha un ruolo fondamentale in molte funzioni fisiologiche e biochimiche. In particolare, l'omeostasi del sodio è associata a neuroinfiammazione, con potenziale sensibilità ad alterazioni vascolari e metaboliche. Attualmente, non sono disponibili strumenti di imaging RM non invasivi per rilevare in modo affidabile la neuroinfiammazione. Pertanto, svilupperemo la risonanza magnetica eteronucleare come strumento per studiare la neuroinfiammazione associata all'AD e come componente di un

protocollo MRI quantitativo multiparametrico per districare, in vivo e in modo non invasivo, le alterazioni neurofisiologiche alla base della neuroinfiammazione.

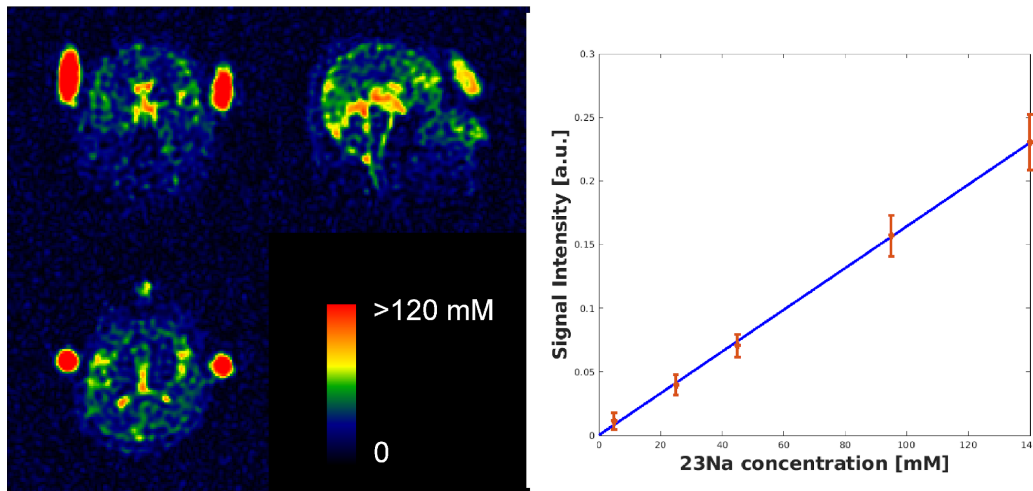


Figura 2: Prima immagine quantitativa di ^{23}Na ottenuta come dato preliminare e relativa curva di calibrazione (ottenuta col metodo dei fantocci nel FOV, tre dei quali sono visibili attorno al cranio del volontario)

Caratterizzazione della dinamica delle reti cerebrali e identificazione delle componenti di origine non neuronale.

Lo studio della connettività cerebrale, basata sulla caratterizzazione spazio-temporale della sincronia delle fluttuazioni del segnale BOLD, sta continuamente espandendo i propri campi di applicazione, per esempio verso l'identificazione precoce di patologie neurologiche o psichiatriche. L'analisi connettomica si basa sulla caratterizzazione di differenze rispetto ad un riferimento, si tratti di cambiamenti indotti da una patologia, o semplicemente del confronto statistico con una condizione cognitivamente differente. Si tratta di una procedura complessa e soggetta a falsi positivi. Occorre ricordare infatti che le tecniche di analisi connettomica, essendo basate sull'apprezzamento della struttura di covarianza dei dati, sono assai sensibili a segnali spuri coerenti, fra i quali il cosiddetto "rumore fisiologico" (ossia le variazioni indotte da ritmi fisiologici come la respirazione, il movimento o il battito cardiaco). Una questione della massima importanza a livello di conoscenza di base della funzione cerebrale e delle implicazioni per la comprensione delle principali patologie neurologiche e psichiatriche è la relazione tra modulazione plastica delle reti e comportamento. Il nostro gruppo è fra i primi ad aver affrontato il tema della modulazione dinamica delle reti cerebrali indotta dalla funzione cerebrale. Abbiamo in particolare confermato che la topologia dei network cerebrali a riposo è globalmente conservata durante l'esecuzione di una task cognitivo continuo. Continueremo ad applicare le tecniche da noi sviluppare per identificare i correlati comportamentali della dinamica delle reti, ed in particolare estenderemo i nostri studi (eseguiti usando la memoria di

lavoro come modello) ad altri domini cognitivi (memoria autobiografica, sistema sensorimotorio).

Inoltre, associando anche le misure CVR parallelamente messe a punto (vedi sopra), proseguiremo nello sviluppo di tecniche di denoising miranti a separare il segnale non neuronale. Tale separazione è importante anzitutto per focalizzare gli studi di network sulla vera componente funzionale; tuttavia (come sottoprodotto) riteniamo che le fluttuazioni di origine vascolare possano fornire informazioni utili, in particolare sulla funzione del sistema simpatico. Nel triennio ci proponiamo anche di eseguire uno studio sulla variabilità del segnale vascolare associato all'aging, un importante confound negli studi sull'evoluzione delle reti cerebrali durante l'invecchiamento.

Questa sezione è parzialmente finanziata dalla Regione Lazio (progetto FISASMEM)

Investigazione del ruolo del glicogeno nel mantenimento dell'omeostasi energetica

Il nostro gruppo ha tradizionalmente associato lo studio sperimentale dell'energetica cerebrale con il suo inquadramento in modelli computazionali che, integrando misure di diversa origine, permettono una più rigorosa interpretazione dei risultati.

In collaborazione con le Università di Yale e del Minnesota, abbiamo formalizzato dettagliatamente l'ipotesi che il glicogeno sia fondamentale per assicurare ai neuroni la disponibilità di glucosio. Il glucosio è un substrato necessario per alcuni processi critici, come la modulazione dei potenziali d'azione, il trasporto assonale, il riempimento delle vescicole sinaptiche per la neurotrasmissione. Il glicogeno è una riserva di glucosio presente solo negli estorciti. Nello specifico, abbiamo introdotto un'ipotesi (GSG, Glucose sparing by Glycogenolysis), secondo la quale la glicogenolisi astrocitaria svolge un ruolo cruciale per aumentare la disponibilità di glucosio per i neuroni. La nostra modellistica ha mostrato che il modello GSG è in grado di spiegare tutti i principali risultati sperimentali in materia, che in assenza di GSG risultano difficilmente riconciliabili. Il modello GSG ha il potenziale di fornire un meccanismo di accoppiamento tra l'attività elettrica dei neuroni e il supporto metabolico degli astrociti. I processi associati sono importanti per la formazione ed il consolidamento della memoria e vengono alterati durante invecchiamento. Prevediamo di estendere la modellistica del GSG per incorporare i meccanismi omeostatici di pO_2 , pCO_2 , pH, con evidenti sinergie con misure CVR e metabolismo nelle demenze di origine vascolare.

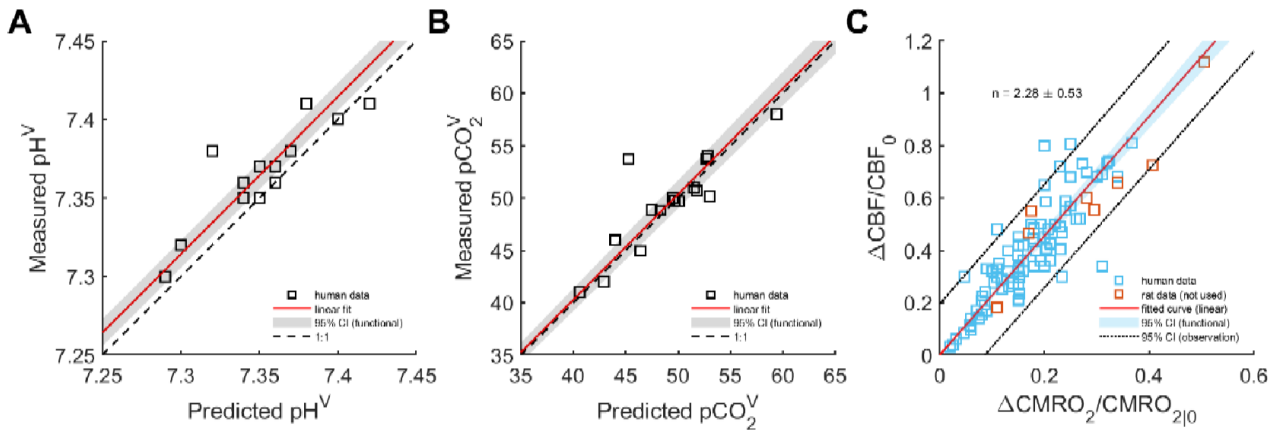


Figura 3: Accordo tra misure sperimentali e previsioni dal modello GSG su pH, pCO₂ e CMRO₂

Collaborazioni nazionali e internazionali

Nazionali:

- Fondazione Santa Lucia, Roma (Prof. A. Carlesimo, Dr. Laura Serra)
- IMT Lucca (Dr. T. Gili)
- CNR, Istituto dei sistemi complessi, (Dr. S. Capuani) e Istituto di Nanotecnologia (Dr. M. Fratini)
- ISS Roma (Dr. R. Canese)
- Netabolics S.R.L. (start-up originata nel gruppo).
- Siemens Healthcare S.R.L.
- Università di Chieti-Pescara, Dipartimento di Neuroscienze, Chieti (Prof. R. G. Wise)
- Sapienza Università di Roma, Dipartimenti di Ingegneria dell'Informazione Elettronica e Telecomunicazioni (Prof. F. Frezza) e di Fisica (Prof. S. Giagu, Prof.ssa Cecilia Voena)
- Università di Pavia, Dipartimento di Scienze del Sistema Nervoso e del Comportamento (Prof. E. D'Angelo)

Internazionali

- University of Minnesota, Center for Magnetic Resonance Research (CMRR), Minneapolis. (Prof. S. Mangia)
- Yale University, Magnetic Resonance Research Center, New Haven. (Prof. D. Rothman)

Ricercatori coinvolti

Ricercatore	Posizione	Origine fondi
Federico Giove	Dirigente di ricerca	FOE
Luca Cairone	Borsista	Commessa FSL
Mauro Di Nuzzo	Postdoc	FOE
Irene Egidi	Borsista	NBP

Maria Guidi	Postdoc	FISASMEM
Dimitri Rodarie	Postdoc	FOE

Publicazioni recenti

- Mauro DiNuzzo, Gerald A. Dienel, Kevin L. Behar, Ognen A. Petroff, Helene Beneveniste, Fahmeed Hyder, Federico Giove, Shalom Michaeli, Silvia Mangia, Suzana Herculano-Houzel, and Douglas L. Rothman. “Neurovascular coupling is optimized to compensate for the increase in proton production from nonoxidative glycolysis and glycogenolysis during brain activation and maintain homeostasis of pH, pCO₂, and pO₂”. *Journal of Neurochemistry* (2023). doi: 10.1111/jnc.15839. In press.
- Laura Maugeri et al. “Lesion extension and neuronal loss following spinal cord injury using X-ray phase-contrast tomography in mice”. *Journal of Neurotrauma* 40 (2023), 939–951. doi: 10.1089/neu.2021.0451.
- Alice Teghil, Alessia Bonavita, Federica Procida, Federico Giove, and Maddalena Boccia. “Intrinsic hippocampal connectivity is associated with individual differences in retrospective duration processing”. *Brain Structure and Function* 228 (2023), 687–695. doi: [10.1007/s00429-023-02612-3](https://doi.org/10.1007/s00429-023-02612-3).
- Mauro DiNuzzo, Silvia Mangia, and Federico Giove. “Manipulations of sleep-like slow-wave activity by noninvasive brain stimulation”. *Journal of Neuroscience Research* 100 (2022), 1218–1225. doi: [10.1002/jnr.25029](https://doi.org/10.1002/jnr.25029).
- Mauro DiNuzzo, Silvia Mangia, Marta Moraschi, Daniele Mascali, Gisela E. Hagberg, and Federico Giove. “Perception is associated with the brain’s metabolic response to sensory stimulation”. *eLife* 11 e71016 (2022). doi: [10.7554/eLife.71016](https://doi.org/10.7554/eLife.71016).
- Mauro DiNuzzo, Daniele Mascali, Giorgia Bussu, Marta Moraschi, Maria Guidi, Emiliano Macaluso, Silvia Mangia, and Federico Giove. “Hemispheric functional segregation facilitates target detection during sustained visuospatial attention”. *Human Brain Mapping* 43 (2022), 4529–4539. doi: [10.1002/hbm.25970](https://doi.org/10.1002/hbm.25970).
- Douglas L. Rothman, Gerald A. Dienel, Kevin L. Behar, Fahmeed Hyder, Mauro DiNuzzo, Federico Giove, and Silvia Mangia. “Glucose sparing by glycogenolysis (GSG) determines the relationship between brain metabolism and neurotransmission”. *Journal of Cerebral Blood Flow and Metabolism* (2022), 844–860. doi: [10.1177/0271678X211064399](https://doi.org/10.1177/0271678X211064399).
- Alice Teghil, Alessia Bonavita, Federica Procida, Federico Giove, and Maddalena Boccia. “Temporal organization of episodic and experience-near semantic autobiographical memories: neural correlates and context-dependent connectivity”. *Journal of Cognitive Neuroscience* 34 (2022), 2256–2274. doi: [10.1162/jocn.a.01906](https://doi.org/10.1162/jocn.a.01906).
- Julien Cohen-Adad et al. “Generic acquisition protocol for quantitative MRI of the spinal cord”. *Nature protocols* 16 (2021), 4611–4632. doi: [10.1038/s41596-021-00588-0](https://doi.org/10.1038/s41596-021-00588-0).
- Julien Cohen-Adad et al. “Open-access quantitative MRI data of the spinal cord and reproducibility across participants, sites and manufacturers”. *Scientific data* 8 (2021), 219. doi: [10.1038/s41597-021-00941-8](https://doi.org/10.1038/s41597-021-00941-8).

- Riccardo De Feo, Artem Shatilo, Alejandra Sierra, Juan-Miguel Valverde, Olli Gröhn, Federico Giove, and Jussi Tohka. “Automated joint skull-stripping and segmentation with Multi-Task U-Net in large mouse brain MRI databases”. *Neuroimage* 229 (2021), 117734. doi: [10.1016/j.neuroimage.2021.117734](https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2021.117734).
- Daniele Mascali, Marta Moraschi, Mauro DiNuzzo, Silvia Tommasin, Michela Fratini, Tommaso Gili, Richard G. Wise, Silvia Mangia, Emiliano Macaluso, and Federico Giove. “Evaluation of denoising strategies for task-based functional connectivity: Equalizing residual motion artifacts between rest and cognitively demanding tasks”. *Human Brain Mapping* 42 (2021), 1805–1828. doi: [10.1002/hbm.25332](https://doi.org/10.1002/hbm.25332).
- Paolo Mocchi et al. “Steerable3D: an ImageJ plugin for neurovascular enhancement in 3-D segmentation”. *Physica Medica* 81 (2021), 197–209. doi: [10.1016/j.ejmp.2020.12.010](https://doi.org/10.1016/j.ejmp.2020.12.010)
- Thomas Beyer et al. “Medical Physics and Imaging – A timely perspective”. *Frontiers in Physics* 9 (2021), 634693. doi: [10.3389/fphy.2021.634693](https://doi.org/10.3389/fphy.2021.634693).

Risorse

- 2022 Istituto Italiano di Tecnologia. Commessa per l’analisi di dati fMRI. Totale: 32000 €.
- 2021 Fondazione Santa Lucia IRCCS. Commessa per analisi quantitativa dati MRI. Totale: 28800 €.
- 2021–2023 Regione Lazio POR-FESR 2014–2020 A0375-2020-36648, “FISASMEM — Fisiologia dell’aging: sviluppo di metodi MRI quantitativi”. Unità coordinatrice. Fondi propri: 75000 €.
- 2020–2022 Regione Lazio POR-FESR 2014–2020 A0320-2019-28189, “NBP — Sviluppo e implementazione di una piattaforma collaborativa per metodi avanzati di neuroimaging”. Unità coordinatrice. Fondi propri: 80000 €.
- Fondi istituzionali per missioni e disseminazione: 6000 €
- Fondi esauriti (periodo 2015-2022): 1065000 € (H2020, Regione Lazio)

Budget complessivo del Progetto per il 2023: 200.000 euro

5. TECNOLOGIE FOTONICHE E INTELLIGENZA ARTIFICIALE

Responsabile scientifico: Claudio Conti

Stato dell'arte nel campo

Enrico Fermi è stato un pioniere nella realizzazione e nell'utilizzo di macchine calcolatrici, esempi sono presenti anche nel Museo del CREF.

In anni recenti il concetto di macchina computazionale si è notevolmente allargato ed esiste un'intensa attività per l'ideazione di nuovi calcolatori che includono tecnologie quantistiche e fotoniche. In questa direzione sono largamente coinvolte le maggiori realtà industriali nel mondo, tra cui IBM, NTT, HUAWEI e numerose startup in varie nazioni tecnologicamente avanzate. La leva per le nuove tecnologie computazionali è data dalla cosiddetta fine della legge di Moore, la regola empirica che ha descritto nel corso dell'ultimo ventennio la rapida crescita della potenza di calcolo nei sistemi a semiconduttori tradizionali. Negli ultimi anni si è osservata la fine di questa crescita, evidenziando uno stallo nelle prestazioni dovuto principalmente a limiti fisici.

Questa circostanza ha motivato numerose ricerche per nuove tecnologie per il calcolo. Queste ricerche sono ulteriormente alimentate dai risultati recenti in merito all'impatto ambientale delle nuove metodologie di intelligenza artificiale. Gli algoritmi che oggi stanno cambiando la società necessitano di risorse di calcolo che crescono esponenzialmente con gli anni e il cui impatto ambientale si può capire osservando che l'addestramento di una singola intelligenza artificiale produce emissione di carbonio confrontabile con quello di decine di voli intercontinentali.

E' quindi necessario sviluppare nuove tecnologie che siano più performanti dei processori convenzionali e consumino meno energia: per esempio, operando a temperatura ambiente senza necessità di sistemi di raffreddamento.

La fotonica è considerata la tecnologia più promettente in questo contesto. Studi dimostrano l'elaborazione parallela di enormi quantità di dati tramite raggi laser che codificano l'informazione mediante tecniche avanzate di modulazione. Nel lungo termine l'inclusione di algoritmi quantistici può radicalmente accelerare la velocità di calcolo, oltreché innovativi metodi di crittografia.

I sistemi fotonici e quantistici possono risolvere problemi di ottimizzazione in un tempo polinomiale con le dimensioni del sistema: una possibilità spesso indicata come “Vantaggio Quantistico.” Ciò che il CREF vuole perseguire è lo sviluppo di sistemi quantistici fotonici per l’accelerazione della computazione, che forniscano il risultato del calcolo in una forma classica robusta, che non sia soggetta a decoerenza e quindi sia immediatamente interfacciabile con calcolatori tradizionali.

Le prime evidenze sperimentali di questa possibilità sono state riportate da ricercatori del CREF, che hanno dimostrato calcoli ottici con centinaia di migliaia di variabili, una scala mai raggiunta prima. Queste “proof-of-concept” saranno sviluppate ampiamente verso una nuova generazione di calcolatori fotonici. Saranno inoltre affrontati i problemi fisici fondamentali legati al ruolo dell’entanglement, agli effetti non lineari e ai modi collettivi.

Finalità e obiettivi

Il progetto sulle tecnologie fotoniche e l’intelligenza artificiale ha lo scopo di dimostrare sperimentalmente nuove macchine di calcolo che utilizzano la luce per accelerare la soluzione di problemi di ottimizzazione combinatoria e per delle reti neurali ibride elettroniche e fotoniche. Un ulteriore obiettivo è sviluppare conoscenze in merito alla fisica di base classica e quantistica in questi dispositivi, mediante teorie e simulazioni numeriche.

Le finalità prevedono la messa in opera di un nuovo laboratorio con strumentazione ottica, e la creazione un gruppo formato da 2 ricercatori, 1 tecnologo e 2 assegnisti di ricerca, oltre ad alcuni associati nell’ambito delle collaborazioni con enti e università.

Il laboratorio è in fase di allestimento. Per ora sono stati installati tre banchi ottici attrezzati, comprensivi di modulatori spaziali di luce e prime sorgenti laser a bassa potenza, come descritto nella sezione infrastrutture. Attualmente è in servizio un ricercatore a tempo indeterminato che si occupa del design e della simulazione delle macchine fotoniche. Un secondo ricercatore a tempo determinato è stato assunto su progetto con fondi esterni PNRR per l’iniziativa giovani ricercatori e si occupa della realizzazione dei prototipi e relativi esperimenti. Inoltre, un tecnologo è dedicato alla manutenzione del laboratorio e della strumentazione presente.

La realizzazione delle prime macchine computazionali è prevista nel corso del 2023 e del 2024.

Contenuti e metodi

Il progetto si articola su tre direzioni principali

- 1) Ideazione, ingegnerizzazione, e simulazione al computer di nuove macchine computazionali fotoniche. Teoria dei sistemi classici e quantistici che compongono tali macchine.
- 2) Messa in opera e sviluppo di un laboratorio di fotonica computazionale con lo scopo di testare sperimentalmente le macchine computazionali. Realizzazione di un'infrastruttura dotata di avanzati sistemi laser integrati con sistemi computazionali.
- 3) Dimostrazione sperimentale dei prototipi e nuovi esperimenti di fisica interdisciplinare, classica e quantistica, basata sulle macchine computazionali fotoniche

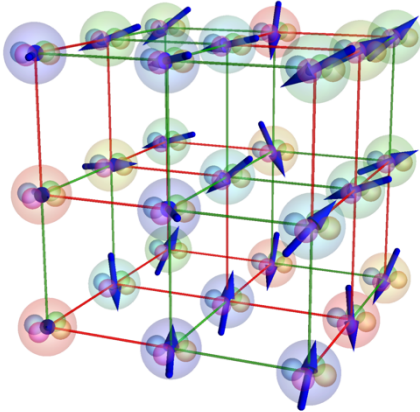


Figura 1. Rappresentazione di un modello computazionale con spin multidimensionali

L'analisi teorica si articola in due principali direzioni: classica e quantistica. Con lo studio di sistemi classici, il progetto prevede da un lato la formulazione e l'analisi di nuovi modelli matematici basati sulla dinamica nonlineare di oscillatori parametrici accoppiati, con lo scopo di simulare modelli di spin in dimensione arbitraria; dall'altro, la simulazione di tali modelli attraverso il formalismo delle mappe discrete nonlineari con lo scopo di ingegnerizzare esperimenti atti ad implementare nuovi paradigmi di calcolo. Con l'analisi dei sistemi quantistici, il progetto si pone l'obiettivo di studiare modelli quanto-meccanici di oscillatori la cui descrizione matematica si basa principalmente sul formalismo dei sistemi aperti dissipativi (formalismo di Lindblad). In questa direzione, lo scopo del progetto è principalmente l'investigazione di come la presenza di correlazioni quantomeccaniche tra gli oscillatori influenzi l'efficienza computazionale della macchina, mostrando quindi un "quantum advantage" rispetto alla controparte classica.

I metodi sperimentali si basano sulla modulazione di fasci laser mediante modulatori spaziali di luce e sull'interazione della luce con sistemi fotonici complessi. La modulazione spaziale della fase del campo ottico consente di codificare milioni di variabili in un singolo spot luminoso di qualche millimetro. L'attraversamento della luce in materiali fotonici con proprietà controllate, come il disordine e non linearità, consente l'elaborazione in parallelo di questo enorme quantità di dati. I laser utilizzati comprendono sorgenti in continua ed impulsate. La rivelazione avviene

mediante telecamere ad alta risoluzione. I materiali fotonici che supportano il calcolo sono strutture policristalline ottenute tramite tecniche di assemblaggio *bottom-up* a partire da nanoparticelle. Gli apparati sperimentali vengono controllati da calcolatori classici che consentono la programmazione e l'ingegnerizzazione delle macchine fotoniche. In particolare, si sviluppano apparati in grado di realizzare i modelli e i metodi sviluppati nell'attività teorica. Particolari setup innovativi per la misura del profilo di fase e di ampiezza consentono l'elaborazione efficace di grandi dataset.

Collaborazioni nazionali e internazionali

- Weizmann Institute for Science, Israel (Prof. Nir Davidson)
- Ecole Normale de Paris (Prof. Sylvain Gigan)
- Università de Paris (Prof. Cristiano Ciuti)
- University of St. Adreus (Prof. Andrea Di Falco)
- ETH Zurich (Prof. Rachel Grange)
- Institute for Complex Systems, CNR-Italy (Dr.ssa Pillozzi, Dr.ssa Brosco, Dr.ssa Gentilini, Dr. Pierangeli, Dr.ssa Ghofraniha, Dr. Felicetti)

Ricercatori coinvolti

- Claudio Conti, Università Sapienza, 50%,
- Marcello Calvanese Strinati, Ricercatore, CREF, 90%
- Romolo Savo, Ricercatore, CREF, 90%
- Giovanni De Angelis, Tecnologo, CREF, 50 %

Risorse

- Finanziamento esterno nell'ambito del Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR), Missione 4 "Istruzione e Ricerca" - Componente 2 "Dalla Ricerca all'Impresa" - Investimento 1.2 "Finanziamento di progetti presentati da giovani ricercatori", Finanziato dall'Unione Europea - NextGenerationEU. Titolo del progetto "Comp-SECOONDO". Finanziamento 300.000 euro. Durata 3 anni. Responsabile (dott. Romolo Savo)
- PRIN 2022: Claudio Conti (PI), Fabrizio Coccetti (Co-PI) 220 mila euro di budget

Budget complessivo del Progetto per il 2023: 250.000 euro.

Pubblicazioni

- M. Calvanese Strinati, D. Pierangeli, and C. Conti, "All-optical scalable spatial coherent Ising machine", Phys. Rev. Applied 16, 054022 (2021)
- M. Calvanese Strinati, F. Vewinger, and C. Conti, "Nonlocality-induced surface localization in Bose-Einstein condensates of light", Phys. Rev. A 105, 043318 (2022)

- M. Calvanese Strinati and C. Conti, “Multidimensional hyperspin machine”, *Nature Commun.* 13, 7248 (2022)
- M. Calvanese Strinati and C. Conti, “Hyperscaling in the coherent hyperspin machine”, arXiv:2308.02329 (2023)
- Wang, X. S., Savo, R., Maeder, A., Kaufmann, F., Kellner, J., Morandi, A., Rotter, S. Sapienza, R. and Grange, R. (2023). “Graph model for multiple scattering in lithium niobate on insulator integrated photonic networks”. ArXiv:2306.15483 (2023).
- M. Missori, L. Pilozzi, C. Conti, “Observation of terahertz transition from Fano resonances to bound states in the continuum,” *Optics Letters* 48, 2381 (2023)
- R. Falcone, C. Conti, “Frame dependence of the nonrelativistic limit of quantum fields,” *Phys. Rev. D* 107, 085016 (2023)
- D. Pierangeli, C. Conti, “Single-shot polarimetry of vector beams by supervised learning,” *Nature Communi.* 14. 1831 (2023)
- R. Falcone, C. Conti, “Observing single particles beyond the Rindler horizon,” *Phys. Rev. A* 107, L030203 (2023)
- R. Falcone, C. Conti, “Nonrelativistic limit of scalar and Dirac fields in curved spacetime,” *Phys. Rev. D* 107, 045012 (2023)
- C. Conti, “Random walk and non-Gaussianity of the 3D second-quantized Schrödinger–Newton nonlocal soliton,” *New Journal of Physics* 25, 023026 (2023)
- Carlo M. Valensise, Ivana Grecco, Davide Pierangeli, and Claudio Conti, “Large-scale photonic natural language processing,” *Photonics Research* 10, 2846 (2022)
- R. Falcone, C. Conti, “Minkowski-Fock states in accelerated frames,” *Phys. Rev. D* 106, 045013 (2022)
- C. Conti, “Variational quantum algorithm for Gaussian discrete solitons and their boson sampling,” *Phys. Rev. A* 106, 013518 (2022)
- M. Missori, L. Pilozzi, C. Conti, “Terahertz waves dynamic diffusion in 3D printed structures,” *Scientific Reports* 12, 8613 (2022)
- Zhen-Ting Huang, Kuo-Bin Hong, Ray-Kuang Lee, Laura Pilozzi, Claudio Conti, Jhih-Sheng Wu, Tien-Chang Lu, “[Pattern-tunable synthetic gauge fields in topological photonic graphene.](#)” *Nanophotonics* 11, 1297 (2022)
- C. Conti, E. Del Re, “Photonics and the Nobel Prize in Physics,” *Nature Photonics* 16, 6 (2022)
- C. Conti, “Training Gaussian boson sampling by quantum machine learning,” *Quantum Machine Intelligence* 3, 26 (2021)

6. FISICA PER I BENI CULTURALI

Responsabile scientifica: Giulia Festa

Stato dell'arte nel campo

Qual è la ricetta di preparati e medicinali utilizzati in epoche passate? In che modo antichi popoli forgiavano il metallo? È possibile identificare l'autore di uno scritto tramite l'analisi dell'inchiostro utilizzato? Queste sono solo alcune delle domande alle quali è possibile rispondere tramite studi di carattere interdisciplinare investigando i materiali e manufatti del passato tramite strumenti e metodi propri delle discipline scientifiche. Reperti quali metalli, ceramiche, manoscritti, lapidei sono analizzati tramite tecniche chimico-fisiche non distruttive e non invasive e le informazioni quantitative ottenute risultano fondamentali per la definizione dell'attribuzione, la provenienza dei materiali, la loro datazione, lo stato di conservazione e le tecniche di lavorazione.

Finalità e obiettivi

La linea di ricerca "Fisica per i Beni Culturali" è caratterizzata da attività sperimentali di analisi dei materiali d'interesse storico-artistico e dall'utilizzo di metodi innovativi per l'interpretazione dei dati quali il Machine Learning. Tra i materiali presi in esame ci sono ceramiche, metalli, carte, tessuti, papiri, inchiostri, ossa e reperti organici. Scopo della ricerca sono problematiche di carattere archeologico-conservativo che emergono dalla collaborazione con archeologi, conservatori, chimici, museologi, antropologi e archivisti.

Le attività sperimentali sono svolte tramite la strumentazione portatile di cui dispone il laboratorio di "Fisica per i Beni Culturali" del CREF, utilizzabile anche in-situ presso i Musei, eventualmente integrata da misure presso *Large Scale Facilities* attraverso programmi di accesso a strumentazione avanzata di neutroni e radiazione di sincrotrone. Il personale è inoltre impegnato in attività di divulgazione scientifica inerenti alla linea di ricerca, in stretta connessione con le attività del museo e di outreach dell'Ente.

Contenuti e metodi

Tutti gli studi sono condotti tramite l'utilizzo di tecniche non-distruttive e non-invasive quali la fluorescenza a raggi X (ED-XRF), spettroscopia Raman e spettroscopia infrarossa in trasformata di Fourier (FTIR) disponibili nel laboratorio CREF, ed altre tecniche complementari

quali diffrazione X e neutroni, spettroscopia gamma, imaging a raggi X e neutroni disponibili tramite accesso ad infrastrutture di ricerca esterne.

Di seguito sono presentate in dettaglio le principali attività di ricerca effettuate o in corso di svolgimento nel periodo di riferimento:

- **Pigmenti, leganti e loro interazione.** Lo studio prevede attività sperimentali seguite da statistica multivariata e Machine Learning per l'analisi di dipinti. Sviluppo di un nuovo metodo di analisi dati per la caratterizzazione dei dipinti tramite tecniche spettroscopiche e Machine Learning. Lo studio fornisce la base per eventuali analisi di dipinti con particolare attenzione al ben noto pittore Michelangelo Merisi detto il Caravaggio.

- **Diffrazione di neutroni in-situ per l'analisi della struttura cristallina di ossa soggette a combustione anaerobica.** Lo studio ha permesso di identificare e quantificare le variazioni strutturali e di cristallinità durante il riscaldamento in condizioni anaerobiche per l'identificazione di biomarcatori di temperatura. Il lavoro svolto, oltre che in archeologia, può avere un impatto anche nelle scienze forensi, aprendo la strada verso un nuovo campo di ricerca.

- **Metallurgia nell'antico Egitto.** Studio delle tecniche di lavorazione di vasi metallici appartenenti al Corredo Funerario di Kha e Merit (Museo Egizio di Torino) tramite diffrazione a raggi X e Machine Learning.

- **Benchmarks minerali in ceramiche Sumere.** Lo studio riguarda lo sviluppo di un nuovo approccio attraverso la spettroscopia FTIR e il Machine Learning per l'identificazione delle fasi primarie e secondarie e le alterazioni termiche dovute ai processi di cottura delle materie prime. La procedura è stata applicata allo studio di ceramiche sumere provenienti dal sito archeologico di Abu Tbeirah (4000-2000 a.C.) in Iraq.

- **Elemental and molecular benchmarks in EVOO.** Sviluppo di una procedura analitica per il monitoraggio della qualità, della tracciabilità e per la valutazione della sicurezza nell'industria alimentare dell'olio extravergine di oliva italiano (EVOO) mediante spettroscopia infrarossa, fluorescenza a Raggi X e Machine Learning. In particolare, è possibile identificare l'origine geografica, il tipo di cultivar utilizzato e l'eventuale adulterazione. Il lavoro ha un notevole impatto nel campo della Food Science.

- **Hydrogen Detection Limits and Instrument Sensitivity.** Sviluppo di nuovi metodi per la determinazione rigorosa della sensibilità strumentale di spettrometri di scattering neutronico inelastico (INS). Il lavoro svolto fornisce un punto di riferimento rispetto al quale valutare le performances degli strumenti attuali e futuri.

- **Riti di sepoltura della Roma Imperiale.** Lo studio riguarda l'analisi tramite spettroscopie vibrazionali di resti ossei ritrovati nell'Ipogeo delle Ghirlande, a Grottaferrata (Roma). L'Ipogeo delle Ghirlande è uno straordinario sito sepolcrale di epoca romana risalente al I-II secolo d.C.

e scoperto nel 2000. I risultati ottenuti forniscono elementi significativi per comprendere la storia del sito ed i riti di sepoltura.

- **Preparati e medicinali del XVII e XVIII secolo.** Studio in collaborazione con il Museo di Medicina di Sapienza Università di Roma, con la partecipazione della Dott.ssa Miriam Focaccia. Le attività mirano a comprendere la farmacologia e le farmacopee nonché le formulazioni di antichi preparati e medicinali. È stato adottato un approccio multidisciplinare che combina la caratterizzazione chimico-fisica con l'informazione storico-scientifica e la contestualizzazione culturale.

- **Manoscritti e testi librari del XVII e XVIII secolo.** Studio in collaborazione con la Pontificia Università Gregoriana di Roma riguardo a manoscritti quali la copia originale dell'opera magna del gesuita Jesuit Antonio Vieira (1608-1697 BC). Lo studio riguarda l'analisi di adesivi, inchiostri, carte e prodotti di restauro all'avanguardia per testare la loro durabilità ed efficacia.

- **Studio delle filigrane del Corpus Chartarum Italicarum del XVI secolo.** Studio combinato delle tecniche spettroscopiche come XRF e t-FTIR in combinata con tecniche di Machine Learning per lo studio delle ricette e le tecnologie delle cartiere attorno a Fabriano, centro di diffusione di un nuovo metodo di fabbricazione della carta che si è stato poi esportato in tutta l'Europa.

- **Numismatica.** Lo studio riguarda l'analisi di monete appartenenti a diverse collezioni di differente periodo storico e provenienza per l'individuazione di benchmarks specifici per l'attribuzione ed autenticazione.

- **Nanoparticelle di SiO₂.** Nuovi trattamenti di conservazione della Pietraforte Arenaria testati su campioni provenienti da Palazzi Rinascimentali di Firenze.

- **Imaging di neutroni e tecniche di Machine Learning.** Sviluppo di nuove tecniche di analisi dati di imaging per l'ottimizzazione di nuove metodologie per l'estrazione di features significative.

Attività di outreach della linea di ricerca.

- [2023] Visita al laboratorio di Fisica per i Beni Culturali nell'ambito delle visite museali.
- [2022] G. Festa. Festival della Scienza di Roma. Nell'ambito delle attività del Festival delle Scienze di Roma, partecipazione al Podcast di Adriana Migliucci "Stesi dalle Tesi".
- [2022] G. Festa. Ossa, spettrometri e antichi rimedi. Quando la fisica incontra l'archeologia, Digitour, Festival della Scienza di Genova, 24 ottobre 2022.
- [2022] Notte europea dei ricercatori, Fisica per i Beni Culturali. Attività di divulgazione scientifica presso il CREF.

[2022] “Tutela e conservazione: i restauratori raccontano”. Presentazione degli ultimi interventi di restauro sui cimeli del museo, 7 maggio 2022 – MuGa, Polo Culturale Mentana.

- [2022] Invisible Colours. 2ª edizione Evento online per le scuole superiori, Giulia Festa, La ricerca attraverso i colori, 27 aprile 2022.
- [2022] Quantum Weeks a via Panisperna, 14 aprile 2022, visita ai laboratori di Fisica per i Beni Culturali.
- [2022] Webinar 11 febbraio – CREF in occasione della Giornata internazionale delle donne e delle ragazze nella scienza, Scienziate di oggi incontrano scienziate* di domani, venerdì 11 febbraio 2022.
- [2021] Ideazione e realizzazione della prima edizione del concorso per le scuole superiori Invisible Colours. 1ª edizione, Evento online, 27 aprile 2021.

Nel prossimo triennio si prevede di dedicare una percentuale del tempo del personale per attività di outreach e divulgazione scientifica tramite la partecipazione ad eventi di divulgazione, seminari, attività specifiche e progetti di disseminazione della cultura scientifica e dei risultati della ricerca.

Collaborazioni nazionali e internazionali

Di seguito sono riportate le collaborazioni nazionali ed internazionali in corso.

- Anthropological Service – Soprintendenza Archeologia del Lazio e dell’Etruria Meridionale
- British Museum (London, UK)
- Centro Restauro Venaria Reale (Torino)
- CNR-IPCF
- CNR-IBAM
- CNR-ISC
- CSIC- Consejo Superior de Investigaciones Científicas (Spagna)
- ISIS Spallation Neutron Source (Oxford, UK)
- Museo Egizio (Torino)
- Opificio delle Pietre Dure (Firenze)
- Paul Scherrer Institut, Villigen (Switzerland)
- Sapienza Università di Roma (Roma)
- University College London (Inghilterra)
- Archivio Università Pontificia Gregoriana (Roma)
- Istituto Centrale per la Patologia degli Archivi e del Libro

- Università Politecnica di Valencia, Dip. Fisica Applicata (Spagna)
- Oak Ridge National Laboratory (USA)
- Polo Culturale Mentana (MuCaM – museo civico archeologico di Mentana e dell’agro nomentano, MuGa – museo garibaldino, MASCO- Mentana Archivio Storico Comunale)

Amendment to MoU tra Science and Technology Facilities Council (parte dell’United Kingdom Research and Innovation) ed il CREF riguardo ricerca scientifica di mutuo interesse per le parti presso la sorgente di neutroni a spallazione ISIS (Oxfordshire, UK). Referente tecnico-scientifico- Dott.ssa G. Festa. Periodo di validità: 1 novembre 2020 - 31 ottobre 2025.

Convenzioni di ricerca in corso afferenti alla linea di ricerca:

- a) Dipartimento di Scienze del Patrimonio Culturale dell’Università degli Studi di Salerno (Numismatica), referente CREF: Giulia Festa.
- b) Archivio Storico Pontificia Università Gregoriana (Beni Cartacei e supporti per la scrittura), referente CREF: Giulia Festa.
- c) Science and Engineering in Arts, Heritage and Archaeology (SEAHA) Doctoral Centre, University College London (Neutronica per lo studio di metalli), referente CREF - G. Festa.
- d) MIC - Istituto Centrale per la Patologia degli Archivi e del Libro (Beni Cartacei e supporti di scrittura di origine naturale), referente CREF: Giulia Festa.
- e) Sono inoltre in corso attività di ricerca congiunte nell’ambito del dottorato in archeologia dell’University College London (UCL) in collaborazione con il CSIC-Consejo Superior de Investigaciones Científicas in Galizia per lo studio di manufatti in metallo dell’età del bronzo conservati presso il British Museum di Londra, referente CREF: Giulia Festa.

Nel prossimo triennio si prevede il rafforzamento e l’ampliamento dei contatti con i Musei, in ambito regionale, nazionale ed internazionale, tramite la stipula di ulteriori nuove convenzioni finalizzate ad attività di ricerca congiunte a medio e lungo termine.

Ricercatori coinvolti

Giulia Festa (90%), Claudia Scatigno (90%), Miriam Focaccia (3%), Lorenzo Teodonio associato CREF (100%).

Pubblicazioni recenti

-
- G. Festa (corresponding author), M.S. Maggio, L. Teodonio, C. Scatigno, “Ancient handwriting attribution via spectroscopic benchmarks and machine learning: ‘Clavis Prophetarum’ by Antonio Viera”, Expert Systems With Applications, 227, 120328, 2023

- G. Festa (corresponding author), A.P. Mamede, D. Gonçalves, E. Cuna, W. Kockelmann, S.F. Parker, L.A.E. Batista de Carvalho and M.P.M. Marques, “In-situ anaerobic heating of human bones probed by neutron diffraction”, *Anal. Chem.* 95, 4, 2469–2477, 2023
- C. Scatigno, G. Festa (corresponding author), “Neutron Imaging and Learning Algorithms: New Perspectives in cultural heritage applications”, *Journal of Imaging*, 8(10), 284284, 2022
- F. Valentini, P. Pallecchi, M. Relucenti, O. Donfrancesco, G. Sottili, I. Pettiti, V. Mussi, S. De Angelis, C. Scatigno, G. Festa. “SiO₂ nanoparticles as new repairing treatments toward the Pietraforte Limestone in Florence Renaissance buildings”, *Crystals*, 12, 9, 1182, 2022
- L. Teodonio, C. Scatigno, M. Missori, G. Festa, “Late Middle Age Watermarked Italian paper: a Machine Learning spatial-temporal approach”, *Journal of Cultural Heritage*, 57, 53-59, 2022
- C. Scatigno and G. Festa, “FTIR coupled with machine learning to unveil spectroscopic benchmarks in the Italian EVOO”, *International Journal of Food Science and Technology*, 57, 7, 4156 – 4162, 2022
- G. Festa (corresponding author), M. Rubini, P. Zaio, A. Gozzi, N. Libianchi, S.F. Parker, G. Romanelli, L.A.E. Batista de Carvalho, M.P.M. Marques, “Vibrational spectroscopy to study ancient Roman funerary practices at the Hypogeum of Garlands”, *Scientific Reports*, 12, 3707, 2022
- G. Festa, C. Scatigno, M.L. Saladino, F. Armetta, V. Ciaramitaro, V. Mollica Nardo, R.C. Ponterio, “Chemometric tools to point out benchmarks and chromophores in pigments through spectroscopic data analyses”, *Molecules: Physical Chemistry in Cultural Heritage*, 27, 163, 2022
- M. Leona, K. Fukunaga, H. Liang, P. Baglioni, G. Festa (corresponding authors for the section “How can we see the internal structure and composition of 3D objects”), V. Levchenko. From “Physics to art and back”, *Nature Reviews Physics*. <https://doi.org/10.1038/s42254-021-00362-x>, 2021
- C. Scatigno, G. Festa, “A first elemental pattern and geo-discrimination of Italian EVOO by energy dispersive X-ray fluorescence and chemometrics”, *Microchemical Journal*, 171, 106863, 2021
- C. Scatigno, N. Prieto-Taboada, G. Festa, J. M. Madariaga, “Soluble salts quantitative characterization and thermodynamic modeling on Roman Bricks to assess the origin of their formation”, *Molecules*, 26, 10, 2866, 2021
- G. Festa, M.L. Saladino, V. Mollica Nardo, V. Renda, G. Nasillo, R. Pitonzo, A. Spinella, M. Borla, E. Ferraris, V. Turina, R.C. Ponterio, “Identifying the Unknown Content of an Ancient Egyptian Sealed Alabaster Vase from Kha and Merit's Tomb Using Multiple Techniques and Multicomponent Sample Analysis in an Interdisciplinary Applied Chemistry Course”, *Journal of Chemical Education*, 98, 2, 461–468, 2021

Risorse

- Progetto Regione Lazio ISIS@MACH. Prevede finanziamenti per l'acquisto di e l'inserimento del laboratorio nella infrastruttura distribuita ISIS@MACH. ISIS@MACH è concepito come nodo di una infrastruttura internazionale per la caratterizzazione dei materiali in cordata con l'Università degli Studi di Roma “Tor Vergata” e la sorgente di

neutroni ISIS Pulsed Neutron and Muon Source con sede nell'Oxfordshire (UK).
Finanziamento CREF: 500.000 €. Fonte di finanziamento: fondi europei indiretti erogati
tramite la Regione Lazio (POR FESR Lazio 2014-2020).

- Fondi istituzionali per missioni e disseminazione: 6000 €
- Call PRIN 2022 (in attesa di esito) - SLOW SUMER. Repair, Reuse, Recycling and Southern Mesopotamian Society in the Changing World of 2500-2000 BC. Coordinatore CREF Dott.ssa G. Festa, contributo CREF: 108.054 €
- Call PRIN PNRR 2022 (in attesa di esito) come descritto nella sezione dedicata alle attività di terza missione dell'Ente.

Budget complessivo del Progetto per il 2023: 110.000 euro

INFRASTRUTTURE DI RICERCA

I laboratori del CREF sono infrastrutture situate nel seminterrato (piano -1) dell'edificio storico di via Panisperna 89A e sono attivi nell'ambito delle seguenti attività di ricerca sperimentali: il laboratorio di Beni Culturali, il laboratorio di Fisica Computazionale e il laboratorio di Extreme Energy Events (EEE). Negli ultimi 3 anni si è proceduto all'allestimento e alla messa a regime dei laboratori, ora funzionanti e produttivi. Gli spazi dedicati sono circa di 200 m², sono visitabili ed il personale è attivamente coinvolto in attività specifiche di terza missione con studenti delle scuole ed il pubblico in genere.

DESCRIZIONE LABORATORI DI RICERCA

I laboratori possiedono una fornitura di strumentazione di base per l'espletamento delle attività sperimentali descritte di seguito ed una infrastruttura informatica per il calcolo e lo storage dei dati.

Di seguito è riportata una descrizione dettagliata dei Laboratori di Ricerca.

LABORATORIO DI FISICA PER I BENI CULTURALI:

Ad oggi sono presenti due strumentazioni principali: l'XRAMAN e lo FTIR. L'XRAMAN è un innovativo spettrometro portatile progettato per eseguire misure *in-situ* veloci e analisi elementari e molecolari non distruttive, grazie alla complementarità delle tecniche EDXRF e RAMAN. La fluorescenza a raggi X in dispersione di energia (EDXRF) è infatti utilizzata per la caratterizzazione dei materiali ed in particolare per conoscere gli elementi presenti. Il sistema XRF è completamente integrato nella testa di misura compatta e dotata di un rivelatore al silicio ad alte prestazioni. Le specifiche tecniche sono elencate in tabella 1. I raggi X incidenti sono fatti incidere sul campione per produrre i raggi X secondari che vengono raccolti dal rivelatore e caratteristici degli elementi presenti. Il fenomeno è ampiamente utilizzato per l'analisi di metalli, vetro, ceramica, pietre, carte ecc. Il sistema RAMAN è composto da una sonda di rivelazione integrata nella testa di misura. La spettroscopia Raman viene tipicamente utilizzata per determinare i modi vibrazionali intra e intermolecolari delle molecole. La tecnica è comunemente usata per fornire un'impronta strutturale mediante un processo di scattering. La

tecnica Raman consente di caratterizzare materiali organici ed inorganici. Il range analitico dipende dalle specifiche tecniche dello strumento, elencate in tabella 1.

Specifiche Tecniche – XRAMAN

EDXRF: Rilevatore di raggi X al silicio (SDD)	area attiva 25mm ² , risoluzione energetica 140eV misurata sulla linea MnKa (5.890eV) con rate di fotoni in ingresso fino a 100.000 conteggi al secondo
EDXRF: Sorgente di eccitazione generatore di raggi X in trasmissione	5-200µA, 10-50 kV, anodo Rh, max 8W
RAMAN:	Laser di eccitazione 785 nm Intervallo di analisi 110-3000 cm ⁻¹ Rivelatore CCD a 2048 pixel, raffreddato a 3 stadi e regolato

Lo FTIR è uno strumento portatile di spettroscopia infrarossa in trasformata di Fourier utilizzabile in trasmittanza ed in riflettanza ed adatto quindi per misure non distruttive e non invasive anche di oggetti interi. Lo FTIR è una tecnica utilizzata per ottenere uno spettro infrarosso di assorbimento o emissione di un solido, liquido o gas. Uno spettrometro FTIR raccoglie simultaneamente dati spettrali ad alta risoluzione su un'ampia gamma spettrale. I dati sono utilizzati per determinare la composizione molecolare dei materiali, in particolare è possibile identificare e quantificare il composto in esame andando ad osservare la zona di fingerprint molecolare caratteristica e specifica dell'analita in studio ed i gruppi funzionali. È possibile così studiare campioni in polvere come i pigmenti, oggetti solidi come i manoscritti, o liquidi come gli olii.

Specifiche Tecniche - FTIR

Campo di misura	4000-400 cm ⁻¹
Risoluzione dello strumento	0,8 cm ⁻¹
Rapporto segnale/rumore dello strumento	35000:1
Precisione della lunghezza d'onda	0,001 cm ⁻¹ a 2000 cm ⁻¹
Accuratezza lunghezza d'onda	0,05 cm ⁻¹ a 2000 cm ⁻¹
Standard di controllo all'interno con procedura automatica ASTM 1421	polistirene tracciabile NIST

Nel laboratorio sono inoltre presenti workstations dedicate con ampia potenza di calcolo per analisi dati di imaging tramite software dedicato. È inoltre presente una ulteriore piccola strumentazione (una bilancia analitica da laboratorio), campioni standard, pressa, reagenti, e materiali di base.

LABORATORIO DI FOTONICA COMPUTAZIONALE:

Il laboratorio di fotonica computazionale (LFC) è equipaggiato con la seguente strumentazione:

- N° 1 tavolo ottico (Newport M-RS2000), dimensioni 180 x 120 x 20 cm, con tecnologia "tuned dumpers" per un isolamento efficace anche alle basse frequenze e alle risonanze tipiche dei tavoli grandi, corredato da N° 4 supporti (gambe) pneumatici autolivellanti connessi ad un compressore. Il tavolo è capace di supportare esperimenti a media ed alta sensibilità vibrazionale, ad esempio per imaging, spettroscopia ed interferometria; è inoltre sufficientemente ampio da consentire la realizzazione di esperimenti di ottica non lineare e ultraveloce, i quali prevedono l'installazione di sistemi laser "a cascata";
- N° 2 tavoli ottici (Thorlabs ScienceDesk workstation breadboard), dimensioni 600 x 900 mm, dedicati ad esperimenti a bassa sensibilità vibrazionale come per l'imaging;
- N° 1 sorgente laser CW (CNI Laser), lunghezza d'onda $\lambda=532$ nm, potenza massima 100 mW,
- N° 1 sorgente laser impulsata, lunghezza d'onda $\lambda=1064$ nm, durata impulso <150 fs, potenza massima >1W, repetition rate 80MHz
- N° 1 misuratore di potenza luminosa (Console Thorlabs PM 100A) equipaggiato con N° 2 rilevatori di cui, 1 fotodiodo in silicio per misure di potenze fino a 50mW nel range spettrale 400nm-1100 nm (Thorlabs S120C) ed una testa termica per misure di potenze fino a 5W, una potenza di picco massima di 100GW/cm², nel range spettrale 200nm - 20 μ m.
- N° 2 videocamere Mono (Basler a2A1920-160umPRO – Basler ace 2) aventi un sensore CMOS di dimensioni 6.4 x 4.1 mm, risoluzione (H x V) 1920x 1200 pixels, dimensione del pixel 3.45 μ m, frame rate massimo 160fps.
- N° 2 modulatori spaziali di luce (SLM) a cristalli liquidi per la modulazione della fase del campo ottico in riflessione, rispettivamente nel range spettrale VIS e NIR, area attiva 15.4 x 8.6 mm, risoluzione 1920 x 1080, 256 livelli di fase (8-bit), pixel pitch 8 μ m, fill factor 93%.

Il laboratorio dispone altresì di strumentazione consumabile necessaria all'implementazione degli esperimenti:

- lenti a diversa lunghezza focale per lunghezza d'onda nel visibile (VIS) e nel vicino infrarosso (NIR)
- obiettivi ottici
- specchi

- polarizzatori (VIS, NIR)
- beamsplitters
- lamine d'onda (VIS, NIR)
- filtri spettrali
- diaframmi
- traslatori meccanici con risoluzione spaziale micrometrica
- componenti optomeccanici vari
- workstations (pc) per interfaccia strumenti e calcolo

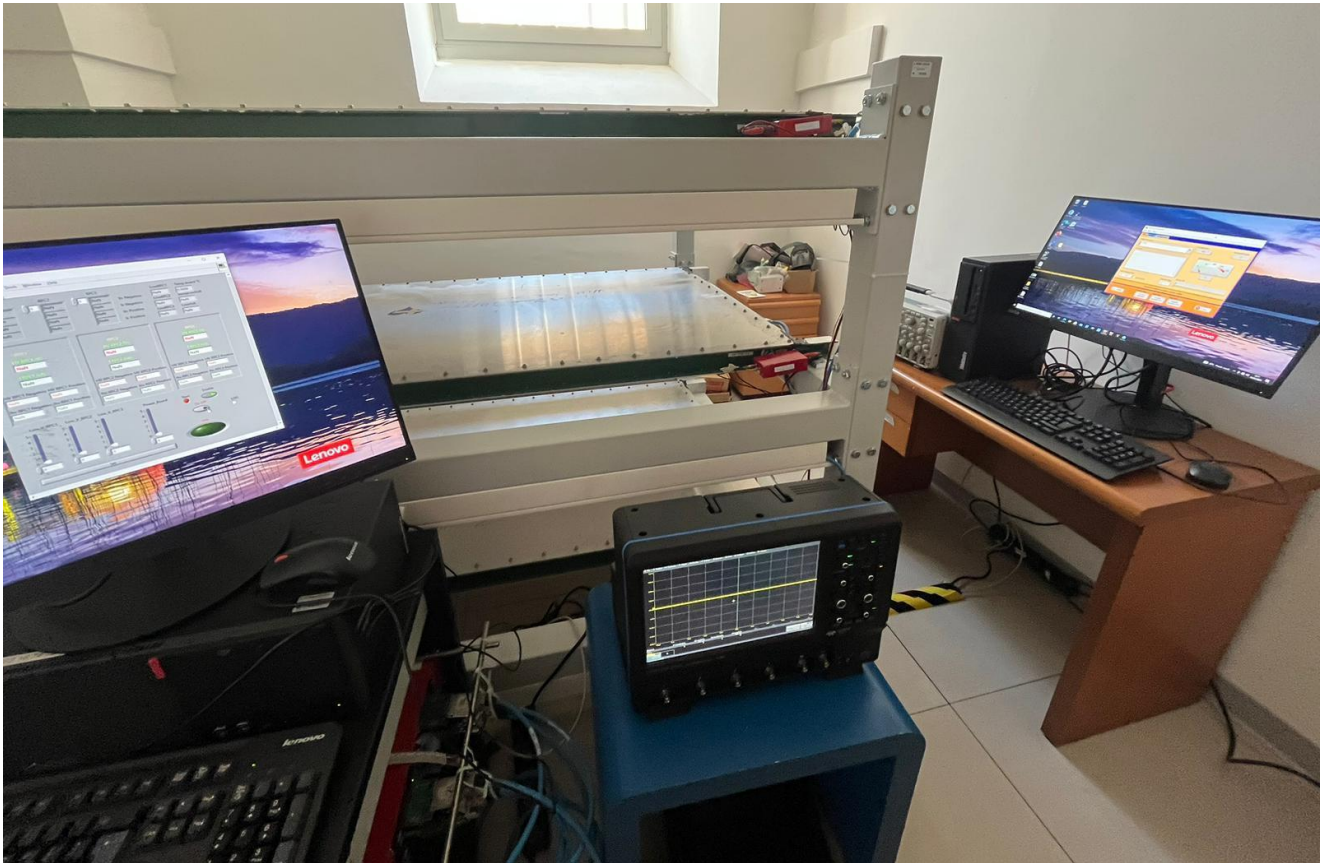
Gli esperimenti attualmente implementati comprendono:

- **Misura del campo ottico complesso tramite interferometria accoppiata a modulazione spaziale della fase del campo.** L'esperimento è basato su una tecnica di interferometria "phase-shift" a quattro fasi in cui la fase di uno dei bracci è modulata omogeneamente tramite l'SLM. L'analisi delle figure di interferenza acquisite a sfasamenti periodici permette la misura del campo ottico complesso, quindi sia della fase che dell'ampiezza della luce trasmessa o diffusa da un oggetto. Il sistema utilizza la sorgente laser a 532 nm ed è pensato come piattaforma per l'implementazione di una macchina di calcolo ottico innovativa.
- **Misura della matrice di trasmissione di un mezzo ottico disordinato.** La luce laser a 1064 nm è modulata spazialmente applicando delle maschere di fase in base di Hadamard ed è inviata sul mezzo disordinato. La luce trasmessa è raccolta con un obiettivo e proiettata sulla videocamera. La modulazione di fase e l'acquisizione dell'immagine sono opportunamente sincronizzate per permettere la misura della matrice di trasmissione. Il sistema è pensato per applicazioni di ottica lineare e non lineare.
- **Misure di generazione di seconda armonica (SHG).** La luce laser a 1064 nm (pompa) è focalizzata sul campione otticamente non lineare dove la trasmissione ottica (pompa + SHG) è raccolta con un obiettivo e proiettata sulla video camera. La presenza di un filtro spettrale passabasso tra l'obiettivo e la videocamera blocca la pompa e permette di misurare solo l'SHG a 532 nm.

LABORATORIO DEL PROGETTO EXTREME ENERGY EVENTS:

All'interno del Laboratorio del Progetto Extreme Energy Events è presente la seguente strumentazione:

- 3 rivelatori di tipo Multigap Resistive Plate Chambers (MRPC): rivelatori a gas che consentono di ricostruire il punto di passaggio di particelle subnucleari con precisione del cm² e con risoluzione temporale dell'ordine delle centinaia di ps.;
- Crate VME (CAEN Spa) per il readout che ospita: due Moduli Time to Digital Converter (V1190A e V1190B, CAEN Spa) un modulo di interfaccia crate PC (Bridge USB V1718 CAEN Spa) e una scheda elettronica di "trigger" custom (dotata di ricevitore GPS per sincronizzazione temporale del telescopio);
- una stazione meteo custom (basata su Arduino);
- 1 alimentatore custom per fornire la tensione necessaria al funzionamento dei rivelatori MRPC;
- 2 Computer: uno dedicato alla gestione dell'alimentatore ed uno dedicato all'acquisizione dati;
- Oscilloscopio Tektronix WaveRunner 8254M (2.5 GHz, 40 GS/s);
- 1 rivelatore portatile accessorio basato su scintillatori (Cosmic Box).



Il telescopio fa parte della rete di 60 telescopi installati in tutta Italia, la maggior parte dei quali all'interno di scuole superiori che collaborano in modo attivo al Progetto EEE, dalla costruzione di rivelatori all'analisi dei dati, che ha quindi un forte impatto in termini di outreach.

Il telescopio e la strumentazione presente nel laboratorio (ma anche nelle scuole) consentono di rivelare e tracciare con grande precisione i muoni dei raggi cosmici, mettere in relazione il loro flusso con parametri ambientali locali o, tramite la sincronizzazione GPS, si possono studiare correlazioni tra eventi su grandi distanze. Ad oggi sono stati acquisiti, dalla rete EEE, più di 100 miliardi di tracce di muoni, utilizzate per diverse analisi.

Oltre alla partecipazione alle fasi di presa dati congiunte del Progetto EEE il laboratorio è utilizzato per testare nuove soluzioni hardware da utilizzare su tutta la rete.

È inoltre fruibile sia per visite guidate sia per laboratori didattici giornalieri durante i quali si possono effettuare misure anche utilizzando il rivelatore portatile Cosmic-Box.

FUTURE IMPLEMENTAZIONI PREVISTE DEI LABORATORI DI RICERCA

LABORATORIO DI FISICA PER I BENI CULTURALI.

Si prevede l'implementazione di nuovi esperimenti per la caratterizzazione di materiali di interesse storico-artistico complementari rispetto alla strumentazione già presente in laboratorio e che possano essere utilizzati inoltre per misure sia in laboratorio presso il CREF che per campagne di misura *in-situ* presso i Musei quali:

- Analisi di struttura quale diffrazione a raggi X
- Tecniche di imaging per analisi di superficie e di bulk
- Tecniche di microscopia

LABORATORIO DI FOTONICA COMPUTAZIONALE.

Si prevede l'implementazione di ulteriori esperimenti mirati alla caratterizzazione ottica delle piattaforme fisiche utilizzate per la computazione fotonica, tra cui:

- **Caratterizzazione delle lunghezze di scattering e di trasporto in mezzi ottici complessi.** La luce laser è focalizzata sul campione dove la trasmissione totale è misurata tramite la sfera integratrice.
- **Misure di SHG con z-scan.** Questa tecnica mira a studiare l'effetto della focalizzazione della luce di pompa sul fenomeno non lineare. Il campione e l'obiettivo di raccolta sono montati su una piattaforma traslante, cosicché la SHG possa essere misurata variando la posizione del campione rispetto al fuoco di illuminazione, garantendo sempre la stessa efficienza di raccolta luce.

Si prevede anche di completare l'allestimento del laboratorio con l'installazione di tendaggi di protezione da radiazione laser ad alta potenza, varie scrivanie, postazioni di calcolo ed un monitor per facilitare discussioni e riunioni di gruppo.

LABORATORIO DEL PROGETTO EEE

In futuro è previsto l'utilizzo del laboratorio del Progetto EEE per

- test di efficienza di rivelatori di particelle basati su Silicon Photomultiplier: è possibile sfruttare la capacità di tracciamento del telescopio per misurare l'efficienza di altri rivelatori (senza influire sulla acquisizione nell'ambito del programma di misure EEE)

- assemblaggio e test di rivelatori: la strumentazione presente in laboratorio permette di assemblare e testare piccoli rivelatori basati su scintillatori o camera a nebbia.

LABORATORI CONDIVISI.

Si prevede l'allestimento di una zona per un laboratorio condiviso all'interno degli spazi inutilizzati presso il piano -1. Il laboratorio in comune sarà dedicato alla preparazione chimico-fisica dei campioni oggetto di indagine e sarà allestito in primo luogo con un banco da laboratorio provvisto di cappa, un essiccatore e relativi accessori. È inoltre prevista l'implementazione di una fornitura di base come, ad esempio, l'acquisto di un frigo per la conservazione di eventuali campioni deperibili, vetreria e tools di base quali spatole, pinzette, etc. È prevista l'istituzione di un servizio di smaltimento rifiuti dedicato.

Nuove sinergie tra i laboratori di ricerca del CREF

Si prevede di avviare nuove sinergie che coinvolgano le due linee di ricerca Fisica per i Beni Culturali e Fotonica Computazionale che possano mettere a sistema gli expertises di entrambi i laboratori tramite la collaborazione su tematiche di reciproco interesse sia nell'ambito della fisica fondamentale come, ad esempio, nella neutronica che nell'ambito della fisica applicata.

Terza missione dei laboratori di ricerca del CREF

Nell'ambito delle attività di comunicazione e terza missione è prevista una implementazione dell'immagine dei laboratori, e del piano -1 in generale, tramite la realizzazione di segnaletica apposita, poster ed immagini divulgative che possano fare da ponte tra la ricerca scientifica che si svolge in questi spazi ed il pubblico in visita come specificato in altre sezioni del documento.

Ricercatori coinvolti

- Laboratorio di Fotonica: Romolo Savo, Marcello Calvanese Strinati, Giovanni De Angelis, Fabrizio Coccetti
- Laboratorio di Fisica per il Beni Culturali: Giulia Festa, Claudia Scatigno.

- Laboratorio del Progetto Extreme Energy Events: Marco Garbini (responsabile), Silvia Pisano, Ivan Gnesi, Fabrizio Coccetti, Kristian Piscicchia

Risorse

Si prevede il rafforzamento dell'Infrastruttura CREF tramite la partecipazione in sinergia a bandi competitivi per l'acquisto di nuovo materiale e strumentazione per la ricerca da utilizzare sia in comune che peculiare per ogni laboratorio.

MUSEO ENRICO FERMI

Stato dell'arte nel campo

Situato al piano terra della storica palazzina di via Panisperna, il Museo Fermi è stato inaugurato nell'ottobre del 2019, contestualmente all'insediamento del Museo Storico della Fisica e Centro Studi e Ricerche "Enrico Fermi" (CREF) nella sua sede definitiva, vale a dire lo storico complesso monumentale di via Panisperna, totalmente restaurato.

In virtù della sua 'duplice anima' di museo e centro di ricerca, una delle missioni del CREF è conservare e diffondere in Italia e nel mondo la memoria della vita e delle opere di Enrico Fermi, oltre che favorire un'ampia diffusione e comunicazione della cultura scientifica.

Obiettivo perseguito anche in virtù dell'allestimento del Museo Fermi: a partire dal 2013 venne istituito un gruppo di lavoro, composto da fisici e storici della fisica, con il compito di definire i contenuti scientifici del futuro Museo con sede nel complesso monumentale di via Panisperna. Il risultato è stato l'organizzazione di un percorso storico-scientifico che, attraverso una decina di "tappe" significative, ripercorre la vita e le scoperte di Fermi, da Roma all'America. Il visitatore può immergersi in questa 'avventura' coinvolgente e appassionante combinando in maniera innovativa oggetti e pannelli tradizionali con moderne tecnologie multimediali, dalle visualizzazioni grafiche ai pannelli interattivi, dagli schermi tattili a quelli olografici. L'utente viene coinvolto e appassionato indipendentemente dalle sue specifiche conoscenze scientifiche.

Per valutare la bontà delle soluzioni scelte, nel 2015 venne allestita una mostra temporanea dal titolo "Enrico Fermi - Un equilibrio creativo tra teorie ed esperimenti", inaugurata nell'ambito del Festival della Scienza di Genova; con piccole modifiche e il titolo "Enrico Fermi - Una duplice genialità tra teorie ed esperimenti", la mostra è stata poi aperta dal 10 febbraio al 22 maggio 2016 a Bologna, presso l'ex-chiesa di San Mattia con il supporto del Polo Museale della città emiliana. Entrambe le mostre hanno ottenuto grande successo di pubblico, con circa 15.000 visitatori ognuna, inclusi i ragazzi di molte scuole, dalle elementari alle superiori.

Oggi, nella sua sede definitiva, la mostra è diventata un museo storico permanente della fisica, ove la grandezza di Fermi, la sua straordinaria figura di maestro e di gigante della fisica del XX secolo, le sue formidabili conquiste scientifiche, frutto di un'eccezionale mente creativa 'in

equilibrio' tra teorie ed esperimenti, vengono efficacemente illustrate all'interno del percorso intitolato: *L'eredità scientifica di Enrico Fermi*.

Un percorso che nella nuova sede è stato arricchito dal suo stesso domicilio: ne fanno infatti parte integrante il meraviglioso cortile interno, al cui centro sorge la famosa fontana detta 'dei pesci rossi' (primo sito storico italiano della European Physical Society dal 2012); la scalinata d'ingresso, immortalata nel 1931 in occasione del primo congresso internazionale di Fisica nucleare cui parteciparono i più celebri fisici teorici del tempo; sino agli ampi corridoi con soffitti a volta del primo piano, lungo i quali correvano Fermi e i suoi collaboratori, allorquando stavano portando avanti le celebri esperienze sulla radioattività indotta da neutroni nel corso del 1934. Esperienze che, come è noto, valsero a Fermi il Nobel per la Fisica nel 1938.

Alla fine del 2022, il Museo ha inoltre acquisito tramite donazione privata due lettere autografe di Enrico Fermi, esposte all'interno del percorso museale, datate 1947 e 1954, spedite, la prima da Chicago, la seconda da Como, al maestro elementare, Luigi Bianchini.



Una delle installazioni interattive all'interno del percorso del Museo Fermi.

Finalità e obiettivi

Obiettivo dell'allestimento e dell'apertura del Museo Fermi è la conservazione e la divulgazione della memoria storica legata alla figura di Enrico Fermi e dei suoi collaboratori, oltre che della storia del Regio Istituto di Fisica a partire dalla sua fondazione negli anni Ottanta dell'Ottocento fino al 1936, allorquando l'Istituto venne trasferito nel nuovo quartier generale di Sapienza.

Dopo l'inaugurazione dell'ottobre 2019 e a seguito della pandemia da Covid 19, il Museo Fermi ha effettivamente ripreso le proprie attività a partire dal marzo 2022.

Con delibera del CdA del 31 marzo 2022, è stato istituito un Comitato tecnico del Museo, formato da ricercatori dell'ente e sotto la supervisione del Direttore scientifico, che si occupa dell'organizzazione, implementazione e gestione del Museo.

Il Museo Fermi è oggi aperto settimanalmente alle scuole, a società e organizzazioni scientifiche.

Per la cittadinanza, sono organizzati open-day calendarizzati, oltre che eventi di divulgazione e comunicazione scientifica a cadenza mensile, tutti pubblicizzati sul sito del Museo e tramite i social media dell'Ente.

Nell'anno 2022 (marzo-dicembre) si è registrata una presenza di oltre 200 visitatori al mese.

In considerazione del trend di prenotazioni, per l'anno 2023 si prevede un aumento di almeno il 50% delle presenze rispetto a quelle dell'anno passato.

Il bacino d'utenza del Museo Fermi, ad oggi, è prevalentemente rappresentato dalle scuole superiori di II grado.

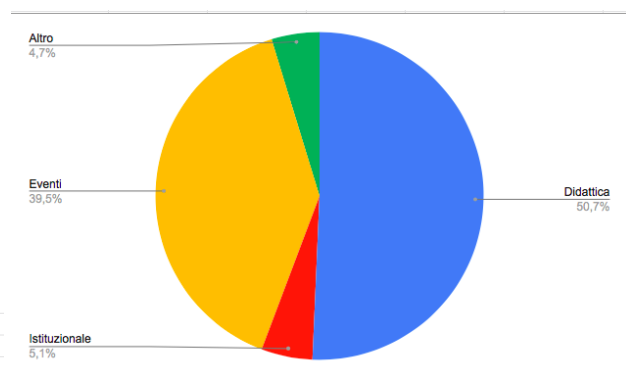
La comunicazione e la presentazione del Museo Fermi, a partire da una lettera di presentazione inviata ai Dirigenti scolastici delle scuole superiori di secondo grado di Roma e dintorni, si sta gradualmente allargando. Ad oggi le scuole che aderiscono alla mailing list del Museo Fermi coprono sostanzialmente tutte le regioni d'Italia.

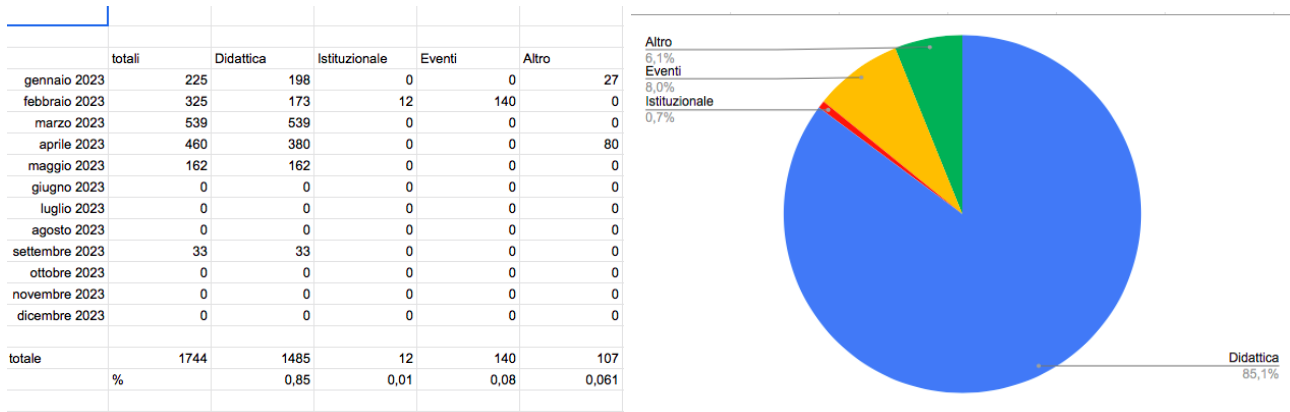
La scelta del target principale (scuole superiori di II grado) è nata dalla considerazione delle tematiche trattate e dal tipo di guida che i ricercatori del Cref possono offrire alle classi lungo il percorso storico-scientifico della mostra.

Per il 2023 si stanno preparando percorsi alternativi costruiti ad hoc per altri target di studenti (scuole elementari e scuole medie) con visite pilota a partire da marzo 2023.

Il Museo Fermi è conosciuto anche oltre i confini nazionali: ha ospitato e ospiterà scuole e studenti stranieri provenienti da numerose nazioni europee (dalla Gran Bretagna alla Germania; dalla Danimarca alla Grecia, sino a Polonia, Romania e Bulgaria).

	totali	Didattica	Istituzionale	Eventi	Altro
gennaio 2022	0	0	0	0	0
febbraio 2022	0	0	0	0	0
marzo 2022	110	0	60	50	0
aprile 2022	198	123	8	67	0
maggio 2022	332	279	6	45	2
giugno 2022	234	50	1	100	83
luglio 2022	122	17	5	100	0
agosto 2022	0	0	0	0	0
settembre 2022	89	0	9	80	0
ottobre 2022	225	67	0	157	1
novembre 2022	265	232	3	30	0
dicembre 2022	244	154	0	90	0
totale	1819	922	92	719	86
	%	0,51	0,05	0,40	0,047





Dall'alto verso il basso: Presenze c/o Museo Fermi-Periodo marzo-dicembre 2022; Proiezione del trend riferito al 2023.

Contenuti e metodi

Il Museo Fermi, intitolato 'L'eredità scientifica di Enrico Fermi', è ospitato al piano terra del complesso monumentale di via Panisperna, sede del CREF dal 2019 dopo un attento e rigoroso restauro filologico.

La stessa palazzina, con particolare riferimento alla cosiddetta 'Fontana dei pesci rossi' (collocata nel cortile interno del complesso), primo sito storico italiano della European Physical Society inaugurato nel 2012, è essa stessa parte integrante del percorso museale.

Attraverso l'identificazione di una decina di passaggi significativi della vita e delle scoperte scientifiche di Fermi, è stato definito un percorso arricchito da moderne tecnologie (touch-screen, viste grafiche, pannelli interattivi e schermi olografici), in modo da coinvolgere ed emozionare il visitatore, indipendentemente dalle sue specifiche conoscenze scientifiche.

Aperto in occasione dell'inaugurazione della nuova sede dell'ente, alla fine del 2019, poi rimasto chiuso a causa della pandemia, il Museo è stato riavviato a partire dalla primavera del 2022.

L'interesse per il Museo Fermi da parte delle scuole e del pubblico è in continua crescita e data la grande risposta e l'ampio interesse riscontrato, si è resa necessaria una organizzazione sostenibile per fare fronte a queste richieste e, nell'ottica di una continuità della proposta, ma anche per poter estendere le aperture, si è ritenuto necessario l'identificazione di risorse dedicate.

Ad oggi è stata accesa una borsa di studio dedicata alla formazione di giovani che possano contribuire all'organizzazione e gestione del Museo Fermi.

Altre risorse sono state identificate nei tirocini curriculari universitari che si stanno organizzando e che vedono impegnati nel percorso museale e nell'accoglienza delle scuole giovani studenti universitari e/o laureandi per i quali, considerato il contenuto intellettuale del

Museo Fermi, nonché il contesto storico e scientifico di cui il CREF è parte, un percorso formativo presso il Museo risulta essere particolarmente interessante al loro processo di apprendimento e di formazione. Ad oggi sono state attivate convenzioni con le Università di Sapienza e Tor Vergata.

Il Comitato tecnico-scientifico sta valutando progetti e idee per poter ampliare e valorizzare l'offerta museale attraverso l'allestimento di nuove postazioni che, in linea con l'estetica del museo e avvalendosi di tecnologie multimediali moderne e coinvolgenti, interesseranno alcuni spazi del Museo.

A tal proposito, il CREF ha ricevuto un finanziamento dalla Regione Lazio per il progetto VEROSH - Virtual ExploRation Of Science History per lo sviluppo di un'esperienza di realtà immersiva virtuale da integrare nel Museo.

La realtà virtuale proposta nel progetto VEROSH rappresenta il core di una nuova maniera di divulgare la scienza, utilizzando l'aspetto emozionale e di intrattenimento per avvicinare il grande pubblico a contenuti scientifici in maniera semplice e accattivante. Infatti, le esperienze museali sono straordinariamente memorabili e rimangono impresse a lungo nella memoria divenendo quindi un volano per l'apprendimento.



Studenti in visita al Museo Fermi.

Collaborazioni nazionali e internazionali

- Sapienza, Università di Roma

- Università Tor Vergata, Roma
- Università Roma3, Roma
- CNR
- Alma Mater Studiorum, Bologna
- Archivio Amaldi, Dipartimento di Fisica, Sapienza
- INFN
- Festival della Scienza di Genova
- Rai Storia
- Rai Educational
- TG3Leonardo
- BBC
- NetTogether
- MakerFaire, Roma
- Dmo ES.CO. Esquilino Comunità, Porta di Roma
- SIF
- SISFA
- EPS

Ricercatori coinvolti

- Essendo l'attività museale mission dell'Ente, tutto il personale permanente di ricerca dell'Ente dedicherà circa il 10% del suo tempo alla comunicazione e divulgazione scientifica all'interno del Museo.
- Miriam Focaccia: coordinatore Comitato tecnico Museo: 30%
- Borsa di studio Junior, 12 mesi a partire dal 16/01/2023: 100%

Risorse

VEROSH - Progetto Regione Lazio VEROSH (Virtual EploRation Of Science History).

Personale coinvolto: F. Coccetti, G. Festa, M. Focaccia, F. Giove, F. Sylos Labini

Finanziamento: 1 FASE: 73.84000 euro su 12 mesi, 2 FASE: 868.6381.271.810 euro - 24 mesi (al momento non finanziabile per esaurimento della dotazione, eventualmente concesso in caso di scorrimento della graduatoria) + 250.000 euro cofinanziamento, BUDGET TOTALE: 1.192.478390.870 euro.

PRIN-PNRR 2022, Towards a Science Museum in Rome: survey, description, digitization and communication of science & technology heritage (in attesa dei risultati).

Personale coinvolto: Miriam Focaccia, Giulia Festa. Il progetto è in collaborazione con la linea di ricerca Fisica per i Beni Culturali.

Progetto Extreme Energy Events

- La Scienza nelle Scuole

Responsabile scientifico: Marco Garbini

Stato dell'arte nel campo

Il Progetto Extreme Energy Events (EEE) – “La Scienza nelle Scuole” (Progetto EEE o EEE nel seguito) è un esperimento per la misura e studio al suolo della radiazione cosmica, con un forte ed innovativo programma di diffusione della cultura scientifica. Avviato con una fase pilota nel 2005, oggi rappresenta un esempio unico a livello nazionale ed internazionale per il livello di coinvolgimento e partecipazione delle Scuole Superiori italiane ad un esperimento di Fisica dei Raggi Cosmici.

Dalla data di inizio delle attività, il numero di scuole superiori italiane coinvolte è costantemente cresciuto fino alle attuali circa 100 scuole facenti parte del Progetto EEE, che vede quindi ogni anno più di mille studenti impegnati nelle sue attività.

Unitamente alle attività legate strettamente alla misura dei raggi cosmici, il Progetto EEE offre ogni anno incontri online con seminari tematici.

Finalità e obiettivi

L'obiettivo del Progetto EEE è quello di realizzare un esperimento scientifico sui raggi cosmici e portarlo all'interno delle scuole superiori italiane in modo da coinvolgere i giovani studenti e favorire quindi la diffusione della cultura scientifica. In particolare, si vogliono studiare, attraverso un opportuno apparato sperimentale, i muoni generati dall'interazione dei raggi cosmici primari (principalmente protoni) con l'atmosfera terrestre. I muoni, essendo particelle penetranti, possono essere rivelati anche all'interno degli edifici scolastici che diventano dei laboratori di Fisica Subnucleare.

Il Progetto EEE prevede, quindi, la costruzione ed installazione di rivelatori traccianti per muoni, i telescopi, su tutto il territorio nazionale. In tal modo è coinvolto il maggior numero possibile di istituti scolastici ed è possibile studiare le caratteristiche del flusso di raggi cosmici su base locale ma è anche possibile studiare possibili correlazioni tra eventi su tutta la rete. EEE rappresenta un osservatorio di raggi cosmici su scala nazionale; le scuole possono aderire ad EEE anche senza installare un telescopio nei locali scolastici e tutte le scuole partecipanti entrano a far parte di una rete ed hanno accesso ai dati di ciascuna stazione e possono eseguire le analisi su qualunque set di dati. Tutto è reso possibile da un'infrastruttura informatica di immagazzinamento e analisi dati basata su cloud.

Tramite questa organizzazione il coinvolgimento degli studenti, e dei professori, avviene in ogni fase dell'esperimento, dalla costruzione dei rivelatori all'analisi dei dati acquisiti.

Contenuti e metodi

Il Progetto EEE consiste in una rete di telescopi traccianti per raggi cosmici, ciascuno costituito da tre rivelatori di tipo Multigap Resistive Plate Chamber (MRPC) di grande area sensibile (2 m²). In figura 1, a destra, è mostrato uno dei telescopi. La rete EEE è costituita attualmente da 60 telescopi, tanto da rendere EEE il più esteso osservatorio per raggi cosmici basato sulla tecnologia delle MRPC. In figura 1 (sinistra) è mostrata la distribuzione geografica delle scuole partecipanti ad oggi al Progetto EEE: i cerchi rossi ed arancioni indicano la collocazione dei telescopi scolastici e in sedi INFN rispettivamente, mentre i cerchi azzurri indicano le scuole aderenti al progetto senza telescopio.

Come evidenziato precedentemente, il coinvolgimento degli studenti inizia dalla costruzione dei rivelatori al CERN e prosegue con la loro installazione negli istituti scolastici, nelle Università ed Enti Pubblici di Ricerca (CREF, Sezioni INFN).

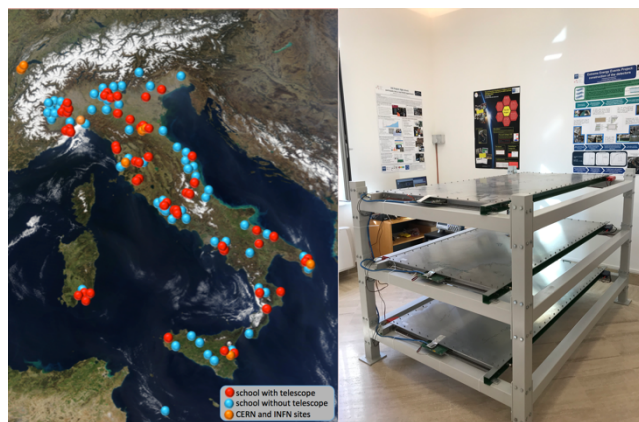


Figura 1: Sinistra: distribuzione dei telescopi del Progetto EEE (cerchi rossi e arancioni) e delle scuole aderenti (cerchi blu). Destra: uno dei telescopi della rete EEE.

I dati acquisiti dai singoli telescopi permettono di studiare le caratteristiche del flusso locale dei raggi cosmici secondari. La sincronizzazione temporale dei telescopi permette poi la ricerca e studio di sciami atmosferici estesi (tra stazioni a distanze sino a qualche km). La distribuzione sul territorio dei rivelatori, organizzata in cluster o in stazioni singole, offre la possibilità unica al mondo di ricercare correlazioni tra stazioni poste a centinaia di km tra loro: un eventuale segnale positivo sarebbe indicazione diretta di meccanismi ipotizzati ma non ancora verificati sperimentalmente.

A partire dal 2014 il Progetto EEE è organizzato in fasi coordinate di acquisizione dati denominate Run, la cui durata coincide temporalmente con l'anno scolastico. In tale periodo i telescopi della rete sono in funzione contemporaneamente e massima attenzione è posta da parte di tutti i partecipanti al funzionamento dei telescopi, per garantire la massima efficienza dell'osservatorio; a tal fine gli studenti e i professori partecipano a riunioni periodiche, i Run Coordination Meeting, che permettono di avere e fornire aggiornamenti sullo stato della rete. L'emergenza sanitaria legata al COVID-19 ha portato all'interruzione delle attività sperimentali ma il Progetto EEE ha continuato ad organizzare le riunioni mensili inserendo nel programma degli incontri anche seminari su temi anche non direttamente connessi alle attività del Progetto EEE. Una lista (non completa) degli incontri e dei temi affrontati nel 2022 è mostrata in figura 2.

Evento	Data	Modalità	Partecipanti	Tema
International Cosmic Day 2022 - ICD	22/11/2022	Online	500	School reports from students and AMS: cosmic rays in space
Run Coordination Meeting	26/10/2022	Online	400	PolarquEEEst: cosmic ray rate vs. latitude
Run Coordination Meeting	28/09/2022	Online	400	Restart of EEE telescopes inside schools
Run Coordination Meeting	25/05/2022	Online	200	School reports from students
Run Coordination Meeting	16/03/2022	Online	350	Material Science
Run Coordination Meeting	16/02/2022	Online	350	Physics with Arduino
Run Coordination Meeting	26/01/2022	Online	380	Detection of Hunga-Tonga shock wave with POLAR set up at Ny Ålesund

Figura 2: elenco degli incontri mensili con le scuole, tema trattato e numero di partecipanti.

Le attività in presenza sono ora riprese con l'ulteriore sfida di una transizione ecologica per la quale il Progetto EEE è impegnato da anni anche per la sensibilizzazione degli studenti a tali tematiche. I telescopi della rete sono in fase di manutenzione e riaccensione dopo la fase di inattività legata all'emergenza COVID-19.

Dopo l'incontro in presenza del Novembre 2021 (Figura 3, sinistra) in occasione della Conferenza del Progetto EEE, ospitata dall'Ettore Majorana Foundation and Centre for Scientific Culture di Erice, nuove riunioni sono previste su base annuale.



Figura 3: Sinistra: studenti e Professori in aula alla Conferenza del Progetto EEE, ospitata dall'Ettore Majorana Foundation and Centre for Scientific Culture di Erice. Destra: rivelatore Polar a bordo dell'Amerigo Vespucci.

All'interno del Progetto EEE è anche nata la Missione PolarquEEEst per la quale sono stati costruiti ed installati, alle isole Svalbard, presso la stazione Dirigibile Italia del CNR, tre rivelatori a scintillazione compatti per lo studio e monitoraggio del flusso dei raggi cosmici a latitudini estreme. Per tale missione sono state coinvolte anche scuole superiori Norvegesi e Svizzere. Il rivelatore compatto si presta a misure anche in itinere e oltre a varie campagne di misura in auto sono state effettuate e saranno effettuate in futuro misure anche a bordo della Nave Scuola "Amerigo Vespucci" (Figura 3, destra)..

Sono in programma campagne di misura a latitudini variabili in Nord Europa, accompagnate da eventi di outreach con il coinvolgimento di scuole locali.

Collaborazioni nazionali e internazionali

Dal 2020 il CREF ha instaurato un accordo di collaborazione via convenzione con l'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN) per la gestione del Progetto EEE.

Altre collaborazioni sono in essere con:

- CERN, Ginevra, Svizzera;
- CNR, Istituto di Scienze Polari, Venezia;
- Ettore Majorana Foundation and Centre for Scientific Culture, Erice;
- INFN-CNAF, Bologna;
- Stazione Artica Dirigibile Italia del CNR, Ny-Ålesund, Isole Svalbard (Norvegia);
- Università di Bari, Bologna, Cagliari, della Calabria, Catania, Genova, Messina, Pisa, del Salento, Salerno, Siena

Ricercatori coinvolti

- Marco Garbini, ricercatore CREF
- Silvia Pisano, ricercatore CREF
- Ivan Gnesi, ricercatore CREF
- Kristian Piscicchia, ricercatore CREF
- Fabrizio Coccetti, ricercatore CREF

Risorse

Interne: Stanziamento annuale su fondi FOE destinati alle attività sperimentali e di terza missione, impegno di ricercatori del CREF e supporto da parte del personale tecnico amministrativo per la gestione sia dei rapporti con le scuole sia dei canali social e del sito web dell'esperimento.

Esterne: INFN. Stanziamento di fondi per attività sperimentali, R&D, terza missione e partecipazione di personale per un totale di 250 k€.

Budget complessivo del Progetto per il 2023: 500.000 euro (metà CREF e metà INFN)

Diffusione e Comunicazione della cultura scientifica

Stato dell'arte nel campo

Il Museo Storico della Fisica e Centro Studi e Ricerche “Enrico Fermi” (CREF), nasce con una duplice missione: essere un Centro di Ricerca multidisciplinare e all'avanguardia, e custodire e diffondere l'eredità scientifica e umana dei Ragazzi di Via Panisperna, che, sotto la guida di Enrico Fermi, proprio in questa palazzina condussero le ricerche che portarono al Nobel del 1938.

Proprio in virtù di questa doppia anima, si è deciso di avere due siti web, uno dei quali focalizzato sulle attività di ricerca e l'altro dedicato interamente al Museo. Entrambi i siti sono in italiano e in inglese, per la vocazione internazionale dell'ente. A ribadire però la vocazione alla Terza missione nel sito della ricerca c'è una pagina *outreach* con il calendario degli eventi aperti al pubblico e il link diretto al Museo.

Alla comunicazione attraverso il sito web, si affiancano i canali social, una newsletter rivolta al pubblico, delle liste di diffusione e una densa attività di PR.

LA SCELTA

Edoardo Amaldi e la scienza senza confini

14 dicembre 2022
ore 17.00

Proiezione del Film (dur. 78')
Introduzione e commento
di Adele La Rana

 **Centro Ricerche Enrico Fermi**
P.zza del Viminale 1

partecipazione gratuita
prenotazioni: eventi@cref.it
specificando nome, cognome,
data di nascita

Finalità e obiettivi

Compito della comunicazione in questa fase della vita dell'ente è quello di riuscire a creare una identità forte sia come centro di ricerca, sia come punto di riferimento per la diffusione della storia della ricerca legata a Enrico Fermi e al gruppo di via Panisperna.

A questo scopo, in stretta collaborazione con il comitato del Museo coordinato dalla dott.ssa Miriam Focaccia, abbiamo lavorato non solo per far conoscere l'ente, ma per portare pubblico in sede con proposte formative di alto livello rivolte sia alle scuole che al pubblico generico interessato ai temi della scienza.

Questo lavoro ha richiesto nel primo anno di creare un sistema in grado di lavorare in maniera organica nonostante la sua complessità e di creare relazioni di fiducia sia all'interno dell'ente che all'esterno, entrando a far parte di iniziative di diffusione e comunicazione scientifica a livello nazionale.

Tra gli obiettivi previsti:

- rafforzare la doppia identità dell'ente anche a livello grafico, sia attraverso l'immagine coordinata tra i due siti web, sia potenziando la presenza sul sito dei singoli gruppi di ricerca
- rafforzare i contenuti editoriali (sito e social) di storia della fisica, con particolare riferimento a quella del '900

- facilitare attraverso copy e grafica la comunicazione rivolta alle scuole sul sito del museo, creare dei contenuti scaricabili da poter usare in classe, creare dei contenuti pensati per le scuole nella newsletter
- potenziare la presenza del CREF su stampa e media.
- attivare una formazione di base in comunicazione per i ricercatori e le ricercatrici
- rafforzare i legami con gli uffici tirocini dei dipartimenti universitari di comunicazione e comunicazione della scienza

Contenuti e metodi



La comunicazione del CREF opera attraverso più canali social: Facebook, Instagram, Twitter e Youtube che hanno contenuti editoriali diversificati in base alla specificità delle varie piattaforme.

Facebook, (2565 follower) che è più generalista, contiene campagne, notizie di eventi per il pubblico e news di partecipazioni a manifestazioni di divulgazione.

Per **Instagram (993 follower)**, che ha un pubblico di follower decisamente più giovane e più equilibrato a livello di genere, la comunicazione è soprattutto rivolta alla divulgazione e alle scuole, con la possibilità di interagire attraverso tag, condivisioni, commenti, like, soprattutto in occasione di eventi e con le classi che hanno visitato il museo e che continuano a seguirci.

Per queste due piattaforme abbiamo creato una rubrica intitolata "Atomi di storia" dedicata alle storie e persone legate a Fermi.

Sempre sulla storia seguiamo un calendario di eventi significativi legati alla storia personale di Fermi (nascita, Nobel, pila atomica) scadenzato durante l'anno

Twitter (513 follower) e LinkedIn (237) sono i social utilizzati per la diffusione delle pubblicazioni, dei seminari, e in generale della ricerca,

Discorso a parte per **YouTube**, che sta diventando a tutti gli effetti un canale importantissimo di divulgazione attraverso le “Lezioni aperte al CREF”, ovvero le nostre conferenze pubbliche che vengono registrate e caricate qui, rimanendo a disposizione di chi vuole consultarle, e che hanno raggiunto più di 15 mila visualizzazioni.

Newsletter Una delle esigenze era quella di fidelizzare il pubblico che partecipa ai nostri eventi e conferenze e desidera conoscere in anticipo la programmazione. A tale scopo è stata creata una newsletter dedicata al pubblico dal titolo: “Via Panisperna”, che esce alla fine di ogni mese. La newsletter, partita a fine estate, conta attualmente circa 150 iscritti, con una crescita regolare, e un tasso di apertura del 70%.



Collaborazioni nazionali e internazionali

La comunicazione del CREF si interfaccia con gli uffici comunicazione dei vari enti con i quali il CREF collabora nelle attività di ricerca o di *outreach*, con attività di diffusione concordate. In particolare

- Sapienza Università di Roma
- Roma Tor Vergata
- Roma 3
- Festival della Scienza di Genova
- Forum disuguaglianze e Diversità
- CNR
- INFN
- SISSA
- SISFA
- SIF

- Net Science
- DMO Es.Co
- Fondazione Santa Lucia ICRR
- Ufficio comunicazione Sony CSL Roma

Ricercatori coinvolti

- Responsabile della Comunicazione: dott.ssa Anna Lo Piano, 100%.
- Dott.ssa Marta Pepe
- Dott.ssa Miriam Focaccia
- Sono stati attivati per un affiancamento tirocini curriculari attivati con Sapienza e Tor Vergata

Risorse

Budget complessivo del Progetto per il 2023: 130.000 euro

Gender Equality Plan (GEP)

A partire dal giugno 2022 il CREF si è dotato del Gender Equality Plan (GEP) redatto sulla base delle indicazioni fornite dalla Commissione Europea. Uno dei fondamenti su cui si basa l'intero progetto dell'Unione Europea, a livello di diritto comunitario, è proprio il principio fondamentale dell'uguaglianza tra i sessi che individua nella parità tra le donne e gli uomini uno dei valori fondanti dell'Unione Europea medesima.

La Commissione Europea, infatti, in coerenza con la strategia per la parità di genere 2020-2025 dell'UE e per promuovere l'uguaglianza di genere nella ricerca e nell'innovazione, ha introdotto, quale requisito imprescindibile, per le istituzioni pubbliche che intendano accedere ai finanziamenti del programma Horizon Europe, l'adozione di un GEP.

Il GEP costituisce dunque un complesso di azioni finalizzate a promuovere l'uguaglianza di genere attraverso il cambiamento istituzionale e culturale e si propone di presentare, all'interno del CREF, una fotografia sull'attuale situazione di genere esistente e l'introduzione di nuove misure e strumenti che possano influire positivamente sul clima lavorativo, favorendo la condivisione di valori di equità e di rispetto individuale.

Il CREF è già da tempo sensibile al tema dell'uguaglianza di genere, alla sostenibilità sociale dedicando risorse e sostenendo iniziative di ricerca contemplanti l'uguaglianza di genere, ma anche la dimensione più ampia della lotta alle discriminazioni sociali, sia attraverso progetti di ricerca che attività di outreach, sia tramite l'organizzazione di conferenze, seminari, webinar e docufilm dedicati al tema.

Il GEP del CREF costituisce uno strumento operativo per l'identificazione di soluzioni utili per il superamento delle criticità rilevate per il raggiungimento di un equilibrio di genere in ambito lavorativo sulla base del contesto legale, organizzativo, economico e sociale dell'Ente. Il GEP ha quindi identificato 7 obiettivi da raggiungere con specifiche azioni che coinvolgono le cinque aree tematiche raccomandate dalla Commissione Europea:

1. Valorizzare la conciliazione delle esigenze vita/lavoro attraverso l'organizzazione e programmazione delle attività lavorative ordinarie in orari consoni.
2. Adozione di nuove soluzioni organizzative anche mediante l'espletamento dell'attività lavorativa in modalità agile, grazie alla stipula di accordi individuali e/o collettivi con il personale amministrativo; favorendo tale modalità di lavoro per i genitori con figli piccoli e per il personale fragile; consentendo l'accesso alle riunioni di coordinamento anche da remoto.

3. Incrementare la percezione di benessere nell'ambiente lavorativo attraverso giornate di formazione e iniziative per il contrasto a stereotipi e pregiudizi.
4. Riduzione delle asimmetrie di genere nel reclutamento e garanzia delle pari opportunità nel processo decisionale delle posizioni lavorative messe a concorso assicurando l'equa composizione delle commissioni valutatrici per il reclutamento e per le progressioni di carriera.
5. Integrazione della cultura di genere nelle attività di ricerca e divulgative in virtù dell'organizzazione di eventi e iniziative divulgative delle attività di ricerca attinenti alle tematiche di genere, oltre che la pianificazione di eventi e di una campagna di sensibilizzazione per la diffusione della cultura di genere.
6. Adozione di un linguaggio inclusivo nelle comunicazioni ufficiali dell'Ente: definire e adottare delle linee guida per un linguaggio istituzionale più inclusivo e rappresentativo in tutte le comunicazioni e documentazioni dell'Ente.
7. Sensibilizzazione sul tema delle molestie e della violenza sessuale e verifica per l'attivazione di un servizio di assistenza sociale mediante apposita convenzione con organizzazioni specializzate che forniscono uno sportello sociale.

Il budget complessivo per le iniziative legate al GEP, per il prossimo triennio, è stato fissato in 13.000 euro.

Attività di ricerca individuale

COMPLESSITÀ NEI SISTEMI AUTO-GRAVITANTI E MATERIA OSCURA

Responsabile scientifico: Francesco Sylos Labini

Contenuto scientifico e obiettivi

La nostra attività di ricerca si è sviluppata su due linee principali, lo studio della formazione delle galassie e l'analisi di dati, sia della nostra Galassia che di galassie esterne, per misurare proprietà cinematiche. Le due linee sono interconnesse in quanto le osservazioni dei campi di velocità galattici sono i dati necessari per testare qualsiasi modello dinamico. L'obiettivo è quello di sviluppare un nuovo modello della distribuzione di massa nelle galassie. Il modello che stiamo sviluppando è basato sulla gravità newtoniana e richiede una minore quantità di materia oscura del caso dell'alone sferica in quanto questa si suppone essere distribuita nel disco galattico. Per ricostruire le proprietà cinematiche tridimensionali complete abbiamo sviluppato due metodi diversi, il primo per la nostra Galassia e il secondo per le galassie esterne. Per quanto riguarda la nostra Galassia, il satellite GAIA ha fornito misure precise della posizione spaziale e della velocità di oltre 30 milioni di stelle. Abbiamo analizzato i dati Gaia-DR3 e abbiamo esteso le mappe cinematiche tridimensionali a una distanza del 30% superiore a quella delle mappe ufficiali di GAIA, cioè da 20 kpc a 30 kpc. Ciò è stato possibile utilizzando un metodo statistico di deconvoluzione degli errori di misura. Per caratterizzare le proprietà cinematiche delle galassie esterne, abbiamo introdotto e sviluppato una nuova tecnica che permette di misurare le anisotropie spaziali della velocità in entrambe le componenti, ricostruendo così le mappe di velocità bidimensionali. Abbiamo impiegato questi metodi per

caratterizzare i campi di velocità delle 25 galassie in cui misure del campo di velocità ad alta risoluzione sono disponibili.

Collaborazioni nazionali e internazionali

- Martin Lòpez-Corredoira, Instituto de Astrofísica de Canarias, La Laguna, Spain
- Sébastien Còmoron, Instituto de Astrofísica de Canarias, La Laguna, Spain
- Zofia Chrobàkovà, Faculty of Mathematics, Physics, and Informatics, Comenius University, Bratislava, Slovakia
- Michael Joyce, Lab. LPNHE Université Sorbonne - Paris VI, France
- Roberto Capuzzo Dolcetta, Dipartimento di Fisica, Università di Roma ``Sapienza" , Roma, Italia

Publicazioni recenti con affiliazione CREF

- "Francesco Sylos Labini, Žofia Chrobàkovà, Roberto Capuzzo-Dolcetta, Martìn Lòpez-Corredoira ""Mass models of the Milky Way and estimation of its mass from the GAIA DR3 data-set"" The Astrophysical Journal, 945, 3, 2023
- Hai-Feng Wang, Žofia Chrobàkovà, , Martìn Lòpez-Corredoira, Francesco Sylos Labini, ""Mapping the Milky Way Disk with GAIA DR3: 3D extended kinematic maps and rotation curve to 30 kpc"" The Astrophysical Journal, 942, 12, 2023
- G. De Marzo, F. Sylos Labini and L.Pietronero "Zipf's law for cosmic structures: how large are the greatest structures in the universe?" Astron.Astrophys. 651, A114 (2021)
- F. Sylos Labini and M. Joyce "Gravitational collapse from cold uniform asymmetric initial conditions" Astron.Astrophys. 652, A8 (2021)

Ricercatori coinvolti

- Francesco Sylos Labini, Dirigente di Ricerca, CREF
- Hai-Feng Wang, Assegnista, CREF

Budget complessivo dell'attività di ricerca per il 2023: 130.000 euro (costo del personale coinvolto).

RADIO E ADRO TERAPIA

Responsabile scientifica: Michela Marafini

Contenuto scientifico e obiettivi

La radio terapia convenzionale, ad oggi capillarmente diffusa, potrebbe cambiare in modo sostanziale: è stato dimostrato che la somministrazione di una determinata dose in un lasso di tempo molto ristretto aumenta l'efficacia del trattamento, riducendo il danno ai tessuti sani e limitando l'insorgenza di effetti collaterali come tumori secondari. Questo fenomeno viene chiamato effetto Flash.

Il Progetto FlashDC - Flash Dosimeter Counter - si colloca nell'ambito della ricerca per la Scienza della Vita. In particolare, FlashDC si prefigge di sperimentare l'efficacia ed i benefici dell'applicazione di un elevato rateo di dose sulle cellule tumorali sviluppando un rivelatore innovativo per il monitoring e la caratterizzazione dei fasci di elettroni in modalità Flash basato sulla tecnica di rivelazione della fluorescenza. Ad oggi lo sviluppo di strumenti che permettono di eseguire il monitor di fasci Flash rappresenta il maggior ostacolo alla reale applicazione di questa tecnologia.

Si intende procedere con le seguenti attività:

- Misure a fasci di elettroni erogati in modalità flash di un sistema di rivelatore di monitoring ottimizzato: sulla base dei risultati ottenuti nel 2022-2023 si vuole disegnare ed implementare un sistema di beam monitor commercializzabile ed utilizzabile in ambiente clinico.
- Analisi dei dati raccolti e caratterizzazione del detector in termini di risoluzioni nella misura dei parametri di interesse. I prototipi e i rivelatori ottimizzati verranno dunque testati in laboratorio e presso fasci terapeutici al fine di verificarne il corretto funzionamento, di evidenziarne i punti di forza e di mettere in luce gli eventuali elementi critici.
- Valutazione tramite lo sviluppo di una simulazione Monte Carlo delle caratteristiche del detector in via di sviluppo, valutazione del segnale e dei fondi attesi.

Collaborazioni nazionali e internazionali

- SIT Sordina - Aprilia (LT), Italia
- Istituto Curie - Paris, France
- CNAO - Pavia, Italia

- GSI – Darmstadt, Germania
- APPS – Trento, Italia
- FBK – Trento, Italia
- Dipartimento SBAI - Università di Roma, La Sapienza.
- Istituto Nucleare di Fisica Nucleare (INFN)

Pubblicazioni recenti con affiliazione CREF

- G.Franciosini et al. “GPU-accelerated Monte Carlo simulation of electron and photon interactions for radiotherapy applications” *Physics in Medicine and Biology* (2023) 68(4),044001 Open Access doi: 10.1088/1361-6560/aca1f2
- G.Cartechi et al. “Loading the tumor with ^{31}P , ^{63}Cu and ^{89}Y provides an in vivo prompt gamma-based range verification for therapeutic protons” *Frontiers in Physics* (2023) 11,1071981 Open Access doi: 10.3389/fphy.2023.1071981
- A.Kraan et al. “Calibration and performance assessment of the TOF-Wall detector of the FOOT experiment” *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment* (2023) 1045,167615 doi: 10.1016/j.nima.2022.167615
- M. Toppi et al. “Elemental fragmentation cross sections for a 160 beam of 400 MeV/u kinetic energy interacting with a graphite target using the FOOT E-TOF detectors”. In: *Frontiers in Physics* 10 (2022) Open Access doi: 10.3389/fphy.2022.979229.
- Trigilio et al. “The FlashDC project: Development of a beam monitor for FLASH radiotherapy”. In: *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment* 1041 (2022). doi: 10.1016/j.nima.2022.167334.
- M. Moglioni et al. “In-vivo range verification analysis with in-beam PET data for patients treated with proton therapy at CNAO”. In: *Frontiers in Oncology* (2022) 12,929949 Open Access doi: 10.3389/fonc.2022.929949.
- M. De Simoni et al. “A Data-Driven Fragmentation Model for Carbon Therapy GPU-Accelerated Monte- Carlo Dose Recalculation”. In: *Frontiers in Oncology* 12 (2022) Open Access doi: 10.3389/fonc.2022.780784.
- A.Kraan et al. “Localization of anatomical changes in patients during proton therapy with in-beam PET monitoring: A voxel-based morphometry approach exploiting Monte Carlo simulations” *Medical Physics* (2022) 49(1), pp. 23-40 Open Access doi: 10.1002/mp.15336

Fonti esterne di finanziamento

Il Progetto è stato finanziato dalla Regione Lazio tramite il progetto FlashDC RSI2020. Il finanziamento totale del progetto ammonta a 149,667euro, la parte di finanziamento relativo al CREF ammonta a 81,118 euro mentre la parte relativa al dipartimento SBAI è di 68,558 euro. La durata del progetto è di 30 mesi con inizio ad aprile 2021.

Ricercatori coinvolti

- Michela Marafini, Ricercatrice CREF
- Ricercatori CREF: Marco Garbini
- Ricercatori INFN: Giacomo Traini
- Prof. Sapienza: Vincenzo Patera, Alessio Sarti, Adalberto Sciubba, Marco Toppi, Angelo Schiavi
- Dottorandi, Assegnisti esterni: Antonio Trigilio, Angelica De Gregorio, Gaia Franciosini,
- Borsista (5 mesi, CREF): Annalisa Muscato

Budget complessivo dell'attività di ricerca per il 2023: 80.000 euro (costo del personale coinvolto).

PROBLEMI APERTI IN MECCANICA QUANTISTICA

Responsabile scientifico: Kristian Piscicchia

Contenuto scientifico e obiettivi

Lo scopo del Progetto PAMQ è di effettuare test di grande sensibilità di:

1) Principio di Esclusione di Pauli (PEP)

2) modelli di collasso della funzione d'onda,

e di investigare le loro conseguenze in svariati settori della scienza e della tecnologia.

1) L'esperimento VIP-2 consiste in due branche di ricerca complementari ed intrecciate, ognuna caratterizzata da un insieme di esperimenti dedicati, che vengono effettuati nell'ambiente di bassissimo rumore dei Laboratori Nazionali del Gran Sasso (INFN):

1.1) VIP-2 Sistemi Aperti - è il test sperimentale più sensibile del PEP per gli elettroni, nel contesto di Teorie di Campo modificate (come la Quon Theory), che prevedono violazione di PEP. Questi modelli sono soggetti alla regola di superselezione di Messiah-Greenberg (MG), che vieta transizioni fra due diversi stati di simmetria, e possono quindi essere testati esclusivamente tramite Sistemi Aperti. Questa condizione è realizzata introducendo elettroni nuovi in un sistema di elettroni preesistente e testando lo stato di simmetria risultante. Due upgrade dell'esperimento sono attualmente in corso, con lo scopo di effettuare uno scan della probabilità di violazione di PEP su tutta la tavola periodica.

1.2) VIP-2 Sistemi Chiusi - modelli effettivi di Gravità Quantistica (QG) prevedono la violazione di PEP alla scala di non-commutatività degli operatori spazio-temporali. Questi modelli violano MG e possono essere testati con sistemi chiusi. I nostri esperimenti stanno ponendo i limiti più forti sui modelli di QG, indirizzando la futura ricerca teorica.

2) I modelli di collasso dinamico spiegano il collasso della funzione d'onda in meccanica quantistica. Di particolare interesse il collasso indotto dalla gravità, che potrebbe riconciliare meccanica quantistica e relatività generale. Le nostre analisi, dopo aver falsificato la versione più semplice del modello, stanno conducendo allo sviluppo di modelli più generali, ed allo studio delle loro conseguenze.

Collaborazioni nazionali e internazionali

- SMI (AT)
- King's College London (GB)
- LNF (INFN) (IT)
- IAS Princeton (US)
- Oxford University (GB)
- Fudan University (CN)
- Sichuan University (CN)
- Univ. Trieste (IT)
- Univ. Vienna (AT)
- Politecnico di Milano (IT)
- Fondazione Bruno Kessler (IT)
- Eotvos University (HU)
- IFIN-HH (RO)

Pubblicazioni recenti con affiliazione CREF

- S. Donadi, K. Piscicchia et al., Underground test of gravity-related wave function collapse, Nature Phys. 17 (2021) 1, 74-78
- K. Piscicchia et al., Strongest Atomic Physics Bounds on Noncommutative Quantum Gravity Models, Phys.Rev.Lett. 129 (2022) 13, 131301

- K. Piscicchia et al., Experimental test of noncommutative quantum gravity by VIP-2 Lead, Phys.Rev.D 107 (2023) 2, 026002
- S. Donadi, K. Piscicchia et al., Novel CSL bounds from the noise-induced radiation emission from atoms, Eur.Phys.J.C 81 (2021) 8, 773
- K. Piscicchia et al., Search for a remnant violation of the Pauli exclusion principle in a Roman lead target, Eur.Phys.J.C 80 (2020) 6, 508
- K. Piscicchia et al., A Novel Approach to Parameter Determination of the Continuous Spontaneous Localization Collapse Model, Entropy 25 (2023) 2, 295
- F. Napolitano et al., Testing the Pauli Exclusion Principle with the VIP-2 Experiment, Symmetry 14 (2022) 5, 893
- F. Napolitano et al., Underground Tests of Quantum Mechanics by the VIP Collaboration at Gran Sasso, Symmetry 15 (2023) 2, 480
- E. Milotti et al., Semi-Analytical Monte Carlo Method to Simulate the Signal of the VIP-2 Experiment, Symmetry 13 (2020) 1, 6
- K. Piscicchia et al., VIP-2 - High-Sensitivity Tests on the Pauli Exclusion Principle for Electrons, Entropy 22 (2020) 11, 1195

Fonti esterne di finanziamento

- Progetto QUBO - Exploring the QUantum Boundaries of many-body systems – an Odyssey into the gravity related collapse models.
Durata del Progetto. Inizio: 01/10/2021, fine: 30/06/2024.
Il progetto QUBO è stato finanziato dalla John Templeton Foundation (JTF) per un totale spettante al CREF di: 86558 Dollari Americani
Istituzione finanziatrice: John Templeton Foundation
Call: John Templeton Foundation
Numero di Contratto: Grant ID 62099
- Progetto MITIQO – Monitoraggio in situ di Tossicità, Indicazione geografica e Qualità di Olio d’oliva, vino e altri liquidi edibili.
Durata del Progetto: 24 mesi a partire dal 22/07/2021.
Il progetto MITIQO è stato finanziato dalla Regione Lazio per un totale spettante al CREF di: 19452,91 Euro
Istituzione finanziatrice: Regione Lazio
Avviso Pubblico “Gruppi di ricerca 2020” - POR FESR Lazio 2014-2020 - Azione 1.2.1 - approvato con Determinazione n. G08487 del 19/07/2020- pubblicato sul BURL N.93 del 23/07/2020 - modificato con Determinazione n. G10624/2020- pubblicato sul BURL n. 116 del 22/09/2020.
Numero di Contratto: A0375-2020-36647

Ricercatori coinvolti

- Kristian Piscicchia, Ricercatore, CREF
- Alessio Porcelli, Assegnista, CREF
- Diana Laura Sirghi, Assegnista, CREF

Budget complessivo dell'attività di ricerca per il 2023: 100.000 euro (costo del personale coinvolto).

IL REGIO ISTITUTO DI FISICA A VIA PANISPERNA TRA STORIA E RICERCA. PROTAGONISTI, METODI, SCOPERTE, STRUMENTI SCIENTIFICI

Responsabile scientifica: Miriam Focaccia

Contenuto scientifico e obiettivi

Il progetto, pensato nel contesto della rinnovata sede storica del Museo Storico della Fisica e Centro Studi e Ricerche 'Enrico Fermi' (CREF), intende ripercorrere la storia del Regio Istituto di Fisica nel periodo in cui la sede fu in via Panisperna, conservando e diffondendo la memoria dei suoi protagonisti e delle ricerche che qui vennero portate avanti, in un periodo in cui la fisica italiana fu protagonista della scena internazionale.

Proseguendo il lavoro iniziato con lo studio della biografia scientifica del fondatore e primo direttore del Regio Istituto di Fisica, Pietro Blaserna (1836-1918), si è approfondita la figura e l'opera del suo successore, il fisico Orso Mario Corbino (1876-1937), ponendo speciale attenzione ad alcuni eventi particolarmente significativi legati alla direzione di Corbino, sia a livello istituzionale e organizzativo, con specifico riferimento ai rapporti con Enrico Fermi e il suo gruppo di collaboratori; sia a livello di comunicazione e alta diffusione della cultura scientifica, e in particolare della Fisica.

Inoltre, in un contesto di studi di genere, si stanno studiando ed evidenziando, da un lato, l'opera e le figure di alcune scienziate che lavorarono al Regio Istituto di Fisica nel periodo preso in esame: tra queste, Matilde Marchesini e Margarethe Traube, Evangelina Bottero e Carolina Magistrelli, Nella Mortara, sino a Laura Capon e Ginestra Giovene.

Dall'altro, le collaborazioni di Enrico Fermi con scienziate donne nel periodo americano (1939-1954). Tra i nomi presi in esami: Joan Hinton, che collaborò con Fermi in occasione del Progetto Manhattan; Leona Woods, presso l'Università di Chicago e altri laboratori; Maria Goeppert-Mayer, Premio Nobel nel 1963, con la quale condivise ricerche e scambi proficui di idee.

Le ricerche comprendono scambi epistolari, pubblicazioni scientifiche, materiali archivistici editi e inediti.

Collaborazioni nazionali e internazionali

- Giovanni Paoloni, Sapienza Università di Roma
- Sandra Linguerrri, Alma Mater Studiorum-Università di Bologna
- Giovanni Battimelli, Sapienza Università di Roma
- Adele La Rana, Università di Macerata, INFN-sezione di Roma
- Lia Pancheri, INFN-Laboratori Nazionali di Frascati
- Accademia delle Scienze dell'Istituto di Bologna
- Società Italiana di Fisica
- Società Italiana degli Storici della Fisica e dell'Astronomia
- Società Italiana di Storia della Scienza

Pubblicazioni recenti con affiliazione CREF

- M. FOCACCIA, (a cura di) Orso Mario Corbino. Un manager della ricerca all'Istituto fisico di Roma, Bologna, SIF, 2022.
- M. FOCACCIA, Not Just Boys at Via Panisperna: Women at the Royal Physics Institute in Rome, *Physics in Perspective*, 24, issue 2-3, 2022, pp. 154-177.
- M. FOCACCIA, Review: E. Amaldi. Da via Panisperna all'America. I fisici italiani e la Seconda Guerra Mondiale, a cura di G. Battimelli, M. De Maria, A. La Rana, Ed Riuniti, 2022, in *Il Nuovo Saggiatore*, vol. 38, n. 5-6, 2022.
- M. FOCACCIA, Tra politica e medicina: il no di Bartolo Nigrisoli, *Rivista di Storia dell'Università di Torino*, X/2, 2021, pp. 2-11.

- M. FOCACCIA, L. Cifarelli, Laura Bassi. Emblem and primacy of Settecento science, Physics News. Bulletin of the Indian Physics Association, 51/3, 2021, pp. 43-45.
- M. FOCACCIA, The 'practical school' of Physics at via Panisperna: from the lecture theatre to the laboratory, "Physis", 55, 2020, pp. 400-414.
- M. FOCACCIA, Pietro Blaserna and the Birth of the Institute of Physics in Rome -A Gentleman Scientist at Via Panisperna, Springer Biographies-SIF, 2019.

Ricercatori coinvolti

- Miriam Focaccia

Budget complessivo dell'attività di ricerca per il 2023: 50.000 euro (costo del personale coinvolto).

SULLE ORME DEI RAGAZZI DI VIA PANISPERNA: TRA RICERCA SCIENTIFICA E IMPEGNO CIVILE

Responsabili scientifici: Nadia Robotti e Francesco Guerra

Contenuto scientifico e obiettivi

Il progetto rappresenta una continuazione, con alcuni notevoli sviluppi, dell'attività di ricerca svolta negli anni precedenti. In particolare, intendiamo analizzare il complesso di attività, svolto a livello internazionale, e i suoi riflessi in Italia, che costituisce i primordi della scoperta degli effetti dei neutroni lenti, quali le importantissime ricerche di Lea del 1933 sulla cattura radiativa del neutrone sul protone e i susseguenti risultati ottenuti da Chadwick e Goldhaber sul fenomeno inverso, la fotodisintegrazione del deutone.

Inoltre, intendiamo continuare l'investigazione delle traiettorie scientifiche e accademiche di alcuni dei personaggi "minori" di Via Panisperna. Un case-study è costituito da Gian Carlo Wick, di cui ora è possibile ricostruire le modalità di inserimento nello staff di Via Panisperna nel 1931, in apparenza "contro" Ettore Majorana, e le sofferte modalità di chiamata a Palermo

dopo il concorso nazionale vinto nel 1937. L'archivio Segrè di Berkeley fornisce molte informazioni sull'azione di Segrè, nel rendere valida la chiamata a Palermo di Wick, e l'azione di Fermi nel rendere possibile la chiamata alternativa a Padova. La situazione era ingarbugliata a causa del possibile interesse di Majorana, allora in servizio a Napoli, a essere chiamato a Palermo. Un altro case-study, basato sui nuovi documenti dei servizi segreti inglesi, riguarda la mancata partecipazione di Franco Rasetti al progetto militare Tube Alloys organizzato dagli Inglesi in Canada in parallelo e in collaborazione col Progetto Manhattan. È prevista la prosecuzione delle ricerche su Aldo Pontremoli con riferimento al suo coinvolgimento nella spedizione polare del dirigibile "Italia" e alla sua attività scientifica presso l'Istituto di Fisica di Roma. Un'attenzione particolare, infine, sarà rivolta all'attività scientifica di Marie Curie, ai suoi tre viaggi in Italia tra 1911 e 1931 e all'influenza che essa ebbe nello sviluppo delle ricerche di fisica nucleare a Roma.

Collaborazioni nazionali e internazionali

- Dipartimento di Fisica, Università di Genova
- Dipartimento di Fisica, Sapienza Università di Roma
- Dipartimento di Filosofia e Scienze dell'educazione, Università di Torino
- Dipartimento di Informatica, Università di Verona
- Deputazione di Storia Patria per le Province Parmensi

Publicazioni recenti con affiliazione CREF

- F. Guerra, N. Robotti, "The evolution of nuclear physics: from the discovery of radioactivity to fission and beyond", capitolo del volume Cambridge History of the Nuclear Age, opera collettiva, in pubblicazione.(Cambridge University Press), 2023
- F.Guerra, N.Robotti, "Tecniche sperimentali all'Istituto di Fisica dell'Università di Pisa al tempo della laurea di Enrico Fermi", Quaderni di Storia della Fisica, 28, 39-60 (2022)
- N. Robotti, "The discovery of the electron: J-J-Thomson 1897", Il Nuovo Saggiatore, 38 (2022), 9-24
- N. Robotti, "With a source so small to fit in one hand: Fermi and the discovery of neutron-induced radioactivity", in Società italiana degli storici della fisica e dell'astronomia: Atti del XLI Convegno annuale (Arezzo, 6-9 settembre 2021), Pisa University Press, Pisa 2022, p. 174
- M. Leone, "History of physics for physics education: challenges, opportunities and research directions", in Società italiana degli storici della fisica e dell'astronomia: Atti del XLI Convegno annuale (Arezzo, 6-9 settembre 2021), Pisa University Press, Pisa 2022, pp. 253-262

Ricercatori coinvolti

- Nadia Robotti (Dipartimento di Fisica, Università di Genova)
- Francesco Guerra (Dipartimento di Fisica, Sapienza Università di Roma)
- Matteo Leone (Dipartimento di Filosofia e Scienze dell'educazione, Università di Torino)
- Francesca Monti (Dipartimento di Informatica, Università di Verona)
- Emanuela Colombi (Deputazione di Storia Patria per le Province Parmensi)

Budget complessivo dell'attività di ricerca per il 2023: 2.000 euro

CAMBIAMENTO CLIMATICO: INTELLIGENZA ARTIFICIALE, RETI COMPLESSE E METODI STOCASTICI PER LA MISURA DELL'IMPATTO

Responsabili scientifici: Andrea Gabrielli e Fabrizio Coccetti

Contenuto scientifico e obiettivi

Questo nuovo progetto intende utilizzare i moderni metodi delle reti complesse e dell'intelligenza artificiale per lo studio e l'analisi delle serie temporali connesse ai problemi dell'evoluzione del clima e del loro impatto naturale e sociale.

Negli ultimi anni il servizio Copernicus Climate Change Service (C3S) della Commissione Europea ha raccolto e ricostruito diverse collezioni di dati riguardanti l'evoluzione climatica su un range molto ampio di scale spazio-temporali.

L'attività scientifica del CREF, portata avanti in collaborazione con ricercatori del servizio C3S e con partner di altre istituzioni scientifiche, si propone di sviluppare un approccio innovativo all'analisi multiscala di tali dati, attraverso l'utilizzo sinergico dei metodi moderni di filtraggio, di estrazione, classificazione e rappresentazione del segnale basati sulla teoria dei processi stocastici, delle reti complesse e neurali. Nel corso del primo anno ci concentreremo sulla

raccolta e analisi dei dati con particolare attenzione alle correlazioni tra serie temporali e ai problemi di overfitting. Negli anni successivi sulla costruzione di scenari, utilizzando metodi di teoria delle reti complesse e di intelligenza artificiale, ci concentreremo su scenari di impatto sia a livello naturale che sociale.

L'analisi così prodotta delle serie temporali delle singole osservabili e delle dipendenze e correlazioni tra osservabili diverse sarà la base per costruire scenari di evoluzione ed impatto su scala locale e mesoscopica.

Collaborazioni nazionali e internazionali

- Copernicus Climate Change Service (C3S)
- European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF)
- SONY CSL Parigi e Roma

Publicazioni recenti con affiliazione CREF

- Pablo Villegas, Tommaso Gili, Guido Caldarelli, and Andrea Gabrielli, "Laplacian renormalization group for heterogeneous networks", *Nature Physics* volume 19, pages 445–450 (2023)
- Pablo Villegas, Andrea Gabrielli, Francesca Santucci, Guido Caldarelli, and Tommaso Gili, "Laplacian paths in complex networks: Information core emerges from entropic transitions", *Phys. Rev. Research* 4, 033196 (2022)
- Miguel Ibáñez-Berganza, Carlo Lucibello, Francesca Santucci, Tommaso Gili, Andrea Gabrielli, "Noise-cleaning the precision matrix of fMRI time series", <https://arxiv.org/abs/2302.02951>

Ricercatori coinvolti

- Andrea Gabrielli, Direttore Scientifico del CREF e Professore Associato, Roma Tre
- Fabrizio Coccetti, Dirigente Tecnologo, CREF
- Vittorio Loreto, Professore Ordinario, La Sapienza e SONY CSL
- Tiziana Di Matteo, Full Professor, King's College, London
- Pablo Villegas, Assegnista, CREF
- Diego Garlaschelli, Professore Associato, IMT - Alti Studi Lucca
- Giulio Cimini, Professore Associato, Tor Vergata

Budget complessivo dell'attività di ricerca per il 2023: 40.000 euro (Costo del personale coinvolto)