

Studio di Reperti Archeologici Mediante micro-Spettrometro all-in-one per Raggi X - μ SpeX -

Dariush Hampai

CSN Gruppo V

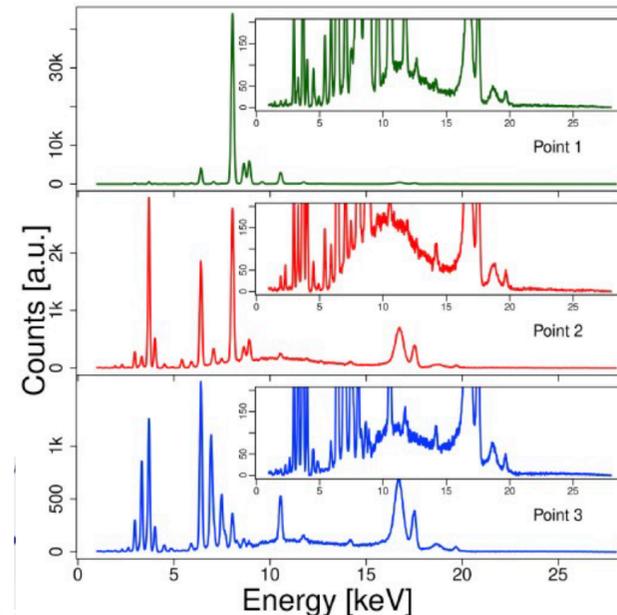
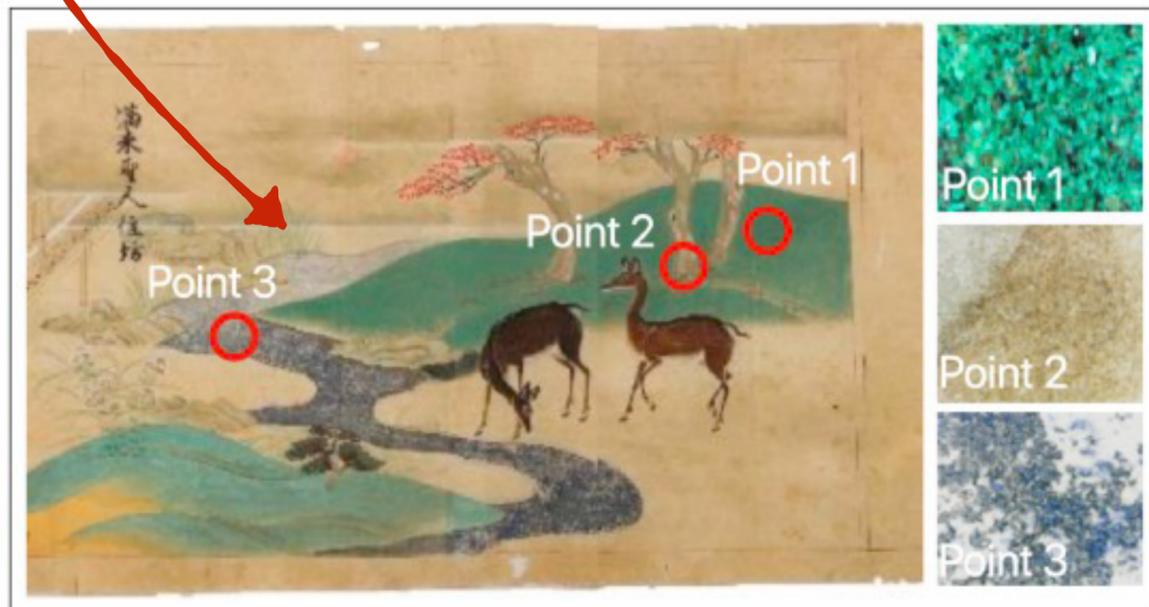
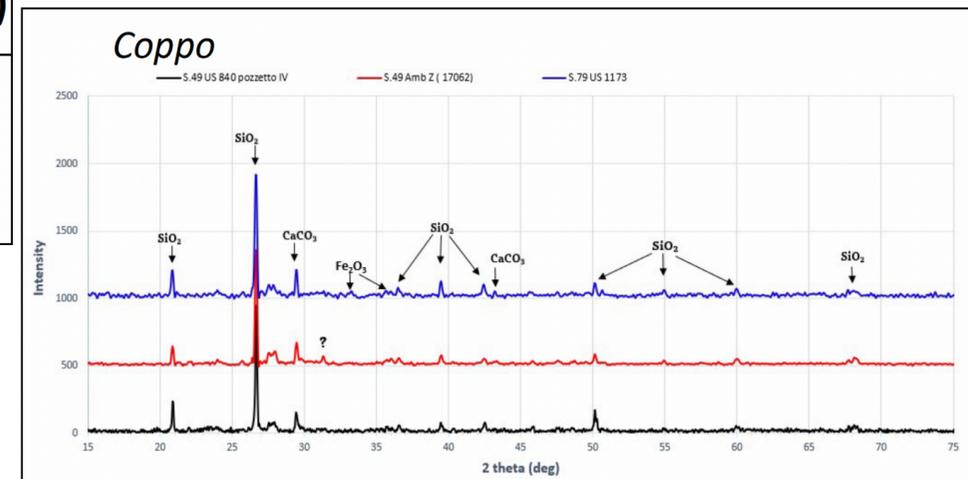
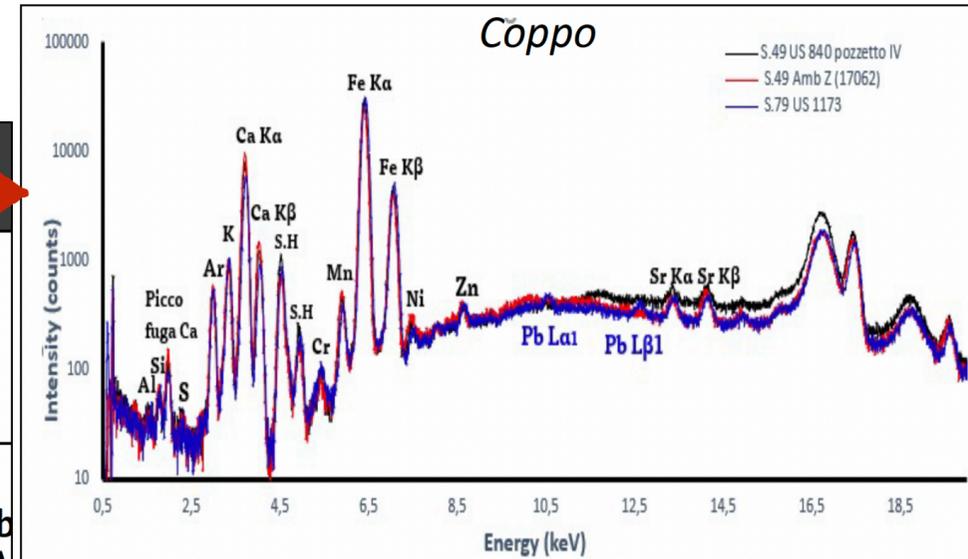
Frascati - 6 Luglio 2023

Parallelamente ad altri progetti che hanno coinvolto e coinvolgono tutt'ora il gruppo XlabF ma non sono attinenti alle applicazioni di ottiche policapillari (quali progetto CERN/gruppo 1 UA9, progetto gruppo 1 gminus2 presso FNAL, progetto gruppo 1 pmu2e presso FNAL, progetto gruppo 2 LiteBird), di particolare importanza ed attinenza con il progetto uSpeX sono stati i seguenti progetti:

- **Progetto gruppo V - microX.** Seguendo del progetto di gruppo V INFN PolyX, microX si è occupato dello studio di ottiche policapillari e possibili applicazioni in ambito spettroscopico. In questo periodo abbiamo realizzato anche un sistema per micro-fluorescenza X basato su ottiche policapillari (RXR), con possibilità di fare mapping 2D e 3D in sistema confocale. Presentato nel 2013, lo strumento ha lavorato in diversi ambiti di ricerca, tra i quali beni culturali, geologici, studio degli inquinanti in archivi naturali, materiali innovativi (avionica, aerospaziale, elettronica) e farmacologici.
- **Fondi Premiali - Volume Photography.** Il progetto prevedeva analisi topografiche ad elevata risoluzione in materiali innovativi. Durante il progetto, l'XlabF ha realizzato uno strumento tomografico (CTS), presentato all'inizio del 2023, anche su pagina web news LNF-INFN.
- **Progetto gruppo V INFN - Resolve.** Il progetto, con reso. nazionale il dr. Federico Picollo (INFN-TO) prevedeva la realizzazione di uno strumento per spettroscopia ed imaging della facility presente nella sezione di Torino. L'XlabF ha realizzato per il progetto 2 ottiche policapillari per l'ottimizzazione della sorgente ad anodo liquido.
- **Progetto CERN - ATTRACT_Sphinx.** Il progetto prevede lo studio oleografico mediante radiazione X. L'XlabF si è occupato della realizzazione delle ottiche policapillari per l'ottimizzazione della sorgente.

XlabF ha sempre avuto collaborazioni con ricercatori nell'ambito dei Beni Culturali

- **Università Tor Vergata:**
 - studio dei pigmenti per il restauro dei libri (3 tesi di Laurea Magistrale - diversi articoli su rivista)
 - studio dei materiali cartacei (2 tesi di Laurea Magistrale - diversi articoli su rivista)
- **Università di Roma Sapienza:**
 - studio preliminare dei campioni provenienti da Peltuinum (1 borsa di collaborazione - articolo in preparazione)
- **Museo Nazionale Preistorico Etnografico Luigi Pigorini:** selci lavorate di periodo neolitico (1 articolo su rivista)
- **Commissione CHNet:** sviluppo di un strumento per μ XRF e fornitura 2 lenti policapillari (1 Dottorato)



@XLabF1



- Sigla: μ Spex
- Durata proposta: 3 anni
- Area di ricerca: Fisica interdisciplinare
- Responsabile nazionale: Dr. Dariush Hampai
- Unità partecipanti: INFN-LNF
- Enti esterni: Museo Civico Etrusco-Romano di Trevignano, Fondazione "la Sapienza", Soc. Coop. Matrix s.r.l., NC Technologies s.r.l.

- Il progetto μ Spex è finalizzato allo studio, catalogazione e comprensione dei manufatti archeologici provenienti da aree di scavo:
 - mediante strumentazione già presente in XlabF (XRD e RXR)
 - lo sviluppo di di un sistema da banco innovativo "all-in-one" in grado di effettuare simultaneamente analisi di micro-diffrattometria (μ -XRD) e di micro-fluorescenza di raggi X (μ -XRF).



Peltuinum

Lo studio verterà su campioni stratigrafici. La cronologia dei contesti di scavo in cui sono stati rilevati effetti sismici è stata documentata dai dati stratigrafici, ma le analisi dei materiali possono confermare e precisare l'identificazione dei terremoti storici, con una positiva ricaduta ai fini delle ipotesi sulla scansione temporale sismica in area appenninica centro-meridionale



Museo Civico di Trevignano

Lo studio delle fibre tessili, riguardo la tipologia del materiale e la pigmentazione presente consentirà, mediante ricostruzione degli abbigliamento, lo studio dei gruppi sociali rinvenuti nelle necropoli, permettendo una maggiore comprensione delle comunità etrusche del lacus sabatinus.

- Trevignano Romano probabilmente fu il sito della città etrusca di Sabate, di cui però è stata trovata solo un'estesa necropoli. Il Museo accoglie i reperti da 3 distinte sepolture riferiti a inumati di alto rango: materiale vascolare, manufatti in oro, argento, ferro e bronzo.
- sono degni di nota i materiali tessili presenti sia cristallizzati sia in traccia su fibbie, fibule e coltelli di ornamento.

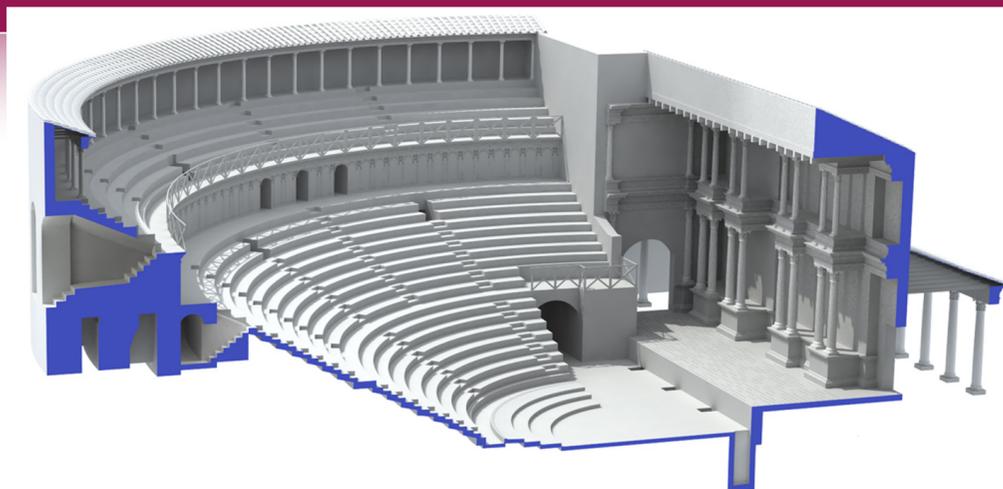


Allo stato attuale non esistono analisi di tipo chimico e/o cristallografico e in tal senso, la responsabile del Museo ha aderito al bando MIC n 145 del 30/3/2023 con un progetto sulla ricostruzione dei tessili delle comunità etrusche del lacus sabatinus abbinato proprio ad attività di archeologia sperimentale. Le attività di XlabF condotte durante il progetto μ SpeX costituiranno uno strumento strategico per il completamento di tali analisi.



@XLabF1

Antico centro tra Prata d'Ansidonia e San Pio delle Camere, comprende i resti della città romana, situata su un altopiano che si eleva all'interno di una conca di origine lacustre, fondata alla metà del I sec. a.C. su un pianoro attraversato dal tratturo per la gestione e il controllo dei proventi della transumanza e delle falde acquifere.

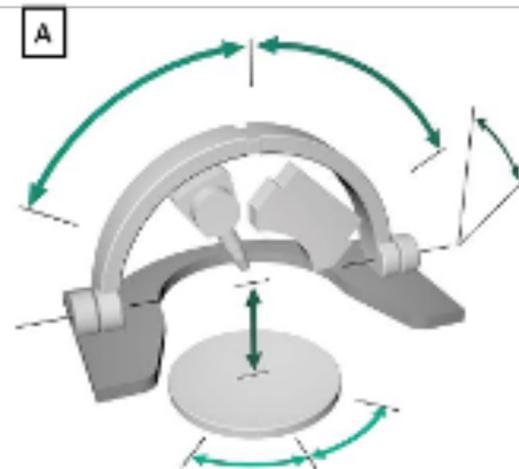


Commissione Scientifica Nazionale 5 (CSNS)



- studio cristallografico ed elementale di materiali tipici dello scavo di Peltuinum (coppi utilizzati per la copertura degli edifici, intonaci, materiali calcarei e frammenti di terra prelevati dalle fosse di spoliazione degli edifici). Le informazioni ottenute, unite alle conoscenze di matrice storico-archeologico e geologico, permetteranno il riconoscimento e la ricostruzione temporale dei materiali recuperati.
- studio verterà su campioni stratigrafici. La cronologia dei contesti di scavo in cui sono stati rilevati effetti sismici è stata documentata dai dati stratigrafici, ma le analisi dei materiali possono confermare e precisare l'identificazione dei terremoti storici, con una positiva ricaduta ai fini delle ipotesi sulla scansione temporale sismica in area appenninica centro-meridionale

- **Prima Fase: utilizzo in parte della strumentazione già presente in XlabF**
 - Tubi a raggi X: Oxford Apogee 5000 ed Unisantis Scorpion 3.0
 - Rivelatore: scintillatore allo NaI; spettrometro XRF di XGLab; Telecamera Photonic Science.
 - Elettronica di controllo: C-RIO National Instruments per la gestione dei motori
- **Seconda Fase:**
 - Acquisto Strumentazione mancante
 - Sviluppo software basato su LabVIEW
 - Test in laboratorio
 - Validazione in situ
 - Analisi e Catalogazione dei reperti @Peltuinum / Museo Civico Etrusco di Trevignano
- **Terza Fase: Trasferimento Tecnologico**



μSpeX – micro Spettrometro X		
Caratteristiche	μXRD	μXRF
Anodo	Cu	Cu
Spot focale (μm)	100	100
HV (kV)	50	50
Corrente (mA)	1	1
Range 2theta (°)	1 - 130	1 - 130
Step 2theta (°)	0.01	0.01

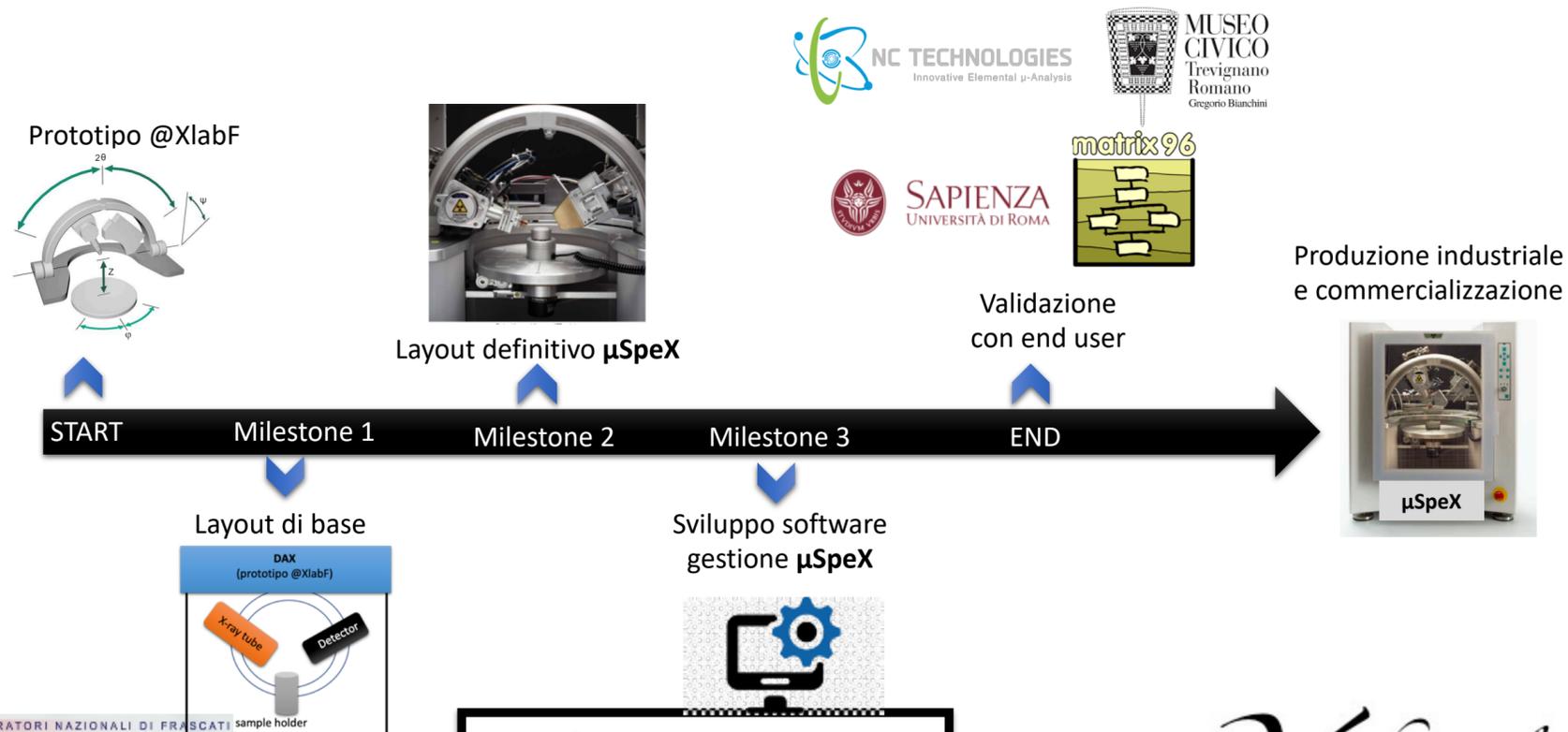
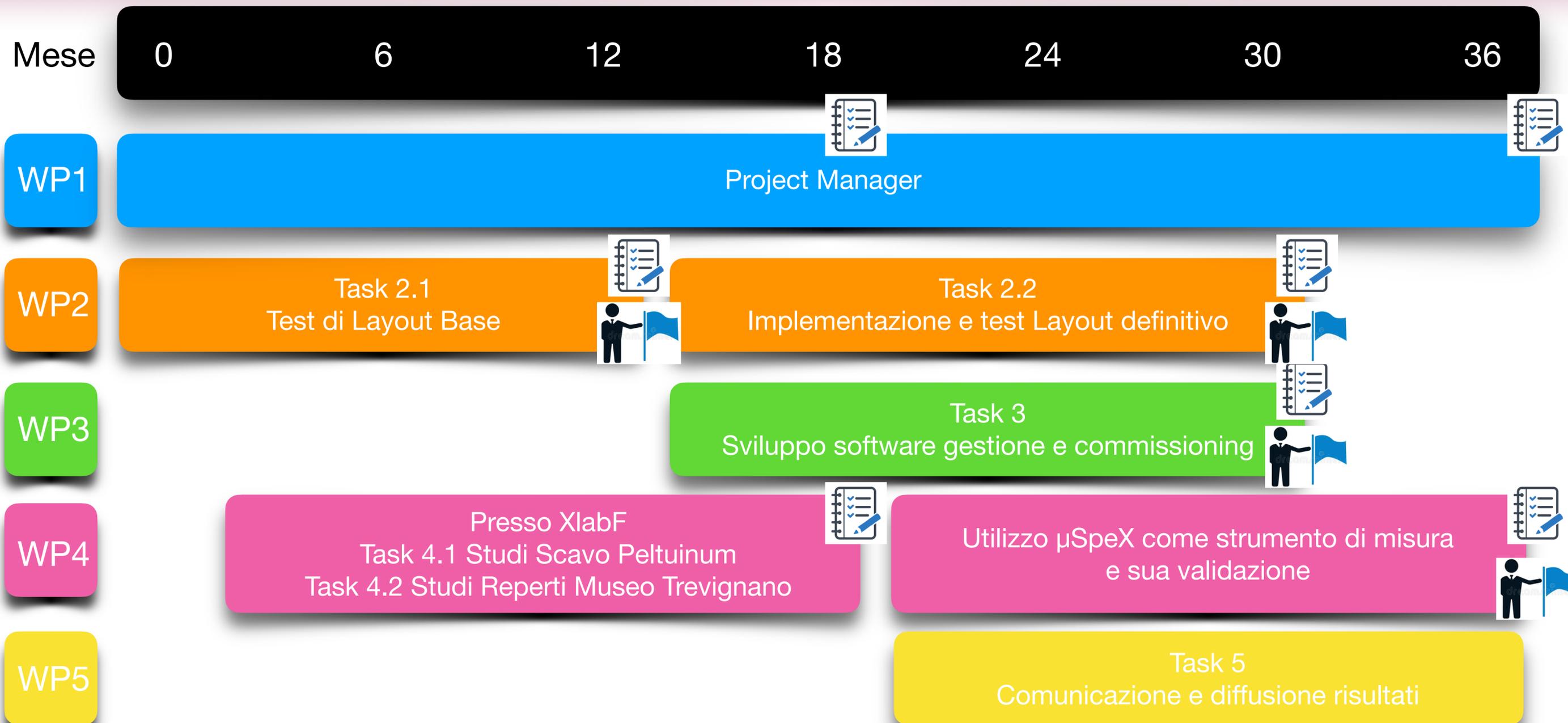


Diagramma di GANTT - Divisioni dei WP

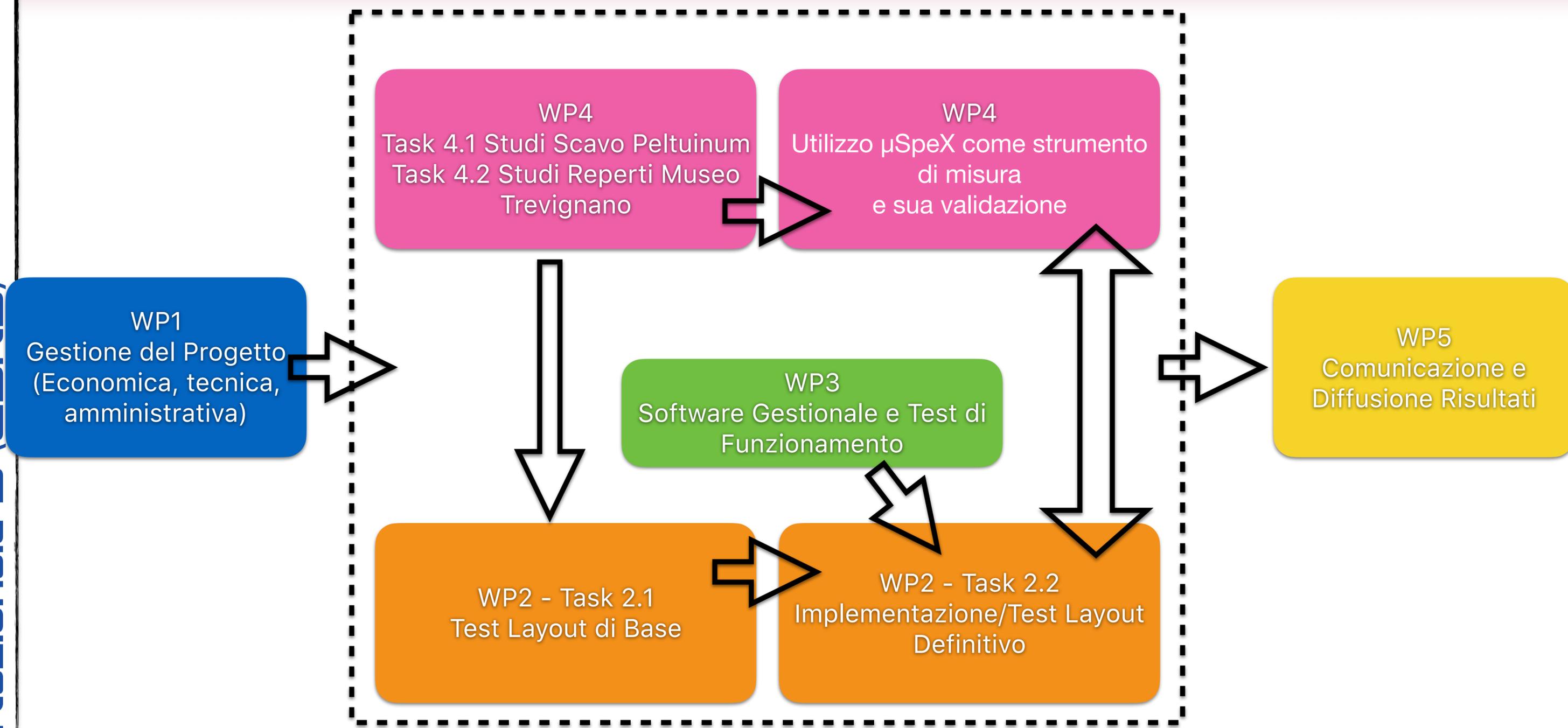


Deliverab

Milesto

Diagramma di PERT

Commissione Scientifica Nazionale 5 (CSNS5)



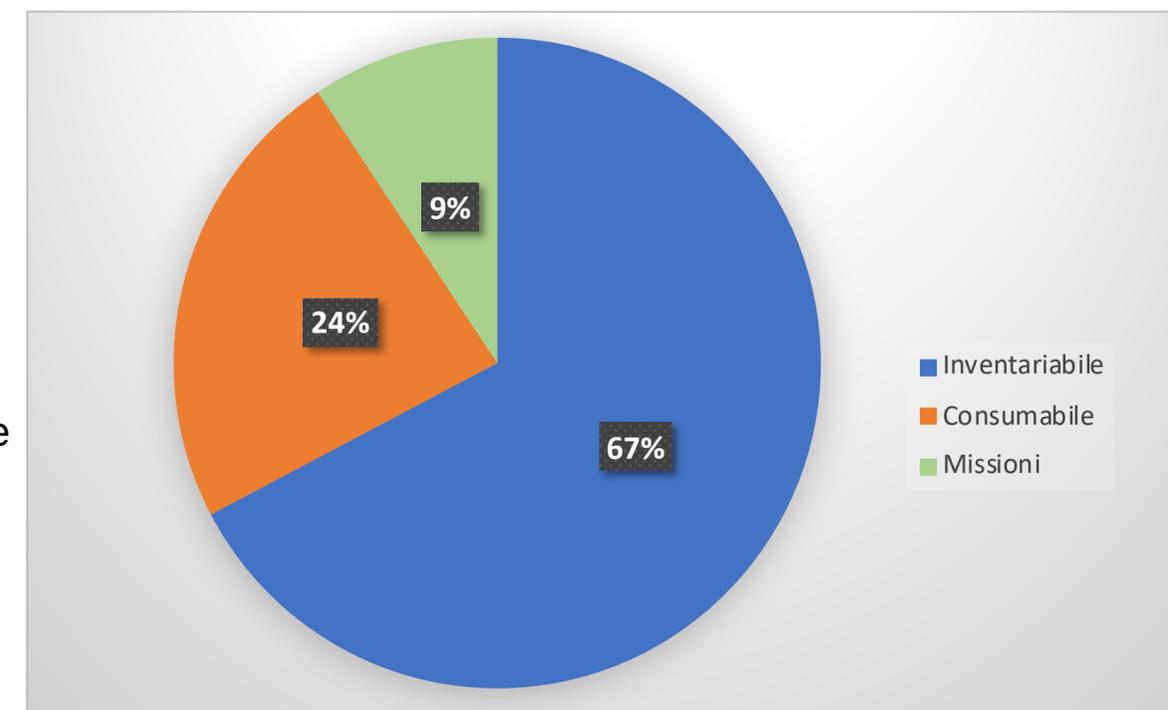
- **WP1- Gestione del progetto (M1-M12)**
 - **Obiettivo:** gestione di tutte le attività che riguardano la conduzione del progetto (tecnico e gestionale)
 - **Responsabile: D. Hampai**
 - **Descrizione delle attività previste:** monitorare lo sviluppo del progetto dal punto di vista tecnico, economico e amministrativo, garantendo lo svolgimento delle attività entro i tempi stabiliti, valutando e approvando eventuali modifiche al piano di attività preventivato.
- **WP2- Sviluppo del prototipo μ SpeX (M1- M12)**
 - **Obiettivo:** sviluppo del prototipo attualmente presente presso XlabF
 - **Responsabile: D. Hampai**
 - **Task 2.1: Test di layout di base**
 - Le attività prevedono l'utilizzo della configurazione esistente del prototipo su cui vengono implementati il tubo a raggi X e il rivelatore per fluorescenza X in possesso presso XlabF, per poi condurre test di funzionamento della configurazione identificata come "layout base" mediante raccolta di pattern di diffrazione su campioni standard perì calibrazione del goniometro.
 - **Milestones: M12**
 - **Deliverables: D2.1 – Test di layout base (M12)**
- **WP4- Studio dei reperti Archeologici (M3 – M12)**
 - **Obiettivo:** le attività di questo WP saranno volte alla possibilità di utilizzare le micro-spettroscopie X per la caratterizzazione dei materiali edilizi provenienti dallo scavo di Peltuinum/altre aree di scavo e dai reperti tessili del Museo Civico di Trevignano.
 - **Responsabile: V. Guglielmotti**

Categoria Costi	Unità	Totale (k€)
Missioni	INFN-LNF	10
Consumabile	INFN-LNF	25
Inventariabile	INFN-LNF	72
Totale (k€)		107

Categoria Costi	2024	2025	2026
Missioni (K€)	3	3	4
Consumabile (K€)			
Componenti Optomeccanici	2	2	2
Tubo raggi X	0	15	0
Schermi di Radioprotezione	2	2	0
Inventariabile (K€)			
Rivelatore TimePlx 2D per XRD	0	50	0
Rivelatore SDD per XRF	15	0	0
Controller NI	3	0	0
Controller E1B	4	0	0
Totale (k€)	29	72	6

Personale	Profilo	Unità	FTE/anno
Sultan Dabagov	Dirigente di Ricerca	INFN-LNF	0.4
Dariusz Hampai	Primo Tecnologo	INFN-LNF	0.5
	Coordinatore Naz.		
Valeria Guglielmotti	Assegnista	INFN-LNF	0.5
Giancarlo della Ventura	Associato	INFN-LNF	0.2
Totale FTE/anno			1.6

- **MISSIONI:** Le voci di missione sono suddivise tenendo presente lo sviluppo del progetto, ovvero: nei primi due anni tali costi sono relativi alla raccolta dati presso le due aree di analisi, ossia Museo Civico di Trevignano e Peltuinum. Durante il terzo anno è previsto il trasporto di μ SpeX presso il Museo di Trevignano per analisi in loco e inoltre si prevede almeno una conferenza/workshop presso una sede dedicata alla sponsorizzazione dello strumento e alla diffusione dei risultati ottenuti.
- **BENI INVENTARIABILI:**
 - Acquisto di un rivelatore 2D per misure XRD. Allo stato attuale, il miglior compromesso di un rivelatore bidimensionale tra compattezza, costi e risoluzioni spaziali cade nel TimePix (Secondo Anno).
 - Acquisto per un rivelatore di XRF. Un rivelatore SDD energy dispersive è necessario per misure spettroscopiche. La scelta di un rivelatore della XGLab-Bruker s.r.l. risiede nell'ottimo sensore, nella rapidità dell'elettronica e nei costi contenuti. **(2024)**
 - Il controller della National Instruments è necessario per la gestione del setup sperimentale e per i controlli delle sicurezze, nonché come interfaccia al software di gestione, basato su LabVIEW. **(2024)**
 - Il prototipo μ SpeX attualmente esistente possiede degli encoder ottici della Heidenhain. Pertanto è necessario l'acquisto del controller EIB-741 per la gestione degli encoder ottici di posizione. **(2024)**
- **BENI CONSUMABILI (maggiori di 2 k€):** acquisto di un tubo radiogeno con relativo alimentatore. (Secondo Anno)



- La validazione delle performance di μ SpeX favorirà lo sviluppo di una strategia di commercializzazione attraverso la presentazione dello strumento ad enti, soprintendenze, musei, laboratori di restauro e fondazioni private, inizialmente per analisi di materiali archeologici per poi estendersi ad altri campi di applicazione.
- Lo sviluppo del progetto μ SpeX consentirà, mediante mediazione del servizio del Trasferimento tecnologico INFN, di procedere con l'industrializzazione del prototipo e la sua immissione in mercato, dapprima a livello nazionale e poi successivamente internazionale, da parte di società terze, lasciando la produzione della core technology (le ottiche policapillari) all'interno di XlabF. La società interessata al progetto è già stata individuata ed è la NC Technologies s.r.l., leader nel campo della strumentazione per analisi chimiche ed elementali.





follow us...

@XLabF1

Commissione Scientifica
Nazionale 5 (CSNS)



Grazie per l'attenzione