

# ADAMO SAL4 (2.7.2019 – 1.10.2019)

## RELAZIONE SCIENTIFICA

### 1. Descrizione del progetto: oggetto, finalità, obiettivi e risultati intermedi/finali raggiunti, validazione dei risultati conseguiti, ecc.

#### Oggetto

Il progetto ADAMO propone una ricerca applicata per trasferimento alle imprese di tecnologie di analisi, diagnostica e monitoraggio ambientale finalizzate alla conservazione e al restauro di beni culturali (BC), mobili ed immobili, della regione Lazio. Allo scopo prevede attività di studi di contesto sia storico artistico che socio-economico, attività di ricerca per adeguamento delle tecnologie più mature alle specifiche richieste dei BC di tecniche sia di laboratorio, anche con *large scale facilities* uniche nel panorama regionale, che in situ, e attività dimostrative su casi studio selezionati per il coinvolgimento sia delle imprese che degli utenti finali. In armonia con il suo scopo sarà dato ampio spazio all'azione di disseminazione dei risultati, per completare il coinvolgimento degli operatori e aprire prospettive di internazionalizzazione.

Il progetto risponde pienamente alla richiesta di attività che fanno capo alla terza missione delle università e degli organismi di ricerca, integrandosi efficacemente nella proposta del Centro di Eccellenza per il DTC Lazio che prevede parallele attività di formazione necessarie alla produzione di figure professionali in grado di utilizzare successivamente le tecnologie dimostrate e trasferite. Le attività sperimentali vengono svolte presso i laboratori afferenti all'Infrastruttura di Ricerca del DTC Lazio (R6, R7, R8, R1 e R11).

#### Finalità

- Trasferimento tecnologico per analisi, diagnostiche e monitoraggio ambientale su BC.
- Offerta di servizi alle imprese con l'utilizzo di infrastrutture di eccellenza uniche, che includono impianti di fisica delle alte energie per diagnostiche, laboratori di caratterizzazione con apparati operanti con strumentazione in ultra alto vuoto o in camere pulite presso OdR e università partner del CoE del DTC Lazio, brevetti nazionali ed internazionali di proprietà dei partner del CoE.
- Dimostrazione su selezionati casi studio, relativi a BC sia mobili che immobili, dell'efficacia delle tecniche per le quali è stata sviluppata strumentazione apposita e/o strumentazione commercializzabile, che può essere utilizzata direttamente in laboratorio o sul campo dagli utenti, eventualmente preparati nei paralleli corsi di formazione erogati dal CoE.
- Sviluppo di prototipi e test di prodotti innovativi a basso impatto ambientale adatti all'utilizzo sul campo da parte degli utenti finali, che per le loro caratteristiche di costo contenuto, rapidità di risposta e semplicità di operazione possano in tempi medio-brevi essere acquisiti direttamente dalle PMI interessate (previa commercializzazione e realizzazione anche tramite start-up o spin-off locali).

#### Tempistica

Su richiesta del CGC del DTC è stata concordata la proroga della fine di tutti i progetti di ricerca alla data di termine della prima fase del DTC il 25 gennaio 2020, con una proroga effettiva di 24 giorni. Questa variazione è stata inserita nel diagramma di Gantt del progetto (figura 1), con conseguente slittamento dell'ultima milestone per tutte le attività.

#### Obiettivi intermedi raggiunti a SAL4

Il progetto si articola in 7 WP, di cui 6 relativi a specifiche attività di sviluppo di tecnologie e trasferimento tecnologico, mentre il primo si occupa degli studi di contesto e della disseminazione. Per lo svolgimento delle attività è stato proposto lo schema riportato nel diagramma di Gantt, in cui sono evidenziate in rosso le attività svolte trimestri trascorsi, con indicazione delle deliverable conseguite.

Come si osserva dalla fig. 1, dopo gli iniziali aggiustamenti le attività sono andate avanti regolarmente e tutti i task sono iniziati e, a parte il T3.3 e il T2.5, hanno rilasciato almeno una deliverable, 2 o più nella maggioranza dei casi. Il T2.5 è stato chiuso all'inizio del quarto trimestre (v.oltre).

Gli obiettivi intermedi raggiunti nel quarto trimestre possono essere riassunti come segue:

- Svolgimento di attività sui siti:
  - ✓ Frammenti di intonaco dalla Villa della Piscina, Centocelle (ulteriori esami di laboratorio)
  - ✓ Mura Aureliane (adiacenze Porta San Sebastiano)
  - ✓ Museo Archeologia Per Roma (Tor Vergata)
  - ✓ Palazzo Chigi, Ariccia
  - ✓ Villa Mondragone, Monte Porzio Catone
  - ✓ Chiesa di San Nicola in Carcere (in collaborazione con l'impresa di restauro Euresarte S.r.L.)
  
- Svolgimento di attività di laboratorio, aperte alle imprese
  - ✓ Preparazione e caratterizzazione di materiali per restauro (Viterbo)
  - ✓ Attività di diagnostica su materiali cartacei, pergamene e tessuti
  - ✓ Attività su metalli
  - ✓ Attività su cuoi da parati
  
- Disseminazione delle attività attraverso la partecipazione:
  - A eventi scientifici di rilevanza nazionale e internazionale:
    - ✓ XLVII Conferenza Nazionale della Divisione di Chimica Fisica della Società Italiana di Chimica, Roma Sapienza, 1-4 luglio 2019:
      - “Caratterizzazione remota ed in-situ dell'affresco di Vincenzo Pasqualoni sull'abside della basilica di San Nicola in Carcere a Roma” (presentazione ENEA, INFN, sovrintendenza, restauratore)
      - “FT-IR micro-spectroscopy for monitoring the LIF induced degradation of organic binders in artworks”(presentazione INFN, UniRM2)
      - “Experimental and theoretical UV/Vis-IR-THz spectroscopies for diagnostic studies of ancient papers” (presentazione CNR-ISC)
    - ✓ 105° Congresso Nazionale della Società Italiana di Fisica – L'Aquila, 23-27/09/2019
      - “Imaging THz per applicazioni nel campo dei beni culturali”(presentazione ENEA)

- ✓ EMSLIBS2019 – Xth Euromediterranean Conference on Laser Induced Breakdown Spectroscopy”, Brno 9-12/09/2019
  - “Complementary characterization of ancient Roman frescoes by PIXE and LIBS techniques” (presentazione ENEA, INFN)
- ✓ FLAMN 2019 – International Symposium “Fundamentals of Laser Assisted Micro- and Nanotechnologies” Saint Petersburg 1- 4/07/ 2019
  - “Characterization of CH surfaces by different laser techniques” (presentazione su invito ENEA)
- A eventi divulgativi, mostre e fiere:
  - ✓ Tuscia Makers, Viterbo 27/09/2019:
    - “Tecnologie digitali per la diagnostica dello stato di conservazione dei beni culturali” (partecipazione ENEA).
  - ✓ Notte europea della ricerca a Matera (26-27/9/2019), con due eventi divulgativi (partecipazione INFN-LNF):
    - Conferenza “Luce di Sincrotrone e beni culturali” presso la Scuola di Alta Formazione e studio (26/09/2019 ore 17.00)
    - Laboratorio “Affreschi all’Infrarosso” alla chiesa rupestre di S. Lucia alle Malve 27/09/2019 dalle 19.00 alle 21.00 (attività svolta in collaborazione con ISCR).
- Sui media e sulla stampa divulgativa (anche in rete):
  - ✓ Servizio sul Laboratorio di diagnostiche e Metrologia dell’ENEA Frascati partecipante ad ADAMO trasmesso in TV il 12/07/2019 alle 20:40 su Rainews24 nell’ambito del programma Futuro24.
  - ✓ News sulla pagina Facebook INFN-CHNet (<https://www.facebook.com/INFN.CHNet/>) riguardanti aggiornamenti periodici sui siti di analisi, partecipazione ad eventi divulgativi, organizzazione di workshop di progetto.
- Organizzazione di workshop di progetto aperto agli stake holders:
  - ✓ Organizzazione del workshop di progetto dal titolo “Risultati della campagna di misure nella Chiesa di san Nicola in Carcere durante il cantiere di restauro” presso INFN-LNF il 9/07/2019 dalle ore 10.00 alle 13:30. (<https://agenda.infn.it/event/19516/>)
  - ✓ Organizzazione di una teleconferenza sul “confronto dei risultati della caratterizzazione di Cuoi da parati di Palazzo Chigi di Ariccia con quelli dell’Alhambra di Granada” in collegamento con Siviglia UPO ed IAPH.
  - ✓ E’ in corso di valutazione e discussione la realizzazione di un workshop nazionale che potrebbe accogliere i risultati finali dell’intero progetto.
- Partecipazione all’evento "UN ANNO DI DTC LAZIO. 1° CONVEGNO ANNUALE DEL DISTRETTO TECNOLOGICO BENI E ATTIVITÀ CULTURALI DELLA REGIONE LAZIO” Sapienza 30/09/2019, in cui sono stati presentati n. 14 speed pitch e relativi poster sui risultati di attività svolte nell’ambito del progetto che saranno resi disponibili sul sito [www.dtclazio.it](http://www.dtclazio.it).

	1	2	3	4	M	6	7	8	9	M	1	1	1	1	RM2
<b>WP1: Costruzione, consolidamento e condivisione</b>															
Task 1.1 - Contesto storico	X	X	X	X	X										RM2
Task 1.2 - Contesto socio-economico			X	X	X	X	X	X	X	X	X				RM3
Task 1.3 – Comunicazione e disseminazione	C	X	X	X					X	X	X		③	⑤	ENEA
<b>WP2: Analisi e diagnostiche chimico-fisiche</b>															RM3
Task 2.1 – Spettroscopia ottica	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				① ENEA
Task 2.2 – SM, SIMS e tecnologie chimiche di analisi					X	X	X	X	X	X	X				① RM3
Task 2.3 – Microscopia avanzata e nano-ingegneria	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				① RM1
Task 2.4 – Analisi genetiche, biochimiche e microbiologiche			X	X	X	X	X	X	X	X	X				① RM3
Task 2.5 – Diagnostica per immagini		X	X	X	X										RM2
<b>WP3: Large scale facilities</b>															INFN
Task 3.1 – Spettroscopia IR con Luce di Sincrotrone	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				① INFN
Task 3.2 – Spettroscopia PIXE con fascio di protoni			X	X	X	X	X	X	X	X	X				① ENEA
Task 3.3 – Valutazione di tecniche neutroniche		X	X	X	X			X		X					① RM3
<b>WP4: Analisi e diagnostiche in situ e remote</b>															CNR
Task 4.1 – Imaging LIF remoto	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				① ENEA
Task 4.2 – Imaging e stratigrafia mediante THz ed NMR			X	X	X	X	X	X	X	X	X				① ENEA
Task 4.3 – Diagnostica su fibre di cellulosa e pergamene	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				① RM2
Task 4.4 – Diagnostica di manufatti metallici			X	X				X	X	X					① RM1
Task 4.5 – Uso dei laboratori mobili LANDA, DICMA e ICVBC	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				① CNR
Task 4.6 – Diagnostiche strutturali acustiche e termografiche	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				① CNR
<b>WP5: Analisi materiali e valutazione trattamenti</b>															TUS
Task 5.1 – Verifica di trattamenti su lapidei e lignei	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				① TUS
Task 5.2 – Sviluppo e validazione di metodi per bronzi, altri materiali	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				① RM3
Task 5.3 – Caratterizzazione di materiali nanostrutturati			X	X	X	X	X	X	X	X	X				① RM1
<b>WP6: Sistemi di monitoraggio ambientale</b>															RM1
Task 6.1 – Modellistica per simulazione di degrado ambientale	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				① RM1
Task 6.2 – Monitoraggio della formazione di efflorescenze			X	X	X	X	X	X	X	X	X				① TUS
Task 6.3 – Modellistica per simulazione di biodegrado			X	X	X	X	X	X	X	X	X				① CNR
Task 6.4 – Diagnostiche spettroscopiche su biodegrado	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				① RM1
Task 6.5 – Sensori FBG per monitoraggio ambientale	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				① ENEA
Task 6.6 – Nanosensori per monitoraggio ambientale			X	X	X	X	X	X							① RM3
<b>WP7: Bioarcheologia, antropologia e biologia amb.</b>															RM1
Task 7.1 – Archeobotanica			X	X	X	X	X	X	X	X	X				① RM2
Task 7.2 – Antropologia e archeozoologia		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				① RM2
Task 7.3 – Biologia Ambientale	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				① RM3

**Legend**

- ① Deliverable
- ③ Intermediate Deliverable
- ④ Project Meeting
- ⑤ Conference

Figura 1 - Diagramma di Gantt di ADAMO, aggiornato al termine del quarto trimestre. Attività svolte evidenziate in rosso

Per quanto riguarda il personale assunto sul progetto tutti gli AR previsti avevano già preso servizio, come pure tre contrattisti a Uniroma1, è in corso ad ottobre la selezione di un ulteriore contrattista per UNIROMA1. Si segnala che 6 di questi AR/contrattisti hanno presentato gli speed pitch e i relativi poster al 1° Convegno Annuale del DTC (Sapienza 30/09/2019).

*Tabella 1 – Personale assunto con contratti sul progetto: è specificata l’istituzione, la tipologia di contratto, l’attività prevalente, la data d’inizio e la durata prevista*

Nome e Cognome	Istituzione	Tipologia	Attività (task)	Data inizio e durata
Lucilla Pronti	INFN	AR	Task 3.1 e task 4.1	2/01/2019 12 mesi
Marco Sbroscia	UniRoma3	AR	Task 2.1, task 4.4 e task 4.5	1/02/2019 12 mesi
Sandra Leonardi	UniRoma2*	AR	Task 1.1, task 1.2 e task 1.3*	15/01/2019 12 mesi
Michele Pigliucci	UniRoma2*	AR	Task 1.1, task 1.2 e task 1.3*	15/01/2019 12 mesi
Alessandro Fessina	UniRoma2*	AR	Task 1.1, task 1.2 e task 1.3*	15/01/2019 12 mesi
Maria Federica Caso	ENEA	AR	Task 4.1, task 5.2 e task 6.4	29/03/2019 12 mesi
Luca Lanteri	UniTuscia	AR	Task 5.1, task 5.2 e task 5.3	1/04/2019 12 mesi
Margherita Vendittelli	UniRoma1	Contratto di collaborazione	Task 4.5	1/03/2019 2 mesi
Cristina Cicero	UniRoma1	Contratto di collaborazione	Task 4.3	25/03/2019 3 mesi
Mohammad Sharbaf	UniRoma1**	AR	Task 6.1, 6.2	1/05/2019 12 mesi

(\*) Gli AR di UniRoma2 sono impegnati su tutte le attività di UniRoma2 nell’ambito del DTC, non esclusivamente sul progetto ADAMO, in particolare anche sul progetto EcoDigit e sull’Anagrafe delle Competenze.

(\*\*) L’AR Sharbaf è impegnato anche nelle attività del Progetto SISMI

A seguire il sunto delle attività svolte per ciascun WP (con indicazione dei partner partecipanti, in neretto il principale responsabile della singola azione). Il dettaglio viene fornito solo per le attività che non hanno rilasciato deliverable in questo trimestre, per le altre si rimanda ai dettagli riportati negli allegati alla presente relazione.

## **WP1 – Costruzione, consolidamento e condivisione**

### **Task 1.1 – Il contesto storico**

Il Task 1.1, così come riportato nel SAL1, ha prodotto come risultato l'individuazione dell'area di studio ("PRIMA INDIVIDUAZIONE AREA DI STUDIO" - *allegato n.1* al SAL1) entro la quale ricadono i siti scelti per l'applicazione delle tecnologie di analisi, diagnostica, monitoraggio per la conservazione e il restauro dei beni culturali. Già al SAL2 il task è stato completato riportando gli ultimi risultati nell'allegato congiunto del T1.1 e T1.2.

### **Task 1.2 – Il contesto socio-economico**

In questo trimestre il gruppo di **UniRoma2** ha continuato lo studio di dettaglio del territorio, proseguendo nella realizzazione della cartografia utile e necessaria per la realizzazione della proposta di piano turistico sostenibile nell'area di ADAMO. Sono stati acquisiti ulteriori dati di dettaglio rispetto a quelle che sono le attività turistiche in essere presenti nell'area, per rispondere alle esigenze di progetto e cioè identificare nell'area una possibile offerta turistica integrata che non rientri nei principali e consueti circuiti turistici. Sono state analizzate e commentate le cartografie prodotte, esito di questo commento e quanto finora prodotto è riscontrabile nel rapporto allegato (**All.T1.2**), ove si pongono in evidenza le peculiarità e le vocazioni storiche, ambientali e socio economiche dell'area. Il suddetto rapporto approfondisce e completa quanto prodotto nei SAL precedenti.

Lo studio eseguito segue i dettami della metodologia STeMA. Infatti nell'ambito del Distretto Tecnologico dei Beni Culturali della regione Lazio, il lavoro sviluppato dal team RM2, afferente al progetto Diagnostica e Monitoraggio per la conservazione e il restauro di beni culturali (ADAMO), nel WP1 - Le basi della Conoscenza: costruzione, consolidamento e condivisione del progetto Analisi, ha avuto come priorità temporale e tematica l'individuazione di un'area entro la quale identificare i Beni Culturali a cui applicare tecniche e tecnologie innovative per il restauro e la conservazione. L'area, e conseguentemente i siti di seguito indicati, sono stati identificati, attraverso la metodologia STeMA, secondo la definizione di un quadro territoriale iniziale (QTI) basato sullo studio ex ante di 11 componenti territoriali e attraverso analisi geo-economiche effettuate in relazione alle necessità degli applicativi di tecnici, tecnologi e ricercatori coinvolti nel progetto. Pertanto oltre a riepilogare e approfondire l'applicazione della metodologia STeMA, è possibile prendere visione del quadro ambientale completo e del contesto produttivo dell'area ADAMO.

I risultati dell'attività fin qui svolta sono stati presentati da Sandra Leonardi (UniRM2) al Primo convegno annuale del DTC con lo speed pitch dal titolo "ADAMO: diagnosi di un territorio, tra conservazione attiva, applicazioni tecnologiche e sviluppo sostenibile".

Ulteriori analisi sono proseguite nel team di **UniRoma3**, i relativi risultati saranno rilasciati nel prossimo trimestre e integrati fine progetto.

### **Task 1.3 – Comunicazione e disseminazione**

Le attività di comunicazione sono proseguite sul sito di progetto appositamente realizzato nel semestre precedente [progettoadamo.enea.it](http://progettoadamo.enea.it) in particolare con il costante aggiornamento dei risultati delle attività e la segnalazione degli eventi di rilievo per il progetto. Quest'ultima è stata prontamente rimbalzata anche sul sito del DTCLazio.

Ulteriori attività di disseminazione, previste a fine progetto, sono state anticipate per renderle compatibili con le date di svolgimento di eventi scientifici nazionali e internazionali a cui i partecipanti sono stati inviati, i dettagli sono riportati nel #4 della presente relazione.

I partecipanti al WP4, e in particolare **ENEA** con il suo gruppo di Relazioni esterne, si sono inoltre fatti carico di raccogliere su ciascun sito materiale fotografico per documentare l'attività svolta e metterla a disposizione per la realizzazione congiunta del docufilm finale. In particolare le riprese eseguite presso i laboratori ENEA Frascati per il programma FUTURO 24 di RAINNEWS24, relativamente alle tecnologie laser sui Beni Culturali dimostrate in ADAMO, sono state trasmesse il 12/07/2019 alle 20:40. E' stata inoltre concordata una ripresa di TG Leonardo durante l'ultima campagna a Palazzo Chigi di Ariccia, pianificata per la seconda settimana di ottobre. La ripresa è stata effettivamente realizzata il 9/10/2019, durante le misure in situ con spettroscopia Raman (Università Roma Tre) e Laser scanner (ENEA).

Alla disseminazione del progetto si è dichiarata interessata l'associazione CODIS "Associazione per il Controllo, la Diagnostica e la Sicurezza di Strutture, Infrastrutture e Beni Culturali" che ha organizzato il suo II CONGRESSO NAZIONALE "Le Strutture esistenti e i nuovi soggetti operanti a seguito del DL Sblocca Cantieri" a Firenze (7-8/11/2019) a cui ha invitato la dott.ssa R. Fantoni per riferire sui risultati di ADAMO.

Nel quarto semestre sono state intraprese attività preparatorie per la presentazione di attività del progetto all'evento LUBEC 2019 (Lucca 3-4/10/2019) da parte di INFN ed ENEA, RoME Museum Exhibition (Roma 27-29/11/2019) da parte dei UniRM1, e Technology for All (Roma 4-6/12/2019) da parte di ENEA. Sono anche in discussione la presentazione delle attività svolte presso la Basilica di San Nicola in Carcere al Museo delle Terme di Diocleziano come conferenza divulgativa nell'ambito della manifestazione "Fuori dai Fori", e una presentazione delle attività svolte a Palazzo Chigi di Ariccia presso la sede stessa del Museo del Barocco. Sono inoltre in preparazione diversi contributi scientifici per la conferenza METRO ARCHEO (Firenze 4-6/12/2019).

E' stato concordato con il CGC del DTC che i poster prodotti per il 1° Convegno Annuale del DTC costituiranno il testo di una brochure divulgativa relativa ai risultati del progetto, da distribuire durante gli eventi disseminativi del periodo successivo. Si sta valutando l'opzione di produrne anche una versione in inglese per gli eventi internazionali.

## **WP2 – Analisi e diagnostiche Chimico-fisiche**

### **Task 2.1 – Analisi con Spettroscopia ottica**

Come nei trimestri precedenti, l'attività di questo task è stata interamente svolta su frammenti di affresco romano dalla Villa della Piscina di Centocelle, Roma.

Per quanto riguarda le diagnostiche Raman di laboratorio effettuate da **UniRoma3** è stata completata la stesura della pubblicazione relativa ai risultati, congiuntamente a quelli sugli altri task pertinenti (T3.1, T4.3, T5.2) intitolata: "Multi-analytical non-destructive investigation for the reconstruction of decorative apparatuses of "Villa della Piscina" in Rome – autori di UniRM3, INFN, ENEA, CNR, archeologhe, sovrintendenza Capitolina - sottomessa al *Microchemical Journal* ed accettata con richiesta di minori revisioni.

I risultati delle misure stratigrafiche LIBS di laboratorio (con risoluzione in spessore circa 1 micron), eseguite su un campione caratteristico di ciascuno dei quattro gruppi di frammenti identificati dalle archeologhe nei locali delle terme della Villa sono stati analizzati in combinazione con quelli ottenuti mediante la tecnica PIXE (T3.2) e presentati alla conferenza interazionale EMSLIBS 2019 (Brno 11/09/2019) in un contributo orale intitolato "Complementary characterization of ancient Roman frescoes by PIXE and LIBS techniques" (autori: R. Fantoni, V. Lazic, M. Vadrucci, et al.). Per un confronto significativo è stata messa a punto una procedura di rinormalizzazione dei dati LIBS sull'emissione di righe di calcio, opportunamente selezionate sulla base del livello energetico di partenza, che consente di confrontare le intensità ottenute per i diversi elementi esaminati. E' in corso di stesura la pubblicazione relativa che sarà sottomessa per la pubblicazione alla rivista *Spectrochimica Acta B* entro il 31/12/2019.

I risultati dell'intera attività sono stati presentati da Marco Sbroscia (UniRoma3) al Primo Convegno Annuale del DTC con lo speed pitch intitolato "Indagini multianalitiche non distruttive dell'apparato pittorico della Villa della Piscina a Centocelle".

### **T2.2 - Spettrometria di massa, SIMS, e tecnologie chimiche di analisi.**

Il Laboratorio Analisi Superfici, INFN - **UniRoma3**, ha completato lo studio di campioni di cuoio dorato e dipinto provenienti dal Palazzo Chigi di Ariccia e datati al XVII secolo, attraverso un approccio multitecnica, in collaborazione con **UniRoma1**. Diverse tecniche analitiche sono state impiegate per poter ottenere precise informazioni a differente scala. In particolare, i campioni sono stati analizzati mediante MA-XRF (macro X-ray fluorescence), ATR-FTIR (Attenuated Total Reflectance-Fourier transform infrared spectroscopy) e mediante bombardamento ionico a bassa energia ToF-SIMS (time of flight secondary ion mass spectrometry). I risultati del suddetto lavoro sono stati pubblicati sulla rivista *Applied Science* 2019, **9**, 3016 come invited paper per lo special issue "Applications of Surface Science Methods in the Field of Cultural Heritage" nel contributo intitolato "Exploring manufacturing process and degradation products of gilt and painted leather" (autori: M. Iorio, V. Graziani, S.A.B. Lins, S. Ridolfi, P. Branchini, A. Fabbri, G.M.



Ingo, G. Di Carlo, and L. Tortora – collaborazione UniRom3, UniRoma1, CNR e impresa Ars Mensurae) [\(all.T2.2\\_1\)](#).

Nell'ambito di questo task da **UniRoma1** è stata promossa la ricerca nel campo di metodologie analitiche di tipo spettroscopico per l'individuazione e l'identificazione di coloranti organici in matrici archeologiche e artistiche. L'attività di ricerca è stata finalizzata all'individuazione di protocolli di analisi attraverso spettroscopia di *Surface Enhanced Raman Scattering* (SERS) per coloranti naturali da matrici tessili e alla costruzione di un relativo database. Gli approcci metodologici tentati sono stati di due tipi:

1 - **Approccio SERS on fiber**: il colloide (nanoparticelle di argento – substrato del SERS) viene messo a contatto direttamente con la fibra, tinta secondo le ricette antiche con coloranti naturali.

2 - **Approccio SERS in liquido**: il colorante viene estratto dalla fibra tessile e l'estratto viene messo a contatto con la soluzione di colloide contenente le nanoparticelle; lo spettro viene registrato puntando il laser sulla soluzione. Questo secondo approccio dovrebbe risultare più riproducibile dell'approccio *on fiber* per la maggiore omogeneità del sistema in soluzione; in abbinamento a procedure di estrazione microinvasiva, può essere utilizzato su frammenti molto piccoli di filato, evitando la deposizione di nanoparticelle direttamente sul campione e il rischio di variazione cromatica; si applica su un estratto, dunque può rappresentare un metodo preliminare all'analisi cromatografica in grado di fornire informazioni sul tipo di colorante e, conseguentemente, sul tipo di metodo separativo da utilizzare.

I risultati ottenuti direttamente su fibre di lana colorate con robbia, cocciniglia, orceina e reseda sono riportati nel rapporto [\[all.T2.2\\_2\]](#), quelli in soluzione (ottenuti anche sul kermes) nel rapporto [\[all.T2.2\\_3\]](#). In entrambi i casi è stata dimostrata la capacità di identificazione dei coloranti esaminati tramite la metodologia SERS proposta che è risultata molto sensibile.

I risultati dell'intera attività sono stati presentati da Alessandro Ciccola (UniRoma1) al Primo Convegno Annuale del DTC con lo speed pitch intitolato "Spettroscopia Raman Amplificata da Superfici per il rilevamento di coloranti antichi: un caso di studio e nuovi protocolli".

### **T2.3 – Tecniche di microscopia avanzata e nanoingegneria.**

A **UniRoma3** è stata completata l'elaborazione dati relativa alle indagini su alcuni campioni di frammenti di affresco della Villa della Piscina condotte per valutare la possibilità di utilizzare tecniche e metodologie della Scienza e Tecnologia dei Materiali allo studio di campioni di interesse storico/archeologico.

Sono stati esaminati i risultati delle:

- Misure degli spessori degli strati superficiali di un affresco (FIB cross-section);
- Mappature delle proprietà meccaniche di diverse malte (Nanoindentazione ad alta velocità);
- Analisi chimica semi-quantitativa degli elementi presenti nelle diverse malte (SEM-EDS).

I risultati ottenuti hanno permesso di correlare su scala sub-micrometrica la morfologia superficiale con le proprietà meccaniche (modulo elastico) e con gli elementi chimici presenti nei campioni testati. L'attività si è conclusa, risultati sono stati messi a disposizione dei partner che hanno lavorato sui campioni dalla "Villa della Piscina" per pubblicazioni congiunte successive.

Le attività di microscopia avanzata presso **UniRoma1** sono state effettuate in collaborazione con **ENEA**, nell'ambito dello studio del Biodegrado e Studi di Micro-Biologia a seguito di trattamenti di cura con Radiazioni Ionizzanti eseguiti su pergamene e su cuoi da parati. Si tratta quindi di attività a cavallo tra i task T2.3 e T2.4. I risultati dello studio sono stati presentati da Cristina Cicero (UniRM1) al Primo convegno annuale del DTC con lo speed pitch intitolato “Caratterizzazione degli effetti dell'irraggiamento con raggi X sul collagene di manufatti artistici mediante tecniche di microscopia avanzata”.

#### **T2.4 - Analisi genetiche, biochimiche e microbiologiche**

Relativamente alla caratterizzazione sia microscopica che microbiologica dei campioni di cuoi da parati prelevati a palazzo Chigi di Ariccia ed esaminati sia tal quale che dopo irraggiamento mediante raggi X per disinfestazione, nel trimestre di riferimento non sono state eseguite ulteriori misure di caratterizzazione, ma i gruppi di **UniRM1**, **UniRoma2** ed **ENEA** coinvolti nell'attività, di cui si è riportato in SAL3, hanno continuato la valutazione dei risultati per la stesura congiunta di rapporti e pubblicazioni.

Le attività di **UniRoma3** hanno riguardato Villa Mondragone e in particolare la Fontana della Girandola, la Fontana del Drago e il Giardino segreto, con caratterizzazione dell'ecologia dei sistemi. Queste attività si sono concluse nel precedente trimestre, parte dei risultati sono riportati nelle pubblicazioni in preparazione di cui T6.4.

#### **T2.5 – Diagnostica per immagini: RX, Riflettografie, UV, TC**

Il responsabile del task Prof. G.B. Fianza (**UniRoma2**) aveva nei precedenti trimestri svolto il prezioso ruolo di tramite con il direttore del Museo di Palazzo Chigi di Ariccia, coordinando assieme al responsabile del WP4 l'esecuzione delle campagne in situ e anche gli incontri per i prelievi di campioni da esaminare in laboratorio nel WP2 e WP3. Questa attività è stata completata.

Viceversa non è stato possibile pianificare TAC da eseguire in laboratorio nell'ambito del progetto, mentre per le radiografie in situ si rimanda al T4.6. Il coinvolgimento del responsabile del T2.5 nel progetto è altresì terminato.

## WP3 – Analisi mediante large scale facilities

### Task 3.1 – Spettroscopia IR mediante luce di Sincrotrone

Presso **INFN-LNF** sono proseguite le indagini su una nuova serie di campioni di affreschi romani provenienti dalla Villa della Piscina, (i campioni analizzati sono descritti nel rapporto T.3.1 in allegato).

Presso la facility DAFNE sono state inoltre eseguite delle sezioni stratigrafiche di alcuni campioni di affresco ed analizzate mediante microspettroscopia IR con sorgente convenzionale e Scanning Electron Microscope (SEM). Le analisi al SEM sono state svolte da Giacomo Viviani, presso il laboratorio di DAFNE LUCE, e sono state propedeutiche e complementari alle analisi di spettroscopia IR.

Le analisi micro FT-IR svolte hanno previsto l'uso di due detector, un MCT a singolo punto e un detector multicanale denominato Focal Plane Array (FPA), che rappresenta una delle strumentazioni più all'avanguardia in questo settore, poiché permette di ottenere contemporaneamente informazioni spettroscopiche e spaziali, ed analizzare campioni con una risoluzione dell'ordine dei 3-5 micron.

I risultati ottenuti sono poi stati confrontati con quelli ottenuti presso la beamline SSSI della facility di luce di Sincrotrone di Elettra, a Trieste. Le analisi presso Elettra sono state effettuate nel mese di settembre 2019, in base al tempo macchina concesso (20-21/09/2019).

I risultati preliminari delle indagini, ancora oggetto di analisi dati, sono riportati nel rapporto all.T3.1 e hanno mostrato che l'utilizzo della luce di sincrotrone, unita ad un'analisi statistica dettagliata (analisi delle componenti principali PCA, Hierarchical cluster analysis etc.) consente di ottenere una classificazione dei componenti che costituiscono la stratigrafia degli strati pittorici e l'eventuale penetrazione del consolidante superficiale (riscontrato dalle misure effettuate sulla superficie pittorica dei frammenti). La possibilità di poter lavorare con una sorgente non convenzionale, come la luce di Sincrotrone, permette di avere un netto miglioramento del rapporto segnale rumore, problematica che a volte rende di difficile lettura gli spettri di riflessione ottenuti su superfici pittoriche quali quelli analizzati. Inoltre l'elevata collimazione di fascio consente di poter focalizzare anche micro-particelle di pigmento non altrimenti osservabili utilizzando una comune sorgente convenzionale.

L'utilizzo della luce di sincrotrone nel campo dei BC è legato alla necessità di poter rivelare piccole quantità di materiale e di studiarne la composizione stratigrafica. Lo spessore tipico degli strati analizzati è dell'ordine delle decine di  $\mu\text{m}$ , una risoluzione generalmente non accessibile con strumentazione da banco e/o con sorgenti convenzionali. Inoltre, è da considerarsi anche l'utilità del metodo in relazione alla complessità della composizione dei frammenti analizzati (matrici minerali e organiche, fasi amorfe e cristallizzate, elementi principali e minori).

Nell'ambito di questo task sono stati inoltre elaborati dal gruppo INFN-LNF risultati di misure in situ eseguite nel trimestre precedente:

- ✓ Palazzo Chigi Ariccia: i risultati sono oggetto della pubblicazione congiunta INFN, UniRM2, ENEA, CNR-IC: L. Pronti, M. Romani, G. Verona-Rinati, O. Tarquini, F. Colao, M. Colapietro, A. Pifferi, M. Cestelli-Guidi, M. Marinelli. "Post-Processing of VIS, NIR, and SWIR Multispectral Images of

Paintings. New Discovery on The Drunkenness of Noah, painted by Andrea Sacchi, stored at Palazzo Chigi (Ariccia, Rome)". Heritage 2019, 2(3), 2275-2286.

Questi risultati, ed altri, sono stati inoltre presentati al Primo Convegno annuale del DTC da Lucilla Pronti (INFN-LNF), in collaborazione con Maria Federica Caso (ENEA), con lo speed pitch intitolato "Indagini diagnostiche sui dipinti e sui busti di marmo antichi di Palazzo Chigi ad Ariccia".

L'analisi completa dei risultati ottenuti nella caratterizzazione della Sanguigna del Bernini è stata invece rimandata al trimestre successivo, dopo le misure Raman in situ ad alta risoluzione (seconda settimana di ottobre) pianificate da UniRoma3.

- ✓ Chiesa di S. Nicola in Carcere, Roma: sono stati esaminati i risultati della campagna addizionale di misure in situ eseguita il 25/06/2019, che sono stati discussi nel corso del Workshop organizzato a Frascati presso INFN-LNF il 9/7/2019.

I risultati dell'intera attività di caratterizzazione dei materiali nell'affresco, assieme a quelli ottenuti dai gruppi **INFN-TorVergata** ed **ENEA** (XRF, Raman, TG-LIF) nel WP4, sono oggetto di un lavoro congiunto in via di sottomissione alla rivista Spectrochimica ACTA A che vede anche la partecipazione della Sovrintendenza Capitolina e dell'impresa di restauro Euresarte, intitolato tentativamente "Assessment of TG-LIF to characterize the pictorial materials used in the wall paintings. The case of Vincenzo Pasqualoni's painting placed at S. Nicola in Carcere, in Rome". Questi risultati sono stati inoltre presentati al Primo Convegno annuale del DTC da Martina Romani (INFN-LNF) con lo speed pitch intitolato "Il cantiere di restauro della Basilica di S. Nicola in Carcere: intervento di diagnostica non invasiva sui materiali dell'affresco e sugli agenti biotici responsabili del biodegrado", realizzato in collaborazione con il collega Alessandro Grottoli (UniRoma1).

### **T3.2 – Misure PIXE**

Grazie al coinvolgimento personale della responsabile **ENEA** di questo task, dott.ssa Monia Vadrucci, è proseguita la disponibilità degli acceleratori lineari di elettroni, come generatori di raggi X, del laboratorio APAM di ENEA per esperimenti di disinfestazione da microorganismi, con applicazione sia su pergamene (v. T4.3) che su cuoi da parati (v. T2.3 e T2.4). I principali risultati ottenuti e le deliverable rilasciate sono richiamati nei task di pertinenza principale.

Nel trimestre di riferimento è proseguita l'analisi e la quantificazione delle misure di caratterizzazione eseguite mediante il sistema PIXE disponibile presso INFN-LABEC con fascio di protoni da 3 MeV su:

- ✓ Frammenti di affreschi dalla Villa della Piscina, Centocelle Roma, con confronto della composizione atomica elementare ottenuta mediante tecnica LIBS sui campioni esaminati congiuntamente, evidenziando vantaggi e svantaggi dell'uso alternativo delle due tecniche sulla specifica tipologia di campioni per ricavarne analisi composizionali, informazioni sulla tecnica di esecuzione dell'affresco e sulla provenienza dei materiali utilizzati.
- ✓ Frammenti di cuoi da parati dipinti da Palazzo Chigi Ariccia, Ariccia (RM).  
La caratterizzazione dei pigmenti di campioni di cuoio di origine spagnola, olandese e veneziana del XVI-XVII secolo) è stata mirata ad ottenere informazioni principalmente sui metalli utilizzati per

argentatura (Ag) e doratura (Cu, Ni). Mentre è stato rilevato piombo utilizzato nel processo di lavorazione e Ferro/Manganese come terra d'ombra per i contorni dei motivi decorativi. Significative differenze nell'utilizzo dei metalli sono state riscontrate nella discussione con le colleghe spagnole che hanno esaminato campioni di un periodo storico antecedente (XI-XII secolo).

### **T3.3 – Utilizzo di tecniche neutroniche**

Le attività del gruppo del NAST di UniRoma2 presso la sorgente di neutroni pulsati STFC-ISIS del Rutherford Appleton Laboratory (UK), peraltro inizialmente non previste nel progetto, sono state cancellate, avendo riscontrato una possibilità di eseguire analisi sui campioni di interesse per il progetto (frammenti di affresco e di cuoio da parati) mediante l'impianto **ENEA FNG** disponibile in Regione (a Frascati).

Allo scopo è iniziata un'attività preliminare di valutazione dei protocolli di irraggiamento per estrazione delle informazioni più significative dai dati, in particolare per analisi isotopiche finalizzate a supportare la provenienza dei pigmenti utilizzati nella realizzazione dell'affresco. E' già pianificata nel mese di ottobre una campagna su provini di simulanti di affresco (pigmenti a gialli, rossi e verdi a base di ferro su intonachino e substrato di mattone) appositamente realizzati per la calibrazione dei rivelatori.

Si prevede di rilasciare un'unica deliverable con i protocolli di misura e i risultati sperimentali al termine dell'attività. La variazione di obiettivo in corso d'opera ha richiesto lo spostamento della data prevista per il conseguimento della deliverable alla fine del progetto.

## **WP4 – Analisi e diagnostiche in situ e remote**

Nel quarto trimestre di progetto, in concomitanza con il periodo estivo, e quindi di massimo utilizzo turistico dei beni culturali di interesse per il progetto, l'attività in situ a cui si riferisce questo WP è stata limitata al massimo, anche su richiesta specifica dei gestori. Viceversa sono state concordate con il responsabile del palazzo Chigi di Ariccia, le ultime campagne da eseguire all'inizio del mese di ottobre mediante spettrometria Raman portatile (sulla Sanguigna dei Bernini e sui busti marmorei di scuola berniniana), sistemi laser scanner RGB-ITR e IR-ITR (sui quadri di Mario De Fiori e sui cartoni preparatori del Cavaliere D'Arpino), sui parati in cuoio montati sulle pareti. I risultati saranno analizzati nelle prossime settimane e saranno riportati in SAL5.

E' stato inoltre eseguito l'8/09/2019 (da Roberta Fantoni) un sopralluogo alle Catacombe Ad Decimum (presso Grottaferrata) per valutare la necessità di misure in situ e l'accessibilità per gli strumenti. Le catacombe contengono principalmente lastre di marmo incise con dediche in greco e latino, un affresco importante e una piccola tessera musiva cementata sulla chiusura di una tomba. L'affresco è stato recentemente restaurato, la problematica principale dell'intero complesso è legata al bio-degrado (T6.4) da caratterizzare e contrastare, per la tessera musiva c'è interesse nella caratterizzazione di materiali e metodi di realizzazione con tecniche ottiche/spettroscopiche in situ (T4.5). Sono in corso accordi con l'associazione che gestisce il sito (Gruppo Archeologico Latino) per l'accesso con gli strumenti e per i prelievi, le misure saranno eseguite nel trimestre successivo.

### **Task 4.1 – Imaging di fluorescenza remoto**

Nel trimestre di riferimento il gruppo **ENEA** in collaborazione **INFN-LNF** ha effettuato l'analisi delle immagini LIF e TR-LIF raccolte nella Basilica di San Nicola in Carcere, nella zona bassa dell'abside non decorata (da terra a 2 m di altezza), per avere informazioni sul bio-degrado (T6.4). Spettri ed immagini LIF sono stati processati utilizzando la metodologia di processing denominata Hierarchical K-means analysis, che ha permesso di evidenziare il biodegrado e l'efficacia della sua rimozione dopo il trattamento con il biocida. La tecnica è descritta nel rapporto [\[all.T4.1\\_1\]](#) dove sono riportati anche i primi risultati relativi alla diagnosi precoce (dopo un mese dal trattamento) della ricomparsa del biota quando i suoi effetti non sono ancora rivelabili da un esame ad occhio nudo.

Della sottomissione della pubblicazione sulla caratterizzazione dell'affresco nel cupolino è stato riferito nel T3.1, mentre il contributo alle misure di biodegrado è riportato nel lavoro in preparazione di cui al T4.2.

Una review di 10 pagine delle misure laser remote effettuate in situ da **ENEA**, già presentata a TECHNOHERITAGE, è stata pubblicata: "Laser remote and in situ spectroscopic diagnostics to CH surfaces" (autori Roberta Fantoni, Luisa Caneve, Francesco Colao, Mario Ferri De Collibus, Massimo Francucci, Massimiliano Guarneri, Valeria Spizzichino, Ottavia Santorelli) sui Proceed. of IV International Congress Science and Technology for the Conservation of Cultural Heritage - TechnoHeritage 2019/ CRC Press/Balkema - Taylor & Francis. [\[all.T4.1\\_2\]](#).

Da **ENEA** sono state svolte attività di elaborazione dati e di reporting:

- ✓ Sui busti marmorei della Galleria di palazzo Chigi di Ariccia - E' stata completata l'analisi dati LIF imaging / Raman e sono state svolte ricerche per identificare le patine presenti sul marmo, che in alcune zone (es. capelli) ne hanno alterato l'emissione di fluorescenza. I risultati sono stati presentati, come relazione su invito intitolata "Characterization of CH surfaces by different laser techniques", da Valeria Spizzichino al Workshop sulle Applicazioni Laser ai Beni Culturali nell'ambito della conferenza internazionale FLAMN che si è tenuto a San Pietroburgo il 2 luglio 2019 e sono stati sottomessi alla rivista Optical and Quantum Electronics (autori: V.Spizzichino, L.Bertani, L.Caneve, M.F.Caso – ENEA).  
I risultati sono stati anche presentati al primo convegno annuale del DTC da Maria Federica Caso (ENEA), in collaborazione con Lucilla Pronti (INFN-LNF) con lo speed pitch intitolato "Indagini diagnostiche sui dipinti e sui busti di marmo antichi di Palazzo Chigi ad Ariccia".
- ✓ Le aree dei busti con emissione di fluorescenza alterata hanno costituito il target del successivo studio mediante spettroscopia Raman portatile, eseguito nella campagna di ottobre, di cui si riporterà a SAL5.

#### **Task 4.2 – Imaging in situ e in profondità mediante NMR e THz portatili**

Nel terzo trimestre sono proseguite entrambe le attività in carico rispettivamente al CNR e all'ENEA.

- ✓ Imaging NMR - attività svolta dal **CNR-ISB**
  - Basilica di San Nicola in Carcere – E' stata completata l'elaborazione dei dati ottenuti utilizzando il sistema NMR portatile, raccolti per la quantificazione del contenuto e della distribuzione dell'umidità nella parte bassa dell'abside della chiesa di San Nicola in Carcere a Roma. Le mappe della distribuzione di umidità, elaborate con il software appositamente realizzato, si sono rivelate adatte all'integrazione dei risultati da diverse tecniche di imaging (termografia, acustica, fluorescenza). I risultati integrati hanno confermato la risalita dell'umidità dal basso, con una maggiore penetrazione nella parte sinistra dell'abside. E' in corso di stesura una pubblicazione scientifica congiunta intitolata "Moisture damage in ancient masonry: a multidisciplinary approach for in situ diagnostics" (autori Calicchia P., Colao F., De Simone, Capitani D., Di Tullio V., Luvidi L., Tati, Prestileo F., Proietti N. – T4.2, T4.1, T4.5 e T4.6) che verrà sottomessa alla rivista: NDT & E INTERNATIONAL Independent Nondestructive Testing and Evaluation. I risultati sono stati presentati da Noemi Proietti al Primo Convegno annuale del DTC con il contributo intitolato: "Rilievi delle infiltrazioni di umidità nell'abside della chiesa di San Nicola in Carcere durante i lavori di restauro" assieme a Paola Calicchia per la parte di rilievi acustici di cui al T4.6.
  - Palazzo Chigi di Ariccia. Mediante l'NMR portatile sono state eseguite dapprima (maggio 2019) misure di laboratorio preliminari per la caratterizzazione dei cuoi da parati (su frammenti), da confrontare con i dati acquisiti mediante scanner THz ed utilizzare per la calibrazione dei dati ottenuti in situ. All'inizio, come pianificato, è stata effettuata poi la campagna di misure in situ sui cuoi da parati presenti a Palazzo Chigi nella Stanza del Cardinale. Nelle misure di

laboratorio sono stati eseguiti spettri al  $^{13}\text{C}$  per ottenere informazioni sulle componenti organiche delle pelli e sull'utilizzo di sostanze note nella concia (tannino). Le misure sul campo invece sono state mirate a valutare lo spessore delle pelli ed eseguire una indagine stratigrafica del materiale, con la tecnica utilizzata infatti è possibile effettuare una stratigrafia degli strati ricchi di protoni del materiale con una risoluzione di circa 30-50  $\mu\text{m}$  in maniera non invasiva e non distruttiva. La stratigrafia è risultata abbastanza uniforme nei vari punti analizzati e lo spessore della pelle è di circa 1mm, costante per tutti i punti misurati. Sono stati effettuati anche altri esperimenti ancora in fase di processing che daranno un'idea del grado di conservazione e di idratazione della pelle dei parati.

✓ **Imaging al THz – attività svolta da ENEA**

Nel quarto trimestre è stato completato sia l'up-grading del sistema di acquisizione ed elaborazione dati nel sistema per analisi di laboratorio, che l'upgrading dell'hardware e l'ottimizzazione software di controllo per lo scanner 3D da campo, in previsione della campagna da svolgere sui cuoi da parati montati sulle pareti del Museo del Barocco a Villa Chigi di Ariccia.

I risultati preliminari ottenuti in laboratorio su campioni di cuoio da parati prelevati a Palazzo Chigi sono stati presentati da Emilio Giovenale al 105° Congresso Nazionale della Società Italiana di Fisica – L'Aquila, 23-27 settembre 2019 nella relazione su invito intitolata "Imaging THz per applicazioni nel campo dei beni culturali" (autori: A. Doria, G.P. Gallerano, E. Giovenale, M. Greco, M. Picollo, C. Cucci, K. Fukunaga – ENEA).

#### **Task 4.3 – Diagnostiche su materiali cartacei e pergamenacei**

Nel trimestre di riferimento sono state svolte attività:

- ✓ *Su carta* – nello specifico su due lettere autografe di San Francesco di Sales, custodite presso il Museo di Palazzo Chigi (Ariccia), esaminate da due gruppi distinti:
- Da parte del **CNR-ISC** son state completate le analisi sui risultati delle diagnostiche ottiche sullo stato di conservazione. Nello specifico si è svolta una campagna di indagini non distruttive in situ mediante fotografia multispettrale in luminescenza ultravioletta (Ultraviolet-Induced Luminescence - UVL), in riflessione Visibile (Visible-Reflected - VIS) e in riflessione infrarossa (Infrared-Reflected - IRR), e spettroscopia di riflettanza ultravioletto-visibile (UV-Vis). E' in preparazione un articolo sui risultati conseguiti.
  - Da parte del dip. Di Chimica di **UniRoma2** si è svolta una campagna di indagini non distruttive in situ mediante campionamento via spugne in lattice e analisi in laboratorio mediante cromatografia liquida con rivelazione UV/vis (HPLC) e spettroscopia ad infrarosso (FT-IR) sulle lettere autografe. Il campionamento è stato eseguito il 9 luglio 2019, le analisi sono state condotte nei laboratori di Chimica Analitica e Chimica Fisica. I risultati preliminari [all.T4.3], ottenuti in più punti delle lettere, hanno permesso di valutare lo stato di degradazione avanzato delle pagine analizzate e, in futuro, l'efficacia dei futuri interventi di restauro in termini di



rimozione delle forme ossidate della cellulosa responsabili dell'ingiallimento della fragilità presente sulle lettere.

- ✓ *Su cuoi da parati* - Da parte di **UniRM2** sono state eseguite misure ottiche e spettroscopiche per il monitoraggio della denaturazione del cuoio durante il processo di disinfestazione mediante raggi X utilizzando la tecnologia ottica innovativa della LTA (light transmission analysis) sul collagene Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR).

E' in preparazione un articolo che sarà sottomesso sullo special issue della rivista *Frontiers in Materials* e *Frontiers in Chemistry*: M. Vadrucci, C. Cicero, F. Borgognoni, G. De Bellis, C. Mazzuca, F. Mercuri, N. Orazi, E. Schifani, D. Uccelletti. "Effects of the ionizing radiation disinfection treatment on historical leather".

#### **Task 4.4 - Diagnostiche in situ relative a manufatti metallici.**

Le previste misure concordate da **UniRoma1** con la ditta di restauro Euresarte srl, sul cantiere aperto nella Chiesa di santa Maria del Popolo a Roma, relative alla velocità di corrosione pre e post pulitura, e successivamente all'applicazione del protettivo sulle formelle in bronzo di Michele Guerrisi (1920) che costituiscono il portone principale della Chiesa, sono state eseguite nel trimestre di riferimento. Per caratterizzare le patine protettive sulle formelle sono state eseguite in situ due diverse tipologie di misure:

1. Misure di spessore della patina (mediante spessimetro a correnti indotte Fisher Isoscope)
2. Valutazione della velocità di corrosione del metallo sottostante la patina (tramite misure di Resistenza di Polarizzazione lineare con corrosimetro Atel).

I risultati preliminari, con i dati relativi agli spessori e alle velocità di corrosione delle patine solo riportati nel rapporto preliminare [all.T4.4]. L'analisi dati verrà completata nel trimestre successivo.

Per quanto riguarda le altre diagnostiche in situ su metalli, in carico al **CNR-ISMN** con la collaborazione di **UniRoma3**, è proseguita l'attività diagnostica si è focalizzata sullo studio dei processi di deterioramento di manufatti in rame dorati, per supportarne il successivo restauro (vedi T5.2). Il caso di studio identificato per il progetto è dato dalle due fibbie di rame dorato ritrovate nel fiume Tevere a Roma e datate al 16°-17° secolo, che fornisce una importante occasione per approfondire la conoscenza dei fenomeni di corrosione di questa particolare classe di manufatti e contribuire all'ottimizzazione delle procedure di restauro da attivare.

I risultati sono stati presentati da Valerio Graziani (INFN-UniRM3) al Primo convegno annuale del DCT con lo speed pitch intitolato "Approccio multianalitico per lo studio dei fenomeni di degrado legati ad oggetti di rame dorato del XVI-XVII secolo rinvenuti nel Tevere". La pubblicazione in preparazione è riferita nel T5.2

#### **Task 4.5 – Indagini Riflettografiche e spettroscopiche in diverse regioni spettrali**

E' proseguita l'analisi dei dati ottenuti nelle campagne già svolte:

- ✓ Chiesa di santa Maria in Cosmedin – i risultati delle misure in situ sull'icona della Madonna con bambino conservata presso la chiesa di Santa Maria in Cosmedin in Roma, eseguite mediante riflettografia nel vicino IR dal Laboratorio di Analisi Non Distruttive e Archeometria – LANDA del Dip. SBAI di **UniRoma1**, sono stati oggetto della pubblicazione in procinto di sottomissione dal titolo “Stratigraphic analysis on Santa Maria in Cosmedin wooden altarpiece by medium wavelength infrared imaging techniques” (autori S. Ceccarelli, N. Orazi, C. Cicero, F. Mercuri, U. Zammit, S. Paoloni, M. Nuzzo, F. Matera, A. C. Felici, G.B. Fidanza). Inoltre, sono stati presentati da Fulvio Mercuri (**UniRoma2**) al Primo Congegno annuale del DTC con lo speed pitch intitolato “Studi di imaging nel medio infrarosso su opere pittoriche per il progetto ADAMO”.
- ✓ Basilica di San Nicola in Carcere – i eseguiti rilievi sugli affreschi mediante tecniche di imaging e spettroscopiche sono stati analizzati nel trimestre di riferimento:
  - Dal gruppo di **UniRoma1** le misure in riflettanza nel range spettrale VIS-SWIR (350 -2500 nm) e in imaging multispettrale nel range spettrale da 380 a 1000 nm.
  - **ENEA-FSN-TECFIS** le misure Raman sul cupolino dell'abside.
  - Il gruppo **ENEA-SSPT-PROMAS** le misure XRF in situ su 50 punti dell'affresco sull'abside e sul cupolino di Vincenzo Pasqualoni.

I risultati sono stati integrati nella pubblicazione in preparazione “The capability of TG LIF to characterize the pictorial materials used in the wall paintings of Vincenzo Pasqualoni on the apse of S. Nicola in Carcere, in Rome, supported by complementary spectroscopic techniques”, e presentati al 1° Convegno annuale del DTC da Martina Romani (INFN-LNF) con lo speed pitch intitolato “Il cantiere di restauro della Basilica di S. Nicola in Carcere”, come già citato al T3.1.

#### **T4.6 - Indagini termografica e riflettografica nell' IR, radiografie X**

- ✓ S. Maria in Cosmedin
  - Il laboratorio LANDAC di **UniRoma2** ha sottomesso un abstract sulle attività di ricerca effettuate presso S. Maria in Cosmedin (Roma), attualmente under review per la partecipazione alla conferenza MetroArchaeo2019 (Firenze, dicembre 2019).
- ✓ Palazzo Chigi di Ariccia:
  - Il laboratorio LANDAC di **UniRoma2** ha completato l'analisi delle indagini termografiche e riflettografiche nel medio infrarosso (3-5  $\mu\text{m}$ ) su quattro opere conservate presso Palazzo Chigi di Ariccia: Andrea Sacchi, “Ebbrezza di Noè”, olio su tela; Filippo Lauri e Mario Nuzzi, “La primavera”, olio su tela; Giovanni Maria Morandi e Mario Nuzzi, “Ritratto di Mario Nuzzi”, olio su tela; Gian Lorenzo Bernini, “San Giuseppe col bambino”, sanguigna su muro. Ulteriori analisi svolte in quest'ultimo trimestre hanno permesso di evidenziare ulteriori pentimenti e porzioni del disegno preparatorio che non erano state individuate precedentemente. Questi risultati sono stati recentemente sottoposti a valutazione per la partecipazione alla conferenza MetroArchaeo2019 (Firenze, dicembre 2019).

- Il gruppo **CNR-IC** ha effettuato nel trimestre precedente 40 misure XRF e quasi 30 radiografie sul dipinti e sulla sanguigna del Bernini. Nel quarto trimestre è stata completata l'elaborazione dei dati. Parte dei risultati sono riportati nell'articolo pubblicato su Heritage di cui al T3.1. Essendo stato possibile ottenere questi risultati in situ, di fatto non si sono più rese necessarie le misure di laboratorio inizialmente previste al T2.5, evitando l'oneroso e rischioso trasporto dei dipinti.
- Il gruppo **CNR-INM** ha acquisito Immagini acustiche per la valutazione della presenza di cavità sub-superficiali sul dipinto murale monocromo Graecia Vetus nella Sala dell'Ariosto. Parte dei risultati è stata presentata in un rapporto allegato a SAL2, sono in corso ulteriori analisi dei dati acquisiti per estrarre immagini risolte in frequenza.

✓ Basilica di San Nicola in Carcere

- Il gruppo **CNR-INM** ha acquisito immagini acustiche per la valutazione della presenza di umidità nella muratura dell'abside. L'indagine è stata condotta misurando la riflessione dell'onda sonora dalla muratura utilizzando due metodi sperimentali: 1) metodo della risposta impulsiva; 2) metodo del rapporto tra ampiezze. In entrambi i metodi si è estratto come dato indicativo dell'umidità della muratura la percentuale di assorbimento acustico. Al fine di interpretare i risultati ottenuto in situ mediante la correlazione fra la percentuale di assorbimento acustico e la percentuale di umidità presente nella muratura sono in corso test in laboratorio di risposta acustica di provini condizionati con diversi contenuti d'acqua. L'attività è svolta confrontando i risultati con quelli del sistema NMR portatile (cfr T4.2).

Sui risultati di questo Task relativi alle infiltrazioni di umidità sulle pareti dell'abside, integrati con quelli ottenuti nel T4.2, T4.1 e T4.5, è in preparazione una pubblicazione (CNR, ENEA, UniRM1) già citata nel T4.2. I risultati dell'analisi integrata sono stati anche presentati Paola Calicchia al 1° convegno annuale del DTC nello speed pitch e relativo poster intitolato "Rilievi delle infiltrazioni di umidità nell'abside della chiesa di San Nicola in Carcere durante i lavori di restauro", assieme a Noemi Proietti per le analisi NMR di cui al T4.2.

- Il gruppo **ENEA-SSPT** ha eseguito indagini con prove soniche e ultrasoniche sulla muratura dell'abside. Anche in questo caso sono in corso i test sui provini in collaborazione con CNR-INM.

## WP5: Analisi materiali e valutazione trattamenti

### T5.1 – Verifica di materiali e trattamenti per i restauri

L'attività di **UniTuscia** è andata avanti su più argomenti distinti:

- ✓ Applicazione di un sistema di acquisizione multispettrale su modelli 3D, creati da sculture policrome, per la documentazione dello stato di conservazione e dei materiali di restauro a supportare l'intervento conservativo. I risultati dell'attività, completa nei trimestri precedenti e già pubblicata, sono stati presentati da Luca Lanteri (UniTuscia) al 1° convegno annuale del DTC nello speed pitch e relativo poster intitolato "Applicazione di un sistema di acquisizione multispettrale su modelli 3D per la documentazione dello stato di conservazione e dei materiali di restauro nei beni culturali.
- ✓ Test di verifica di trattamenti protettivi per la pietra Sperone di Villa Mondragone. L'attività è stata svolta in collaborazione fra **UniTuscia** ed **ENEA**.  
I provini lapidei, ottenuti dal materiale raccolto nella zona della Fontana della Girandola di Villa Mondragone, dopo tre tipi di trattamento diverso utilizzabili per tufacei, sono stati inseriti nelle camere climatiche per l'invecchiamento artificiale indotto da:
  1. Radiazione UV-visibile (Solar Box presso UniTuscia).
  2. Cicli termici caldo/freddo in differenti condizioni di umidità (presso ENEA).

Mentre gli irraggiamenti si concluderanno sicuramente entro il prossimo trimestre, consentendo di conseguire risultati finali, i cicli termici sono stati completati. I cicli di invecchiamento con radiazione UV-Vis, sulla base della normativa più recente (UNI EN 17114 di gennaio 2019: Conservation of cultural heritage – Surface protection for porous inorganic materials – Technical and chemical data sheets of water repellent product e UNI EN 17036 luglio 2018: Conservation of Cultural Heritage – Artificial ageing by simulated solar radiation of the surface of untreated or treated porous inorganic materials), debbono garantire un'esposizione di almeno 2000 MJ/m<sup>2</sup>, corrispondente 1000 ore di invecchiamento in camera Solar Box.

Nel mese di agosto 2019, inoltre, sono state eseguite le prove di assorbimento per capillarità sui provini non invecchiati, sulla base della normativa EN 15801. Inoltre, sono state eseguite anche le misure dell'angolo di contatto, sempre sui provini prima dell'invecchiamento, in base alla normativa EN 15802.

I risultati dei cicli termici, della capillarità e dell'angolo di contatto sono allegati al presente rapporto ([All.T5.1\\_1](#)), mentre quelli del ciclo di irraggiamento in Solar Box, saranno allegati al rapporto finale.

In merito a questo Task, si segnala anche un lavoro pubblicato sui Proceedings del convegno ESRARC2019 (European Symposium on Religious Art, Restoration and Conservation) che si è tenuto a Valencia ad aprile 2019, nella sezione Keynote Lectures: "Documentation and analysis of the

colours in the architectural elements of the St. Sepolcro of Acquapendente” (autori: L. Lanteri, G. Agresti, C. Vaccarella, C Pelosi – UniTuscia e archeologo) (all.T5.1\_2).

Tale attività si inquadra nei metodi di documentazioni non invasive, da realizzarsi in situ, per la valutazione dello stato di conservazione delle superfici e per la possibile ricostruzione di apparati pittorici quasi completamente perduti in seguito a interventi antichi di restauro e rifacimento. La cripta medievale del Santo Sepolcro di Acquapendente (VT) è un sito molto importante per i pellegrinaggi sulla via Francigena, poiché al suo interno conserva la copia ritenuta dagli storici più antica in Europa del sacello di Gerusalemme.

## **T5.2 – Materiali e metodi per la conservazione.**

Nel trimestre sono state svolte sia attività su metalli e decorazioni metalliche su cuoio:

- ✓ Contrasto al “tumore del bronzo”. E’ stata completata l’attività congiunta di **UniRoma3 e CNR** sul caso di studio dato da una fibbia di rame dorato ritrovate nel fiume Tevere a Roma e datata al 16°-17° secolo (su cui sono state eseguite le diagnostiche nel T4.4). I risultati ottenuti sono stati sottomessi come pubblicazione intitolata "Exploring in depth degradation phenomena of ancient gilded objects" per pubblicazione sulla rivista scientifica "Frontiers in Chemistry-Nanoscience" Frontiers Media all’interno dello special issue "Nanoscience and Nanomaterials for the Knowledge and Conservation of Cultural Heritage" (autori L. Tortora, G. M. Ingo et al).  
E’ stato inoltre testato un coating protettivo per metalli a base di chitosano, sempre nell’ambito delle medesime attività congiunte di **UniRoma3 e CNR**.
- ✓ Contrasto al degrado delle superfici metallizzate sui cuoi da parati. Uno studio specifico su campioni da Palazzo Chigi di Ariccia è stato svolto in collaborazione fra INFN-RM3 e UNIRM3. I risultati preliminari sono stati presentati da Morena Iorio al 1° convegno annuale del DTC nello speed pitch e relativo poster intitolato “Studio della tecnica di produzione e dei prodotti di degrado di cuoi dorati e dipinti provenienti da Palazzo Chigi di Ariccia”.

## **T5.3 – Valutazione e caratterizzazione di materiali multifunzionali nanostrutturati**

**UniTuscia** ha completato la sperimentazione, con relativa analisi dei risultati, finalizzata alla verifica della stabilità di un sistema innovativo per la reintegrazione pittorica e per una ricostruzione potenziale di dipinti murali, denominato Tattoo Wall® o affresco digitale. L’Affresco Digitale è un’innovativa tecnica di decorazione che utilizza immagini elaborate al computer e trasferite su superfici di qualsiasi natura e dimensioni. L’Affresco Digitale consiste nell’effettivo trasferimento del colore direttamente sulla superficie desiderata. Il risultato sarà quello dell’"effetto affresco". Il procedimento è stato dettagliatamente descritto nella relazione precedentemente allegata a SAL3. I risultati ottenuti sono stati elaborati per creare mappe di predizione che permettono di valutare il comportamento de materiali utilizzati nella realizzazione dell’affresco digitale.

I risultati sono stati sottomessi alla rivista *Microchemical Journal* come pubblicazione intitolata "Hyperspectral imaging as a powerful technique for evaluating the stability of Tattoo Wall®" (autori: G. Agresti, G. Bonifazi, Giuseppe Capobianco, C. Pelosi, S. Serranti and A. Veneri – nell'ambito della collaborazione fra UniTuscia e **UniRoma1**).

Un contributo sull'argomento è stato inoltre presentato da Claudia Pelosi (UniTuscia) al 1° convegno annuale del DTC nello speed pitch e relativo poster intitolato "Verifica della stabilità di materiali innovativi per il restauro: il caso dei Tattoo Wall®".

## **WP6 – Sistemi di Monitoraggio ambientale**

### **T6.1 – Modellistica del degrado su lapidei indotto da agenti atmosferici**

L'attività del task è continuata con la valutazione della penetrazione e interazione della CO<sub>2</sub> su manufatti di materiale lapideo. Il costante e significativo aumento della CO<sub>2</sub> atmosferica ha un notevole impatto anche sugli ambienti interni, come hanno rilevato i dati acquisiti nel monitoraggio climatico. Il modello matematico ha individuato la capacità della CO<sub>2</sub> di penetrare nelle porosità di pietre e manufatti porosi. Un materiale lapideo calcareo subirà una facile degradazione se la CO<sub>2</sub> atmosferica penetrerà per diffusione all'interno della distribuzione dei pori che la caratterizza. In presenza di acqua dovuta a umidità (atmosferica, di risalita o di percolazione) la CO<sub>2</sub> si trasforma in acido carbonico aggressivo per le superfici calcaree. Infatti, si stabilisce una reattività chimica che causa la solubilizzazione del carbonato di calcio, provocando un'erosione del manufatto stesso.

Il monitoraggio a Villa Blanc sta continuando e nuovi dati potranno fornire indicazioni maggiori e più in dettaglio sull'andamento climatico degli ambienti interessati. Questi nuovi dati potrebbero fornire dettagli più specifici per l'ottimizzazione del modello.

### **T6.2 – Modellizzazione della ricristallizzazione di Sali su murature in ambiente ipogeo**

L'attività nel quarto trimestre si è concentrata sulla valutazione di effetti di cristallizzazione salina in mezzi porosi con modelli matematici di diffusione, per la predizione del danno da efflorescenze e sub-efflorescenze. Il modello è stato sviluppato e messo a punto tenendo in considerazione la diffusione e la cristallizzazione di Sali solubili quali solfato di calcio, notoriamente molto distruttivi. La validazione del modello su dati di rilevamento raccolti dai partner di progetto in altri Task sarà effettuata nell'ultimo trimestre di progetto.

Alcuni risultati significativi sono stati presentati da Gabriella Bretti (CNR) al 1° convegno annuale del DTC nello speed speech e relativo poster intitolato "Modellistica matematica applicata alla simulazione del danneggiamento di superfici lapidee e del relativo consolidamento".

### **T6.3 – Modellizzazione dello sviluppo di bio-degrado in ambienti ipogei**

Anche in questo caso il simulatore è stato messo a punto sulla crescita singola dei vari batteri raccolti in ambienti ipogei durante le diverse campagne di progetto (in particolare nelle catacombe) e i dati ottenuti sono stati utili per la verifica dei dati teorici. Si valuterà l'opportunità di validare il simulatore con altre forme di crescita.

#### **T6.4 – Sistema di analisi e controllo in situ dei fenomeni di biodegrado**

Nel quarto trimestre è proseguita l'attività di laboratorio e di analisi dati per caratterizzazione di microrganismi prelevati da diversi siti ipogei e giardini, nonché la sperimentazione di trattamenti per contrastare i fenomeni di biodegrado:

- ✓ Il gruppo di Biologia di **UniRoma1** ha continuato gli esperimenti volti alla caratterizzazione fisiologica di microrganismi biodeteriogeni precedentemente isolati nelle catacombe di San Callisto, all'Appio Latino. I dati sono stati utilizzati per la costruzione del modello matematico nel T6.3.
- ✓ Il gruppo di Biologia di **UniRoma1** ha eseguito caratterizzazioni sui microrganismi biodeteriogeni prelevati nella basilica di San Nicola. Sono state studiate le efflorescenze saline presenti nella Chiesa, evidenziando la presenza di solfato di calcio nelle strutture absidali della chiesa e di gesso nella struttura ipogea. La caratterizzazione dei biodeteriogeni è stata presentata da Alessandro Grottoli (UniRM1) al Primo convegno annuale del DTC "Il cantiere di restauro della Basilica di S. Nicola in Carcere: intervento di diagnostica non invasiva sui materiali dell'affresco e sugli agenti biotici responsabili del biodegrado", realizzato in collaborazione con la collega Martina Romani (INFN).
- ✓ Il gruppo **Uniroma3** (dip. Scienze Prof. M.A. Ricci e collaboratori) ha completato le indagini morfologiche e chimico-fisiche delle nanoparticelle caricate con i 3 diversi biocidi e parallelamente iniziato la sperimentazione in vitro su specie batteriche selezionate tra quelle presenti presso le Mura Aureliane. Sui risultati dell'attività sono in corso di stesura due pubblicazioni da sottomettere a rivista scientifica internazionale:
  - a) L. Ruggiero, F. Bartoli, M.R. Fidanza, F. Zurlo, E. Marconi, T. Gasperi, S.Tuti, L. Crociani, G. Caneva, E. Di Bartolomeo, M.A. Ricci, A. Sodo "Encapsulation of environmentally-friendly biocides in silica nanosystems for multifunctional coatings" da sottomettere ad Applied Surface Science.
  - b) L. Ruggiero, F. Bartoli, M.R. Fidanza, G. Caneva, M.A. Ricci, A. Sodo. "An innovative self cleaning multifunctional coating with antifouling properties for architectural stone surfaces" da sottomettere ad Frontiers in Materials.
  - c) A.Grottoli, M.Beccaccioli, E.Zoppis, R.S.Fratini, E.Schifano, M.L. Santarelli, D.Uccelletti, M.Reverberi "Nanopore sequencing and bioinformatics for rapidly identifying cultural heritage spoilage microorganisms" da sottomettere ad Frontiers in Materials.

#### **T 6.5 – Monitoraggio combinato strutturale e di parametri ambientali sulle strutture**

Relativamente alle applicazioni di sensori in fibra ottica per monitoraggi ambientali e strutturali, **ENEA** ha realizzato e caratterizzato nuovi sensori FBG funzionalizzati per l'installazione in situ. Nel trimestre di riferimento sono proseguite due attività in situ:

- ✓ Sulle Mura Aureliane sono state considerate per le nuove installazioni catene nel tratto adiacente a Porta San Sebastiano. A seguito del perfezionamento del pre-esistente accordo di collaborazione con la Sovrintendenza Capitolina sono stati eseguiti tutti i rilievi preliminari fotogrammetrici per il corretto posizionamento dei sensori, che è stato rimandato ad ottobre. I risultati preliminari saranno oggetto



della presentazione “Using of fiber optic sensors and 3D photogrammetric reconstruction for crack pattern monitoring of masonry structures at the Aurelian Walls in Rome” (autori: I. Bellagamba, M. Caponero, M. Mongelli – ENEA e UniRM1) che sarà presentata alla 16th Int. Conf. on Studies, Repairs and Maintenance of Heritage Architecture STREMAH2019 7-9/10/2019 Seville, e pubblicata nei relative proceedings.

- ✓ Sono proseguite le attività relative all’allestimento dimostrativo sul sito sul Ninfeo Ponari di epoca romana presente a Cassino, miranti lo scopo di verificarne la stabilità strutturale e l’impatto degli eventi climatici. Lo studio, largamente al di fuori del contesto prescelto, ma di interesse nella partnership del DTC, proseguirà oltre gli obiettivi di progetto. L’installazione dei sensori è stata effettuata come previsto nel mese di settembre, l’acquisizione dati procederà nei mesi successivi. I risultati preliminari sono stati presentati congiuntamente Michele Caponero (ENEA) e Eugenio Polito (UniCas) al 1° convegno annuale del DTC come speed pitch e realtivo poster intitolato “Tecnologie per il monitoraggio strutturale del Ninfeo Ponari di Cassino”.

Su invito di UniCAS inoltre è stata effettuata una presentazione congiunta dell’installazione e dei risultati preliminari a **Gaeta** in occasione della notte della ricerca (30/09/2019)

[https://www.frascatiscienza.it/pagine/notte-europea-dei-ricercatori-](https://www.frascatiscienza.it/pagine/notte-europea-dei-ricercatori-2019/programma/?evs=2622&bytarget=&bycategory=&bytown=Gaeta&byday=&byorgs=514)

[2019/programma/?evs=2622&bytarget=&bycategory=&bytown=Gaeta&byday=&byorgs=514](https://www.frascatiscienza.it/pagine/notte-europea-dei-ricercatori-2019/programma/?evs=2622&bytarget=&bycategory=&bytown=Gaeta&byday=&byorgs=514)

*Oggetto del seminario sarà la strategia di valorizzazione dell’incontro fra archeologia e tecnologia alla luce di un esempio concreto: la collaborazione di archeologi e scienziati dell’Università e di grandi enti di ricerca intorno ai problemi della conservazione e della valorizzazione di uno splendido edificio romano, il Ninfeo Ponari di Cassino, un monumento a volta di ca 7 metri di altezza, dotato di decorazione parietale dipinta e di mosaici pavimentali. Il seminario verrà introdotto dagli organizzatori, Cristina Corsi e Eugenio Polito, docenti dell’Università di Cassino e del Lazio Meridionale, che illustreranno il quadro storico-culturale e le metodologie scientifico-tecnologiche individuate come più idonee per garantire la conservazione e la valorizzazione del monumento. Da parte di una équipe dell’**ENEA** verrà poi illustrato l’esempio concreto dell’intervento messo in atto per garantire un continuo monitoraggio dello stato di salute del monumento attraverso l’applicazione di tecnologie all’avanguardia. La sostenibilità e l’efficacia del progetto dal punto di vista economico e finanziario nel quadro attuale saranno illustrate da Daniela Federici, docente dell’Ateneo laziale.*

Sempre da **ENEA** sono state proseguite le riunioni con la Curia di Frascati, su richiesta della medesima, volte a definire la fattibilità di un monitoraggio in fibra ottica di significative pareti del Duomo di Monte Porzio Catone, nell’area dei castelli Romani selezionata per le attività del progetto ADAMO, e all’utilizzo dei dati per una valutazione dell’attuale stato di vulnerabilità del complesso monumentale. L’apposita Convenzione fra ENEA e Curia è stata predisposta ed è in firma, le attività proposte sono in fase di valutazione da parte della Sovrintendenza di competenza.

## **T6.6 – Sviluppo ed applicazione di sensori nano dimensionali per la qualità dell'aria**

Non sono state svolte attività nel trimestre di riferimento su questo task, né dal gruppo di UniRM3 né dal gruppo CNR-IIA. Quest'ultimo potrebbe essere coinvolto in un'ultima campagna di monitoraggio sul sito di Villa Blanc.

## **WP7 – Bioarcheologia, antropologia e biologia ambientale**

### **T7.1 – Archeobotanica**

Sulle attività di Archeobotanica sono attivi due gruppi distinti che hanno entrambi prodotti risultati nel trimestre di riferimento:

- ✓ Il gruppo di **UniRoma2** ha proseguito le analisi effettuate su reperti conservati nel Museo APR e relativi al sito di Passo Lombardo (resti Villa rustica romana per effettuare studi di archeobotanica) effettuando studi sui resti scheletrici del sito di Boccone del Povero, conservati al museo APR di Roma, per stabilire il pattern alimentare.
  
- ✓ Il gruppo di **UniRoma1** ha invece continuato ad analizzare campioni vegetali provenienti da una stipa votiva (scavi di Locus Feroniae). Da analisi preliminari svolte su terre di riempimento di alcuni vasetti miniaturistici recuperati durante gli scavi del Santuario sono stati estratti campioni di origine vegetale combusti.

### **T7.2 – Antropologia**

Questo task prevede attività di antropologia distinte in due sottogruppi, relativi rispettivamente alla paleodieta umana e all'archeantropologia:

- ✓ Da parte del laboratorio di Antropologia di **UniRoma2** è stata completata l'attività sui reperti del Museo APR (sito di Tor Vergata, provenienti dalla Villa Rustica e dall'annessa necropoli), con l'analisi dei dati raccolti. E' in corso la preparazione di rapporti per la pubblicazione dei risultati, che hanno evidenziato l'importanza dei bacini di allevamento ittico nella zona.
  
- ✓ Da parte del gruppo di Antropologia di **UniRoma1** è stata completata l'analisi dei resti umani di 200 individui provenienti dagli Scavi di Locus Feroniae. Anche in questo caso è in corso la preparazione di rapporti per la pubblicazione dei risultati, che hanno al contrario evidenziato una dieta era tipica di zone rurali di terra con proteine vegetali e prodotti caseari.

### **T7.3 – Biologia ambientale**

Le attività di Botanica ambientale di **UniRoma3 in collaborazione con i** i gruppi di **UniRoma1** e **UniTuscia** nei giardini di Villa Mondragone si sono concluse nel trimestre precedente, mentre sono proseguiti gli studi in ambiente ipogeo.

- Per la parte dell'attività di **UniRoma1** relativa alla biologia ambientale negli ambienti ipogei sono stati esaminati i microorganismi prelevati sul Sito di San Nicola In Carcere, sia nella chiesa oggetto di trattamenti con biocida durante il restauro, sia nella cripta sottostante. L'analisi microbiologica è stata effettuata sia isolando i microrganismi coltivabili che estraendo direttamente il DNA dai campioni prelevati per identificare, con approccio di Deep-sequencing, i microrganismi coltivabili e non. I risultati

delle analisi chimiche ottenuti sui campioni di efflorescenze saline prelevate in corrispondenza delle zone affette da bio-degrado sono stati esaminati in dettaglio e messi a disposizione del progetto per validare il modello sviluppato nel T6.2. L'elaborazione dei risultati complessivi è riportata nel rapporto allegato [all.T7.3].

I risultati sono stati presentati da Andrea Grottoli (uniRoma1) al 1° convegno annuale del DTC con speed pitch e relativo poster nell'ambito del contributo "Il biodegrado nel cantiere di restauro della Basilica di S. Nicola in Carcere".

## **Validazione dei risultati conseguiti** (deliverable intermedie)

T1.2 – Rapporto STeMA (all.T1.2)

T2.2 – Pubblicazione caratterizzazione cuoio da parati (all.T2.2.\_1)

T2.2 – Risultati delle indagini SERS sui coloranti antichi usati nei tessuti: misure dirette su fibre di lana (all.T2.2\_2);

T2.2 – Risultati delle indagini SERS sui coloranti antichi usati nei tessuti: misure in soluzione (all.T2.2\_3)

T3.1 – Risultati dell'irraggiamento di campioni di affresco e cuoio da parati mediante la luce di Sicrotrone nell'IR di ELETTRA (all.T3.1\_1)

T3.1 – Pubblicazione relativa alle diagnostiche su opere pittoriche del Museo del Barocco (all.T3.1\_2)

T4.1 – Analisi mediante Hyerarchical K-mean delle immagini LIF risolte in tempo raccolte sulle pareti del coro di San Nicola in Carcere. (all.T4.1\_1)

T4.1 – Pubblicazione relativa a tecniche laser scanner per imaging ottico e spettroscopico (all.T4.1\_2)

T4.3 – Rapporto sulle analisi chimiche non distruttive eseguite su materiale estratto dalle lettere di San Francesco di Sales di Palazzo Chigi di Ariccia (all.T4.3)

T4.4– Diagnostica in situ su manufatti metallici mediante tecniche elettrochimiche (all.T4.4)

T5.1 – Rapporto sui provini di pietra sperone invecchiati artificialmente (all.T5.1\_1)

T5.1 – Pubblicazione sui Proceed. ESRARC relativa ai colori usati nel S. Sepolcro di Acquapendente (all.T5.1\_2)

T7.3 – Rapporto sul biodegrado nella Basilica di San Nicola in Carcere (all.T7.3)

### **3. Attivazione e coinvolgimento delle imprese laziali/stakeholders nel progetto, attuali e potenziali collaborazioni**

Per la scelta dei siti sono stati coinvolti gli stakeholder di riferimento (proprietari o gestori):

- Diocesi di Frascati
- Sovrintendenza Capitolina, con le sue direzioni relative a:
  - Mura Aureliane
  - Parco Archeologico di Centocelle
  - Chiesa di Santa Maria in Cosmedin
- Fondazione Villa Mondragone
- Comune di Ariccia
- Pontificia Commissione di Archeologia Sacra
- Museo APR di Tor Vergata
- Impresa di restauro Euresarte srl
- Sovrintendenza speciale archeologia, belle arti e paesaggio di Roma per San Nicola in Carcere
- Gruppo Archeologico Latino

Sono state già coinvolte nelle attività le imprese:

- ❖ Di restauro che collaborano con UniTuscia nei test di nuovi consolidanti, in cantieri aperti a Viterbo e provincia
- ❖ Di restauro che collaborano con CNR e RM2 nello sviluppo di nuovi metodi per il restauro di beni cartacei (Art'è s.n.c., ditta individuale Lorenzo Civiero, e BPMI S.r.L)
- ❖ Di archeologi (ditte individuali) che operano sul sito della Villa della Piscina e su siti in provincia di Viterbo.
- ❖ ARS MENSURAE srl che collaborava già in precedenza con UniRoma1 e con il CNR

Saranno inoltre coinvolte nelle attività finali di disseminazione le imprese:

- ❖ Di monitoraggio già attive sul sito di Villa Blanc TECNO-EL srl (<http://www.tecno-el.it/> o successivamente coinvolgibili Ascisse srl (<http://ascisse.it/>), MCQ (<http://www.mcqinst.com/>) Di installazione ed operazione di sensoristica in fibra ottica: Ingegneria integrata srl, Somma srl, LER srl, già partner di ENEA in precedenti progetti (COBRA); associazione CODIS "Associazione per il Controllo, la Diagnostica e la Sicurezza di Strutture, Infrastrutture e Beni Culturali".

Sono inoltre potenziali collaboratori le imprese Around Culture srl che collabora già con ENEA, e ARCHEOARES che collabora già con UniTuscia (presenti del board del DTC).

Sono inoltre interessate le ditte: Valentina Romè (impresa individuale) Roma; Maria Gigliola Patrizi, Conservazione Restauro Opere d'Arte, Roma; Stella Cascioli (ditta individuale) Fiumicino (Roma); Eleonora Gioventù, CòIRA Restauro, Roma; Alberto Mazzoleni, (ditta individuale) Roma; Consorzio Aureo, Roma; Algorithmica Srl, Roma; Cester Impresa s.r.l., Roma; "Hubstract - made for art, Viterbo (VT); Nextant Applications & Innovative Solutions S.r.l. NAIS, Roma; SAARCH società di Ingegneria s.r.l. (Roma).

#### **4. Eventuali innovazioni/avanzamenti tecnologici prodotti dal progetto in relazione allo stato dell'arte dello specifico settore di riferimento**

Un avanzamento era già stato riscontrato in SAL2 relativo all' "Uso degli oli essenziali per contrastare il biodegrado, dimostrazione di differenti composizioni per biodegrado in catacombe (**UniRoma2**) e su scavi archeologici (**UniTuscia**)". Ulteriori avanzamenti segnalati in SAL3 riguardano: "Uso della tecnica non distruttiva LTA (light transmission analysis) per verificare il degrado di sostanze organiche costituenti BC" (proposta da **UniRoma2**, e verificata in collaborazione con ENEA e Uniroma1) e "Utilizzo della tecnica Tatroo wall per la reintegrazione di affreschi" (messa a punto da **UniTuscia**).

Come già evidenziato in SAL3 alcuni elementi della ricerca condotta nell'ambito del task 1.2 da **UniRoma2** risultano particolarmente innovativi. Il processo di valutazione ex ante condotto attraverso la metodologia STeMA (v. all.T1.2) consente di stabilire i limiti di sostenibilità entro cui elaborare il progetto di valorizzazione. Tali risultati sono stati sottoposti all'attenzione della Regione Lazio, del Ministro MIUR, del MiBACT, del MEF, di Roma Capitale, dell'Osservatorio Territoriale Parlamentare su Roma 2030-2050. Gli stessi hanno dato origine a dibattiti interni (workshop) e proposte di condivisione con stakeholders nazionali, sostenendo l'ipotesi che l'area di studio possa di fatto essere parte del progetto smart sustainable campus e includere il Parco dell'Appia. Tali progetti stanno convergendo, insieme a quelli del progetto ADAMO, in un'ipotesi di valorizzazione basata sul turismo scientifico, come conseguente proposta – da verificare in fase di simulazione ex post – dello sviluppo di un'economia della cultura e della creatività basata sulle risorse localizzate e fortemente integrate con i BC oggetto di approfondimento e sperimentazione tecnologica in ADAMO. Un 1st position paper è stato elaborato a scopo divulgativo e sarà oggetto di pubblicazione per la parte riguardante le esperienze condotte nel WP1 (RM2/RM3)

Ulteriori tecnologie innovative utilizzate nel trimestre:

- Determinazione di umidità mediante analisi NMR in situ (CNR);
- Determinazione di umidità mediante tecniche acustiche in situ (CNR);
- Applicazione della nanoindentation ad analisi sui BC (UniRM3);
- Analisi mediante SERS di coloranti organici antichi nei tessuti (uniRM1);
- Algoritmi per classificazione di marmi classici e relativi trattamenti superficiali da spettri e imaging monocromatico LIF (ENEA).

## 5. Diffusione dei risultati del progetto: pubblicazioni, seminari, congressi, ecc.;

### Partecipazione a eventi divulgativi, mostre e fiere:

- ✓ Tuscia Makers, Viterbo 27/09/2019:  
“Tecnologie digitali per la diagnostica dello stato di conservazione dei beni culturali” (intervento Roberta Fantoni - ENEA) tenuto nell’ambito della sessione “Academy: Beni culturali Innovazione tecnologica per la tutela e la valorizzazione del patrimonio culturale” a cura di Innova camera, Chairman Alfonso Quaglione (MediaGeo).
- ✓ Notte europea della ricerca a Matera (26-27/9/2019), con due eventi divulgativi (partecipazione INFN-LNF):
  - Conferenza “Luce di Sincrotrone e beni culturali” presso la Scuola di Alta Formazione e studio (26/09/2019 ore 17.00) relatori: M. Romani e L. Pronti.
  - Laboratorio “Affreschi all’Infrarosso” alla chiesa rupestre di S. Lucia alle Malve 27/09/2019 dalle 19.00 alle 21.00 (attività svolta in collaborazione con ISCR), relatori M. Cestelli Guidi, M. Romani e L. Pronti.

### Attività di disseminazione a livello nazionale e internazionale:

- ✓ EMSLIBS2019 – Xth Euromediterranean Conference on Laser Induced Breakdown Spectroscopy”, Brno 9-12/09/2019
  - “Complementary characterization of ancient Roman frescoes by PIXE and LIBS techniques” (presentazione R. Fantoni ENEA, INFN)
- ✓ FLAMN 2019 – International Symposium “Fundamentals of Laser Assisted Micro- and Nanotechnologies” Saint Petersburg 1- 4/07/ 2019
  - “Characterization of CH surfaces by different laser techniques” (presentazione su invito V. Spizzichino ENEA)
- ✓ XLVII Conferenza Nazionale della Divisione di Chimica Fisica della Società Italiana di Chimica, Roma Sapienza, 1-4 luglio 2019:
  - “Caratterizzazione remota ed in-situ dell’affresco di Vincenzo Pasqualoni sull’abside della basilica di San Nicola in Carcere a Roma” (presentazione R. Fantoni ENEA, INFN, sovrintendenza, restauratore)
  - “FT-IR micro-spectroscopy for monitoring the LIF induced degradation of organic binders in artworks”(presentazione M. Romani INFN-LNF, UniRM2)
  - “Experimental and theoretical UV/Vis-IR-THz spectroscopies for diagnostic studies of ancient papers” (M. Missori – CNR-ISC)
- ✓ 105° Congresso Nazionale della Società Italiana di Fisica SIF – L’Aquila, 23-27/09/2019
  - “Imaging THz per applicazioni nel campo dei beni culturali” (presentazione su invito E. Giovenale ENEA)



- ✓ Dialogo competitivo sul CH Europeo svoltosi il 4/9/19 presso la sede del programma ESPON in Lussemburgo
  - Presentazione del progetto H2020 CUTIES - classificatori 4° alla valutazione (sono stati finanziati i primi 3 progetti) che ha recepito le esperienze condotte nel WP1 (M. Prezioso - UniRM2).

#### Web News:

- ✓ News sulla pagina Facebook INFN-CHNet (<https://www.facebook.com/INFN.CHNet/>) riguardanti aggiornamenti periodici sui siti di analisi, partecipazione ad eventi divulgativi, organizzazione di workshop di progetto.

#### Partecipazione a programmi televisivi

- ✓ Servizio sul Laboratorio di diagnostiche e Metrologia dell'ENEA Frascati partecipante ad ADAMO trasmesso in TV il 12/07/2019 alle 20:40 su Rainews24 nell'ambito del programma Futuro24.

#### Pubblicazioni su rivista internazionale

Lavori pubblicati, ai 6 lavori già pubblicati nei primi due trimestri si aggiungono le pubblicazioni n.7 -10:

1. Lucilla Pronti, Martina Romani, Gianluca Verona-Rinati, Ombretta Tarquini, Francesco Colao, Marcello Colapietro, Augusto Pifferi, Mariangela Cestelli-Guidi and Marco Marinelli "Post-processing of VIS, NIR and SWIR multispectral images of paintings. New discovery on the "The Drunkenness of Noah" painted by Andrea Sacchi stored at Palazzo Chigi (Ariccia, Rome)" *Heritage* 2019, **2**, 2275-2286 <https://doi.org/10.3390/heritage2030139> (INFN, UniRM2, ENEA, IC-CNR (T3.1-T4.5).
2. Roberta Fantoni, Luisa Caneve, Francesco Colao, Mario Ferri De Collibus, Massimo Francucci, Massimiliano Guarneri, Valeria Spizzichino, Ottavia Santorelli "Laser remote and in situ spectroscopic diagnostics to CH surfaces" *Proceed. of IV International Congress Science and Technology for the Conservation of Cultural Heritage - TechnoHeritage 2019*. Eds-in-Chief: Pilar Ortiz and Francisco Pinto, Guest Eds: Andres J. Prieto, Philippus Verhagen / CRC Press/Balkema - Taylor & Francis Group (10 pages).
3. M. Iorio, V. Graziani, S.A.B. Lins, S. Ridolfi, P. Branchini, A. Fabbri, G.M. Ingo, G. Di Carlo, and L. Tortora "Exploring manufacturing process and degradation products of gilt and painted leather" *Applied Science* *Appl. Sci.* 2019, **9**, 3016; [doi:10.3390/app9153016](https://doi.org/10.3390/app9153016) (UniRM3, UniRM1, CNR e impresa Ars Mensurae – T2.2).
4. L. Lanteri, G. Agresti, C. Vaccarella, C. Pelosi, "Documentation and analysis of the colours in the architectural elements of the St. Sepolcro of Acquapendente (Italy)", *Proceedings Book, Kermes Series*, Torino, 2019, pp. 26-29, ISSN 2532-4381, ISBN 978-88-32029-11-6, WOS: 000476685000003. (UniTUS e archeologo– T5.1).

Lavori sottomessi, ancora in attesa di valutazione:

1. Noemi Orazi, Cristina Cicero, Ugo Zammit, Stefano Paoloni, Monia Vadrucci, Fulvio Mercuri "Mid-Wavelength Infrared Reflectography and Thermography for the study of book materials, submitted to Infrared Physics and Technology (UniRoma2 e ENEA).
2. M. Romani, L. Pronti, F. Colao, G. Capobianco, C. Seccaroni, A. Tognacci, A. Puiu, A.C Felici, G. Verona-Rinati, M. Cestelli-Guidi, G. Bonifazi, S. Serranti, M. Marinelli, M. Mangano, A. Acconci, R. Fantoni "The capability of TG LIF to characterize the pictorial materials used in the wall paintings of Vincenzo Pasqualoni on the apse of S. Nicola in Carcere, in Rome, supported by complementary spectroscopic techniques". sottomesso a Applied Spectroscopy (INFN, ENEA, UniRoma1, Sovrintendenza e impresa Euresarte - T3.1, T4.1, T4.5).
3. M. Sbroscia, M. Cestelli-Guidi, F. Colao, S. Falzone, C. Gioia, P. Gioia, C. Marconi, D. Mirabile Gattia, E.M. Loreti, M. Marinelli, M. Missori, F. Persia, L. Pronti, M. Romani, A. Sodo, G. Verona-Rinati, M. A. Ricci, R. Fantoni "Multi-analytical non-destructive investigation for the reconstruction of decorative apparatuses of "Villa della Piscina" in Rome" (UniRoma3, INFN, ENEA, CNR, archeologhe, sovrintendenza Capitolina - T3.1, T4.3, T5.2. Sottomessa al Microchemical Journal ed accettata con richiesta di minori revisioni.
4. Calicchia P., Colao F., De Simone, Capitani D., Di Tullio V., Luvidi L., Tati A., Prestileo F., Romani M., Proietti N. "Moisture damage in ancient masonry: a multidisciplinary approach for in situ diagnostics" submitted to Journal: NDT E INTERNATIONAL Independent Nondestructive Testing and Evaluation (CNR, ENEA, INFN – T4.2, T4.6, T4.1).
5. M. Vadrucci, C. Cicero, F. Borgognoni, G. De Bellis, C. Mazzuca, F. Mercuri, N. Orazi, E. Schifani. D. Uccelletti. "Effects of the ionizing radiation disinfection treatment on historical leather" Frontiers in Materials e Frontiers in Chemistry (ENEA, UniRoma1, UniRoma2 – T4.3, T2.4)
6. L. Ruggiero, A. Sodo, M. Cestelli Guidi, M. Romani, A. Sarra, P. Postorino, M. A. Ricci. "Raman and ATR FT-IR Investigations of innovative silica nanocontainers loaded with a biocide for stone conservation treatments". sottomesso al Microchemical Journal.
7. G. Agresti, G. Bonifazi, G. Capobianco, C. Pelosi, S. Serranti and A. Veneri "Hyperspectral imaging as a powerful technique for evaluating the stability of Tattoo Wall®" (UniTuscia e UniRoma1 – T5.3). sottomesso al Microchemical Journal.
8. V.Spizzichino, L.Bertani, L.Caneve, M.F.Caso "Characterization of CH surfaces by different laser techniques" sottomesso a rivista Optical and Quantum Electronics (ENEA – T4.1)
9. I. Bellagamba, M. Caponero, M.L. Mongelli "Using Fiber optic sensors and 3D photogrammetric reconstruction for crack pattern monitoring of masonry structures at the Aurelian Walls in Rome" Proceedings of STREMAH Conference 2019. (ENEA e UniRoma1 – T6.5)

### Sito web di progetto

Il sito web di progetto è stato progettato e realizzato nel corso del secondo trimestre dalla Divisione per lo sviluppo Sistemi per l'Informatica e l'ICT (DTE ICT) di **ENEA**: [progettoadamo.enea.it](http://progettoadamo.enea.it) in maniera che sia possibile avere la massima facilità di accesso alle attività svolte e ai risultati ottenuti dai laboratori coinvolti

nel progetto. È strutturato in modo da rendere facile ed immediato il reperimento di tutte le informazioni base inerenti i singoli task. Inoltre, sono pubblicati i SAL, le relazioni tecniche e gli abstract delle pubblicazioni scientifiche prodotte dai vari gruppi di lavoro coinvolti, così come le presentazioni alle conferenze e agli eventi disseminativi rese disponibili.

Il menù principale, così strutturato:

- Progetto
- Risultati
- Media
- News ed Eventi
- Partner
- Contatti
- English.

Il sito stato continuamente aggiornato nel corso del quarto trimestre, lo stato di avanzamento riportato nel banner si riferisce alla data del 1/10/2019.

---

Tutta la documentazione preliminare relativa allo svolgimento delle attività è riportata sul sito di progetto. Si allegano alla presente relazione:

- n. 4 pubblicazioni già apparse su rivista internazionale (che si aggiungono a n. 6 pubblicazioni già allegata a SAL2+SAL3), e 9 lavori sottomessi per la pubblicazione.
- n. 9 rapporti di progetto relativi a deliverable consolidate nel trimestre di riferimento (si ricorda che altri n. 6 allegati sono stati già forniti nella relazione di SAL1, altri n. 27 allegati sono stati già forniti nella relazione di SAL2, e altri n. 34 allegati sono stati già forniti nella relazione di SAL3, costituendo altrettante deliverables.

Il coordinatore ha preparato la presente relazione SAL4.

**Luogo, Data**  
**Frascati 15.10.2019**

Il coordinatore di progetto  
Dott.ssa Roberta Fantoni

