



L'ingegno e la tecnica al servizio del patrimonio culturale



Le attività ENEA

Le esperienze di ricerca dell'Agenzia ENEA, sviluppate negli ultimi decenni nel campo dello Studio e della Conservazione del patrimonio Culturale, rappresentano un esempio di successo nel quadro nazionale e internazionale sia per i molteplici risultati tecnico-scientifici ottenuti che per le applicazioni concrete attuate.

L'Agenzia ENEA promuove nell'ambito delle ricerche relative alla Conservazione Integrata e Sostenibile del Patrimonio Culturale un approccio sistemico il quale fa parte del proprio bagaglio storico ed è inerente alla filiera produttiva, strutturata nella sequenza di Conoscenza-Tutela-Conservazione-Valorizzazione del Patrimonio sia Culturale che Paesaggistico.

Si tratta di un settore trasversale dell'Ente con capacità di integrare specifici profili professionali e tecnologie di avanguardia per conferire, con interdisciplinarietà, soluzioni ai problemi e alle politiche del settore.

In questo dossier si affrontano alcuni aspetti di singole tecnologie ENEA e alcuni risultati della ricerca applicata, inseriti in tematiche più ampie quali Il Patrimonio Culturale, Ambientale e la Ricerca Applicata; la Tutela, Conservazione e il Restauro; la Comunicazione, Divulgazione e Fruizione.

Emerge la cultura tecnologica dell'ente che deriva dall'energetica e pur non essendo l'energia la variabile principale che riguarda il patrimonio Culturale, i consumi energetici e quelli distributivi del traffico urbano risultano le variabili più impattanti sulla conservazione.

Le tematiche presentate sono contestualizzate da una progettualità sistemica, che considera alcune variabili importanti derivanti dall' azione e dalle caratteristiche dell' ambiente, dal controllo micro- e macro-climatico e statico strutturale e dal comportamento dei materiali.

Griglie intelligenti, elementi multi funzionali e sistemi informativi applicati su scale diversificate, veicolano le nuove tecnologie sul settore archeologico, architettonico, monumentale e singole applicazioni in campo diagnostico confluiscono per affrontare i problemi e le strategie della conservazione.

Infine, la valorizzazione dei risultati della ricerca scientifica conseguiti dai ricercatori è un compito decisivo dell'Agenzia ENEA, finalizzato a contribuire ai sistemi produttivi per la cultura e alla competitività e attratività del Sistema Paese.

www.patrimonioculturale.enea.it



Le attività ENEA

per la Sicurezza del Patrimonio Culturale

- Valutazione della vulnerabilità sismica del Duomo di Orvieto
- Sicurezza e Conservazione del Patrimonio Architettonico in area sismica
- L'indagine storica nella valutazione della pericolosità sismica: il terremoto di Rieti del 27 giugno 1898
- La salvaguardia dei centri storici a fronte di eventi sismici: il caso di Cerreto di Spoleto
- Struttura di isolamento sismico per edifici esistenti
- Ponti ad arco in muratura
- Analisi delle vibrazioni ambientali sulle colonne Coclidi a Roma
- Le coperture della Villa dei Misteri a Pompei
- Il rischio geomorfologico nel Santuario di Machu Picchu
- Protezione sismica del Bronzi di Riace
- Un innovativo sistema di movimentazione di grandi statue
- Prove dinamiche per il fercolo dell'arca medievale di San Giovanni

- Controlli non distruttivi
- Monitoraggi strutturali con tecnologia in fibra ottica FBG
- Telerilevamento di prossimità per prevenzione rischi ed emergenza: dall'acquisizione dati al processing delle immagini
- Telerilevamento satellitare ad alta risoluzione per la salvaguardia del patrimonio storicoarchitettonico, archeologico e paesaggistico

per la Sostenibilità del Patrimonio Culturale

- Tecniche diagnostiche non distruttive per lo studio dei dipinti
- Biotecnologie microbiche per i Beni Culturali
- Laser Induced Breakdown Spectroscopy per l'analisi elementare di opere d'arte
- Tecnologie diagnostiche con SEM/EDAX per la scoperta del bianco di titanio nei dipinti
- Nanomateriali per i beni culturali
- La radiazione THz
- Un sistema iperspettrale a scansione

- RGB-ITR un laser scanner 3D a colori per la visione remota e non intrusiva
- L'ENEA per la mostra di "Scipione Pulzone da Gaeta, Arte e Fede nel Mediterraneo del Cinquecento"
- Studi ottici della Sindone di Torino
- Laser Scanning 3D sottomarino
- Indagini geofisiche per la geomorfologia subacquea in aree di interesse archeologico
- Risk-Assessment dovuto all'inquinamento ambientale sui Beni Culturali
- Recupero sostenibile ed efficientamento energetico di edifici storici e museali
- Il filtraggio della luce in ambito museale
- Sistemi informativi per la fruizione
- Etichette anticontraffazione per la tracciabilità e la certificazione di originalità di Beni Culturali
- Ingegneria inversa e Prototipazione Rapida
- Archivio Digitale Multiuso
- ICT per i Beni Culturali
- Smart Cities: lo Smart Ring a L'Aquila
- Il trasferimento delle tecnologie emergenti specifiche per il Patrimonio Culturale



Valutazione della vulnerabilità sismica del Duomo di Orvieto



In considerazione della sismicità del nostro Paese e degli ultimi eventi sismici, la Direzione Regionale per i Beni Culturali e Paesaggistici dell'Umbria, ha affidato all'ENEA il prestigioso incarico di valutare il comportamento strutturale e la vulnerabilità sismica del Duomo di Orvieto.

Le attività si articoleranno in quattro anni e porteranno alla determinazione dello stato di conservazione degli elementi strutturali, con una mappatura dettagliata delle fessure esistenti, allo studio del comportamento del Duomo nei suoi macroelementi alle vibrazioni ambientali e sismiche, fino alla formulazione d'indicazioni progettuali per interventi conservativi di riduzione del rischio sismico.

L'ENEA già da diversi anni ha in corso una collaborazione con la Direzione Regionale e con l'Opera del Duomo di Orvieto, ente che si occupa della conservazione e della salvaguardia del Duomo. Nell'ambito di tale collaborazione, l'ENEA ha effettuato complesse indagini strutturali sul pavimento della navata centrale della cattedrale in prossimità delle colonne dove erano originariamente posizionate le statue dei 12 Apostoli ed effettuato il monitoraggio per la risposta alle vibrazioni ambientali di alcune parti della facciata. L'ENEA ha anche eseguito la progettazione e la messa in opera del sistema di supporto per il gruppo scultoreo Maestà con baldacchino ed Angeli reggi cortina, che è collocato sulla lunetta del portale maggiore della Cattedrale.









gerardo.decanio@enea.it



Sicurezza e Conservazione del Patrimonio Architettonico in area sismica

ENEA

L'ENEA è da tempo impegnata nel campo della protezione sismica del patrimonio storicomonumentale attraverso la ricerca, lo sviluppo e l'applicazione di tecnologie antisismiche innovative e di metodologie d'intervento che coniughino la domanda di sicurezza con le esigenze di conservazione.

Un esempio indicativo riguarda l'intervento di restauro e miglioramento sismico della Torre di Montorio (Monzuno, BO), un importante complesso architettonico medievale (inizi XIII sec.) seriamente danneggiato dal sisma che il 14 settembre 2003 colpì l'Appennino Bolognese (Mw 5,3).

L'ENEA ha fornito il proprio contributo tecnico-scientifico nel corso dell'intero percorso di riabilitazione svolgendo l'analisi di vulnerabilità sismica e collaborando come consulenti sia per la progettazione che nella esecuzione dei lavori di adeguamento.

La filosofia alla base del restauro è stata quella di salvaguardare, oltre al significato architettonico del bene, anche il suo significato statico, prevedendo interventi filologicamente corretti e meccanicamente efficaci, alla cui

definizione hanno contribuito in maniera rilevante analisi storiche e archeo sismologiche.





- 1. Vista con la torre a destra e l'addizione cinquecentesca a sinistra
- 2. Lesioni in pareti ortogonali ai muri di facciata
- 3. Recupero del sottotetto con cordolo in muratura, doppio tavolato e tiranti metallici
- 4. Rinforzo sottotetto non praticabile con cordolotirante in acciaio

bruno.carpani@enea.it



L'indagine storica nella valutazione della pericolosità sismica: il terremoto di Rieti del 27 giugno 1898

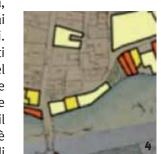


La valutazione della pericolosità sismica del territorio italiano è da sempre una delle tematiche di ricerca di maggior interesse per l'ENEA, che negli ultimi anni ha focalizzato la propria attenzione soprattutto sulla microzonazione sismica.

In questo ambito si colloca anche la ricerca storico-ambientale, con il recupero delle informazioni riguardanti gli eventi sismici del passato, aspetto indispensabile sia ai fini della classificazione sismica del territorio nazionale sia per la valutazione degli effetti dei terremoti sulle costruzioni, specialmente con riferimento agli eventi avvenuti prima dell'introduzione della registrazioni strumentali, avvenuta alla fine dell'800.

Uno studio significativo al riguardo è stato quello relativo al terremoto di Rieti del 27 giugno 1898, effettuato a supporto degli studi di microzonazione sismica del comune di Rieti

condotti in collaborazione con l'Università Sapienza di Roma, che ha portato ad un'analisi completa del danno grazie ai documenti conservati presso l'Archivio di Stato di Rieti. L'elaborazione delle informazioni estratte da documenti amministrativi, incrociati con la carta geologica di dettaglio del Comune di Rieti, ha permesso una migliore definizione delle zone potenzialmente soggette a fenomeni di amplificazione locale del moto sismico. A completamento dei lavori, tutto il materiale storico-documentario relativo al terremoto reatino, è stato reso disponibile on-line sul sito dell'Archivio di Stato di Rieti.







- 1. Palazzo Comunale di Rieti
- Terremoto di Rieti 1898: operazioni di sgombero del Palazzo Comunale
- 3. Carta del danno causato dal terremoto del 1898
- 4. Elaborazione in ambiente QGis dei danni da terremoto su carta del Catasto Gregoriano

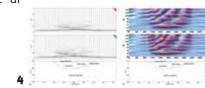
salvatore.paolini@enea.it



La salvaguardia dei centri storici a fronte di eventi sismici: il caso di Cerreto di Spoleto

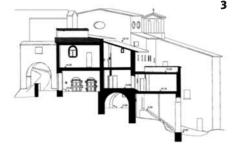
I terremoti possono causare ingenti danni ai centri storici, pertanto è necessaria un'opportuna politica di prevenzione. Il primo passo consiste nella dettagliata conoscenza delle caratteristiche dell'input sismico nell'area di interesse, attraverso l'analisi della pericolosità sismica e studi di microzonazione, e delle strutture ivi esistenti, anche mediante il monitoraggio sismico delle stesse. Sia le registrazioni accelerometriche che i dati relativi ai danni alle strutture testimoniano il ruolo fondamentale della risposta locale sulla distribuzione degli effetti di un terremoto. Infatti, a parità di vulnerabilità sismica del costruito, sono state riscontrate differenze fino a 2 gradi in termini di intensità macrosismica, in siti poco distanti tra loro o addirittura nello stesso nucleo urbano. Questa eterogeneità spaziale può essere messa in relazione alle caratteristiche local che modificano il moto sismico. L'individuazione e la valutazione quantitativa di questo fenomeno è di fondamentale importanza. Per lo studio degli effetti locali è stato selezionato il comune di Cerreto di Spoleto, composto dal centro storico, sito in sommità ad una cresta carbonatica, e Borgo Cerreto, posto nell'adiacente valle del fiume Nera, che presenta caratteristiche geologiche e geomorfologiche particolarmente interessanti ai fini dell'amplificazione locale, quali i depositi alluvionali della Valnerina, la forma della cresta dove è sito il centro storico, la notevoli variazioni delle condizioni di fratturazione dei calcari affioranti, l'esistenza di depositi di travertino all'interno dei depositi alluvionali, la presenza di detriti che coprono i fianchi della valle alluvionale. La scelta è stata anche legata alla presenza nella zona di una rete accelerometrica dell'ENEA, operativa sin dagli anni 80, che ha registrato gli eventi principali della sequenza sismica umbro-marchigiana del 1997, e la presenza di numerosi edifici di interesse storico artistico, tra i quali il municipio, il

teatro e l'edificio CEDRAV, tutti oggetto di prove di caratterizzazione dinamica e di monitoraggio sismico.









- 1. Centro per la documentazione e la ricerca antropologica della Valnerina (CEDRAV)
- 2. Vista panoramica della valle del fiume Nera, nei pressi del crinale Cerreto di Spoleto.
- 3. Pianta e sezione del CEDRAV
- 4. Propagazione delle onde S

dario rinaldis@enea i



Struttura di isolamento sismico per edifici esistenti

ENEA

ENEA propone una struttura per l'adeguamento sismico degli edifici esistenti, mediante la realizzazione di una piattaforma isolata sotto al piano di posa delle fondazioni, in modo da non richiedere alcun intervento sull'edificio sovrastante.

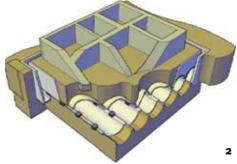
Mediante l'inserimento a spinta di tubi orizzontali e la collocazione di dispositivi d'isolamento sismico in corrispondenza del piano orizzontale diametrale degli stessi tubi, viene creata una discontinuità tra la fondazione e il sottosuolo.

L'edificio viene quindi separato dal terreno circostante mediante la realizzazione di un doppio ordine di pareti verticali, quello interno solidale alla struttura e quello esterno solidale al suolo, che definiscono il gap di ampiezza sufficiente per consentire gli spostamenti relativi.

In questo modo la struttura viene isolata sismicamente, ma non viene interessata direttamente da interventi che potrebbero manometterne le caratteristiche architettoniche originali, requisito particolarmente importante per gli edifici storici; nemmeno gli eventuali locali sotterranei

vengono modificati, anzi fanno parte della sovrastruttura isolata. L'edificio viene, quindi, collegato rigidamente alle pareti laterali o anche alle calotte superiori dei tubi.







- 1. Palazzo Margherita a L'Aquila
- 2. Brevetto ENEA: adeguamento sismico degli edifici storici
- 3. Palazzo del Governo L'Aquila
- 4. Finale Emilia, terremoto maggio 2012

paolo.clemente@enea.it



Ponti ad arco in muratura



I ponti ad arco in muratura sono tra le strutture più affascinanti nell'ambito della conservazione delle opere di interesse storico e/o artistico. Numerosi sono i ponti romani giunti fino ai nostri giorni, ma numerose sono anche le realizzazioni del secolo scorso. Mentre per i primi, la cui importanza è legata al loro interesse storico ed artistico, si pone il problema del recupero e del rafforzamento, che non stravolgano il comportamento statico originario, in modo da conservar la testimonianza storica unitamente al valore architettonico ed artistico, per i secondi va valutata la loro adeguatezza a sopportare i nuovi carichi, nel rispetto del richiesto grado di sicurezza. L'ENEA ha condotto accurati studi sulla valutazione della sicurezza dei ponti ad arco in muratura, che richiede la conoscenza di fattori di incerta determinazione, quali la geometria strutturale, i carichi agenti, le caratteristiche meccaniche dei materiali ed il loro stato di conservazione. Pertanto, modelli apparentemente molto raffinati, come quelli ad elementi finiti, potrebbero risultare non sufficientemente affidabili nelle pratiche applicazioni. D'altra parte, l'analisi dello stato dell'arte consente di affermare che la buona riuscita di una struttura ad arco è legata alla sua geometria più che alle caratteristiche meccaniche dei materiali adoperati. Su tali presupposti si basa il metodo del meccanismo: la rottura di una sezione consiste nella formazione di una cerniera propria con possibilità di rotazione relativa tra le due facce della sezione in esame, intorno ad un'estremità della sezione stessa. Se si forma un numero di cerniere sufficiente a trasformare la struttura in un meccanismo, l'arco raggiunge il collasso. Su tali basi, l'ENEA ha effettuato approfondimenti teorici e ampie indagini numeriche, che ha permesso di valutare l'influenza dei vari parametri geometrici e di carico sul comportamento strutturale, fornendo abachi di facile lettura che consentono di trarre immediate indicazioni per la verifica delle strutture reali.

I risultati sono stati utilizzati per lo studio di numerosi ponti ad arco in muratura tra cui alcuni ponti sul Tevere a Roma e alcune recenti straordinarie realizzazioni cinesi, con luci superiori ai 100 m.

qiacomo.buffarini@enea.it





- 1. Ponte Elio a Roma
- Ponte in Epiro
- 3. Ponte della Maddalena a Lucca



Analisi delle vibrazioni ambientali sulle colonne Coclidi a Roma



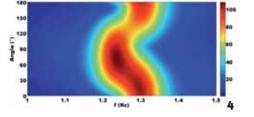
L'ENEA ha effettuato analisi sperimentali e accurate modellazioni numeriche sui principali monumenti di Roma. In particolare uno studio, metà degli anni '8o, svolto in collaborazione con la Soprintendenza Speciale ai Beni Archeologici di Roma e l'ISMES ha permesso di rilevare le vibrazioni ambientali delle Colonne Traiana e Aureliana, del Colosseo, del Tempio di Minerva Medica e dell'Obelisco Flaminio di Piazza del Popolo; successivamente sono stati analizzati il Tempio Rotondo al Foro Boario, Villa Farnesina, sede di rappresentanza dell'Accademia dei Lincei, e l'Obelisco Lateranense.

Le analisi effettuate rilevavano che da un lato l'elevata sismicità del territorio italiano mette a dura prova l'edilizia storico monumentale, dall'altro la resistenza di tali strutture è logorata costantemente dagli effetti delle vibrazioni indotte dal traffico veicolare e metropolitano, che lentamente ma inesorabilmente le renderanno più vulnerabili alle azioni sismiche.

In collaborazione con l'INGV e l'Università degli Studi dell'Aquila, l'ENEA ha recentemente effettuato una nuova campagna sperimentale sulle Colonne Coclidi. La colonna Traiana e quella di Marco Aurelio, costituite da rocchi di marmo sovrapposti, sono state analizzate al fine di mettere a punto dei modelli affidabili per la valutazione del loro stato di salute e di verificarne eventuali variazioni nel tempo. Sono stati utilizzati sismometri in grado di rilevare anche vibrazioni di energia molto bassa, collegati ad un acquisitore in grado di memorizzare le registrazioni ottenute. Su ciascuna colonna sono state effettuate misure per circa 24 ore consecutive, in modo da avere dati relativi alle diverse ore del giorno e della notte. I dati sono stati analizzati ricavando i valori di picco ed efficaci ed ottenendo le caratteristiche dinamiche della struttura, ossia frequenze proprie, modi di vibrazione e smorzamenti. Sono state riscontrate frequenze di risonanza molto vicine (4), non evidenziate nelle misure fatte in passato, e movimenti torsionali, oltre a fenomeni di rocking per la colonna Aureliana. Sulla base di tali informazioni saranno messi a punto modelli matematici, che consentiranno di valutare la capacità della struttura di sopportare azioni statiche e dinamiche.

giovanni.bongiovanni@enea.it





1.-3. Analisi sismografiche sulle colonne coclidi2.-4. Spettro della componente per ciascuna direzione



Le coperture della Villa dei Misteri a Pompei



La Villa dei Misteri, situata nell'area archeologica di Pompei, è famosa nel mondo per gli affreschi che attraggono ogni giorno un elevato flusso di visitatori.

A seguito del crollo di una trave lignea ammalorata della copertura di una sala, avvenuto nel 2012, la Soprintendenza Speciale per i Beni Archeologici di Napoli e Pompei ha stipulato un accordo di collaborazione con ENEA per la realizzazione di una serie di attività tecnicoscientifiche propedeutiche alla progettazione di interventi per la messa in sicurezza delle coperture della Villa.

All'ENEA è affidata la progettazione di una campagna diagnostica per la definizione delle prove e delle indagini necessarie per valutare la sicurezza di tutte le tipologie di coperture presenti nella Villa e l'esecuzione di analisi diagnostiche come endoscopie, termografie e analisi vibrazionali mediante sismometri per la caratterizzazione dinamica di alcune tra le tipologie di copertura più rappresentative.

Inoltre, attraverso l'impiego di droni telecomandati l'ENEA ha già effettuato un rilievo fotografico delle strutture delle coperture, riuscendo così ad ispezionare punti di difficile accesso. Lo studio delle coperture della villa dei Misteri servirà a definire un protocollo di

indagini per la progettazione delle manutenzioni delle coperture di tutti gli edifici dell'area archeologica di Pompei.







bruno.carpani@enea.it



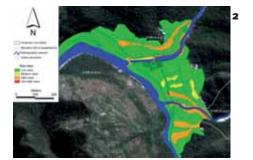
Il rischio geomorfologico nel Santuario di Machu Picchu

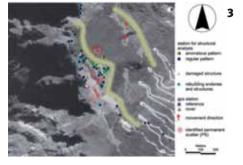


Il Santuario Storico di Machu Picchu, è un'area strategica del circuito turistico di Cusco e un elemento di fondamentale importanza per l'economia peruviana. Il Santuario, oltre alla Cittadella di Machu Picchu, contiene numerosi altri siti archeologici e il villaggio di Aguas Calientes. Nell'ambito del progetto INTERFRASI (2000-2005) è stato realizzato nell'area della Cittadella un sistema di monitoraggio a basso impatto ambientale, finalizzato a valutare l'entità di un movimento franoso profondo, che interessava l'intero sito archeologico di Machu Picchu. Sono state adottate tecnologie innovative, quali GPS differenziale, interferometria radar da terra (GB-SAR) e satellitare (InSAR), laser scanner multitemporale. Nel corso dello studio sono state anche censite numerose frane, costituite quasi esclusivamente da fenomeni poco profondi a rapida evoluzione, che interessano sia il suolo sia la roccia, che periodicamente interessano le strutture archeologiche, le vie di comunicazione (ferrovia da Cusco e strada che sale alla Cittadella) e, soprattutto, il villaggio di Aguas Calientes dove questi fenomeni rappresentano un reale pericolo sia per i residenti sia per i turisti. Il successivo progetto di formazione FORGEO (2008-2009) si è concentrato sulla localizzazione delle aree d'innesco e di recapito delle colate rapide di fango e detrito e sulla valutazione dell'intensità dei relativi flussi, che minacciano Aguas Calientes. È stato identificato un fenomeno franoso in stato di distacco incipiente in prossimità del sito di Phuyupatamarka, che incrementa il rischio a valle dove, lungo il fiume Urubamba, si trovano i due siti archeologici di Chachabamba e Choq'suysuy e la centrale

idroelettrica di Machu Picchu nonché lo stesso villaggio di Aguas Calientes. I risultati degli studi hanno contribuito all'aggiornamento degli strumenti di pianificazione territoriale e di protezione civile e, alle misure adottate per migliorare la sicurezza delle persone, le strutture e le infrastrutture di questa zona.

ne per le





- Resti inca danneggiati da processi di instabilità dei versanti
- Carta del rischio da colata detritica nel villaggio di Aguas Calientes
- Schema del monitoraggio del sito archeologico di Machu Picchu
- 4. Resto inca nel sito archeologico di Chachabamba

claudio.puglisi@enea.it



Protezione sismica dei Bronzi di Riace



Gli innovativi basamenti su cui sono posizionati i bronzi di Riace, per la loro esposizione all'interno del Museo Archeologico Nazionale della Magna Grecia in Palazzo Piacentini di Reggio Calabria, sono un progetto ENEA. Studiati e testati nei laboratori del Centro di ricerche ENEA della Casaccia di Roma, essi assicurano il massimo isolamento dai terremoti.

I basamenti antisismici sono costituiti da due blocchi di marmo di Carrara sovrapposti scavati internamente per ospitare quattro calotte concave, nel mezzo delle quali sono collocate quattro sfere, anch'esse di marmo per l'isolamento sismico dalle oscillazioni orizzontali. Completano la struttura elementi dissipativi in acciaio per l'isolamento sismico dalle oscillazioni nella direzione verticale.

In presenza di un terremoto sarà la parte sottostante della base a subire l'azione sismica, e si muoverà con il terreno senza però trasmettere le sollecitazioni alla parte superiore del basamento e quindi alla statua.

Le basi sono state sottoposte a verifica sperimentale sulle tavole vibranti presso il laboratorio di "Qualificazione di Materiali e Componenti". Le tavole vibranti, impianti sperimentali complessi, di grandi dimensioni, in grado di riprodurre i terremoti reali, hanno sollecitato le basi su cui erano state collocate copie dei bronzi, portandole a subire anche scosse d'intensità superiori al livello massimo previsto per il sito del Museo a Reggio Calabria.

La realizzazione di queste basi deriva da una convenzione stipulata dall'ENEA e la Direzione Regionale per i Beni Culturali e Paesaggistici della Calabria.





Prova su tavola vibrante delle basi antisismiche con modello della statua



Fasi del trasporto della statua di Augusto dai Musei Vaticani alle Scuderie del Quirinale

ENEL

La famosa statua in marmo dell'imperatore Augusto, rinvenuta nel 1863 a Roma in località Prima Porta, per la prima volta dal suo ritrovamento, è stata spostata dalla sede dei Musei Vaticani per le Scuderie del Quirinale, dove costituisce una della maggiori attrazioni della mostra "Augusto", in programma dal 18 ottobre 2013 al 9 febbraio 2014.

La preziosa statua presenta un alto livello di vulnerabilità alle vibrazioni e, per garantirne la sicurezza durante le delicate operazioni di trasporto dai Musei Vaticani fino alla sede espositiva di Piazza del Quirinale, l'ENEA ha progettato un innovativo e complesso sistema di movimentazione e trasporto.

In particolare sono state studiate soluzioni specifiche per proteggere i punti più vulnerabili il braccio, le caviglie e il mantello.

Tutte le fasi delle operazioni sono state monitorate con un sistema di sensori, posizionati sui punti critici della statua e sul basamento.

Lo stesso sistema di movimentazione, opportunamente rimodulato per affrontare un viaggio molto più lungo, sarà utilizzato per il successivo trasporto della statua al Museo Grand Palais di Parigi, dove resterà esposta a partire da marzo 2014.







Prove dinamiche per il fercolo dell'arca medievale di San Giovanni



Un sofisticato supporto tecnologico messo a punto dall'ENEA, in grado di assorbire urti, vibrazioni e sobbalzi, ha reso di nuovo possibile trasportare in processione l'antica Arca di San Giovanni Battista con le ceneri del Santo, che si tiene tradizionalmente il 24 giugno per le strade di Genova. La processione non avveniva più ormai da otto anni a causa della fragilità dell'Arca, risalente a circa cinquecento anni fa, per evitarle i microtraumi dovuti ad urti e agli eccessivi ondeggiamenti durante il percorso.

Questo capolavoro di arte e simbolo di fede, che ha la forma di una cattedrale e poggia su una base di legno, è stata recentemente sottoposta ad interventi di restauro per rendere più solide le delicate decorazioni ad oreficeria, ed è stata ora dotata anche di speciali dispositivi anti-shock installati al di sotto della base. Il supporto è stata progettato appositamente dall'ENEA tenendo

conto delle dinamiche e delle sollecitazioni a cui è sottoposto il manufatto durante il percorso processionale. Il sistema consente allo stesso tempo anche il monitoraggio continuo dell'Arca, registrandone l'assetto, le vibrazioni, gli shock di qualsiasi tipo, nonché i dati relativi a temperatura ed umidità.

La progettazione e realizzazione del dispositivo è frutto di un Protocollo d'intesa sottoscritto da ENEA, Direzione Regionale per i Beni Culturali e Paesaggistici della Liguria, Arcidiocesi di Genova e Soprintendenza per i Beni Storici, Artistici ed Etnoantropologici della Liguria.







- 1. Il posizionamento dell'Arca sul nuovo fercolo
- 2. Prove del fercolo sulle tavole vibranti ENEA
- 3. La processione del 24 giugno 2012
- 4. Il leone: dispositivi per l'assorbimento degli urti e delle vibrazioni

gerardo.decanio@enea.it



Il laboratorio controlli non distruttivi

ENEA

L'ENEA è dotato di un Laboratorio per CND che opera nella diagnostica in campo industriale, civile e dei beni monumentali. Il Laboratorio può effettuare: caratterizzazione e analisi difettologica di componenti e nuovi materiali; caratterizzazione sonde e strumentazione per CND; sviluppo di software dedicato ai sistemi automatici per i controlli non distruttivi; formazione.

Il Laboratorio, entrato in funzione nel 1980, dispone di un laboratorio sistemi automatici e sviluppo software, tecnologie laser e controlli visivi, termocamere, un archivio difettologico e diagnostica civile (CLS), un bunker radiografico. Il laboratorio ha lo scopo di porre al servizio dei restauratori, dei progettisti, delle soprintendenze, degli enti pubblici e delle imprese di restauro un gruppo scientifico in grado di offrire una qualificata gamma di servizi specialistici di analisi, indagini diagnostiche e di consulenza per la progettazione del restauro relativamente sia ai materiali che alle strutture.

Il personale è certificato secondo la Norma Europea EN473.





Monitoraggi strutturali con tecnologia in fibra ottica FBG

ENEA

I sistemi di monitoraggio basati su tecnologia in fibra ottica del tipo FBG (Fiber Bragg Grating) presentano peculiari caratteristiche che ne rendono la applicazione di particolare interesse per il settore dei BBCC. I sensori FBG consentono infatti di realizzare sistemi distribuiti di monitoraggio sia di parametri strutturali sia di parametri ambientali, di minima invasività e di altissima affidabilità per monitoraggi continuativi ed a lungo termine.

La minima invasività dei sistemi FBG attiene sia al sensore in sé stesso, sia al cablaggio dei cavi di collegamento. In quanto 'sensore ottico intrinseco', il sensore FBG è direttamente integrato all'interno della fibra ottica e non necessita di alimentazione elettrica al punto di misura. Ciò consente realizzazioni miniaturizzate del sistema di misura da installare, come ad esempio fessurimetri non più grandi di una cannuccia da bibita, sensori di temperatura delle dimensioni di un ago da ricamo, assestimetri ed inclinometri delle dimensioni di una moneta. Per il trasferimento dei dati al sistema di misura è possibile collegare in serie decine di sensori su

uno stesso cavo, tipicamente di pochi millimetri di diametro, minimizzando quindi sia la visibilità sia le difficoltà di realizzazione del cablaggio.

All'interno dell'ENEA è stata maturata ampia esperienza nello sviluppo ed applicazione di sistemi di monitoraggio basati su tecnologia FBG finalizzati alla salvaguardia di opere e strutture monumentali archeologiche e storico artistiche. Numerose applicazioni sperimentali hanno consentito lo sviluppo di soluzioni innovative e la ingegnerizzazione di componenti idonei ad installazione in campo.







- . Statua bronzea del Colleoni, fasi di lavoro
- 2. Statua bronzea di Colleoni a Venezia
- 3. Mura Aureliane, Roma
- 4. Chiesa di San Giacomo all'Orio

michele.caponero@enea.it



Telerilevamento di prossimità per prevenzione rischi ed emergenza: dall'acquisizione dati al processing delle immagini

ENEA

Il Telerilevamento di prossimità o a bassa quota (LARS - Low Altitude Remote Sensing) è un insieme di tecniche di raccolta dati attraverso l'uso di sensori di varia natura (ottici, chimici, ecc.) montati su vettori (droni, elicotteri radiocomandati con un sistema ricevente digitale) che operano a poche centinaia di metri di quota. I sistemi di registrazione remota permettono l'acquisizione di dati e immagini in aree colpite da catastrofi naturali per la stima dei danni, la logistica dei soccorsi e per il controllo real-time del territorio. È possibile riprendere, a bassa quota e con elevato dettaglio, particolari costruttivi e architettonici degli edifici, rilevare lo stato delle coperture, eventuali danni strutturali e situazioni di pericolo crolli. La tecnologia risulta particolarmente utile nei casi in cui non sia possibile accedere all'edificio per gravi danneggiamenti. Le immagini acquisite sono elaborate utilizzando una metodologia di classificazione object oriented che permette, attraverso un campionamento in sub-oggetti della scena estratta, la conoscenza dello stato di conservazione e di danneggiamento dell'edificio. Il presente studio rientra in un progetto più ampio che mira all'applicabilità di software di image processing e classificazione automatica in campo architettonico per evidenziare e quantificare il danno sismico sugli edifici in analisi. Il lavoro è finalizzato ad ottenere due tipologie di informazione: il degrado del materiale e il quadro fessurativo dell'edificio. Velivoli RC in

dotazione: due elicotteri ALIGN, a propulsione elettrica e a scoppio; un drone quadricottero GAUI, dotati tutti di sistema di stabilizzazione automatica in volo e sistemi GPS; telecamera GoPro HD e telecamera termica.







 2. e 4. Rilevamenti alla Stellata di Bondeno, Elicottero RC T-Rex 700
 Rilevamenti alla Stellata di Bondeno, Ouadricottero GAUI

francesco.immordino@enea.it



Telerilevamento satellitare ad alta risoluzione per la salvaguardia del patrimonio storico-architettonico, archeologico e paesaggistico

ENEA

Il telerilevamento (Remote Sensing) è l'insieme di tecniche, metodi e mezzi interpretativi che permettono di estendere le capacità percettive dell'occhio umano fornendo informazioni qualitative e quantitative su oggetti posti a distanza. L'acquisizione delle informazioni avviene attraverso immagini registrate da sensori installati su piattaforme spaziali (navette, satelliti), aeree (aereoplani, droni) e terrestri (treppiedi, elevatori).

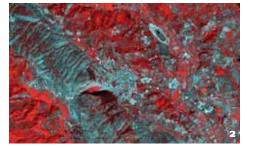
Il carattere spaziale delle informazioni telerilevate permette di ricoprire vaste porzioni di territorio in maniera uniforme. L'associazione dei dati multipli provenienti dalle bande spettrali aumenta la capacità di indagare e riconoscere le forme e le superfici.

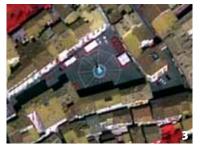
Le applicazioni sono principalmente rivolte allo studio sinottico dei centri storici e delle aree

archeologiche per l'estrazione di pattern, tematismi e cartografia. L'alta risoluzione geometrica delle immagini satellitari permette, un'elevata discriminazione di forme ed elementi rappresentativi del territorio. La risoluzione spettrale, soprattutto per la presenza della banda dell'infrarosso, consente inoltre l'individuazione di strutture non visibili all'occhio umano. Tali osservazioni vengono poi associate a misure spettroradiometriche eseguite in situ, fondamentali in tutte le fasi di estrazione dei dati telerilevati per l'analisi e la classificazione delle immagini in quanto permettono di correlare la risposta radiometrica con i caratteri chimico-fisici delle superfici in esame.

I dati estratti dal processamento delle immagini, con i dati spettroradiometrici e le indagini storiche, forniscono informazioni utili per le valutazioni di rischio naturale ed antropico sul patrimonio storicoarchitettonico, centri storici in aree in frana o su conoidi alluvionali, aree archeologiche in situazioni di degrado, porzioni di territorio ad alto valore naturalistico compromessi.

elena.candigliota@enea.it







- 1. Immagine satellitare a falsi colori Pléiades. Rocca Possente di Stellata, patrimonio UNESCO, in area golenale (progetto di validazione del sensore Pléiades 1B, 2013-2014)
- 2. Immagine satellitare a falsi colori Geo-Eye. Abitato di Tagliacozzo (AQ) che sorge su una morfostruttura di conoide (Progetto "Restaurare in Abruzzo" 2012-2014)
- Immagine satellitare a fasi colori Geo-Eye, risoluzione 50 cm. Particolare del centro storico di Tagliacozzo (AQ) (Progetto "Restaurare in Abruzzo" 2012-2014)
- 4. Immagine satellitare a colori naturali Geo-Eye dell'area archeologica di Álba Fucens in Abruzzo (Progetto "Restaurare in Abruzzo" 2012-2014)



Tecniche diagnostiche non distruttive per lo studio dei dipinti

ENEL

Lo studio e la caratterizzazione di una superficie pittorica in termini di definizione della tavolozza utilizzata dal pittore, di modalità esecutive e stato di conservazione fornisce informazioni importanti sia per il restauratore che per lo storico dell'arte. Da quasi trenta

anni il Laboratorio di Diagnostica dell'ENEA con tecniche non distruttive e non invasive svolge attività di ricerca, di progetto, di consulenza e di servizio per sovrintendenze, musei, privati, etc.

Le tecniche utilizzate e applicate finora su più di 1500 opere sono la fluorescenza x per la caratterizzazione degli elementi chimici presenti sullo strato pittorico e da cui si risale al pigmento utilizzato, la riflettografia nel vicino infrarosso per lo studio dell'underdrawing e l'identificazione di pentimenti, date, scritte, codici cromatici e quanto altro è presente sotto lo strato pittorico, la radiografia per lo studio di stesure pittoriche, dello stato di conservazione e delle caratteristiche strutturali del supporto e la colorimetria per la determinazione delle alterazioni cromatiche.









- La Madonna della Misericordia di Piero della Francesca, analisi diagnostiche
- Campagne di misure XRF su dipinti su tavola presso l'Opificio delle Pietre Dure di Firenze
- 4. Raffello, Deposizione, Roma, Galleria Borghese (campagna in situ di misure XRF)
- 5. Thangka con sovrapposta l'immagine

claudio.seccaroni@enea.it



Biotecnologie microbiche per i Beni Culturali



Dalla Carta di Venezia (1964) a oggi, i principi di conservazione sono stati reinterpretati nell'ottica di definire strategie più sostenibili. Questi cambiamenti richiedono un diverso approccio nella ricerca per il patrimonio culturale, cui le biotecnologie microbiche rispondono bene. Infatti, stanno assumendo un ruolo sempre più importante nel settore dei beni culturali, sia per lo studio del danno biologico, che per il biorestauro. La diagnosi precoce del biodeterioramento rappresenta ancora un punto critico, che le biotecnologie possono aiutare a superare consentendo di definire in modo esauriente la composizione della comunità microbica insediata, distinguendo i veri agenti biodeteriogeni dai colonizzatori secondari, per individuare trattamenti selettivi e ambientalmente compatibili. Nella diagnostica le biotecnologie si integrano e si compensano molto bene con tecniche fisiche, come il lidar fluorescenza. Il biorestauro, ossia l'impiego di microrganismi e loro prodotti come supporto o in alternativa ai tradizionali metodi di restauro, quando essi si rivelino inefficaci o pericolosi per la salute degli operatori e per l'integrità dell'opera, sta dimostrando di poter effettivamente portare verso la sostituzione di prodotti tossici e aggressivi con prodotti innocui e selettivi. La sfida consiste ora nell'allargare la gamma dei prodotti disponibili e di svilupparli fino a livello di mercato. La collezione di ceppi "ENEA-Lilith" costituita da ceppi originali spontanei, non patogeni, costituisce in questo senso una risorsa per lo sviluppo di procedure differenziate e selettive di biopulitura di diversi depositi (es: colle, gommalacca, caseina, gessi, carbonati, solfati) su diversi materiali (dipinti murali. carta, pergamena, marmi). Tra i casi studio, le attività più recenti, condotte nelle logge dipinte della Casina Farnese in collaborazione con la Soprintendenza e i restauratori, hanno portato al deposito di un brevetto avente per oggetto un processo biotecnologico originale che usa diversi ceppi batterici, anche in successione, su supporto di laponite, per la rimozione di depositi organici e inorganici anche stratificati, da opere d'arte o pitture murali. La più recente applicazione di biopulitura ha invece riguardato alcune statue marmoree, con depositi organici non rimovibili in modo tradizionale, ora esposte nella mostra "D'après Rodin" presso la Galleria Nazionale di Arte Moderna. annarosa.sprocati@enea.it





- Analisi in Laboratorio
- Dipinto murale delle cave di Ajanta con formazione di film opaco dovuto a precedenti tratttamenti con gommalacca
- 3. Osservazione al microscopio ottico (Nikon Eclipse Ci) di cellule batteriche





Laser Induced Breakdown Spectroscopy per l'analisi elementare di opere d'arte

ENEZ

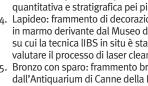
L'analisi chimica elementare puntuale di reperti di interesse per i Beni Culturali è di fondamentale importanza per la caratterizzazione del materiale costituente l'opera d'arte e quindi per la valutazione dell'opera stessa e del suo stato di conservazione. Sempre maggiore è però la richiesta di tecniche che permettano un'analisi rapida, che non prevedano la preparazione del campione, e che siano non distruttive o micro distruttive. Presso i laboratori dell'ENEA di Frascati è stato sviluppato ed applicato nel campo dei Beni Culturali un sistema LIBS (Laser Induced Breakdown Spectroscopy) portatile, che permette di analizzare le emissioni ottiche di un plasma generato per ablazione di una piccola porzione della superficie in studio

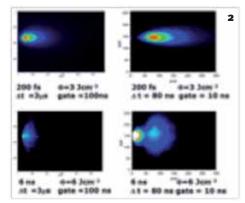
prodotta da un laser focalizzato sulla superficie stessa. Essendo tali emissioni caratteristiche degli atomi presenti nel materiale ed essendo la loro intensità misura indiretta della concentrazione di tali atomi, l'utilizzo del sistema LIBS permette l'analisi qualitativa e semi-quantitativa del materiale studiato. Il sistema, utilizzabile anche sulla superficie di campioni fragili, come carta e vetro, può essere considerato micro-distruttivo, in quanto produce fori dal diametro e profondità dell'ordine delle decine di micron. L'apparato LIBS è già stato utilizzato, con l'uso di software proprietari sviluppati appositamente, in laboratorio e durante campagne di misura esterne per analisi qualitative (anche grazie a tecniche statistiche di analisi multivariata), quantitative e stratigrafiche su ceramiche, leghe metalliche e materiali lapidei (su tali superfici impiegato anche per il monitoraggio di processi di pulizia laser).











- Frammenti ceramici dell'età del Bronzo
- 2. LIBS:immagine dello sviluppo del plasma per differenti parametri laser e a differenti dall'impulso. Scala di colori secondo l'intensità di emissione del
- 3. Pompei: frammento di affresco derivante dall'area archeologica di Pompei su cui sono state svolte misure LIBS per analisi qualitativa, semiquantitativa e stratigrafica pei pigmenti presenti
- . Lapideo: frammento di decorazione architettonica in marmo derivante dal Museo di Hystria (Romania) su cui la tecnica IIBS in situ è stata utilizzata per valutare il processo di laser cleaning
- . Bronzo con sparo: frammento bronzeo derivante dall'Antiquarium di Canne della Battaglia di Barletta. In alto a destra è possibile vedere la zona in cui sono state effettuate le misure LIBS

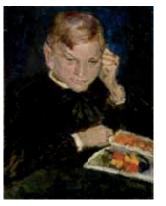
luisa.caneve@enea.it francesco.colao@enea.it valeria.spizzichino@enea.it

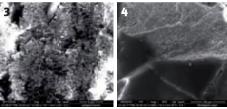


Tecnologie diagnostiche con SEM/EDAX per la scoperta del bianco di titanio nei dipinti

ENEA

Lo studio scientifico dei pigmenti e dei materiali utilizzati dagli artisti nelle loro opere è importante per la conoscenza delle diverse tecniche pittoriche e per la progettazione di accurati interventi di restauro e conservazione dei dipinti. Inoltre, l'identificazione di vernici e colori di produzione industriale nelle opere d'arte spesso aiuta lo storico dell'arte a datare i dipinti o individuare in alcuni casi falsi o copie. Attualmente, un elemento molto controverso è la datazione esatta dell'introduzione del bianco di titanio da parte di molti artisti, pigmento utilizzato nelle loro opere prima ancora che ne iniziasse una produzione industriale di massa, subito dopo la fine della prima guerra mondiale. La scoperta di titanio risale al 1791, mentre il biossido di titanio è stato scoperto nel 1821: a partire da questo periodo tracce di bianco di titanio si possono trovare a volte come inchiostro o pigmento. Il primo processo industriale per la produzione di titanio metallico risale al 1910, rendendo il pigmento bianco di titanio disponibile sul mercato; tuttavia la produzione su larga scala iniziò solo dopo la prima guerra mondiale, nel 1918. Due dipinti risalenti al periodo tra la fine dell'Ottocento e all'inizio del Novecento hanno permesso di accendere un dibattito sulla questione: un olio su tela di J.S. Sargent, artista americano che ha lavorato principalmente in Europa, e un olio su cartone di Amedeo Modigliani. Entrambi i pittori si trasferirono a Parigi in giovane età, a quel tempo il centro della sperimentazione artistica, entrando così in contatto con gli artisti più importanti e con nuove tecniche pionieristiche. L'ENEA ha analizzato tramite moderne tecnologie diagnostiche come SEM/EDAX, entrambe le opere per l'identificazione della tecnica pittorica, dei pigmenti e dei materiali utilizzati dai due artisti, con particolare attenzione al pigmento bianco di titanio. I piccoli campioni di pigmento bianco analizzati hanno rivelato l'uso di bianco di titanio nel lavoro di Sargent, mentre le analisi eseguite sui campioni dell'opera di Modigliani non mostrano tracce di bianco di titanio, ma il pigmento usato è solfato di calcio. La presenza del bianco di titanio nell'opera di J.S. Sargent, rivela un uso del materiale antecedente alla sua effettiva produzione industriale (definito nel 1910) e della sua commercializzazione; la scoperta apre un dibattito sulla datazione esatta dell'introduzione e diffusione nel campo artistico di questo prezioso elemento. stefania.bruni@enea.it





- John Singer Sargent Caffè Orientale sulla Riva degli Schiavoni - Oil on Canvas, 1882
- 2. Amedeo Modigliani Scolaro con libro illustrato Oil on cardboard, 1905
- SEM image of the sample and microanalysis spectrum (Sargent)
- SEM image of the sample and microanalysis spectrum (Modigliani)

2



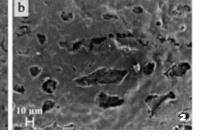
Nanomateriali per i beni culturali

camera climatica (temperatura, umidità, nebbia salina e luce solare).

ENEL

Le innovative applicazioni di nanomateriali offrono promettenti risultati anche nel settore dei prodotti per il restauro di beni culturali, in quanto alcune loro proprietà, come ad esempio la grande area superficiale, ne migliorano le prestazioni consolidanti e protettive. All'interno dell'Unità Tecnica Materiali sono in corso ricerche per verificare il miglioramento sia di alcuni prodotti commerciali polimerici modificati con nanoparticelle di SiO2 e/o TiO2 sia con il solo utilizzo di tali nanoparticelle. I nanomateriali sono testati su provini di diversi litotipi, scelti tra quelli maggiormente utilizzati nelle opere d'arte esposte all'aperto. I test per la loro qualificazione sono effettuati con tecniche quali il SEM e XRD per la loro caratterizzazione e poi con misure dell'angolo di contatto, di assorbimento di acqua, di colorimetria e di velocità ultrasonica per la verifica comparativa delle loro prestazioni consolidanti e protettive dopo invecchiamenti accelerati effettuati in







- Campioni di materiale lapideo trattati con nanocompositi
- Immagine SEM di campioni di marmo trattato con Paraloid (a) e con Paraloid/SiO2 (b) dopo invecchiamento in Solarbox
- 3. Misura dell'angolo di contatto su un campione in marmo (RC8o-Silice 2%)

franca.persia@enea.it



La radiazione THz



L'uso dalla radiazione THz per la diagnostica non distruttiva ha di recente destato grande interesse come tecnologia innovativa per la conoscenza di beni culturali. Tale radiazione infatti non danneggia i reperti ed è in grado di penetrare strati di dielettrico rivelando dettagli nascosti. E' possibile sviluppare tecniche di imaging che, oltre a fornire una "immagine" del campione in esame, ne rivelino nel contempo le caratteristiche spettroscopiche. In collaborazione con

partner internazionali l'ENEA ha effettuato con tale sistema misure nella regione spettrale tra 100 e 150 GHz verificandone la capacità di rilevare la presenza di pitture coperte da strati di gesso o calce, restituendone una "immagine THz" e identificando i pigmenti utilizzati. Sono state anche effettuate misure su campioni lignei, al fine di identificare i danneggiamenti dovuti a parassiti, per procedere ad una successiva disinfestazione a microonde.

Infine è in progetto lo sviluppo di un sistema portatile in grado di effettuare scansioni su aree più grandi (1x1 m2), utilizzabile per una

campagna di misure volte a rilevare la presenza di infestanti biologici al di sotto delle tessere dei mosaici della Villa del Casale (Piazza Armerina). Tecniche analoghe, a frequenze più basse, sono state considerate per rilevare la presenza e lo stato di intercapedini nella campagna di misure volte a ricercare "la battaglia di Anghiari", il capolavoro di Leonardo che si suppone "nascosto" sotto gli affreschi del Vasari nella Sala dei '500 di Palazzo Vecchio a Firenze.





Fluorescenza Indotta da Laser ultravioletto

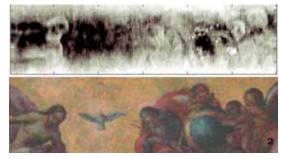


Nel campo della caratterizzazione di superfici di beni storici ed architettonici, come dipinti murari, affreschi, decorazioni su legno, è sempre più fortemente richiesto lo sviluppo di tecnologie innovative che vadano incontro alle richieste dei restauratori e degli storici dell'arte. In particolare spesso sono necessarie informazioni sui materiali originari per la valutazione e la programmazione di interventi di pulitura o indicazioni su azioni di restauro passate e non ben documentate. In tale contesto l'utilizzo di tecnologie remote, non distruttive e non invasive è di fondamentale importanza. Tra queste le tecniche spettroscopiche rivestono un ruolo importante. In particolare lo studio della Fluorescenza Indotta da Laser ultravioletto (LIF) permette di ottenere informazioni sui gruppi fluorofori delle diverse sostanze presenti sulla superficie in analisi, siano esse dovute alla presenza di biodegrado od inquinamento o relative a pigmenti, leganti o consolidanti. Presso il Laboratorio UTAPRAD-DIM del centro di Ricerca ENEA di Frascati è stato sviluppato un sistema iperspettrale a scansione basato sulla LIF, che

permette di ottenere informazioni analitiche su superficie di interesse per i Beni Culturali tramite la raccolta di immagini 2D. Grazie ad un elaborato software di elaborazione dati, comprendente imaging a falsi colori, principal component analysis (PCA) spectra and spectral angle mapping (SAM) applicabili alle singole immagini, è possibile estrapolare caratteristiche invisibili ad occhio nudo come composizione e diffusione dei pigmenti, degrado, depigmentazione, presenza di ritocchi e vernici. Lo strumento, inoltre, permette la raccolta della riflettanza sull'intero intervallo di lunghezze d'onda visibile, per ciascun punto della superficie scansionata, fornendo, così, informazioni puntuali e quantitative sul colore. L'apparato LIF del Laboratorio è già stato utilizzato per il monitoraggio di superfici lapidee, l'identificazione di resine acriliche, la caratterizzazione di pigmenti e l'individuazione di biodegrado in campagne nazionali ed internazionali in Slovenia, Romania e Spagna.







1.-2. Immagini a falsi colori e in scala di grigi delle misure LIF su diverse aree dell'affresco della Cappella della Virgen del Buen Aire (Palazzo di San Telmo, Siviglia, Spagna). Sono ben visibili, in nero, le zone sottoposte a precendenti restauri



RGB-ITR un laser scanner 3D a colori per la visione remota e non intrusiva



L'RGB-ITR (Red Green Blue Imaging Topological Radar, è un sistema prototipale di laser scanner 3D a colori per la visione remota e non intrusiva, sviluppato presso il centro ENEA di Frascati per applicazioni nel campo dei beni culturali. Si tratta di un apparato unico in ambito internazionale ad elevate prestazioni in termini di accuratezza spaziale e risoluzione in distanza (200 m a 10 metri), combinato con un sistema software appositamente sviluppato per la raccolta e l'analisi dei dati, che trova applicazione nelle procedure diagnostiche propedeutiche ad interventi di restauro sia di superficie che sommersi (archeologia sottomarina). Il radar ottico funziona usando la luce anziché onde radio ed emettendo un raggio laser che è dato dalla sovrapposizione di tre lunghezze d'onda corrispondenti ai tre colori primari: rosso, blu e verde. Facendo muovere il fascio, modulato ad altissima frequenza con un sistema meccanico di scansione a grande angolo, si acquisisce la superficie che si intende analizzare su quasi tutta la sfera visiva. I dati raccolti sono trasferiti al computer per l'elaborazione e la riproduzione virtuale. Data la grande sensibilità del sistema, è possibile ad esempio "leggere" un'opera d'arte fin nella sua più minuziosa composizione dei colori, mentre il software può ricostruire l'immagine a tre dimensioni, ingrandendola come un microscopio. Recenti applicazioni includono: Cappella Carafa, chiesa Santa Maria sopra Minerva (Roma), feb. 2008, chiesa di San Pietro in Martire (Rieti 2008), Loggia di Amore e Psiche presso Villa Farnesina (Roma 2011), Cappella Sistina (Musei Vaticani-Roma 2011). L'avvento dei radar ottici ITR introduce, nel vasto settore dei dispositivi convenzionali usati nel campo delle belle arti, alcune nuove ed esclusive proprietà:

- Assenza di aberrazioni su tutto il campo visivo
- Risoluzione non legata alle dimensioni del sensore
- Accuratezza massima consentita dalle leggi dell'ottica
- Misure di range ad altissima risoluzione.







Imaging Topological Radar San Pietro Martire - Rieti



L'ENEA per la mostra di "Scipione Pulzone da Gaeta, Arte e Fede nel Mediterraneo del Cinquecento"

ENEL

Per l'allestimento della mostra "Scipione Pulzone da Gaeta, Arte e Fede nel Mediterraneo del Cinquecento" tenutasi a Gaeta dal 27 giugno al 27 ottobre 2013, la Soprintendenza per i Beni Storici, Artistici ed Etnoantropologici del Lazio, si è rivolta a ENEA, con la quale ha stipulato un accordo di collaborazione scientifica, per migliorare la conoscenza e la fruizione delle opere dell'illustre pittore cinquecentesco.

ENEA ha così effettuato attività diagnostiche, come indagini riflettografiche e radiografiche, su molte delle opere esposte dell'artista e scansioni laser ad altissima risoluzione di due pale d'altare inamovibili, che però proprio in virtù di tali scansioni, sono state comunque fruibili nella mostra attraverso una visione 3D che le presenta all'interno del contesto architettonico per cui sono state realizzate.

La mole d'immagini e i risultati raggiunti da ENEA in questi mesi di analisi sulle opere di Scipione Pulzone è tale da offrire agli storici e ai restauratori per il futuro, ulteriori spunti per approfondimenti e riflessioni sulle opere dell'illustre pittore italiano.

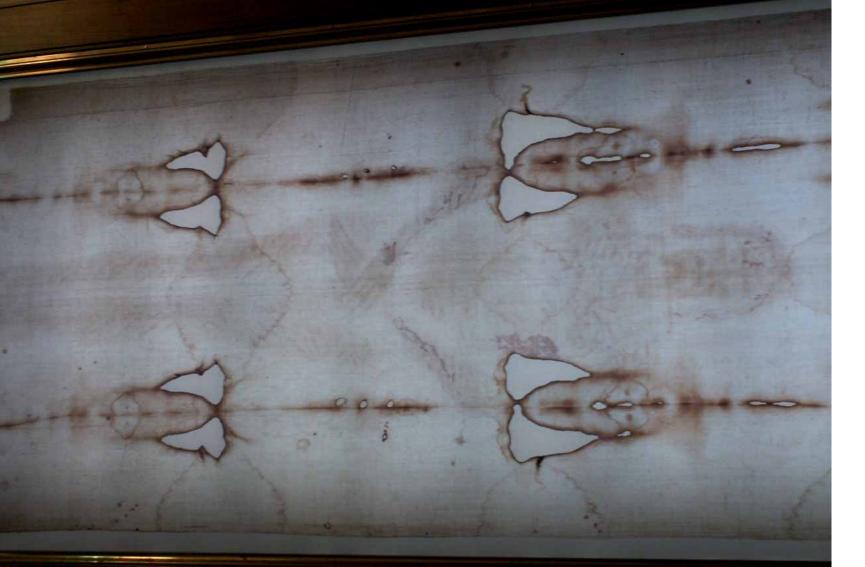












Studi ottici della Sindone di Torino suggeriscono le ottimali condizioni di conservazione

ENEA

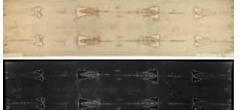
I ricercatori del Centro Ricerche ENEA di Frascati che effettuano esperimenti per colorare fibre di tessuto con l'utilizzo del laser per conto d'industrie tessili, hanno studiato il telo della Sindone e provato a riprodurne in laboratorio la colorazione utilizzando speciali laser ad eccimeri.

Con impulsi di luce ultravioletta sono riusciti ad imprimere e colorare la parte esterna della filatura di alcune fibre di lino, con risultati sorprendenti. Si tratta della realizzazione della colorazione più simile all'originale mai raggiunta.

I risultati ottenuti hanno permesso di fornire indicazioni sulla conservazione sia del lino che della sua immagine. In particolare, i risultati dimostrano come il lino sia soggetto a invecchiamento accelerato quando esposto a radiazioni ionizzanti. La Sindone infatti dovrebbe essere conservata in un contenitore di alluminio o di lega di alluminio, avente uno spessore di alcuni millimetri, riempito con una opportuna miscela di gas neon o argon, ossigeno e vapore d'acqua, in grado di realizzare un equilibrio tra la disidratazione e l'ossidazione delle fibre di lino tale da mantenere la visibilità e il contrasto dell'immagine, evitando al tempo stesso la crescita di microorganismi anaerobici.

La pressione totale all'interno del contenitore dovrebbe essere appena superiore alla pressione atmosferica per garantire che aria e polvere non possano entrare all'interno. Una temperatura costante T ≤ 20°C eliminerebbe i rischi di processi di tipo autocatalitico da strutture acide prodotte da attività pregresse di tipo ossidativo. Il contenitore di alluminio dovrebbe essere posto in un edificio costruito con materiali che non contengono Radon, la cui la presenza nella sala dovrebbe essere continuamente monitorata.





Sindone di Torino (sopra) e la sua immagine negativa (sotto). L'immagine si comporta come un negativo, non come un positivo fotografico.
La Sindone è un telo di lino lungo 441 cm e largo



Laser Scanning 3D sottomarino

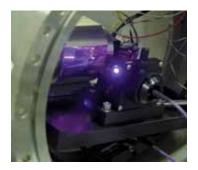


La digitalizzazione 3D di oggetti in ambiente sottomarino per mezzo di sensori basati su dispositivi laser è una tecnologia di interesse in diversi settori che vanno dalla archeologia sottomarina all'industria petrolifera offshore. La possibilità da parte di un utente d'ispezionare sullo schermo di un computer il modello 3D di un oggetto immerso può offrire infatti molte ambiti di applicazione.

Un sistema di imaging 3D basato su di un diodo laser a 405nm e modulato in ampiezza è in grado, in condizioni d'acqua relativamente torbida (coefficiente di attenuazione 0.3m-1) di fornire immagini 3D ad distanza di 9m dal target e con una buona risoluzione (~1mm). Il dispositivo realizzato in ENEA e denominato RE-VUE (REmote Viewing in Underwater Environment), può ispezionare scene in ambiente subacqueo con una vista orizzontale di 40° mentre quella verticale si estende per diverse decine di gradi. Il sistema è completamente controllato via remota con un software sviluppato presso i laboratori ed è qualificato per operare ad una profondità di 400m.

RE-VUE è il risultato di cinque anni di investigazioni sperimentali e teoriche che hanno portato anche a numerose pubblicazioni scientifiche. Il laboratorio vanta un'estesa rete di collaborazioni nazionali ed internazionali ed è continuamente impegnato nel migliorare sia le prestazione dello strumento che la sua ingegnerizzazione.





- RE-VUE durante la fase di manutenzione in laboratorio
- RE-VUE . Il cilindro più piccolo contiene il laser, il sistema di scansione e di ricezione del segnale.
 Nel cilindro grande trovano alloggio tutti i moduli elettronici per il controllo del dispositivo
- 3. RE-VUE. Dettaglio del laser di acquisizione

luigi.dedominicis@enea.it



Indagini geofisiche per la geomorfologia subacquea in aree di interesse archeologico



Il Laboratorio di Chimica Ambientale del Centro di ricerca ENEA di Portici da tempo si occupa della valutazione di ecosistemi acquatici tra cui quello marino costiero. Da qualche anno si è avviata una collaborazione con il Comune di Sessa Aurunca (Ce) che mira alla valorizzazione e alla promozione territoriale dell'area archeologica marina sommersa dell'antica colonia romana di Sinuessa. Lo studio ha fornito elementi utili a comprendere i fenomeni che hanno portato allo sprofondamento di circa 10 m delle strutture portuali risalenti al III sec a.C.. Le rovine, ritrovate durante le ispezioni, testimoniano l'importanza dell'antico porto commerciale, via di transito per tutto il bacino del Mediterraneo.

L'ENEA è stata coinvolta nell'esecuzione dei rilievi geomorfologici e delle ispezioni subacquee per la georeferenziazione dei manufatti antropici sommersi e delle formazioni di pregio naturalistico. Lo studio dell'ENEA è in linea con la Convenzione del 2001 dell'UNESCO per la protezione e fruizione del patrimonio culturale sommerso presente lungo le coste della nostra penisola. Il modello che si andrà a proporre per il sito sottomarino è tra gli obiettivi della collaborazione ENEA-Comune di Sessa Aurunca per preservare in situ e rendere fruibile, attraverso lo sviluppo dell'archeologia subacquea, le antiche vestigia di Sinuessa.









Risk Assessment dovuto all'inquinamento ambientale sui Beni Culturali



Negli ultimi decenni l'inquinamento atmosferico è diventato molto elevato e più aggressivo, interferendo sulla maggior parte dell'attività quotidiana. Questo è ancora più marcato nelle grandi città, dove spesso sono presenti zone industriali e traffico intenso. L'inquinamento e responsabile della corrosione dei materiali esposti all'aperto inclusi quelli del Beni Culturali. L'inquinamento è la principale causa della formazione delle croste nere, che non solo coprono i monumenti ma corrodono la superficie lapidaria.

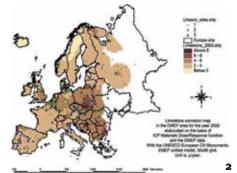
Dal 1985 nell'ambito della Convenzione di Ginevra sull'inquinamento transfrontaliero (approvata da 57 Paesi), è attivo il programma: "International cooperative Programme of effects of Air Pollution on Materials including Cultural Monuments" (ICP Materials).

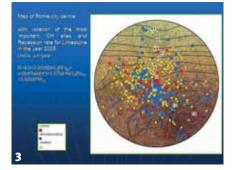
Attualmente al programma partecipano 20 paesi Europei, USA, Canada ed Israele, con 30 stazioni di monitoraggio e di esposizione di materiali, per l'Italia anche l'ENEA.

Nel Programma si valuta qualitativamente e quantitativamente l'effetto corrosivo dei maggiori inquinanti del ciclo dello S, N, O2 e del particellato, insieme alle precipitazioni umide e ai parametri meteoclimatici, su un grande numero di materiali, come pietre, metalli, vetri

medioevali ecc. Sulla base della raccolta di un gran numero di dati sperimentali provenienti da diverse zone meteoclimatiche, nel Programma sono stati elaborati modelli matematici dose-effetto, che determinano la dose dell'inquinamento, quale effetto corrosivo produce sui vari materiali.







 Continental level - 3. City level, Roma
 National level: Italy - Limestone corrosion for 2007with concentration of about 6,600 CH Archaeological sites. EMEP unified model, 50x50 grid. Unit is mm/year

stefan.dovtchinov@enea.it



Recupero sostenibile ed efficientamento energetico di edifici storici e museali



Coniugare l'esigenza di conservare il patrimonio architettonico e storico e limitare l'impiego di risorse energetiche, è un obiettivo che si raggiunge solo attraverso l'integrazione di diverse discipline e competenze, maturate in ambiti diversi.

Partendo dal recupero strutturale e materico, dallo sviluppo di materiali innovativi, reversibili ed ecocompatibili, questo complesso percorso si conclude con la risoluzione delle problematiche legate all'efficienza energetica ed agli impianti.

Questo approccio, di tipo sistemico, ha consentito all'ENEA di partecipare a tutte le fasi della progettazione del recupero del centro storico di Serravalle II, nel Comune di Vittorio Veneto e di sperimentare un modello operativo per la conservazione preventiva, a Roma, del Palazzo Regis - il contenitore - che ospita il Museo Barracco - il contenuto.

In entrambi i casi, il modello ha fornito una piattaforma di metodiche, tecnologie e materiali innovativi, integrabile in un più ampio sistema di "smart building", per la gestione coordinata e controllata dei parametri indoor/outdoor che garantiscono, non solo il corretto funzionamento

dei fenomeni fisici e del comfort termico, ma anche la qualità del microclima, il comfort visivo, acustico, la qualità dell'aria e i consumi energetici negli spazi espositivi.



LANVOLUCBO EDILIZIO

- areattura di controlla degli scambi termici Edificio - Ambiente
- le mane murarie degli edifici stori нини врезно дівсивліние е соп





INDAGINI TERMOGRAFICH

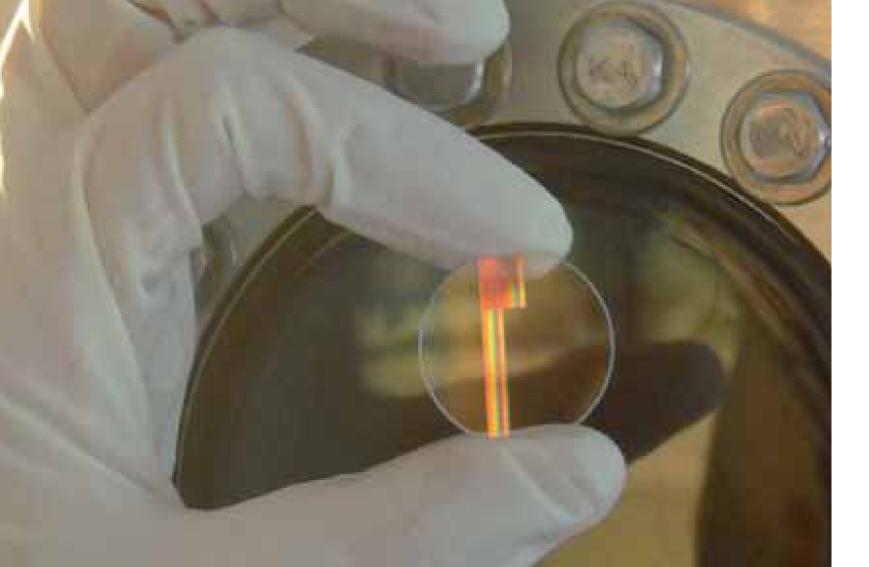
- Verifica della classificazione visibil del degrado osperficiale
- Rifevo delle discontinuità termiel







Studi per l'efficientamento energetico del centro storico del comune di Vittorio Veneto



Il filtraggio della luce in ambito museale

ENEA

Gli effetti negativi delle radiazioni provenienti da sorgenti di luce naturale o artificiale per l'illuminazione delle opere d'arte è un argomento di ricerca che suscita da molti anni l'attenzione degli operatori del settore.

Il Laboratorio Componenti Ottici dell'ENEA opera nel settore da oltre venti anni e, l'esperienza accumulata finora, ne consente la partecipazione a programmi internazionali, offrendo anche consulenza alle industrie ed altri gruppi di ricerca.

Il laboratorio promotore del progetto "Trattamenti ottici per la protezione e la fruizione delle opere d'arte nei musei", sviluppato in collaborazione con il CNR-INOA di Firenze, coinvolge alcuni musei dell'area fiorentina e un'azienda leader nella produzione di lampade per l'illuminazione degli interni.

Il progetto è nato proprio dalla considerazione che le opere d'arte esposte in musei e gallerie sono soggette a un danneggiamento derivante dall'ambiente circostante e dall'illuminazione delle opere stesse.

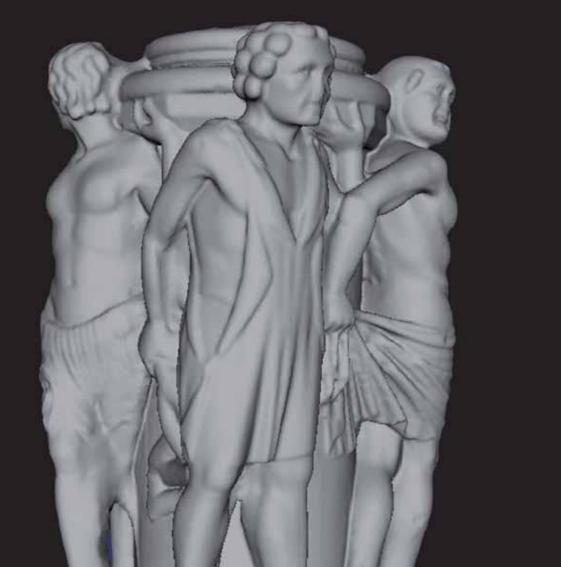
Nei laboratori dell'ENEA si studiano e si realizzano rivestimenti a film sottile per diverse applicazioni nel campo dell'ottica. Oltre ai rivestimenti antiriflettenti, vengono attualmente realizzati: specchi molto riflettenti per vari tipi di laser, filtri in trasmissione nell'ultravioletto per studi sulla radiazione solare, dispositivi che cambiano il grado di trasparenza applicando un segnale elettrico, filtri ottici di piccolissime dimensioni per strumentazione miniaturizzata, e specifici componenti ottici per la conservazione dei beni culturali.





Laboratorio Sviluppo e Realizzazione di Componenti Ottici

angela.piegari@enea.it



Sistemi informativi per la fruizione



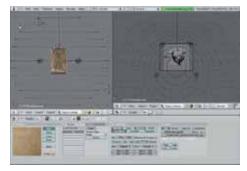
Uno degli obiettivi principali, per chi opera nell'Information and Communication Technology e applica tali tecnologie ai beni culturali, è di favorire la conoscenza integrata del bene e del suo contesto affinché diventi un fattore di crescita culturale, sociale ed economica del sistema territoriale in cui si colloca. L'esigenza di sviluppare nuovi servizi e la necessità di diffonderli ad un sempre maggior numero di persone ha reso necessario la sperimentazione di tecnologie avanzate dell'informatica per la fruizione intelligente di informazioni e servizi. È su questo filone di attività che si sono concentrati, ormai da diversi anni, numerosi studi e ricerche con l'obiettivo di realizzare sistemi informatici in grado di consentire un trattamento intelligente

dell'informazione. Il mercato del turismo culturale, che copre un ampissimo bacino di utenza anche, e non soprattutto internazionale, richiede prodotti per l'accesso integrato ed intelligente ad informazioni di tipo culturale ma anche relative al territorio, alla sua storia, ai legami con altre culture e altri contesti. La pervasività di Internet, la diffusione delle tecnologie mobili, lo sviluppo di modelli dell'utente, l'introduzione della semantica nel Web, costituiscono un ulteriore rilevante incentivo alla creazione di iniziative e progetti di valorizzazione turistico culturale in grado di offrire una contestualizzazione e una personalizzazione delle informazioni. A riguardo è stato finanziato dalla FILAS per il 2014 e il 2015, nell'ambito del bando Co-Research, il progetto



HER.M.ES che prevede la creazione di una virtual heritage platform per la gestione dell'esperienza turistica. Il progetto avrà come obiettivo la realizzazione di prototipi finalizzati a supportare l'intero processo di gestione dell'esperienza turistica-culturale. I partners coinvolti insieme ad ENEA-UTICT sono: ACRM NET, e il CNR - Istituto di Scienze e Tecnologie della Cognizione (ISTC).







Etichette anticontraffazione per la tracciabilità e la certificazione di originalità di Beni Culturali



Il giro di affari certificato di opere d'arte contraffatte in Italia nel solo anno 2011 è di un miliardo e mezzo di euro. Si tratta di un problema di rilevanza assoluta, e sempre più evidente è la necessità di predisporre un sistema di anticontraffazione efficace e non falsificabile.

ENEA ha sviluppato e brevettato un nuovo metodo di scrittura invisibile tramite litografia su materiale otticamente attivo. Si tratta di una tecnica innovativa, che può essere utilizzata da sola oppure ad integrazione dei sistemi anticontraffazione disponibili sul mercato. La nuova tecnologia ENEA di anticontraffazione offre livelli di sicurezza intrinseca e difficoltà di contraffazione superiori rispetto alle tecnologie attualmente in uso, per ottenere una marcatura praticamente impossibile da falsificare.

La tecnica consente la produzione di film sottili, trasparenti e flessibili, che possono essere protetti da abrasioni e da agenti esterni chimici, e resistono anche a prolungate esposizioni a sorgenti radioattive Tali film sono applicabili a documenti cartacei e a oggetti di ogni tipo, dimensione e forma. Nel caso queste etichette vengano rimosse dall'oggetto originale, il logo/scritta diventa visibile a occhio nudo, rendendo evidente che l'etichetta è stata attaccata ad un oggetto non originale. Il sistema di lettura/controllo utilizza uno strumento portatile che cattura l'immagine invisibile e, se richiesto, provvede alla sua decodifica digitale. Lo strumento di lettura è predisposto per comunicare con computer locali o remoti e può essere integrato in un telefono cellulare provvisto di camera fotografica. La tecnologia ENEA anticontraffazione può essere applicata a qualsiasi oggetto.









- 1. A sinistra: copia di un bronzetto archeologico conosciuto come "Eroe quattrocchi e quattro braccia". Altezza: 11 cm. In mezzo: la targhetta trasparente e adesiva con il marchio invisibile è stata attaccata sulla base di legno della statuetta. A destra: la lettera 'È scritta tramite litografia nell'estremo ultravioletto appare usando la tecnica di lettura brevettata.
- 2. Strumento di lettura portatile in grado di leggere l'immagine invisibile. Lo strumento in questo caso è collegato allo schermo del PC, dove si può vedere la matrice di dati grezza (un insieme di quadratini corrispondenti ad un codice a barre bidimensionale) scritta sul film e letta dallo strumento, e il corrispondente logo "WATERMARKING" decodificato da un software dedicato

paolo.dilazzaro@enea.it



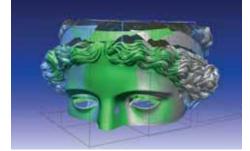
Ingegneria inversa e Prototipazione Rapida



Le attività del laboratorio PROTOCENTER dell'ENEA di Bologna sono finalizzate al trasferimento tecnologico nell'ambito delle tecniche cad/cam con particolare riguardo a quelle di Prototipazione Rapida e Ingegneria Inversa.

Nel settore dei beni artistici e culturali sono state messe a punto procedure innovative per la realizzazione di modelli virtuali tridimensionali e la riproduzione di copie, in scala reale o ridotta, mediante tecniche di prototipazione rapida.

L'integrazione dell'ingegneria inversa con la prototipazione rapida, ci consente di riprodurre delle copie perfettamente conformi all'originale per il raggiungimento di svariati scopi dalla musealizzazione di opere di particolare importanza che si trovano sottoposte alle azioni atmosferiche, attraverso la sostituzione con un copia in scala reale e con materiale uguale o simile all'originale, alla copia messa a disposizione degli esperi per fini di studio.







sergio.petronilli@enea.it



Archivio Digitale Multiuso



L'ENEA ha effettuato uno studio per la definizione di un sistema di catalogazione digitale su uno dei più grandi archivi privati italiani, il "Massimo & Sonia Cirulli Archive" che ha come obbiettivo quello di favorire la conoscenza e l'apprezzamento dell'arte italiana del XX secolo. L'elemento di partenza per un sistema di archiviazione digitale moderno è naturalmente l'immagine digitale dell'oggetto, sia esso un dipinto, una scultura, una fotografia o quant'altro. Il risultato è stato quello di creare un'archiviazione semplificata ma accurata che integrasse tutte le informazioni legate all'oggetto; un'archiviazione modulare che si potesse espandere nel tempo seguendo le innovazioni della tecnologia come ad esempio l'avvento degli smartphone e dei tablet, oppure le capacità degli Hard Disk per registrare le pesanti immagini ad alta risoluzione.

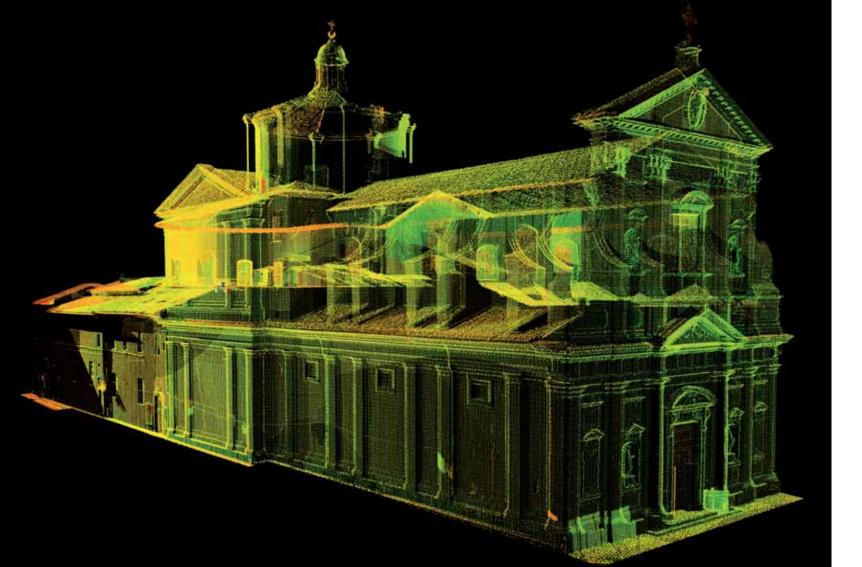
Il software lavora offline permettendo di avere la massima velocità di esecuzione anche con grandi immagini, ed inoltre viene garantita la totale sicurezza sui dati. Le immagini ad alta risoluzione vengono inserite direttamente nell'archivio e la loro successiva manipolazione avviene all'interno senza interventi di software esterni. Tutti i tipi di dati che interessano l'oggetto sono inseriti con un'interfaccia semplificata e molto "user oriented".

La modularità del software ha permesso di aggiungere caratteristiche innovative come l'integrazione con uno dei migliori software di Desktop Publishing, Adobe InDesign per la creazione di libri, cataloghi d'arte e newsletter personalizzate, la gestione di un sito web remoto con dati e immagini inviati direttamente dal software e anche la portabilità nel proprio smartphone dell'intero archivio. Le immagini in uscita possono inoltre essere protette da un timbro digitale (watermark) per evitarne riproduzioni.





lorenzo.moretti@enea.it



ICT per i Beni Culturali

ENEA

L'insieme di competenze, esperienze pluriennali e strumenti innovativi che l'ENEA mette a disposizione del settore Patrimonio Culturale, si differenzia per la qualità dei risultati derivanti dallo sviluppo di un processo completo e integrato di infrastrutture computazionali e di metodologie per l'Information e Communication Technology (ICT) in costante aggiornamento. Tale processo è composto da un insieme di servizi e infrastrutture sviluppate dai ricercatori ENEA in sinergia con gli specialisti della conservazione e valorizzazione del Patrimonio Culturale, con cui collaborano durante gli interventi sui beni. Obiettivo principale del processo è di favorire la conoscenza del bene affinché diventi fattore di crescita culturale, sociale ed economica del sistema territoriale in cui il bene si colloca.

È per questo possibile, attraverso la digitalizzazione ottenere dati scientifici indispensabili per la valutazione dell'analisi del degrado e per pianificare gli interventi di restauro, ma anche ottenere un ambiente di visualizzazione virtuale, sia tridimensionale che di realtà aumentata, per la fruizione del bene per il coinvolgimento di un pubblico più diversificato.

La tecnologia del GRID/Cloud Computing, fra le principali infrastrutture di supercalcolo nazionali classificata tra i primi 500 supercomputer più potenti al mondo, integra tutte le risorse ICT hardware e software presenti in ENEA, e le rende accessibili a distanza, indipendentemente dalla loro localizzazione fisica, liberando l'utente finale dalla necessità di effettuare download e di disporre di strumenti cospicui, proteggendo in tal modo i diritti d'autore e la proprietà del modello e del dato scientifico. ENEA è perciò in grado di mettere a disposizione dell'utenza – scientifica e non – un servizio innovativo capace di affrontare le sfide più attuali, di ottimizzare i tempi e di contenere i costi necessari per lo sviluppo di prodotti e per la loro applicazione nel settore del patrimonio culturale.





silvio.miqliori@enea.it



Smart Cities: lo Smart Ring a L'Aquila

ENEA

L'ENEA sta attuando un ampio programma di ricerca e sviluppo sul tema delle Smart Cities, denominato City 2.0, che coniuga competenze settoriali su tecnologie innovative per l'efficienza energetica, mobilità sostenibile, fonti rinnovabili integrabili nei contesti urbani, ICT e computation intelligence, monitoraggio ambientale e beni culturali. In particolare verrà realizzato un caso dimostrativo nella città di L'Aquila consistente in uno Smart Ring di circa 4-5 km lungo l'anello che racchiude il centro storico della città. La realizzazione dell'anello ha lo scopo di innescare un processo di ricostruzione sostenibile della città, non soltanto degli edifici ma anche del tessuto dei servizi al cittadino, del recupero della coesione sociale e di valorizzazione del patrimonio culturale.

Il progetto si compone di diversi interventi, che riguardano la realizzazione di una City Control Room, dove affluiscono i dati dei sistemi di rilievo della città, una rete di illuminazione

pubblica innovativa (Smart Lighting), struttura portante dell'informazione digitale lungo l'anello smart, un sistema di Smart Mobility per la gestione del traffico e la mobilità pubblica elettrica, uno Smart Buildings Network per la diagnostica ed il controllo da remoto dei consumi di edifici pubblici, un sistema di monitoraggio della qualità dell'aria (Smart Environment) ed uno Smart Node, installazione interattiva per progetti culturali e interazione sociale tra i cittadini e la PA.







- 1. Lo Smart Ring nel centro storico di L'Aquila
- 2. City cloud
- 3. L'Aquila veduta aerea
- 4. Illuminazione smart a Piazza Duomo

mauro.annunziato@enea.it



Il trasferimento delle tecnologie emergenti specifiche per il patrimonio culturale



L'ENEA Unità Trasferimento Tecnologico produce, diffonde e trasferisce risultati della ricerca e tecnologie innovative per favorirne l'uso e la valorizzazione a fini produttivi e sociali.

Con la partecipazione a Enterprise Europe Network, l'ENEA prosegue il suo impegno a sostegno dei programmi europei per l'innovazione, assicurando a ricercatori e imprese il supporto per favorire il trasferimento tecnologico. In particolare l'ENEA, valorizzando la propria attitudine ad operare in ambiti interdisciplinari e ad attivare processi di fertilizzazione incrociata, ha sviluppato in questi anni, a fianco degli esperti dei beni culturali, tecnologie innovative per la conservazione e la valorizzazione del patrimonio artistico e naturale.

Gli incontri di brokeraggio tecnologico favoriscono scambi tra imprenditori e ricercatori europei, per offrire ai primi l'opportunità di conoscere le più recenti tecnologie sviluppate dai laboratori di ricerca e ai ricercatori l'occasione di avviare nuove collaborazioni internazionali con partner industriali.







Valutazione della vulnerabilità sismica del Duomo di Orvieto

Responsabile scientifico: Gerardo De Canio Collaboratori: Giorgio Fornetti, Dario De Rinaldis, Marialuisa Mongelli, Alessandro Colucci, Paolo D'Atanasio, Flavio Borfecchia, Michele Caponero, Alessandro Giocoli, Salomon Hailemikael, Angelo Tatì, Alessandro Zambotti

Sicurezza e Conservazione del Patrimonio Architettonico in area sismica

Responsabile scientifico: Bruno Carpani

L'indagine storica nella valutazione della pericolosità sismica: il terremoto di Rieti del 27 giugno 1898

Responsabile scientifico: Salvatore Paolini Collaboratori: Dario Rinaldis, Guido Martini, Antonella Paciello, Alessandro Zini

La salvaguardia dei centri storici a fronte di eventi sismici: il caso di Cerreto di Spoleto

Responsabile scientifico: Dario Rinaldis Collaboratori: Giovanni Bongiovanni, Giacomo Buffarini, Paolo Clemente, Salomon Hailemikael, Antonella Paciello, Claudio Properzi, Sandro Serafini, Vladimiro Verrubbi, Alessandro Zini

Struttura di isolamento sismico per edifici esistenti

Responsabile scientifico: Paolo Clemente Collaboratori: Giacomo Buffarini, Fernando Saitta

Ponti ad arco in muratura

Responsabile scientifico: Paolo Clemente Collaboratori: Giacomo Buffarini, Fernando Saitta

Analisi delle vibrazioni ambientali sulle colonne Coclidi a Roma

Responsabile scientifico: Giovanni Bongiovanni Collaboratori: Giacomo Buffarini, Bruno Carpani, Paolo Clemente, Salomon Hailemikael, Antonella Paciello, Fernando Saitta, Sandro Serafini

Le coperture della Villa dei Misteri a Pompei

Responsabile scientifico: Bruno Carpani Collaboratori: Paolo Clemente, Giovanni Bongiovanni; Anna Marzo, Giuseppe Marghella, Antonella Paciello, Sandro Serafini, Elena Candigliota, Francesco Immordino

Il rischio geomorfologico nel Santuario di Machu Picchu

Responsabile scientifico: Claudio Puglisi Collaboratori: Luca Falconi, Guido Martini, Augusto Screpanti

Protezione antisismica del Bronzi di Riace

Responsabile scientifico: Gerardo De Canio Collaboratori: Marialuisa Mongelli, Ivan Rosselli, Alessandro Colucci, Francesco Di Biagio, Massimiliano Baldini, Alessandro Picca

Un innovativo sistema di movimentazione di grandi statue

Responsabile scientifico: Gerardo De Canio

Prove dinamiche per il fercolo dell'arca medievale di San Giovanni

Responsabile scientifico: Gerardo De Canio Collaboratori: Marialuisa Mongelli, Alessandro Colucci, Francesco Di Biagio, Massimiliano Baldini

Controlli non distruttivi

Responsabile: Luigi Quercia Collaboratori: Claudio Seccaroni, Franca Persia, Angelo Tatì, Alessandro Colucci, Attilio Tognacci

Monitoraggi strutturali con tecnologia in fibra ottica FBG

Responsabile: Michele Caponero

Telerilevamento di prossimità per prevenzione rischi ed emergenza: dall'acquisizione dati al processing delle immagini

Responsabile: Elena Candigliota, Francesco Immordino Collaboratori: Valentina Coppola

Telerilevamento satellitare ad alta risoluzione per la salvaguardia del patrimonio storico-architettonico, archeologico e paesaggistico

Responsabile: Elena Candigliota, Francesco Immordino

Tecniche diagnostiche non distruttive per lo studio dei dipinti

dei alpinti Responsabile: Luigi Quercia Collaboratori: Claudio Seccaroni, Franca Persia, Attilio Tognacci

Biotecnologie microbiche per i Beni Culturali

Responsabile: Annarosa Sprocati Collaboratori: Flavia Tasso, Chiara Alisi, Paola Marconi, Salvatore Chiavarini

Laser Induced Breakdown Spectroscopy per l'analisi elementare di opere d'arte

Responsabile: Luisa Caneve Collaboratori: Francesco Colao, Valeria Spizzichino

Tecnologie diagnostiche con SEM/EDAX per la scoperta del bianco di titanio nei dipinti Responsabile: Stefania Bruni

Collaboratori: Giuseppe Maino, Giuseppe Marghella, Anna Marzo

Nanomateriali per i beni culturali

Responsabile: Franca Persia

La radiazione THz

Responsabile: Emilio Giovenale

RGB-ITR scanner 3D a colori per la visione remota e non intrusiva

Responsabile: Giorgio Fornetti
Collaboratori: Massimilano Guarneri, Massimo
Francucci. Luigi De Dominicis

L'ENEA per la mostra di "Scipione Pulzone da Gaeta, Arte e Fede nel Mediterraneo del Cinquecento"

Responsabile: Claudio Seccaroni Collaboratori: Franca Persia, Giorgio Fornetti, Massimilano Guarneri, Massimo Francucci, Luisa Caneve, Valeria Spizzichino, Antonio Perozziello

Studi ottici della Sindone di Torino

Responsabile: Paolo Di Lazzaro Collaboratori: Daniele Murra

Laser Scanning 3D sottomarino

Responsabile: Luigi De Dominicis Collaboratori: Giorgio Fornetti, Mario Ferri de Collibus, Massimiliano Guarneri, Massimo Francucci, Marcello Nuvoli, Massimiliano Ciaffi

Indagini geofisiche per la geomorfologia subacquea in aree di interesse archeologico

Responsabile: Alfredo Trocciola Collaboratori: Raffaele Pica, Carmine Minopoli

Risk-Assessment dovuto all'inquinamento ambientale sui Beni Culturali

Responsabile: Stefan Doytchinov Collaboratori: Augusto Screpanti, Giovanni Leggeri

Recupero sostenibile ed efficientamento energetico di edifici storici e museali

Responsabile: Stella Styliani Fanou Collaboratori: Massimo Poggi

Il filtraggio della luce in ambito museale Responsabile: Angela Piegari

Sistemi informativi per la fruizione

Sistemi informativi per la iruizio

Responsabile: Luciana Bordoni

Etichette anticontraffazione per la tracciabilità e la certificazione di originalità di Beni Culturali

Responsabile: Paolo Di Lazzaro Collaboratori: Sarah Bollanti, Francesco Flora, Luca Mezi, Daniele Murra, Francesca Bonfigli, Rosa Maria Montereali. Aurora Vincenti

Ingegneria inversa e Prototipazione Rapida

Responsabile: Sergio Petronilli

Archivio Digitale Multiuso

Responsabile: Lorenzo Moretti

ICT per i Beni Culturali

Responsabile: Silvio Migliori

Smart Cities: lo Smart Ring a L'Aquila

Responsabile: Mauro Annunziato, Claudia Meloni Collaboratori: Alessandra Scognamiglio, Luciana Bordoni, Michele Penza, Domenico Suriano, Maria Gabriella Villani, Fabio Moretti, Stefano Pizzuti, Francesco Pieroni

Il trasferimento delle tecnologie emergenti specifiche per il Patrimonio Culturale

Responsabile: Filippo Ammirati

