



IT@CHA Virtual Lab: un insieme di tecnologie abilitanti per l'implementazione e l'arricchimento del Digital Twin nei Beni Culturali

Samuele Pierattini

ENEA



ConfGARR23
SAPERI INTERCONNESSI

L'infrastruttura ICT ENEA

CRESCO6 Infrastructure (REsearch Computational center on COmplex System)



Computing power rating 1.4 PFLOPS
nodes: 434
cores: 20832

Each node

processors: 2xCPU Intel Xeon Platinum 8160 with 24 cores
clock: 2.1 GHz
memory: 192 GB (4 GB/core)

Network

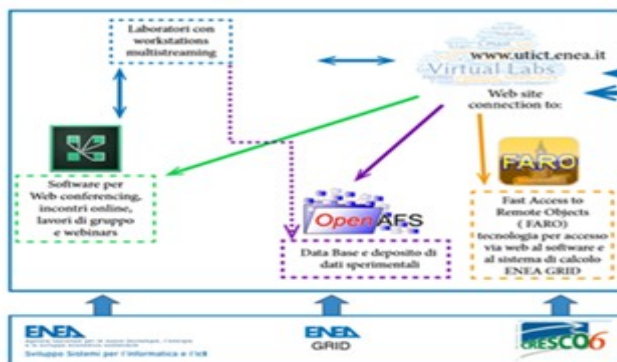
Intel Omni-Path 15 switch with 46 ports
bandwidth: 100 Gb/s
latency: 100 ns



ENEA Virtual Labs

Virtual Labs => Open Labs

Networking of instrumentation and skills to support research and industry

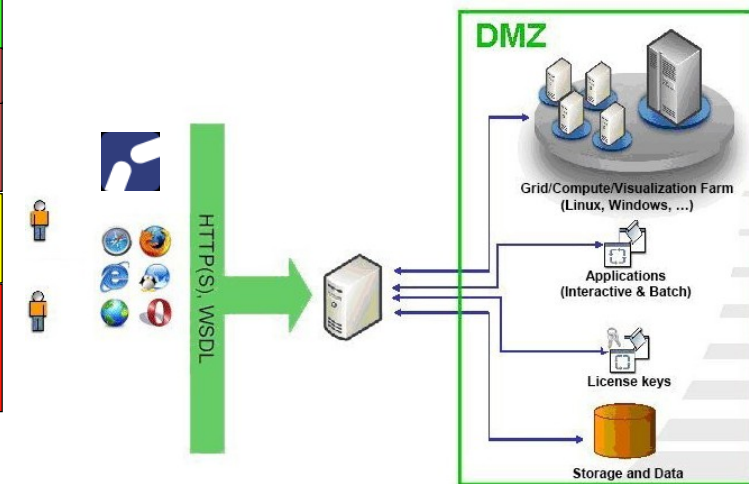
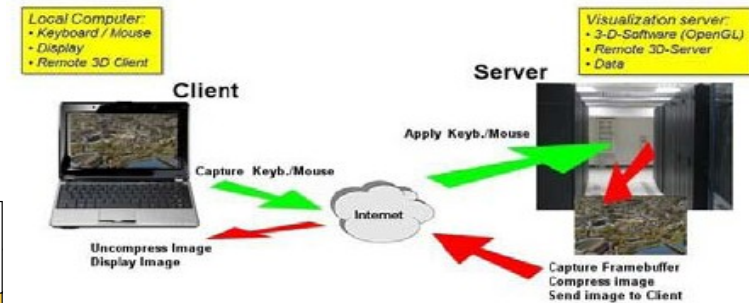
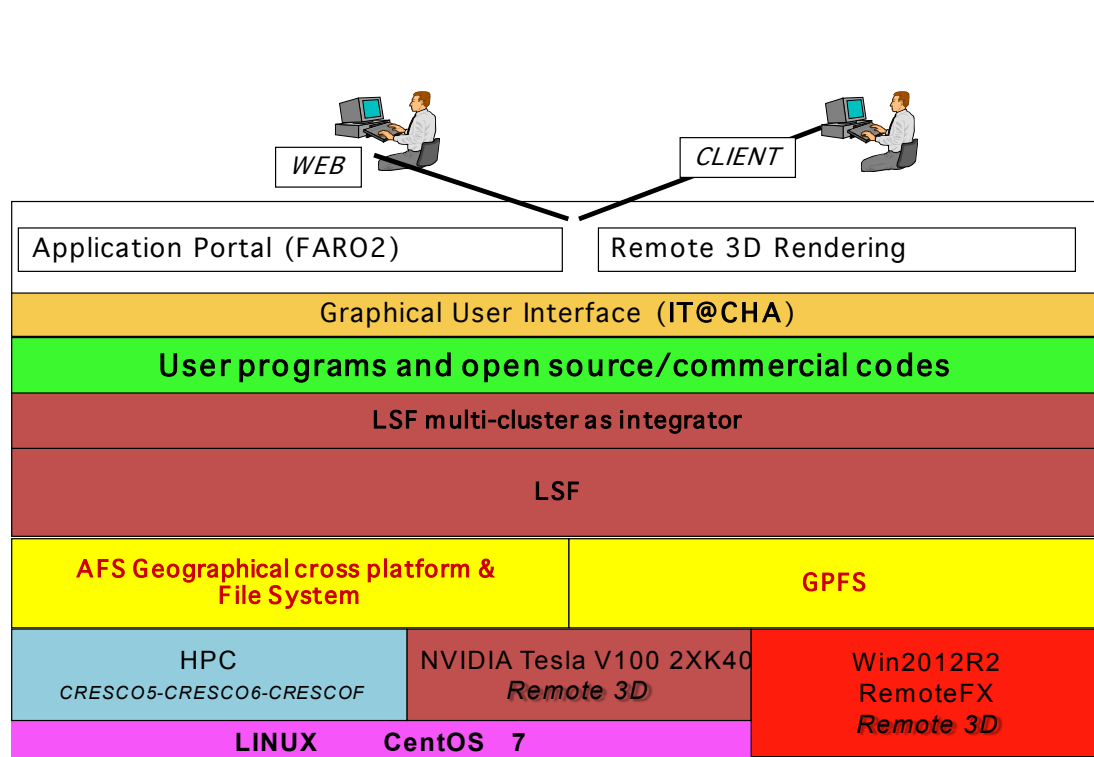




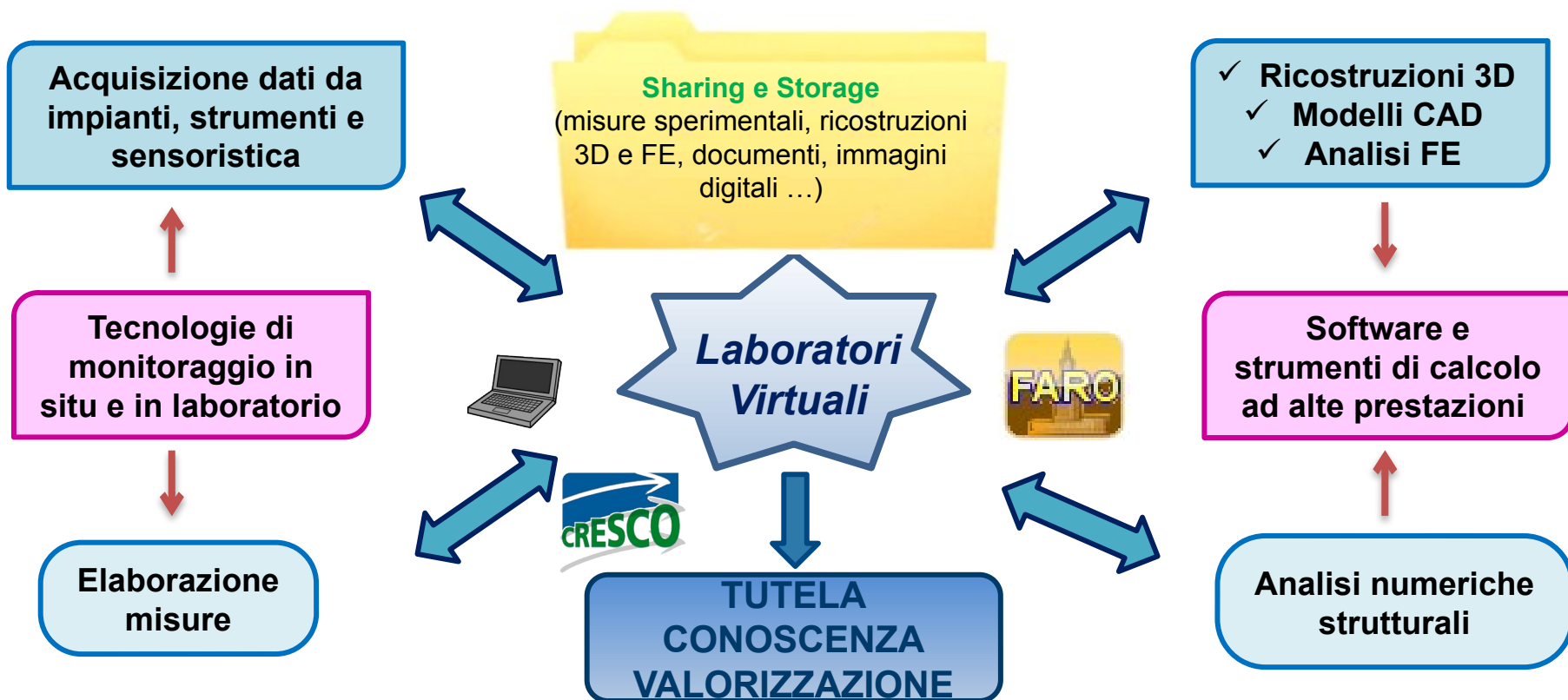
L'infrastruttura ICT ENEA



Architettura della Piattaforma IT@CHA



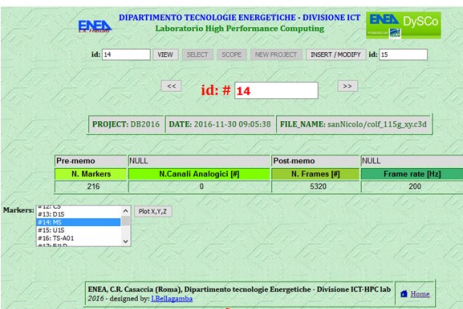
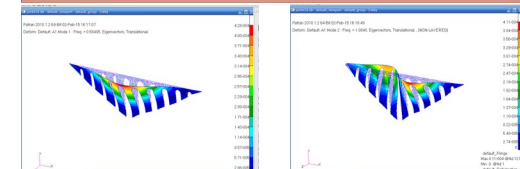
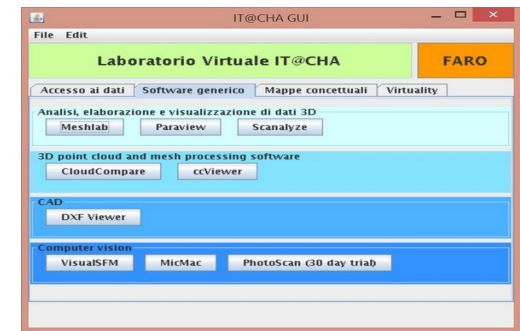
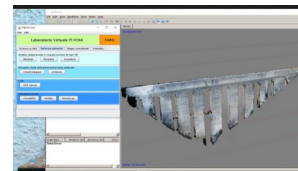
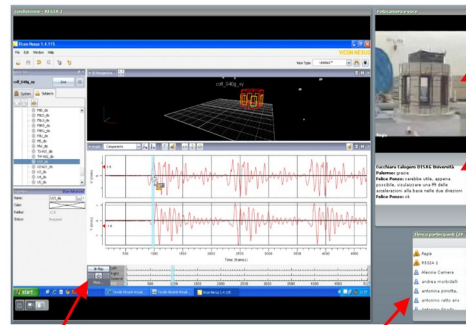
L'infrastruttura ICT ENEA per il patrimonio culturale



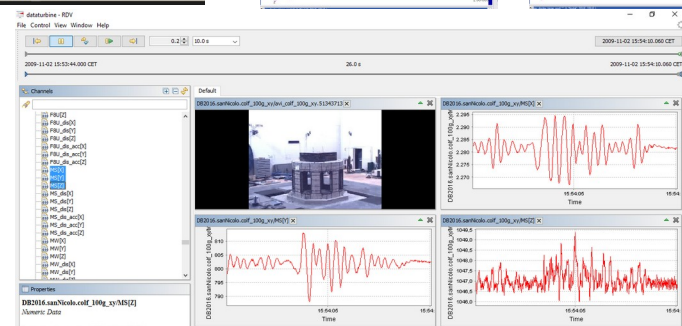
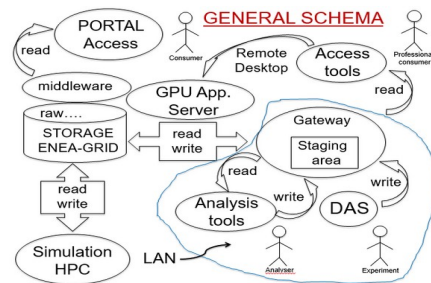


L'infrastruttura ICT ENEA per il patrimonio culturale

Virtual labs IT@CHA, DySCo,



Architettura E3S





I modelli numerici: dal digital twin al calcolo strutturale

- ❑ I modelli numerici **affiancano tutti i passi della sperimentazione: dal rilievo geometrico (tramite tecnologie digitali - nuvole di punti) alla definizione del modello agli elementi finiti (FE)**
- ❑ Possono essere considerati **di supporto ed integrazione ad altri strumenti e sistemi di diagnostica e monitoraggio**
- ❑ L'utilizzo di **piattaforme WEB è sempre più diffuso** per supportare la cooperazione tra gli enti e garantire soluzioni tecnologiche innovative per la protezione, la conservazione, la fruizione
- ❑ **L'infrastruttura ICT dell'ENEA per i beni culturali**, consente:
 - ❑ l'accesso remoto alle risorse hardware e software della griglia computazionale per elaborare modelli di notevoli dimensioni;
 - ❑ di disporre di **strumenti di visualizzazione** dei modelli 3D;
 - ❑ **lo storage e lo sharing di dati** (foto, file excel, output delle restituzioni 3D, i risultati delle analisi FE, misure sperimentali), **fruibili da Repository**, condivisi su owncloud e archiviati su afs/gpfs, per future elaborazioni.



Virtual LAB ITH@CA e la catena di modellazione

Ricostruzioni 3d: dalla nuvola di punti al modello agli elementi finiti

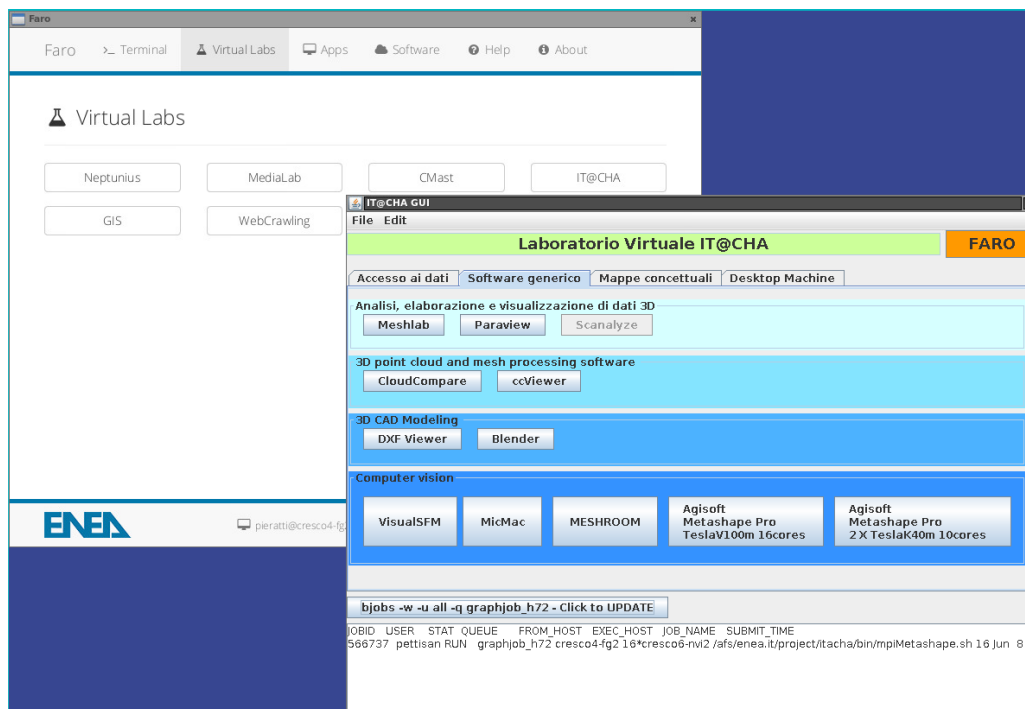
✓ Ricostruzioni 3D
✓ Modelli CAD
✓ Analisi FE



Software e strumenti
di calcolo ad alte
prestazioni



Analisi numeriche
strutturali



Digitalizzazione :

- ❖ Indagini
- ❖ Diagnostica
- ❖ Manutenzione
- ❖ Valorizzazione
- ❖ Fruizione
- ❖ Conoscenza

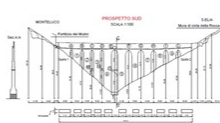


Approccio Integrato da differenti tecnologie digitali

Il Ponte delle Torri (Spoleto): Fotogrammetria con drone



- ✓ A very large masonry structure (XIII century)
- ✓ Born to be aqueduct
- ✓ Rubble walls in a square matrix assembled by mortar and lime
- ✓ Different masonry texture



- 80 m height
- 230 m length
- 10 ogival arcades
- 9 piers (towers)

Very hardly accessible for visual and instrumental inspection

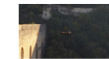
- ✓ Increasing the level of security of the territory through new technological solutions
- ✓ Integration of different diagnostic techniques for constant monitoring of the structure

- ❖ Fast
- ❖ Low cost
- ❖ Contactless
- ❖ Non destructive
- ❖ No scaffoldings
- ❖ Very large structure



Periodically Repeatable over time

- ❖ Geometrical survey
- ❖ Crack pattern (mapping of the cracks and their taxonomy)
- ❖ FE modeling and analysis
- ❖ Numerical data calibration by experimental noise measures

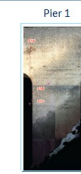


- 818 HD images (38 Mpix)
- 411 South side
- 407 Nord side
- Georeferenced images
- GSD = 1.75 mm/pixel

Considerable demand of Hardware/Software resources for imaging processing and data storage



Mapping of the cracks pattern



South side



North side South side

Codice	Cat.	L (m)	Posizione inizio (m)		Posizione fine (m)	
			x	y	x	y
S1A	1	9.97	0.09	1.25	-0.52	9.75
S1B	1	0.62	0.50	1.22	0.78	1.68
S1C	1	1.85	0.46	1.69	1.09	3.17
S2A	1	2.84	10.06	14.82	9.78	17.07
S2B	1	1.80	0.63	26.31	1.20	27.70
S2C	1	2.36	0.76	29.94	1.28	31.76
S3B	1	0.50	13.55	3.03	13.97	2.86
S3C	1	0.87	13.11	2.30	13.72	2.74
S4A	1	1.58	0.46	37.33	0.76	38.49
S4B	1	3.43	8.96	35.21	9.80	37.62
S4C	1	0.65	9.01	36.71	9.37	37.20
S4D	1	0.81	8.88	36.77	9.18	37.38
S7A	1	0.88	3.92	-3.62	4.14	-4.38
S7B	1	0.60	4.26	-2.49	4.00	-3.01

FE calibration by SfM 3D reconstruction Modal Analysis

I Mode $f = 0.629 \text{ Hz}$, $T = 1.59 \text{ s}$



II Mode $f = 1.129 \text{ Hz}$, $T = 0.89 \text{ s}$



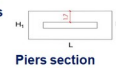
III Mode $f = 1.672 \text{ Hz}$, $T = 0.60 \text{ s}$



[Giofrè et al., 2008]

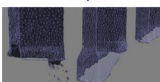
E (MPa) 8000
 ν 0.2
 ρ (kg/m³) 2107

Damage propagation: Push over out of plane (uniform)



Piers section

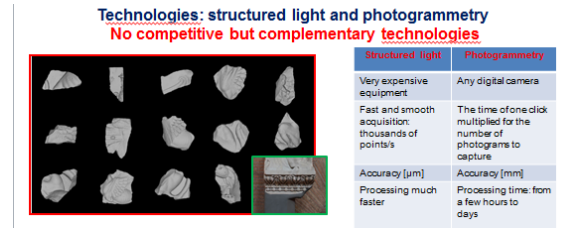
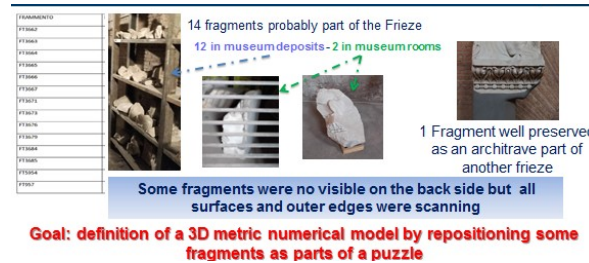
Additional info at the foot of the piers



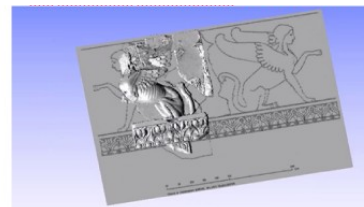
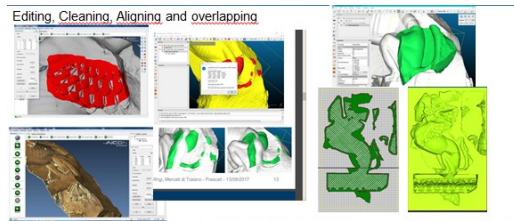
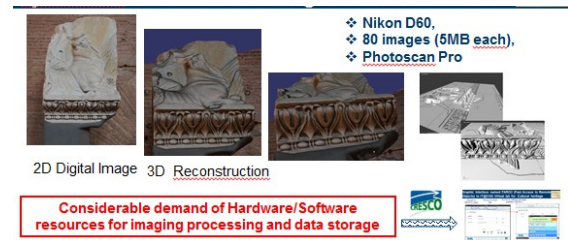
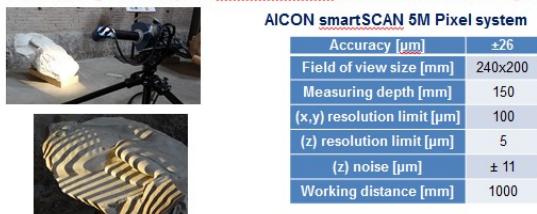


Approccio Integrato da differenti tecnologie digitali

Ipotesi di ricostruzione virtuale del fregio delle sfingi al Foro di Traiano (Roma)



Fast and high accuracy, no-contact, suitable for small, delicate or fragile objects





Approccio Integrato da differenti tecnologie digitali

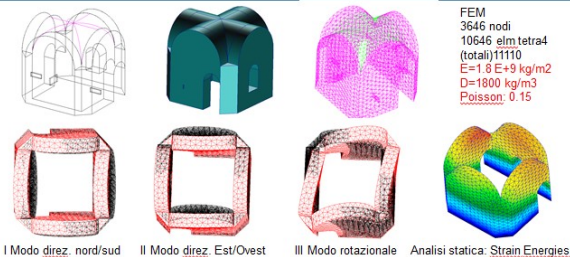
Approccio integrato fotogrammetria -FBG Sistema di monitoraggio per il controllo dell'evoluzione del danno

Aurelian Walls

- Built between 270 and 275 A.C.
- Originally about 19 Km
- Represented the city walls
- Nowadays remains 12.5 km long.
 - ❖ 383 towers,
 - ❖ 7020 battlements,
 - ❖ 5 main seats,
 - ❖ 2066 r windows
- Many critical areas



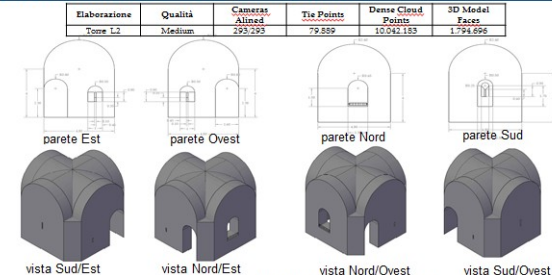
Torre L2: Modello e analisi preliminare FE



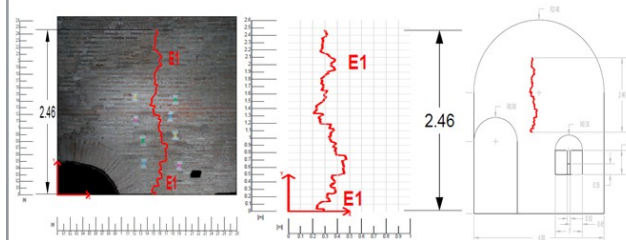
Torre L2: Rilievo geometrico dalla restituzione 3D fotogrammetrica



Torre L2: Rilievo geometrico Restituzione 3D fotogrammetrica



Torre L2: Quadro fessurativo parete est



Nuova campagna di misure con sensori FBG

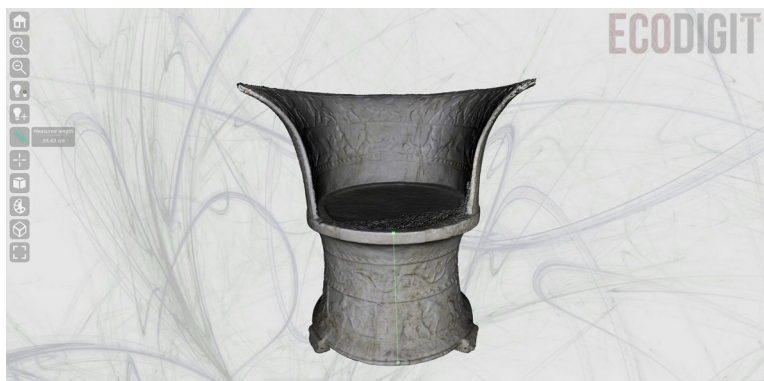
- Nuova installazione sensori FBG per il monitoraggio in continuo (settembre 2018)
- ❖ delle lesioni sulle pareti della torre L3
 - ❖ in alcuni tratti del camminamento esterno





Il Progetto ECODIGIT

Ecosistema Digitale per la fruizione e la valorizzazione dei beni e delle attività culturali del Lazio



ECODIGIT
Ecosistema Digitale per la Fruizione e la Valorizzazione
dei Beni e delle Attività Culturali della Regione Lazio

DTC LAZIO
CENTRO DI ECCELLENZA

DS.ENEA.OBJECT-CH-MODELS

Data : ply, obj, stl, bdf, op2 ecc

Metadata: RDF/XML, RDF/JSON

Licences : Creative Commons

FAIR (Principles):

Findable

Accessible

Interoperable

Reusable

<https://www.go-fair.org/fair-principles/>

Promoted By EU



Una piattaforma dedicata alle copie digitali del patrimonio culturale

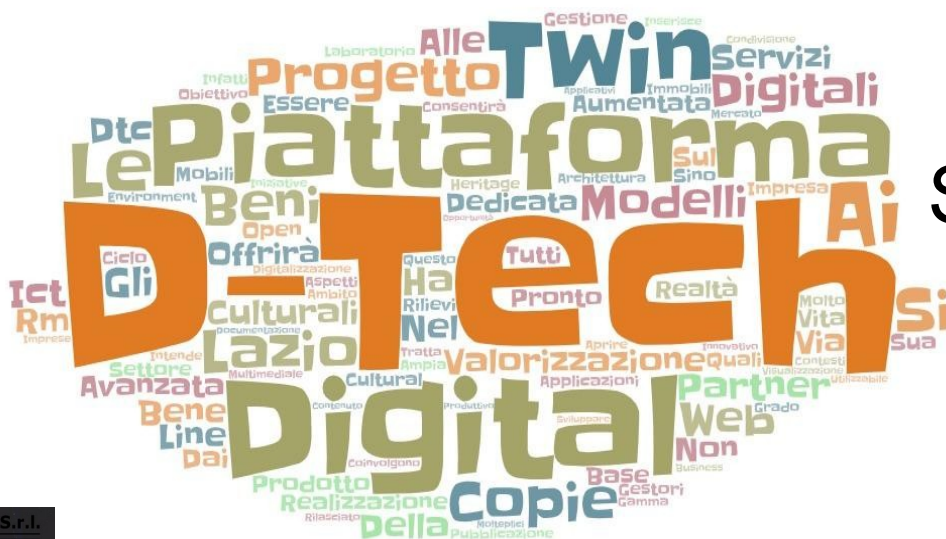


Strumenti per:

Lavorare

Gestire

Valorizzare





Conclusioni

- ❖ I modelli numerici rappresentano una solida base metodologica per la tutela del patrimonio culturale.
- ❖ L'infrastruttura ICT, dell'ENEA, per i Beni Culturali, già fruibile da remoto, via web, consente agli utenti autorizzati, di disporre delle risorse hardware e software, per tutta la filiera della modellazione numerica:
 - Ricostruzioni 3D;
 - Modelli FE e loro calibrazione da misure diagnostiche;
 - Aree di archiviazione e condivisione geograficamente distribuite;
 - Strumenti per il lavoro collaborativo a distanza.
- ❖ Inoltre, l'ottimizzazione e l'efficienza delle risorse informatiche attraverso l'utilizzo dell'infrastruttura ICT è assolutamente in linea con le nuove politiche per il green deal e la transizione digitale

IT@CHA Virtual Lab: un insieme di tecnologie abilitanti per l'implementazione e l'arricchimento del Digital Twin nei Beni Culturali

Beatrice Calosso, Marialuisa Mongelli, Samuele Pierattini, Giovanni Ponti, Marco Puccini

samuele.pierattini@enea.it

www.eneagrid.enea.it

www.laboratorivirtuali.enea.it/it

<https://ict.enea.it/ict-per-i-beni-culturali/>

Un caloroso ringraziamento va ai colleghi della divisione ICT e dei laboratori HPC e RETE che contribuiscono a vario livello, quotidianamente, con le loro competenze e professionalità a garantire il funzionamento dell'infrastruttura ICT dell' ENEA.

ConfGARR23

SAPERI INTERCONNESSI