



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRENTO

Dipartimento di Ingegneria Civile Ambientale Meccanica
Corso di Laurea Magistrale
in Ingegneria Edile/Architettura

**Tecnologie digitali e salvaguardia dei beni architettonici:
rilievo, modellazione e valorizzazione del castello di
S. Gottardo- Per gentile concessione dell'autore con © dello stesso; riproduzione possibile
citando come fonte l'autore e sito associazione.**



Relatori
Prof.ssa Giovanna A. Massari
Prof. Maurizio Fauri

Laureanda
Martina Tava

Anno Accademico 2014/2015

OBIETTIVI



INDAGINE



MODELLO



VALORIZZAZIONE

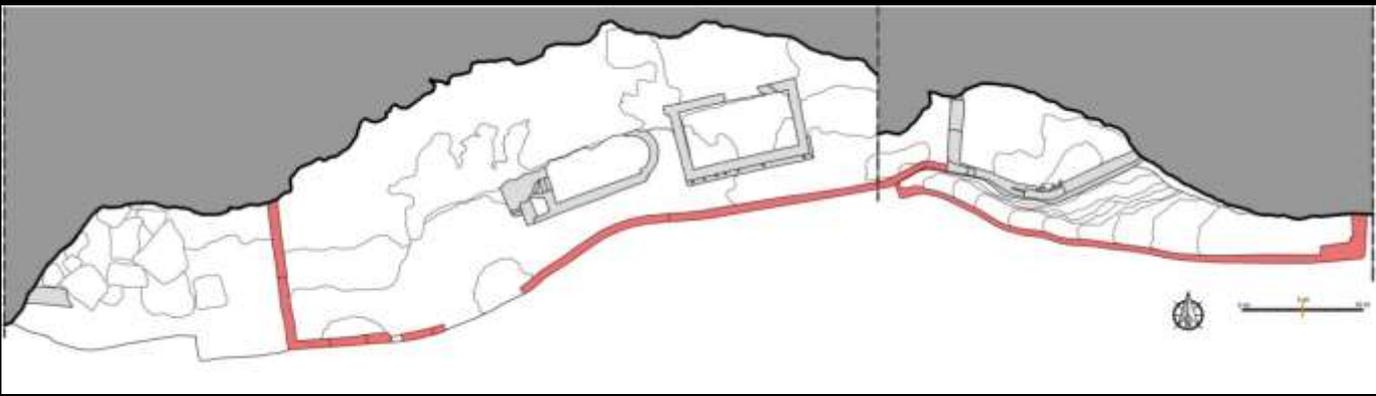
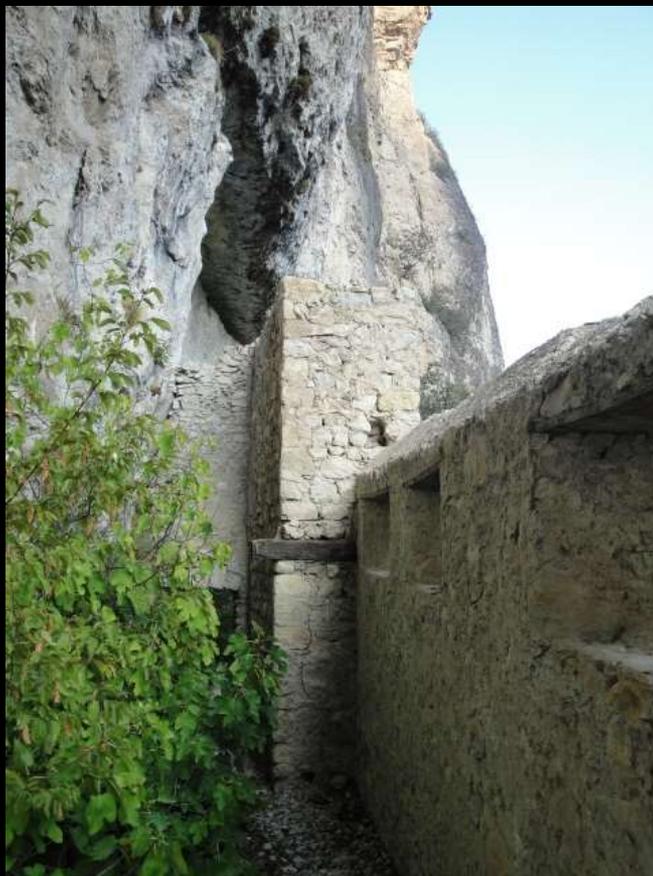
QUADRO ARCHITETTONICO

RILIEVO E TECNOLOGIE
DIGITALI

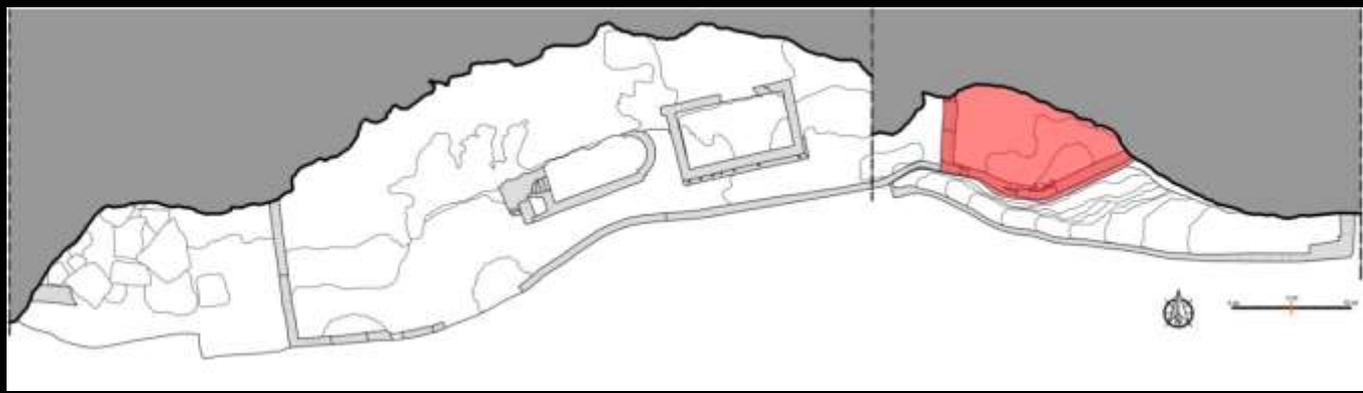
PROGETTO DI
VALORIZZAZIONE

CONCLUSIONI

CINTA MURARIA



EDIFICIO EST



OBIETTIVI

CARATTERI FORMALI

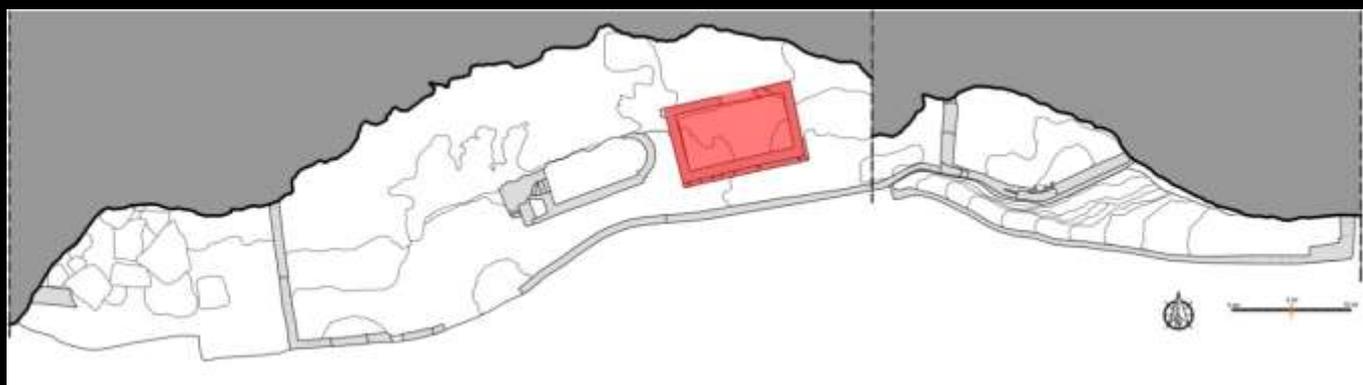
EREMO



RILIEVO E TECNOLOGIE DIGITALI

PROGETTO DI VALORIZZAZIONE

CONCLUSIONI



OBIETTIVI

CARATTERI FORMALI

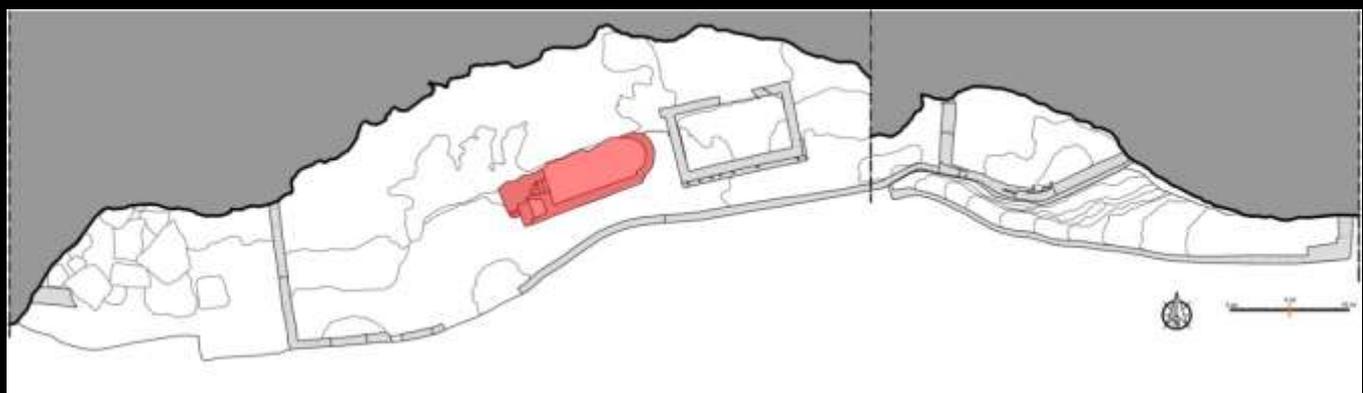
CHIESETTA DI S. GOTTARDO



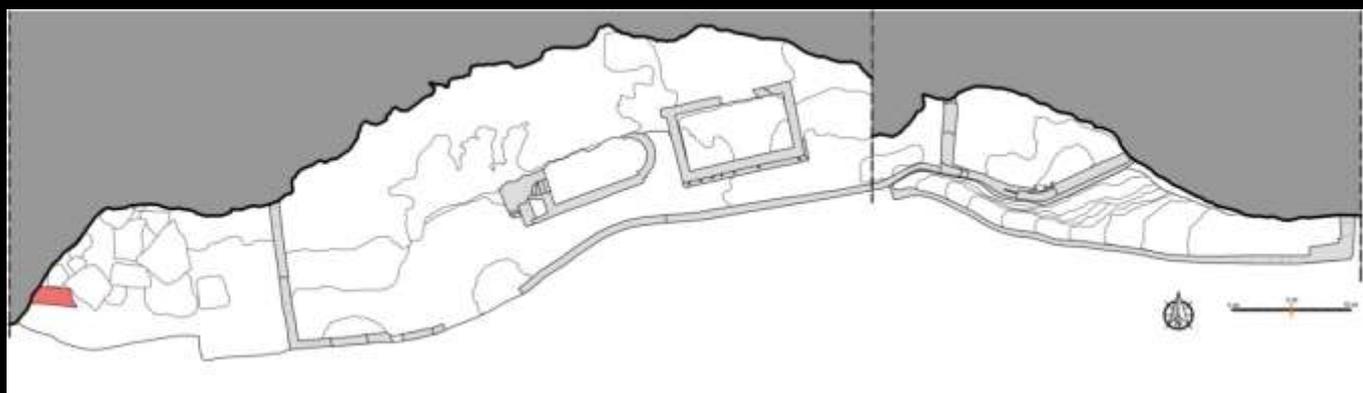
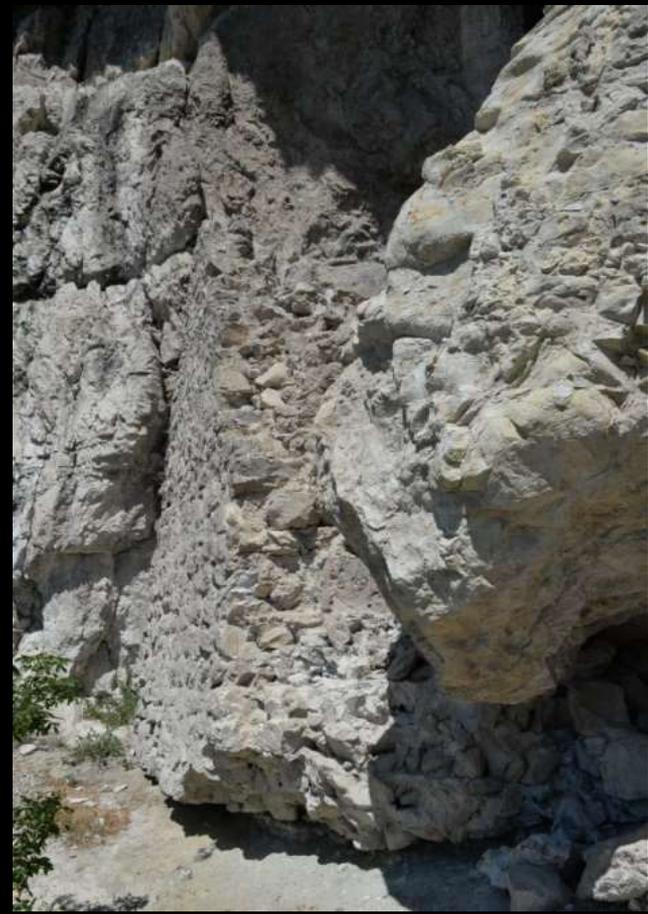
RILIEVO E TECNOLOGIE DIGITALI

PROGETTO DI VALORIZZAZIONE

CONCLUSIONI



EDIFICIO OVEST



OBIETTIVI

CARATTERI FORMALI

RILIEVO E TECNOLOGIE DIGITALI

OSSERVAZIONI E METODI

Laser scanner 3D

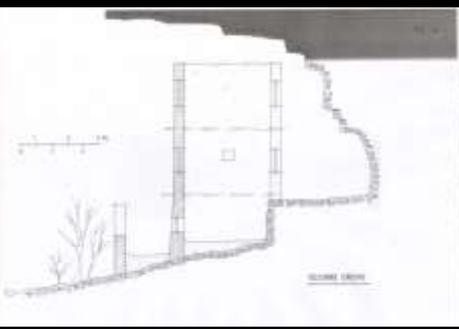
Acquisizione

Elaborazione

Restituzione

Modellazione

Comunicazione



PROGETTO DI VALORIZZAZIONE

CONCLUSIONI

TECNOLOGIE DIGITALI E RILIEVO DELL'ARCHEOLOGIA

Il castello di S. Gottardo è un Bene di indubbio interesse storico, architettonico, culturale ed archeologico.

DEGRADO E PRESCRIZIONI:

Il D.L. 22 gennaio 2004, n. 42 "*Codice dei beni culturali e del paesaggio*" ai sensi dell'articolo 10 della legge 6 luglio 2002, n. 137 obbliga i proprietari a conservare, valorizzare e promuovere il patrimonio architettonico.

PROBLEMA:

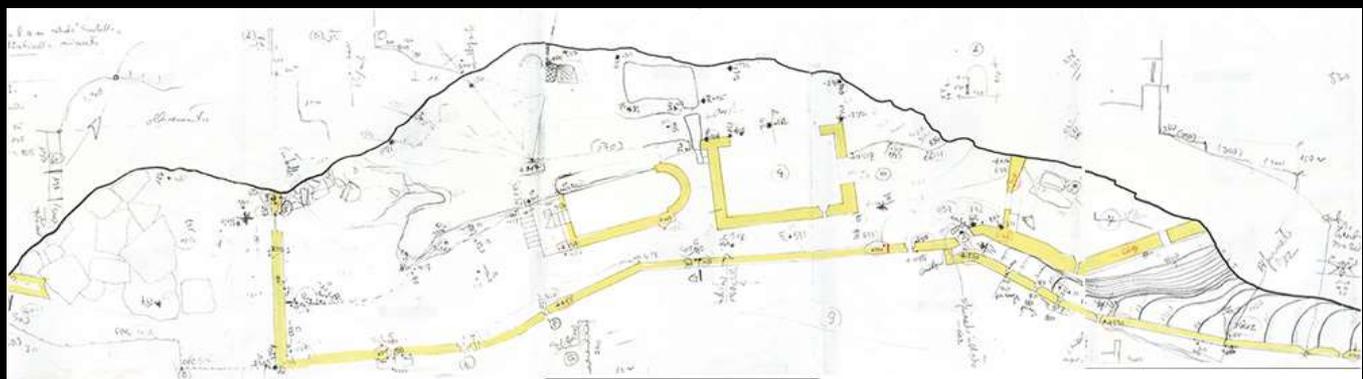
Mancanza di documentazione cartografica esaustiva come base per l'intervento di recupero, consolidamento e valorizzazione.

METODI (tecnologie innovative di rilievo)

- Fotomodellazione
- Laser scanner 3D

VANTAGGI:

- Velocità di acquisizione
- Grande livello di dettaglio anche di geometrie complesse



OBIETTIVI

CARATTERI FORMALI

**RILIEVO E TECNOLOGIE
DIGITALI**

Osservazioni e metodi

LASER SCANNER 3D

Acquisizione

Elaborazione

Restituzione

Modellazione

Comunicazione



PROGETTO DI
VALORIZZAZIONE

CONCLUSIONI

LASER SCANNER FARO Focus 3D

CARATTERISTICHE DELLO STRUMENTO

Acquisizione delle coordinate spaziali in modo sistematico, automatico e ad alta velocità

Categoria di appartenenza: *panorama scanner*, con campo visivo quasi sferico

Fotocamera con risoluzione fino a 70 MP integrata

Metodo della comparazione di fase

PARAMETRI DI TARATURA DELLO STRUMENTO

- *Risoluzione $\frac{1}{4}$*
- *Qualità di acquisizione 4x*
- *Velocità di scansione kpt/sec 120 (pari a 122000 pt/sec)*
- *Tempo di scansione 00:07:09*
- *Punti per scansione pt/360° 10240*
- *Punti totali 12.139.000*
- *Maglia a una distanza di 10 m pari a 6.136 mm*
- *Dimensione della scansione pt 2845x4267*
- *Tipo di scansione a colori RGB*



OBIETTIVI

CARATTERI FORMALI

RILIEVO E TECNOLOGIE DIGITALI

Osservazioni e metodi

Laser Scanner 3D

ACQUISIZIONE

Elaborazione

Restituzione

Modellazione

Comunicazione



PROGETTO DI VALORIZZAZIONE

CONCLUSIONI

PROCEDURE DEL RILIEVO

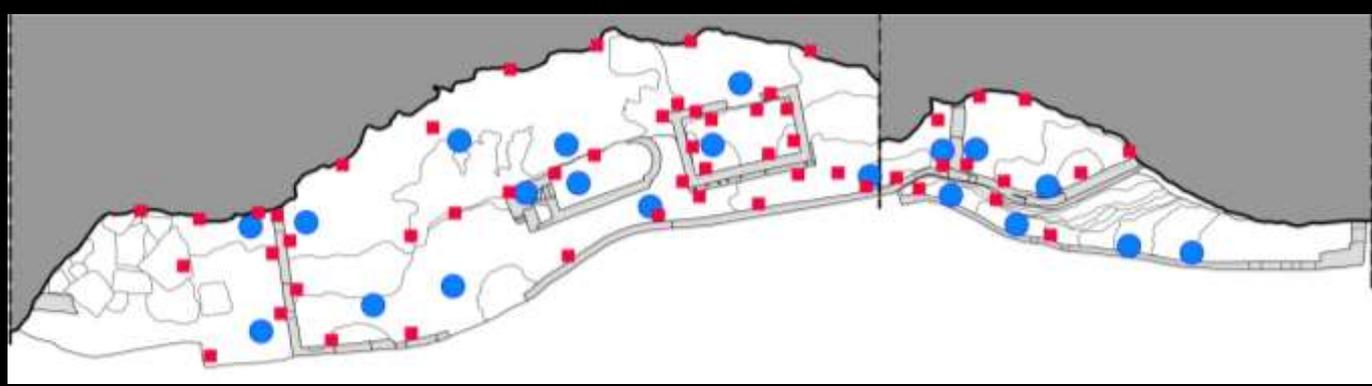
PIANIFICAZIONE: rete di punti di appoggio (numero delle scansioni e posizionamento dei *target* a scacchiera)

- riduzione al minimo di ombre e occlusioni
- visibilità dei target
- corretto passo di scansione



PROBLEMI:

- notevole dimensione dell'area di scansione
- conformazione irregolare del terreno e dei dislivelli
- esposizione alla luce solare
- impossibilità a rilevare il prospetto sud della cinta muraria per la presenza del dirupo



OBIETTIVI

CARATTERI FORMALI

RILIEVO E TECNOLOGIE DIGITALI

Osservazioni e metodi

Laser Scanner 3d

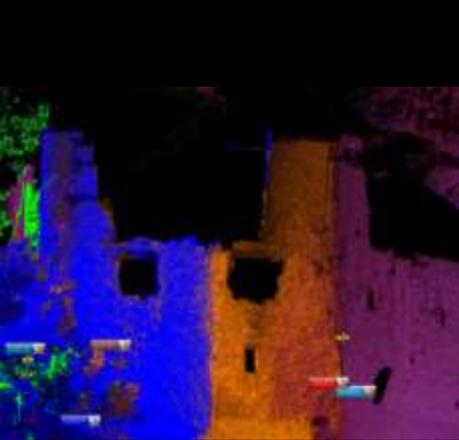
Acquisizione

ELABORAZIONE

Restituzione

Modellazione

Comunicazione



PROGETTO DI VALORIZZAZIONE

CONCLUSIONI

PROCESSAMENTO DEI DATI DI SCANSIONE

SOFTWARE: FARO Scene, applicativo in dotazione allo strumento FARO laser scanner 3D

- Caricamento delle scansioni
- Visualizzazione delle singole nuvole di punti
- Pulizia del dato grezzo ed eliminazione dei punti errati
- Allineamento e registrazione delle scansioni (riconoscimento di almeno tre *target* omologhi in modalità automatica o manuale)
- Verifica della tensione dei target
- Visualizzazione del modello in nuvola di punti dell'intera area



OBIETTIVI

CARATTERI FORMALI

RILIEVO E TECNOLOGIE DIGITALI

Osservazioni e metodi

Laser scanner 3D

Acquisizione

Elaborazione

RESTITUZIONE

Modellazione

Comunicazione

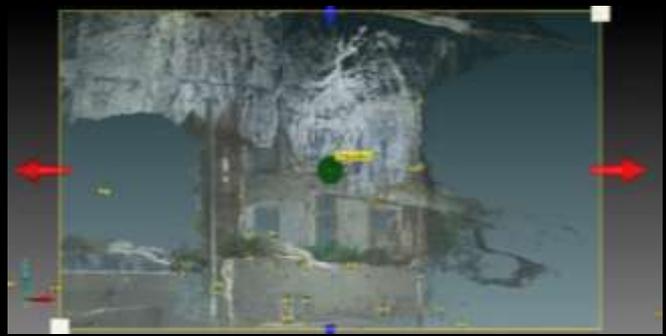
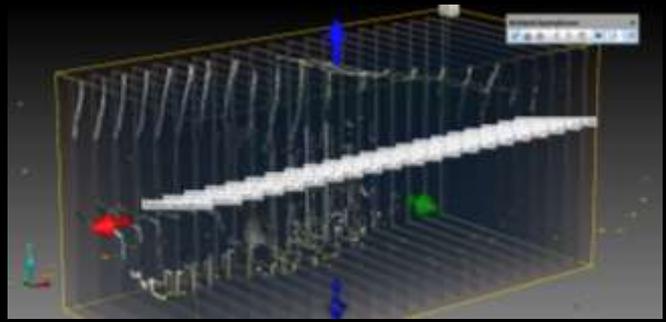


PROGETTO DI VALORIZZAZIONE

CONCLUSIONI

CREAZIONE DEGLI ELABORATI GRAFICI:

- Scelta dei profili significativi per gli elaborati grafici e le ortofoto (selezione con caselle di ritaglio)
- Esportazione delle «fette» per l'elaborazione in ambiente CAD
- Restituzione al tratto degli elaborati grafici in AutoCad 2016



OBIETTIVI

CARATTERI FORMALI

RILIEVO E TECNOLOGIE DIGITALI

Osservazioni e metodi

Laser scanner 3D

Acquisizione

Elaborazione

RESTITUZIONE

Modellazione

Comunicazione

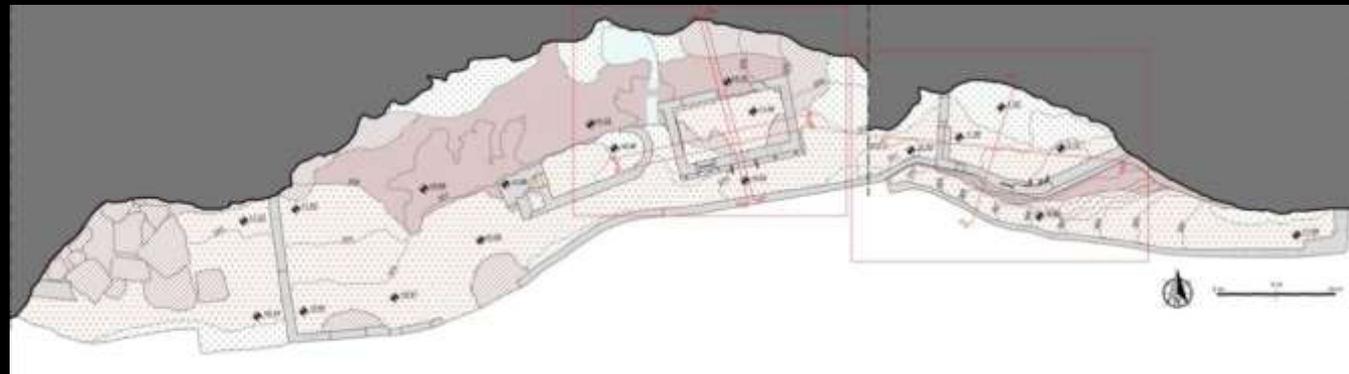


PROGETTO DI VALORIZZAZIONE

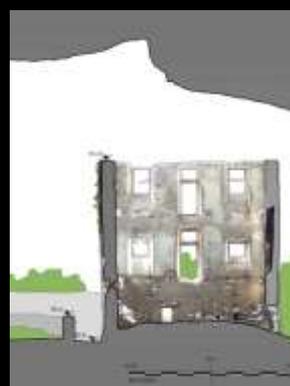
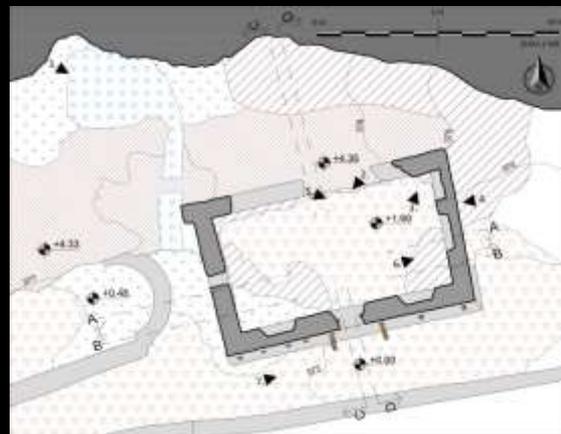
CONCLUSIONI

ELABORATI GRAFICI DEL CASTELLO DI SAN GOTTARDO

PLANIMETRIA GENERALE



EREMO: PIANTA, SEZIONI, FRONTI



OBIETTIVI

CARATTERI FORMALI

RILIEVO E TECNOLOGIE DIGITALI

Osservazioni e metodi

Laser scanner 3D

Acquisizione

Elaborazione

RESTITUZIONE

Modellazione

Comunicazione

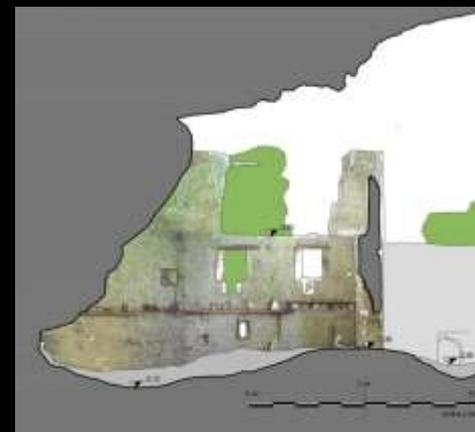
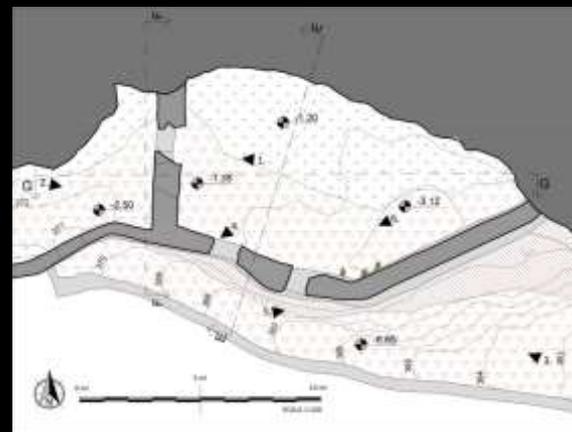


PROGETTO DI VALORIZZAZIONE

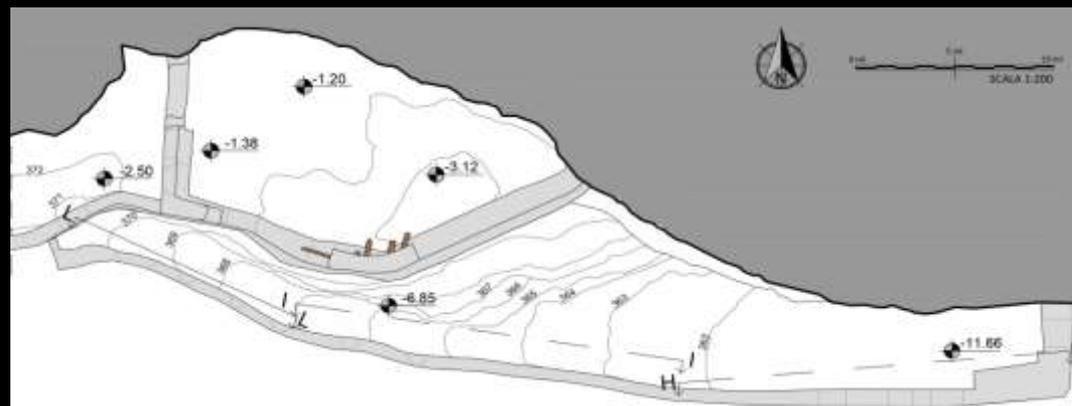
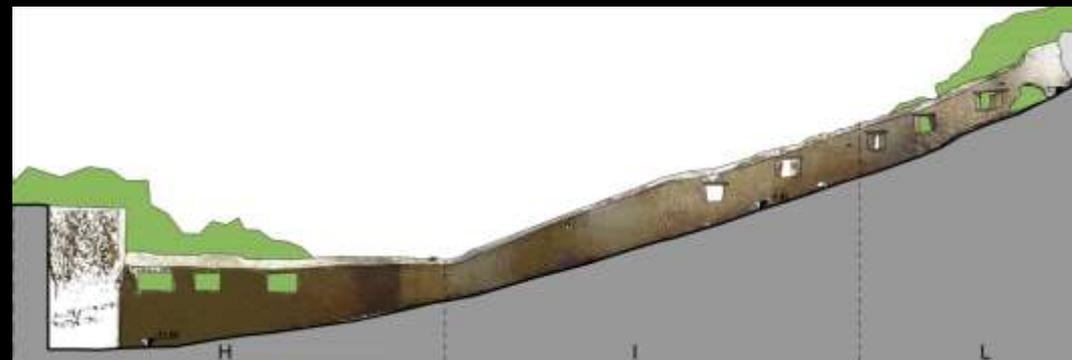
CONCLUSIONI

ELABORATI GRAFICI DEL CASTELLO DI SAN GOTTARDO

EDIFICIO EST: PIANTA, SEZIONI, FRONTI



CINTA MURARIA: TRATTO A EST



OBIETTIVI

CARATTERI FORMALI

RILIEVO E TECNOLOGIE DIGITALI

Osservazioni e metodi

Laser scanner 3D

Acquisizione

Elaborazione

Restituzione

MODELLAZIONE

Comunicazione

RICOSTRUZIONE VIRTUALE

OBIETTIVO

Modello tridimensionale dello stato di fatto sul quale intervenire per la ricostruzione di scenari passati e futuri

PROBLEMA

Trasformare la nuvola di punti non strutturati in *mesh* (superfici)

MeshLab e CloudCompare:

- Importazione in formato compatibile al software di modellazione solida
- Ricampionamento del modello (riduzione del numero di punti)
- Creazione delle normali associate ai punti
- Applicazione dell'algoritmo di *poisson*

→ **RISULTATO NON SODDISFACENTE**

MeshLab



CloudCompare



PROGETTO DI VALORIZZAZIONE

CONCLUSIONI

OBIETTIVI

CARATTERI FORMALI

RILIEVO E TECNOLOGIE DIGITALI

Osservazioni e metodi

Laser scanner 3D

Acquisizione

Elaborazione

Restituzione

MODELLAZIONE

Comunicazione



PROGETTO DI VALORIZZAZIONE

CONCLUSIONI

Pointools v8i:

VANTAGGI

- La compressione del formato dei dati consente l'importazione del modello intero
- Navigazione agevole nel modello visualizzato
- Creazione di istantanee della nuvola di punti con punti di vista insoliti per l'occhio umano
- Creazione di animazioni (in modalita' *orbit* o *fly through*)



OBIETTIVI

CARATTERI FORMALI

**RILIEVO E TECNOLOGIE
DIGITALI**

Osservazioni e metodi

Laser scanner 3D

Acquisizione

Elaborazione

Restituzione

MODELLAZIONE

Comunicazione

Pointools v8i:



PROGETTO DI
VALORIZZAZIONE

CONCLUSIONI

OBIETTIVI

CARATTERI FORMALI

RILIEVO E TECNOLOGIE DIGITALI

Osservazioni e metodi

Laser scanner 3D

Acquisizione

Elaborazione

Restituzione

Modellazione

COMUNICAZIONE

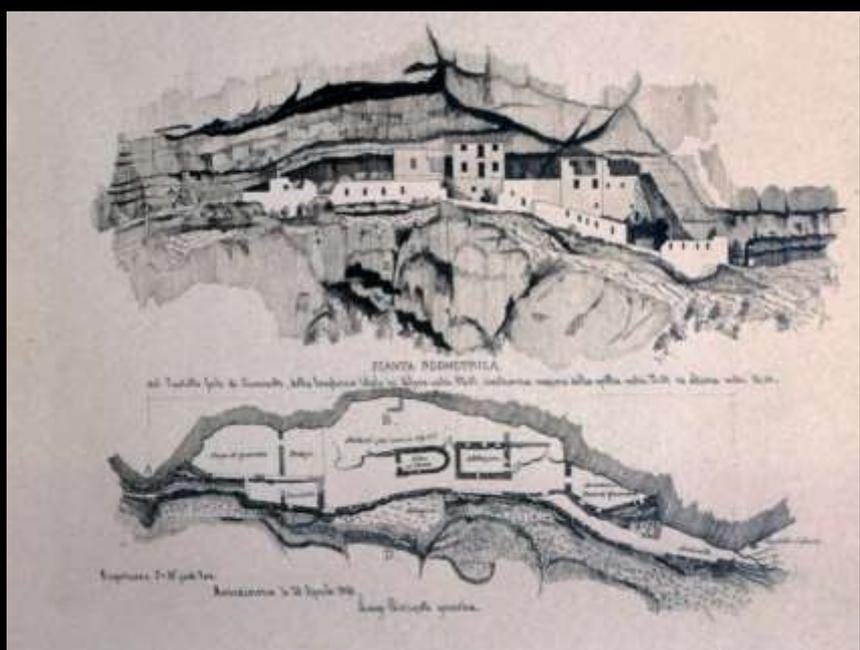


PROGETTO DI VALORIZZAZIONE

CONCLUSIONI

INTERVENTO SUL MODELLO TRIDIMENSIONALE:

- Studio delle fonti e modellazione con Rhinoceros 5.0 dei volumi di coperture, porzioni murarie, finiture e serramenti di eremo, edificio est e chiesetta.
- Integrazione della nuvola di punti con i volumi solidi delle parti mancanti



OBIETTIVI

CARATTERI FORMALI

RILIEVO E TECNOLOGIE DIGITALI

Osservazioni e metodi

Laser scanner 3D

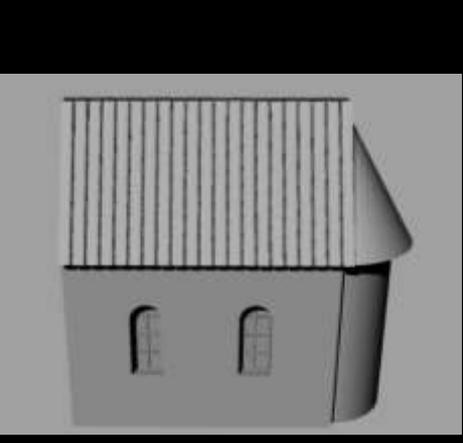
Acquisizione

Elaborazione

Restituzione

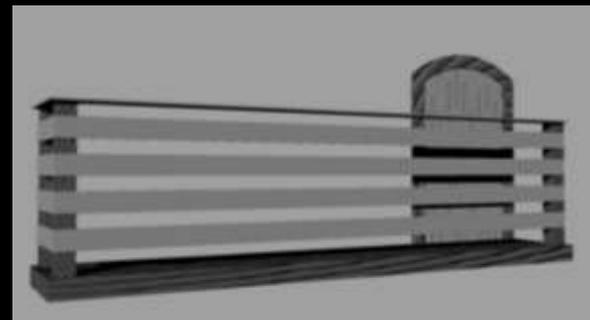
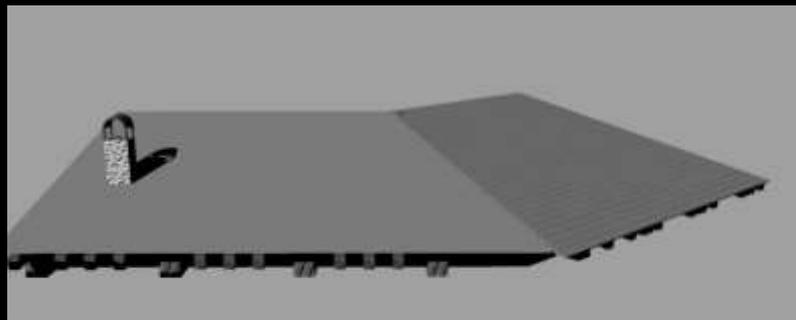
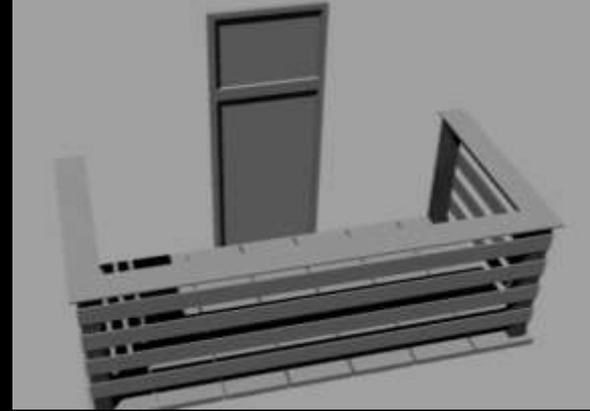
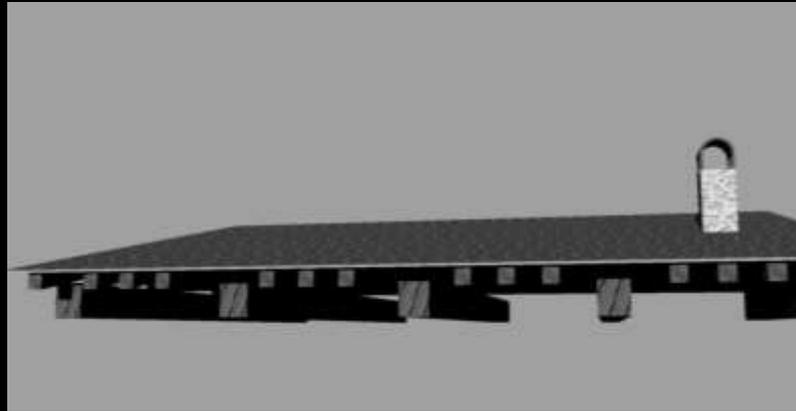
Modellazione

COMUNICAZIONE



PROGETTO DI VALORIZZAZIONE

CONCLUSIONI



OBIETTIVI

CARATTERI FORMALI

RILIEVO E TECNOLOGIE DIGITALI

Osservazioni e metodi

Laser Scanner 3D

Acquisizione

Elaborazione

Restituzione

Modellazione

COMUNICAZIONE



PROGETTO DI VALORIZZAZIONE

CONCLUSIONI



OBIETTIVI

CARATTERI FORMALI

RILIEVO E TECNOLOGIE DIGITALI

PROGETTO DI VALORIZZAZIONE

LUCE E VALORIZZAZIONE

Progettazione illuminotecnica
Calcolo illuminotecnico
Risparmio energetico e sostenibilità



CONCLUSIONI

LUCE IN ARCHITETTURA

Il valore di un'area architettonica è accentuato o minimizzato dal tipo di illuminazione scelto

CARATTERI IMPORTANTI

- *Intensità*
- *Orientazione*
- *Colore*

FINALITA' DELLA PROGETTAZIONE

- *Architettonica*
- *Emotiva*
- *Comunicativa*

EFFETTI NEGATIVI

- *Inquinamento luminoso (dispersione dei flussi)*
- *Spreco di risorse energetiche per la produzione di luce in eccesso*

PRESCRIZIONI

L.P. N.16, del 3 ottobre 2007: "Piano provinciale di intervento per la prevenzione e la riduzione dell'inquinamento luminoso"



OBIETTIVI

CARATTERI FORMALI

RILIEVO E TECNOLOGIE DIGITALI

PROGETTO DI VALORIZZAZIONE

Luce e valorizzazione

PROGETTAZIONE ILLUMINOTECNICA

Calcolo illuminotecnico

Risparmio energetico e sostenibilità



CONCLUSIONI

STUDIO DEGLI EFFETTI DELL'ILLUMINAZIONE

La luce che irraggia un corpo è la sommatoria dei fasci luminosi emessi dai corpi illuminanti e riflessi dai materiali di un determinato ambiente

CARATTERI IMPORTANTI

- *Analisi preliminare di geometrie e materiali*
- *Caratteristiche dei corpi illuminanti (curva fotometrica)*

DIALux evo:

- Inserimento dei dati generali di progetto (geometria semplificata)
- Applicazione delle texture (valore di riflessione luminosa al 45%)
- Individuazione dei punti di fissaggio degli apparecchi e del passaggio dei cavi di alimentazione
- Analisi delle emergenze visibili e scelta del colore della luce
- Scelta degli apparecchi luminosi e della disposizione



OBIETTIVI

CARATTERI FORMALI

RILIEVO E TECNOLOGIE DIGITALI

PROGETTO DI VALORIZZAZIONE

Luce e valorizzazione

PROGETTAZIONE ILLUMINOTECNICA

Risparmio energetico e sostenibilità

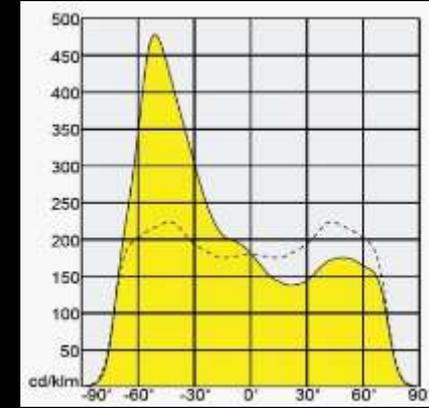
Calcolo illuminotecnico



CONCLUSIONI

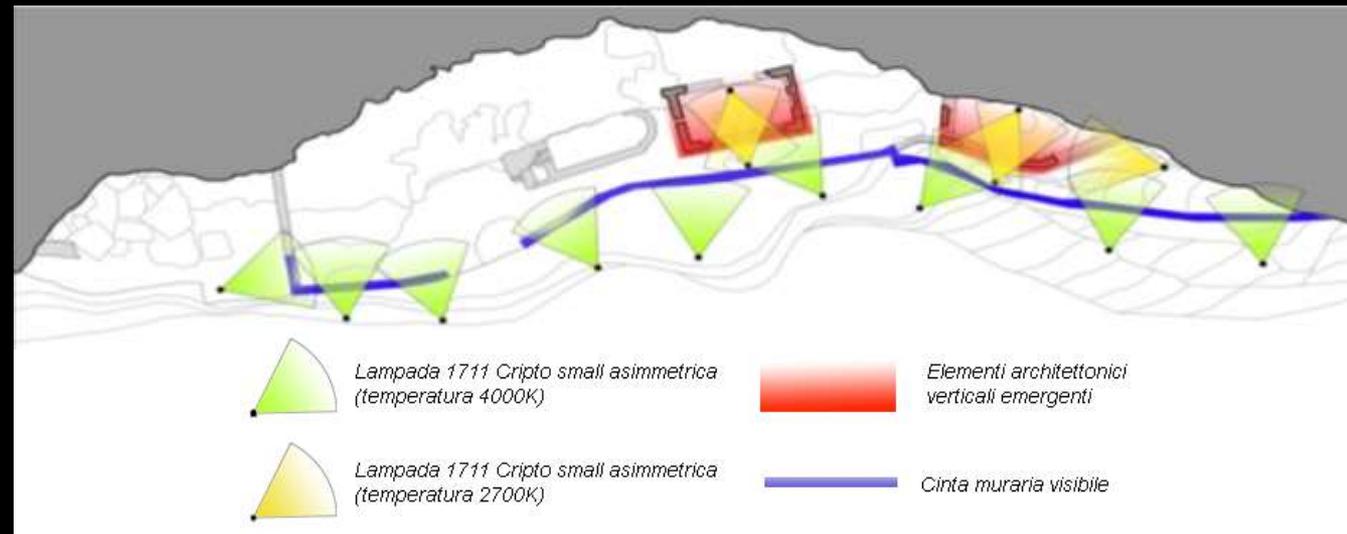
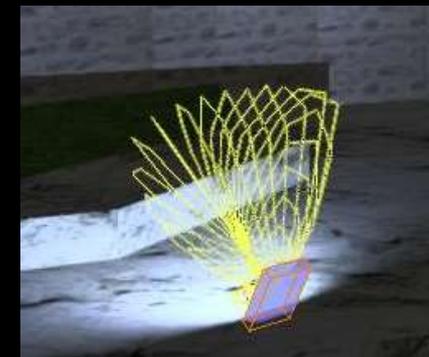
CARATTERISTICHE DELLE 14 LAMPADE *DISANO Cripto small asimmetrico*:

- *Potenza: 31 W*
- *Vita utile: mantenimento del flusso al 70% pari a 80000 h*
- *Flusso luminoso: massimo 4320 lm, utilizzato non superiore a 1500 lm*
- *Temperatura del colore: 4000 K per le 9 lampade esterne e 2700 K per le 5 lampade interne*
- *Indice di resa cromatica (IRC): 80*



VANTAGGI DELLA TECNOLOGIA LED:

- *Ottimizzazione dell'efficienza energetica*
- *Utilizzo dei sistemi di controllo e riduzione del numero degli apparecchi*
- *Aumento della vita utile e risparmio in termini di manutenzione*



OBIETTIVI

CARATTERI FORMALI

RILIEVO E TECNOLOGIE DIGITALI

PROGETTO DI VALORIZZAZIONE

Luce e valorizzazione

Progettazione illuminotecnica

CALCOLO ILLUMINOTECNICO

Risparmio energetico e sostenibilità

VERIFICA ILLUMINOTECNICA:

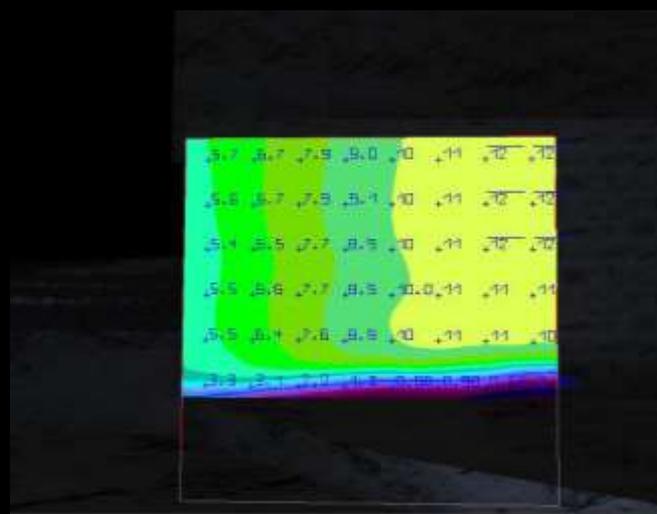
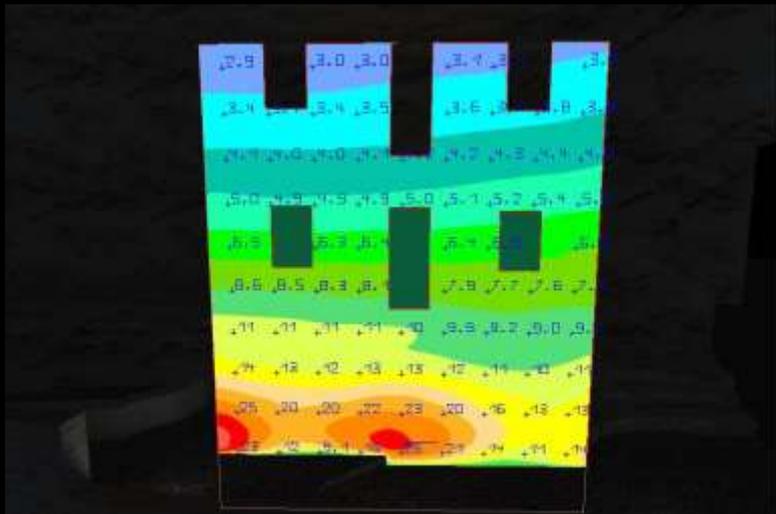
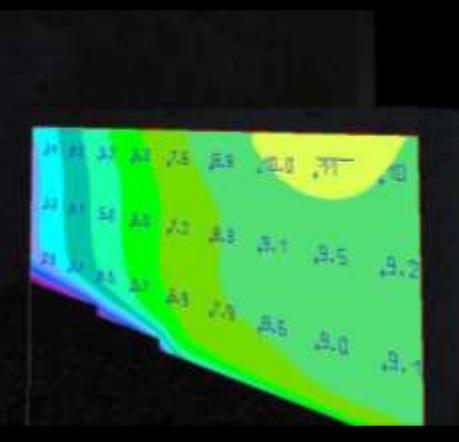
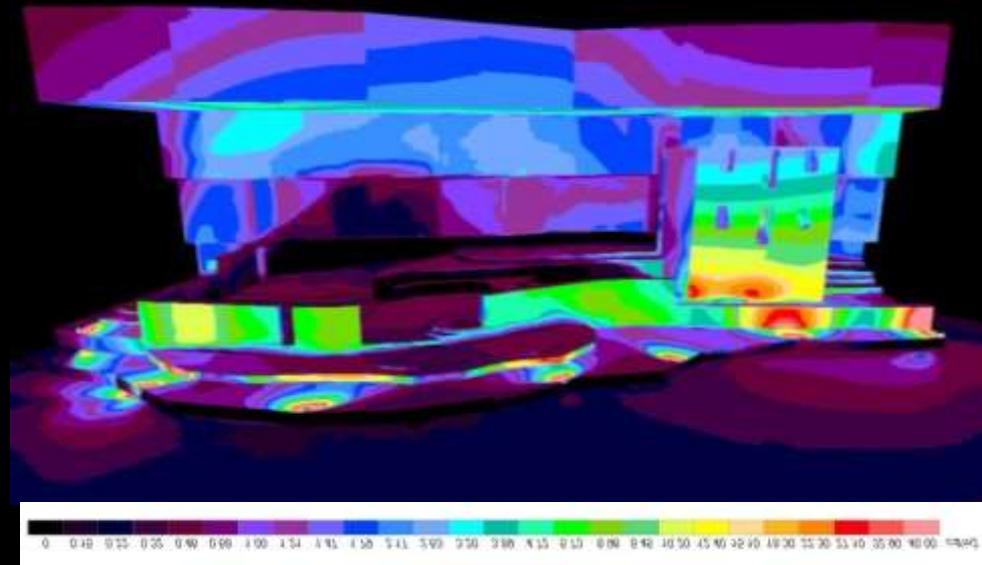
L.P 3 OTTOBRE 2007: "Piano provinciale di intervento per la prevenzione e la riduzione dell'inquinamento luminoso":

*«Nel caso di illuminazione di facciate di edifici storici e monumenti la luminanza media deve essere inferiore a **0,8 cd/m²** sulla superficie illuminata ovvero (nel caso di forme irregolari da illuminare) sul rettangolo circoscritto alla figura stessa.»*

Rendering in scala di colore e selezione della superficie per la verifica della luminanza media



BUONA OMOGENEITA' NELLA DISTRIBUZIONE DELL'ILLUMINAZIONE E LUMINANZA MEDIA < 0.80 cd/m²



CONCLUSIONI

OBIETTIVI

CARATTERI FORMALI

RILIEVO E TECNOLOGIE DIGITALI

PROGETTO DI VALORIZZAZIONE

Luce e valorizzazione

Progettazione illuminotecnica

CALCOLO ILLUMINOTECNICO

Risparmio energetico e sostenibilità



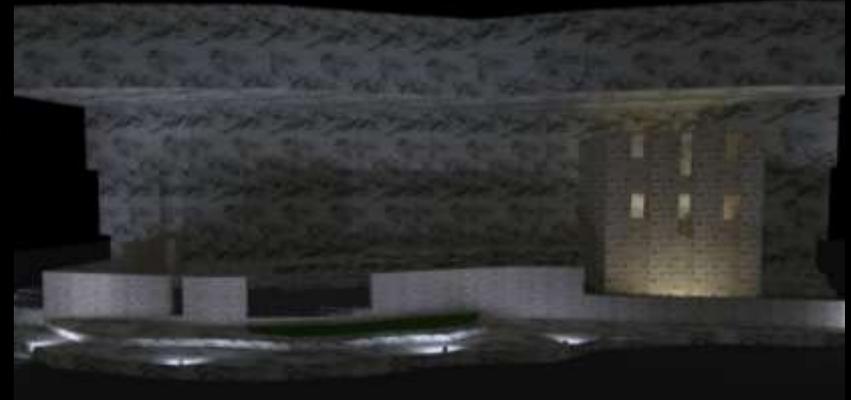
CONCLUSIONI

SIMULAZIONE DELL'EFFETTO DELL'ILLUMINAZIONE

LIVELLO DI ILLUMINAZIONE A VERIFICA NON SODDISFATTA



LIVELLO DI ILLUMINAZIONE A VERIFICA SODDISFATTA



SIMULAZIONE DELL'UTILIZZO DI LED COLORATI



OBIETTIVI

CARATTERI FORMALI

RILIEVO E TECNOLOGIE DIGITALI

PROGETTO DI VALORIZZAZIONE

Luce e valorizzazione

Progettazione illuminotecnica

Calcolo illuminotecnico

RISPARMIO ENERGETICO E SOSTENIBILITA'



CONCLUSIONI

ENERGIA RINNOVABILE E MODULI FOTOVOLTAICI

- Scelta del posizionamento
- Stima del fabbisogno giornaliero di potenza dell'impianto di illuminazione

$$14 * 31W * 6h = 2,604kWh$$

DATI:

- Numero corpi illuminanti: 14
- Potenza utile del singolo apparecchio: 31W
- Ore di illuminazione giornaliera: 6h

- Scelta del modulo fotovoltaico SunPower 315
- Stima della produttività annuale dell'impianto fotovoltaico

$$4 * 315W * 1000h = 1260kWh$$

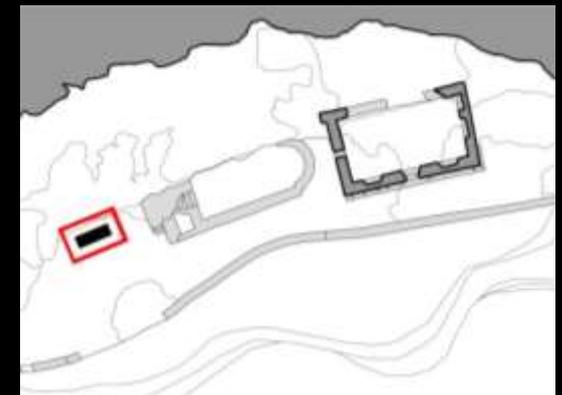
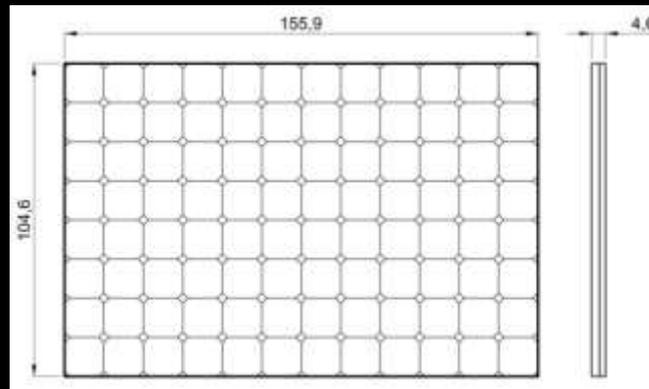
DATI:

- Numero di moduli ipotizzato: 4
- Potenza nominale del modulo fotovoltaico scelto: 315W
- Ore di irradiazione solare annua nel nord Italia: 1000h

- Stima della potenza erogata giornalmente dall'impianto fotovoltaico:

$$\frac{1260kWh}{365} = 3,452kWh$$

→ IL FABBISOGNO E' SODDISFATTO



OBIETTIVI
QUADRO GEOGRAFICO, STORICO E ARCHITETTONICO
RILIEVO E TECNOLOGIE DIGITALI
PROGETTO DI VALORIZZAZIONE
CONCLUSIONI

LA COMUNICAZIONE

OBIETTIVO: creare un modello tridimensionale realistico e dettagliato per rendere fruibile un luogo da un altro luogo e valorizzandolo da lontano attraverso l'utilizzo della luce

RISULTATO: la sperimentazione condotta ha portato a riflettere sul fatto che partendo dal rilievo digitale e sviluppando le procedure di elaborazione sarebbe possibile in un futuro creare un archivio delle opere di interesse storico, architettonico e archeologico da poter consultare in modo interattivo, suscitando l'interesse anche in ambito culturale, scolastico e turistico.



Grazie per l'attenzione!

