

Project Co-ordinator

Meletitiki A.N.Tombazis and Associates Architects Ltd
Monemvasias Street 27
GR-15125 Polydrosos, Athens, Greece
Tel: +30.210-680 0690
Fax: +30.210-680 1005
Email: meletitiki@hol.gr

Building Design Teams

Herzog Anton Ulrich-Museum,
Braunschweig,
Germany

Building owners:
Staatshochbauamt Braunschweig I

Architects:
Staatshochbauamt BS I

Energy consultants:
Institut für Gebäude- und Solartechnik,
TU Braunschweig

Archaeological Museum of Delphi,
Delphi,
Greece

Building owners:
Hellenic Ministry of Culture

Architects:
Meletitiki A.N.Tombazis
and Associates Architects Ltd

Energy consultants:
Dept of Applied Physics,
National Kapodistrian University
of Athens

The Bardini Museum,
Florence,
Italy

Building owners:
Municipality of Florence

Architects:
Arch Lombardi

Energy consultants:
ABITA Centre,
University of Florence

National Museum 'Pompeo Aria',
Marzabotto,
Italy

Building owners:
Soprintendenza per I Beni Archeologici
dell' Emilia Romagna

Architects and Energy consultants:
Ricerca & Progetto – Galassi,
Mingozzi & Associates, Bologna

National Archaeological Museum,
Lisbon,
Portugal

Building owners:
Museu Nacional de Arqueologia

Architects:
Carlos Guimaraes & Luis Carneiro

Energy consultants:
IDMEC,
University of Porto

Slovene Ethnographic Museum,
Ljubljana,
Slovenia

Building owners:
Slovene Ethnographic Museum

Architects:
INTEX Biro, d.o.o.

Energy consultants:
Faculty of Civil and Geodetic Engineering,
University of Ljubljana

Museum of Modern Art,
Kristinehamn,
Sweden

Building owners:
City of Kristinehamn

Architects:
Christer Nordstrom Arkitektkontor AB

Energy consultants:
WSP Environmental

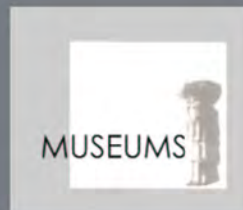
C/PLEX Art Centre,
West Bromwich,
United Kingdom

Building owners:
C/PLEX LTD

Architects:
Alsop Architects

Energy consultants:
Battle McCarthy Consulting Engineers
and Landscape Architects

Daylighting and Acoustics consultant:
Mike Wilson,
LEARN,
University of North London



MUSEUMS - Energy efficiency and sustainability in retrofitted and new museum buildings

Contract No. NNE5/1999/20, contract duration 2000 – 2003

The project is based on the results obtained during the implementation of the JOULE III Project "Retrofitting of Museums for Antiquities in the Mediterranean Countries" (JOR3-CT95-0013) and of the SAVE II Project "Guidelines for the Design and Retrofitting of Energy Efficient Museums for Antiquities in the Mediterranean Countries" (XVII/4.1031/Z/97-086).

Further information on the project is available from:

www.sustainable-european-museums.net

This is an ENERGIE publication, funded under the European Union's Fifth Framework Programme for Research, Technological Development and Demonstration.

Cover design by:

The Energy Research Group, University College Dublin, Ireland

Produced by:

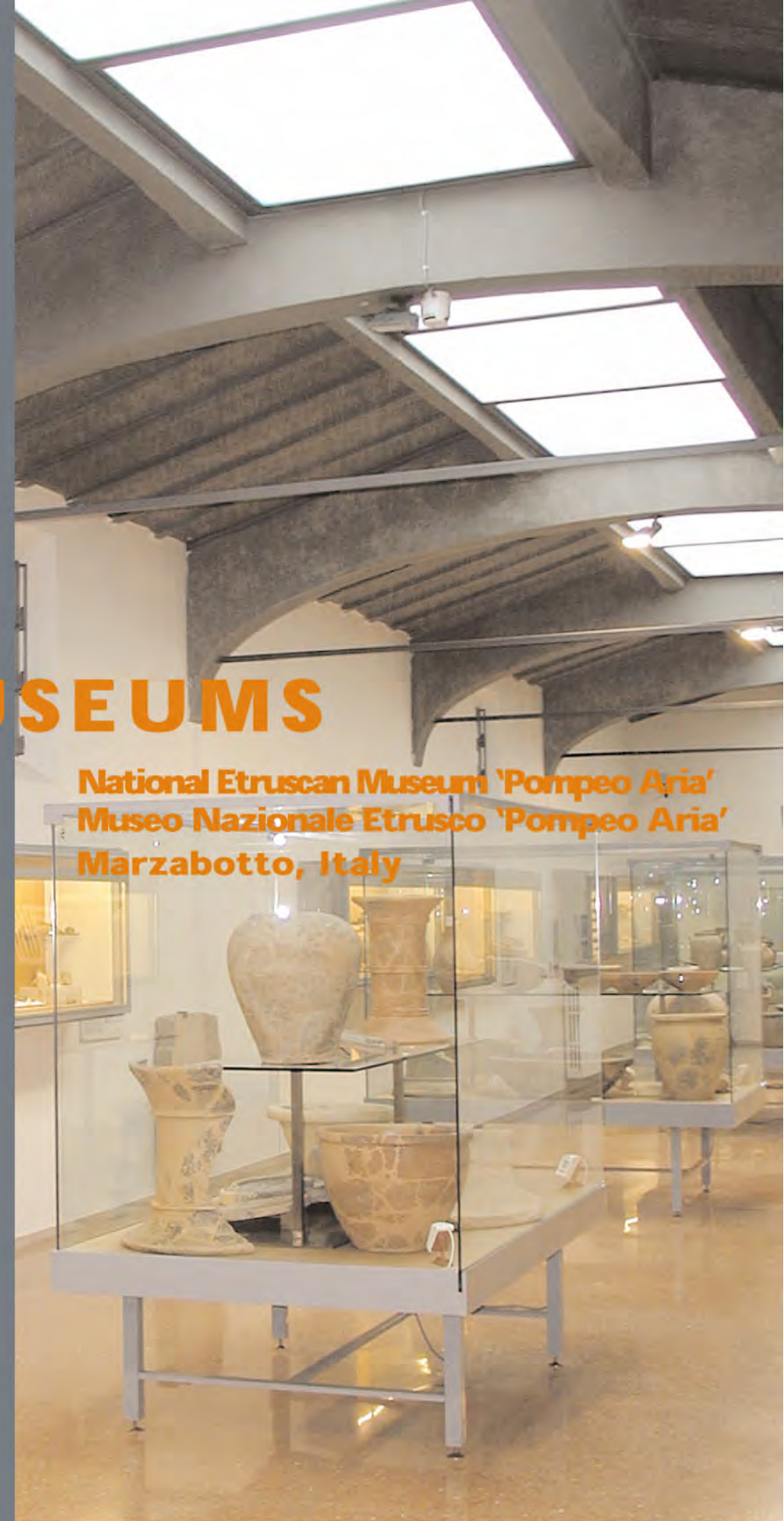
Ricerca & Progetto – Galassi, Mingozzi e associati, Bologna

Legal Notice

Neither the European Commission, nor any person acting on behalf of the Commission, is responsible for the use which might be made of the information contained in this publication. The views given in this publication do not necessarily represent the views of the European Commission. Reproduction is authorised provided the source is acknowledged.

MUSEUMS

National Etruscan Museum 'Pompeo Aria'
Museo Nazionale Etrusco 'Pompeo Aria'
Marzabotto, Italy



PROPRIETÀ / PROPERTY

Ministero dei Beni Culturali ed Ambientali
Soprintendenza per i Beni Archeologici
dell'Emilia-Romagna
Via Belle Arti 52, 40126 Bologna

SOPRINTENDENTE:

Dott. Luigi Malnati

DIRETTORE DEL MUSEO:

Dott.ssa Paola Desantis

PROGETTAZIONE / DESIGN TEAM

Ricerca & Progetto
Galassi, Mingozzi e associati
Via di S. Luca 11 – 40135 Bologna
studio@ricercaeprogetto.it

COORDINAMENTO GENERALE E RESPONSABILITÀ SCIENTIFICA:

Ing. Angelo Mingozzi

PROGETTO ARCHITETTONICO:

Ing. Angelo Mingozzi

Arch. Marco Bughi

PROGETTO STRUTTURALE:

Ing. Raffaele Galassi

CONTROLLO AMBIENTALE:

Ing. Sergio Bottiglion, ing. Angelo Mingozzi, ing.

Graziano Carta

SICUREZZA:

ing. Giorgio Fiocchi

PROGETTO IMPIANTI ELETTRICI E

TERMOIDRAULICI

Prof. Ing. Giorgio Raffellini

Ing. Gabriele Raffellini

PERCHÈ QUESTA BROCHURE

Questa brochure resoconta i risultati del progetto di recupero, riqualificazione ambientale ed ampliamento del Museo Etrusco Pompeo Aria a Marzabotto, come dimostrazione di intervento edilizio sostenibile, in linea con gli obiettivi del Progetto europeo Museums di cui l'intervento rappresenta un caso di studio.

"MUSEUMS Energy Efficiency and Sustainability in Retrofitted and New Museum building" è un progetto finanziato nell'ambito del V Programma Quadro della Commissione Europea che ha come obiettivo la definizione di metodi e strumenti per un approccio integrale alla progettazione di edifici museali, nuovi o da recuperare, alla luce degli obiettivi di sostenibilità, che oggi definiscono la qualità dell'ambiente costruito.

Le metodologie di progettazione definite sono applicate e messe a punto nei progetti di otto musei europei che rappresentano i casi di studio della ricerca.

WHY THIS BROCHURE

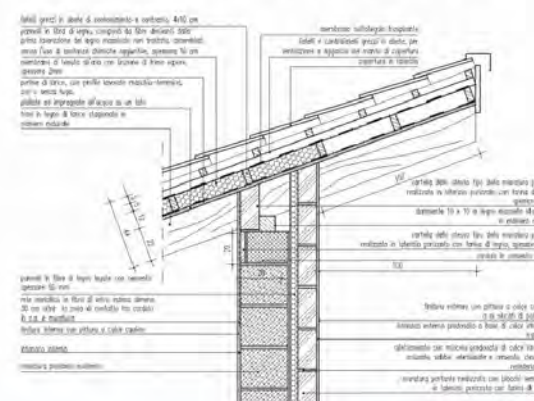
This brochure reports results about renewing and retrofitting of Etruscan Museum "Pompeo Aria" in Marzabotto, as it represents an example of sustainable building design. According with MUSEUMS european project, the goal is to define methods and strategies for a quality driven, sustainable and integrated approach to design new museum buildings and improve existing ones.

The research includes eight case studies which define and implement design methodologies in as many european museums.

Controllo della qualità acustica

La qualità acustica interna, è garantita attraverso il controllo del tempo di riverberazione interno, per favorire, anche in condizioni di affollamento, l'ascolto delle guide da parte dei visitatori.

Al proposito, sono state attentamente valutate le caratteristiche di assorbimento acustico dei materiali di finitura cercando di coniugare le caratteristiche estetico-funzionali con le prestazioni acustiche.



Materiali ecologici

Nella scelta dei materiali strutturali e di finitura sono stati preferiti quelli a basso impatto ambientale valutato durante l'intero ciclo di vita (in fase di produzione, di utilizzo e di dismissione), reperiti preferibilmente in luoghi prossimi a quelli di messa in opera, recuperabili o riciclabili. Al proposito sono stati usati laterizi strutturali porizzati con farina di legno, isolanti ottenuti da fibre vegetali ed intonaci e tinte a base di calce idraulica naturale.

La copertura e la balconata è realizzata in legno non trattato con sostanze tossiche, proveniente da colture locali e controllate.



Acoustics control

The reverberation time is controlled in order to allow hearing guides even under crowded conditions. For that purpose acoustic absorption characteristics of materials have been deeply investigated. Aesthetic and functional features are combined with acoustic performances.

Sustainable materials

Technologies and materials were chosen considering both environmental consequences associated with the acquisition, transportation and manufacturing of materials prior to construction, and health effects for inhabitants, in the form of emissions of noxious substances from building materials.

The final choice also pointed to locally produced materials in order to reduce transportation energy and pollution impact, and to materials that can be re-used or re-cycled at the end of their use.

Basic materials are porous clay blocks (obtained using wood sawdust), wooden fibres insulation panels, natural lime plaster made of hydraulic natural lime and foam silica. Roof, and balcony structure are made with non-treated timber, coming from local controlled cultivations.



Il museo e l'area archeologica

La scoperta, verso la metà dell'Ottocento, di un insediamento urbano etrusco fondato verso la fine del VI sec. a.C. ha determinato la formazione di un'importante raccolta archeologica ceduta allo Stato negli anni Trenta di questo secolo dalla famiglia Aria insieme all'area in cui si estendeva la città antica detta "Pian di Misano".



The museum and the archaeological site

In the first half of the 19th century an Etruscan settlement of the 6th century B.C. was found in an area, close to Marzabotto (Bologna), belonging to the Aria family. Around 1930 the Arias gave the land to the state and a museum was constructed.



Questo sistema permette nella stagione fredda un guadagno termico diretto ed un controllo della luce naturale proveniente dall'alto, che viene diffusa verso il basso, mentre nella stagione calda una protezione dal carico termico estivo ed un controllo della luce naturale attraverso le schermature esterne a lamelle che diffondono la luce all'interno. In ogni caso il sistema di controllo della luce naturale è finalizzato a creare due diverse zone: una zona disimpegno maggiormente illuminata, attraverso luce zenitale diffusa e attraverso aperture vetrate che permettono ai visitatori di guardare verso l'area degli scavi archeologici; una *zona espositiva con intensità luminosa minore* dovuta a luce zenitale diffusa, allo scopo di proteggere gli oggetti esposti e permettere l'adozione di una illuminazione artificiale specifica dedicata alle bacheche, che integra la luce naturale limitatamente ai momenti in cui il museo viene visitato. Queste zone espositive sono inoltre separate dal disimpegno attraverso setti murari che hanno anche la funzione di schermare la luce proveniente dalle vetrate panoramiche del corridoio, evitando fenomeni di riflessione della luce sulle vetrine e di abbagliamento.

Sistemi di controllo

Per garantire la compatibilità di funzionamento dei sistemi attivi con quelli passivi sono installati una serie di sistemi di controllo dedicati. L'impianto di riscaldamento è dotato di una sensoristica di tipo climatico che modula le potenze termiche in fase di produzione e sonde di zona che regolano l'impianto in fase di distribuzione. La ventilazione ibrida è controllata sia da sensori di temperatura interna ed esterna che permettono un funzionamento a free cooling nelle stagioni intermedie e la ventilazione notturna, sia da sonde di CO₂ che verificano la qualità dell'aria interna. L'impianto di illuminazione artificiale è ottimizzato sia in relazione alla luce naturale attraverso sensori di illuminamento, sia in base alle reali necessità di illuminazione rilevando la presenza di persone all'interno.

The artificial lighting system integrates daylighting according to daylight amount and presence of visitors.



Control systems

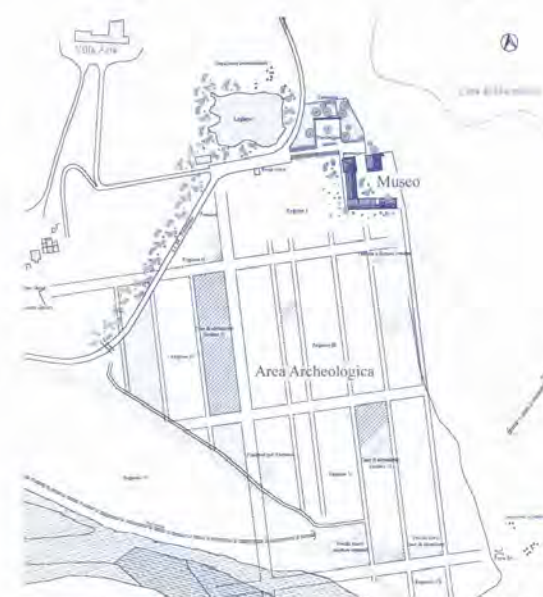
Indoor climate control is obtained balancing passive strategies with active systems, trying in any case to get most advantage of the building bioclimatic concept. This implies that active systems have to be adjusted in order to consider as much as possible all the energy contributions coming from solar radiation, daylighting and natural ventilation.

The high efficiency condensation module boiler has a dedicated control system based on climate control. Such control directly regulates operation time and water temperatures using modulating gas flame controls. Each climatic zone has a thermostat connected to electric valves (on-off) which controls indoor temperature according to the set point. Ventilation system is controlled both by CO₂ sensors for air quality and indoor/outdoor temperature sensors for free cooling and night ventilation.

Lamps in the distribution spaces are controlled by illuminance sensors which turn on lights according to daylight availability.

Infrared sensors inside the museum detect people and turn on showcases lighting system.

Dopo le gravi vicende belliche che hanno interessato il territorio comunale di Marzabotto e la distruzione completa del Museo appena costituito, a partire dagli anni Cinquanta una nuova sede espositiva



custodisce quanto rimaneva delle vecchie raccolte, in gran parte disperse, insieme con i risultati delle ricerche condotte in



questi ultimi decenni. Nel suo impianto originale il Museo "Pompeo Aria" risulta suddiviso in tre gruppi architettonici distinti. Il gruppo principale è formato da un edificio a due piani della fine dell'800, a base quadrata (A), che funge, al piano terra, da ingresso al museo e da spazio espositivo e al piano superiore ospita l'abitazione del custode. Su tale edificio si innesta un corpo allungato (B) con l'asse maggiore in direzione nord-sud, con il lato ovest fiancheggiato da un portico, interamente adibito all'esposizione dei reperti archeologici.

In 1950 ca. after World War Two, that destroyed part of the village of Marzabotto and the museum too, the remainings of archaeological findings were moved to and kept in a new building.

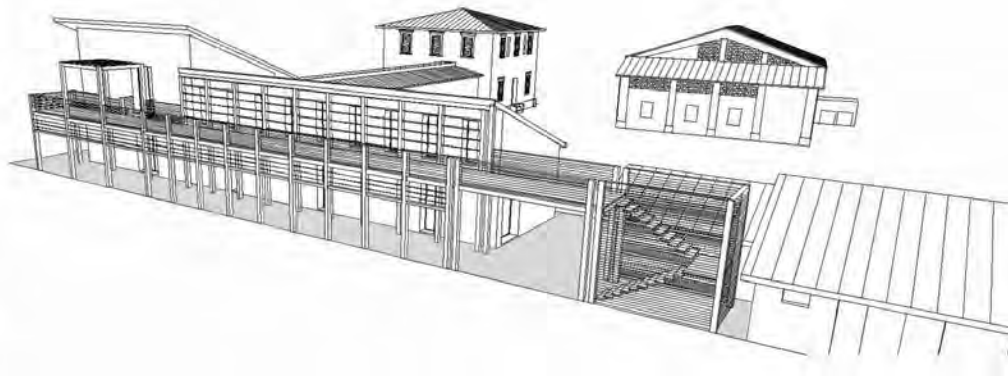


The museum is now divided into three different parts: the first one (A) is formed by a two stories and square-based building made at the end of the 19th century that has in the ground floor the main entrance and an exhibition space. Close to that, a long and narrow building starts (B); it is oriented north-south with an arcade on its western façade used to exhibit some archaeological pieces. To the south there is another long building, close to the last one but not connected to it. Toilets, boiler room and a little warehouse were there. Near to that building a small construction hosts a bar, while in an old rehabilitated barn by the area we have offices and new storages.



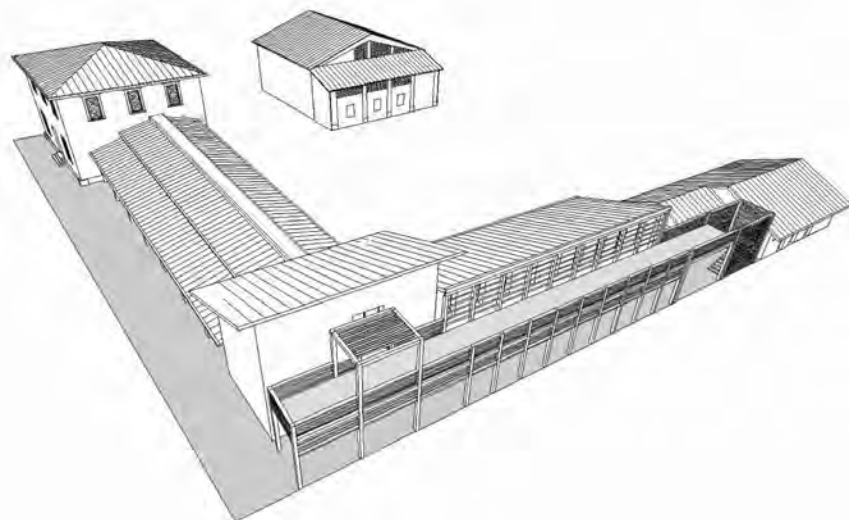
All'estremità sud dell'area espositiva si innesta un altro corpo di fabbrica (C) allungato verso est, adiacente ma non collegato allo spazio espositivo, che prima dell'intervento

di recupero ospitava i servizi igienici, la centrale termica e un deposito. Ancora più a est si trova un edificio adibito a zona ristoro e a nord di questo, ricavati in un vecchio fienile, alcuni spazi di servizio al museo fra cui il nuovo deposito, uffici e una abitazione privata.



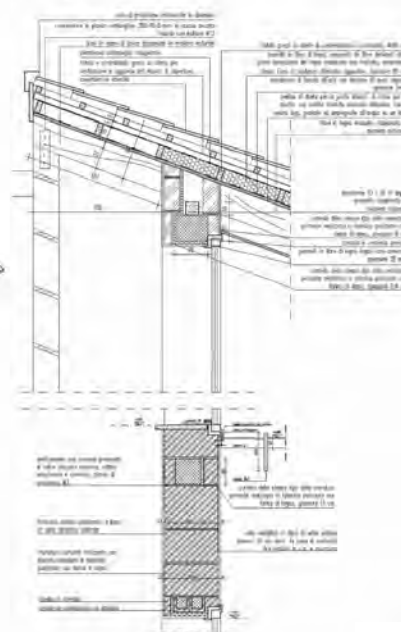
Obiettivi progettuali

Il progetto di ampliamento, recupero e riqualificazione ambientale del museo di Marzabotto è caratterizzato da un approccio ecosostenibile che fonda i suoi obiettivi nell'uso razionale delle risorse e nella salvaguardia dell'ambiente, coniugando a questi una forte attenzione al tema del controllo ambientale che, in particolare in edifici museali, deve essere rigoroso.



Design targets

The extension, restoration and renewal plan for the Marzabotto museum "Pompeo Aria" is based on a sustainable approach which is the result of rational and responsible use of energy resources as well as environmental defense. This project pays attention to balance bio-climatic and passive solar techniques with active systems, in order to create adequate climate and environmental conditions for preventive conservation and, at the same time, to offer visitors and workers a good condition to stay in.



Il controllo della radiazione solare, l'accumulo termico, la ventilazione delle coperture e la ventilazione naturale e ibrida notturna consentono di contenere il surriscaldamento estivo senza richiedere l'utilizzo di un impianto di condizionamento, oneroso in termini energetici e ambientali.

Il riscaldamento invernale è assicurato da un sistema di pannelli radianti posti sotto il pavimento o, in alternativa a soffitto, funzionanti con acqua a bassa temperatura fornita dalla caldaia a condensazione modulante ad alta efficienza.

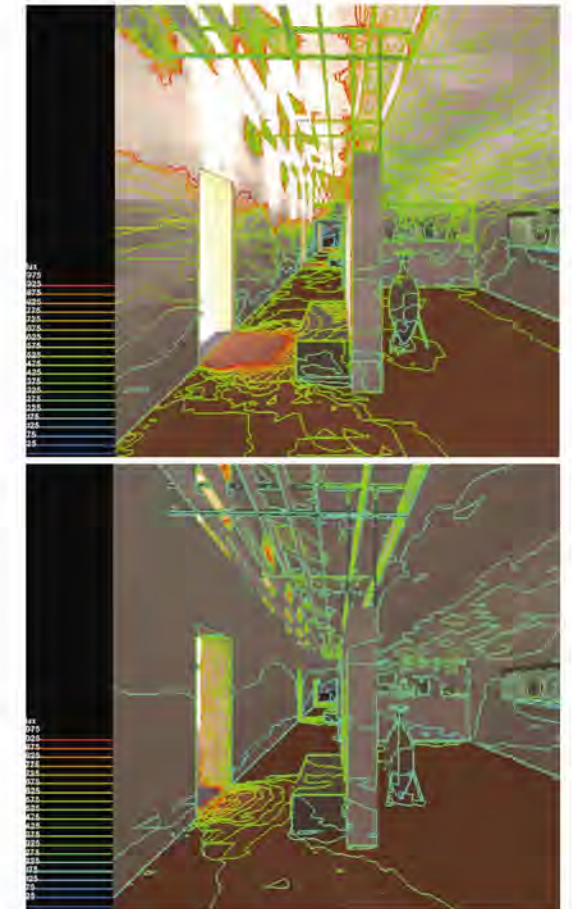
Qualora i risultati del monitoraggio ambientale a collaudo lo richiedessero, i pannelli radianti potranno anche essere utilizzati per far circolare dell'acqua fredda nella stagione calda ad integrazione del sistema di raffrescamento naturale dell'edificio.

Sulla balconata è prevista la predisposizione per alloggiare pannelli fotovoltaici integrati in rete.

La capacità dell'edificio e delle soluzioni adottate di mediare e controllare passivamente gli agenti climatici esterni sono state attentamente verificate con strumenti di simulazioni informatiche che effettuano analisi termiche in regime dinamico (Esp-r, Summer).

Controllo dell'illuminazione naturale

L'illuminazione naturale degli ambienti è controllata per mezzo di schermature esterne verticali a lamelle poste davanti alle aperture alte sul lato sud, e grazie all'uso combinato di lamelle orizzontali diffondenti poste al di sopra della zona disimpegno e del controsoffitto della copertura che raccorda internamente la copertura inclinata alla parete nord.



Daylighting control

In the south-facing façade, the external shading device calibrates interior daylight. It is combined with internal curtain in order to diffuse sun light coming from outside.

The sun shading device protects windows from summer radiation. In winter time, the system allows solar gain and natural light control.

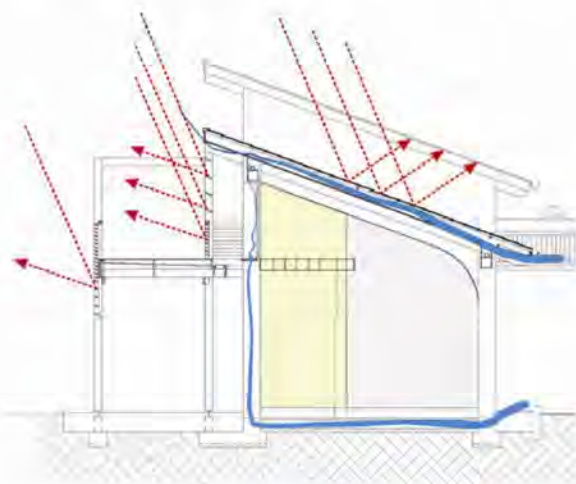
The exhibition area will receive a controlled amount of daylight to protect the exhibit.

The walkway will have higher illuminance levels because of openings towards the archaeological site and lighting redirecting systems hanged over the space.

Parting walls will shield daylight coming from outside to reduce glare and provide a comfortable visual environment.

In particolare, nella nuova ala espositiva e aula multifunzionale questo è ottenuto attraverso il corretto dimensionamento e orientamento delle superfici vetrate e dall'utilizzo di un sistema di schermature esterne fisse integrate alle aperture e alla balconata. Tali schermature orizzontali permettono il controllo della radiazione solare sia in relazione alla stagione, sia alle esigenze di microclima interno.

Il controllo della radiazione solare diretta e diffusa considera simultaneamente i guadagni solari e l'illuminamento naturale. La copertura a una falda è orientata a nord per limitare il surriscaldamento estivo e le caratteristiche tecnologiche dell'involucro esterno consentono di bilanciare le prestazioni di isolamento con quelle di accumulo termico. Il raffrescamento estivo e la ventilazione naturale sono, inoltre, assicurati da un sistema di prese d'aria che favoriscono la ventilazione passante e sfruttano l'effetto camino attraverso la realizzazione di aperture dedicate. Un sistema di camini di ventilazione a tiraggio forzato posti sulla copertura permette la ventilazione notturna estiva per raffrescare l'involucro e ricambiare l'aria ed il funzionamento in free cooling nelle stagioni intermedie.



In the new exhibition hall (C) and the multifunction room (B), this process is obtained by a correct placement and sizing, but also a right orientation, of the transparent surfaces together with fixed external shading, placed outside openings and connected to the wooden balcony. This horizontal shielding system controls solar radiation in every season of the year according to indoor micro climate requirements and energy savings. In order to avoid summer over-heating, the roof faces the north, the walls have a high thermal mass and insulation. Air intakes provide a good cross ventilation, and some openings in the counter roof improve the stack effect.

An air ducts system with fans is situated on the covering and through a specific control system supply night ventilation during summer, free cooling and air changes during intermediate seasons.

Solar radiation control, high thermal mass, ventilated roof and natural night ventilation save the building from an air conditioning system installation.

The heating system consists in radiant heaters located underneath the floor and in some case, in the ceiling. They work with low temperature water produced by a high efficiency condensation boiler.

In the summer period they could also support natural cooling, working with cold water.

The south balcony can host grid connected photovoltaic panels.

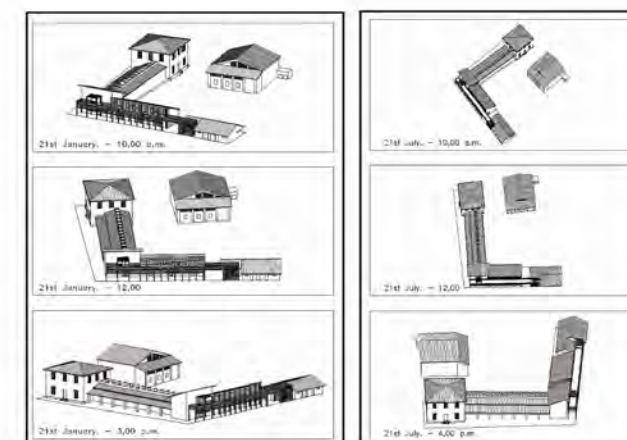
Building capabilities and passive strategies to mediate and control climatic agents have been carefully investigated by means of dynamic thermal simulation tools (Esp-r, Summer).

Al proposito, un sistema complesso di strategie, che bilancia l'uso di tecniche bioclimatiche e sistemi passivi con quelli attivi, mira ad un attento controllo del clima interno in relazione alle esigenze di conservazione preventiva dei reperti esposti e di benessere dei visitatori/addetti. Le scelte progettuali derivano da una approfondita analisi della situazione museale esistente, realizzata nell'ambito di una serie di Progetti di ricerca condotti in ambito europeo che hanno visto il museo Pompeo Aria come caso di studio ("Retrofitting of museums for antiquities in the mediterranean countries - DELPHI", 1996-98, DG XII Joule III, ct. n. JOR3-CT97-0177 e "DELPHI - Guidelines for the design and the retrofitting of Energy efficient museums for Antiquities in the mediterranean countries", 1998-99, DG XVII SAVE II, ct. n. XVII/4.1031/Z/97-086).

L'analisi dello stato di fatto, condotta in maniera approfondita, si è posta l'obiettivo di definire la qualità del museo per definire gli obiettivi di progetto. A tale scopo sono stati effettuati diversi rilievi, monitoraggi ambientali, eseguiti sia nella stagione estiva che nella stagione invernale e sono stati anche distribuiti questionari ai visitatori. L'analisi dello stato di fatto si è avvalsa anche dell'uso di strumenti informatici di simulazione per il controllo della qualità ambientale, che sono stati poi utilizzati anche per le verifiche delle ipotesi progettuali.

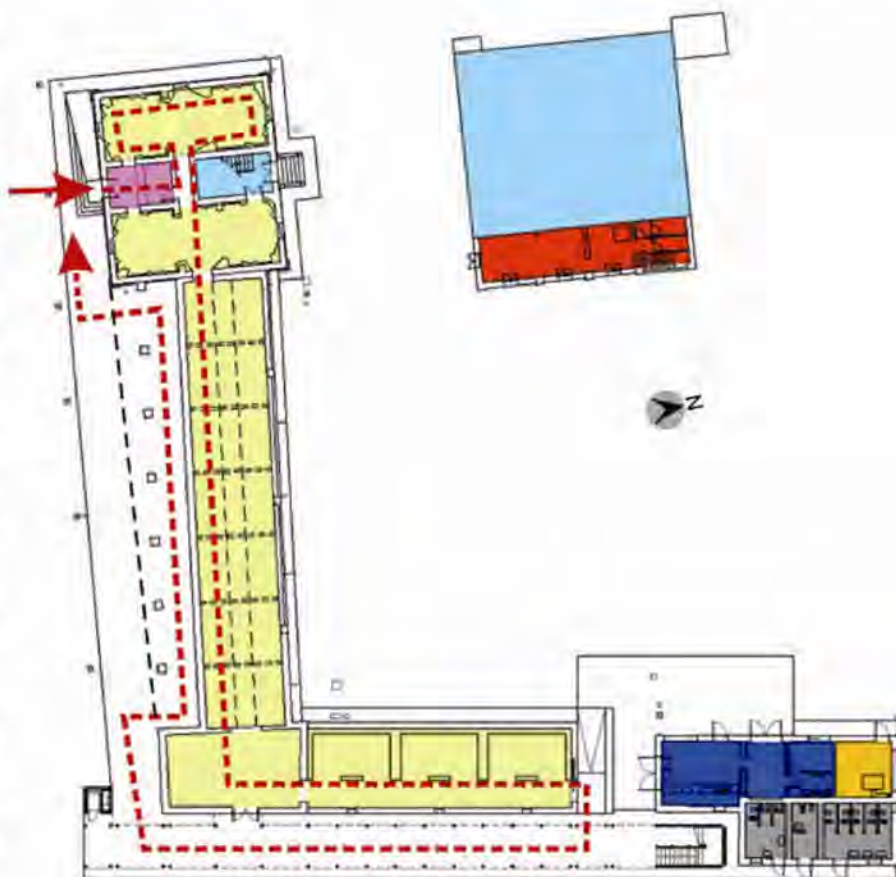
Before the Project MUSEUMS, museum of Marzabotto has been selected as case study of a set of EU Projects on the subject ("Retrofitting of museums for antiquities in the Mediterranean countries - DELPHI", 1996-98, DG XII Joule III, ct. n. JOR3-CT97-0177 and "DELPHI - Guidelines for the design and the retrofitting of Energy efficient museums for Antiquities in the Mediterranean countries", 1998-99, DG XVII SAVE II, ct. n. XVII/4.1031/Z/97-086). Design choices were based on an accurate analysis of the existing environmental and energy performances, carried out through surveys, summer and winter monitoring, visitors questionnaires, etc....

Retrofitting design hypothesis were verified with simulation tools to compare different strategies and perform cost benefit analysis.



Il progetto

Dal punto di vista funzionale il progetto complessivamente intende dare un carattere di unicità allo spazio espositivo ed una naturale continuità tra la visita all'area archeologica e quella al museo, che deve essere vissuta non in due momenti separati, ma come fasi diverse di un percorso unico. Per questa ragione il progetto prevede da un lato di offrire la possibilità ai visitatori ed agli addetti di guardare dall'interno dell'edificio verso le zone degli scavi e dall'altro di creare all'aperto delle zone espositive esterne, integrate con quelle interne, e delle zone di veduta panoramica sull'area archeologica. A questo scopo si prevede la realizzazione di un percorso espositivo interno che, a partire dal corpo principale A, si snoda lungo l'edificio B, fino a raggiungere il C che, non essendo recuperabile, viene demolito e ricostruito con funzione espositiva. L'edificio C insieme al corpo di fabbrica che lo raccorda con l'ala museale B rappresenta il cuore del progetto. In particolare, a tale corpo è aggiunto un livello per ospitare una sala multifunzionale, mantenendo al piano terra la funzione espositiva. La nuova ala museale con la facciata rivolta a sud è invece completamente ricostruita secondo un nuovo disegno progettuale che vede sul lato sud un percorso di collegamento e sul lato nord tre spazi espositivi.



The design

A crucial target is to make, out of the three distinct buildings, one single museum complex in which it would be possible to visit of the interior halls and also to watch and appreciate the archaeological site. For this reason the relation with the outside is obtained through solutions that allow to have a proper view of the archaeological area and host outdoor exhibition spaces. The walkway brings visitors from inside to outside, so they can have a whole picture of the ancient village after having seen Etruscan works of art found in it. The totally re-built new part (C) faces the south.

Sul lato sud è collocata una balconata in legno realizzata come sistema integrato che ha molteplici funzioni: energetica, per quanto concerne il controllo dell'impatto sole-aria, garantendo sinergicamente il controllo della luce naturale; distributiva, per garantire l'accesso alla sala multifunzionale, permettendo al contempo un'ampia visuale sull'area archeologica. Lo spazio sotto la balconata, permette di realizzare all'esterno del museo, al piano terra una zona espositiva all'aperto, protetta, fungendo da elemento di mediazione fra interno ed esterno.



Il nuovo spazio espositivo è suddiviso internamente in tre zone, delimitate da bacheche vetrate, separate da setti murari dalla zona di percorso sul lato sud, che sarà provvista di aperture vetrate verso la zona degli scavi archeologici ed una uscita, sul lato est, che collega il museo alla zona del bar e dei servizi igienici. La differenziazione fra le funzioni distributiva ed espositiva richiede un diverso controllo climatico. Da una parte emerge la necessità di tenere conto delle esigenze di fruizione e conservazione dei reperti che richiedono un clima stabile e livelli di illuminamento naturale contenuti ed uniformi e dall'altra la necessità di creare un ambiente dinamico in relazione al percorso, alla sosta e rapporto con l'esterno.

Controllo energetico

Il controllo delle relazioni energetiche fra l'edificio e l'intorno climatico, secondo un approccio bioclimatico, tende a massimizzare i guadagni solari nel periodo invernale - contenendo al contempo le dispersioni termiche - e controllare la radiazione solare nella stagione estiva.

The southern façade is protected, all over its length, by an integrated wooden balcony which provides solar control by means of integrated screening equipments. The system aims both to control thermal radiation and daylight, and also works as exhaustive view-point: as the visitor goes upstairs, she/he has a total perception of the area, while walking toward the multifunction room placed at the upper level of (B) building. The ground floor interior is divided by parting walls into three northern exhibition spaces and one passage area, at south, that links them. The difference between exhibition and distribution space requires the satisfaction of different requirements: while exhibition rooms receive softened natural light in order to keep a stable and more controlled climate with uniform and reduced daylight levels, the corridor allows more variation of daylighting in order to create emotion and sense of relation with the outside. In front of windows, heavy brick partitions shield direct radiation and provide thermal mass, so to avoid dazzling and annoying reflections on showcases. Sensors are set up to turn on electric light when illumination from exterior is inadequate and visitors approach.

Energy features

The passive techniques in this bio-climatic design are applied using solar gains in winter and reducing heat losses through the envelope and controlling the sun radiation during summer time.

