



Agenzia nazionale per le nuove tecnologie,
l'energia e lo sviluppo economico sostenibile

Linee di indirizzo per il miglioramento dell'efficienza energetica degli edifici nel Parco Archeologico dell'Appia Antica

Bari, 19 ottobre 2023

Arch. Francesca Caffari

Laboratorio efficienza energetica negli Edifici e Sviluppo Urbano - ENEA



1101 0110 1100
0101 0010 1101
0001 0110 1110
1101 0010 1101
1111 1010 0000

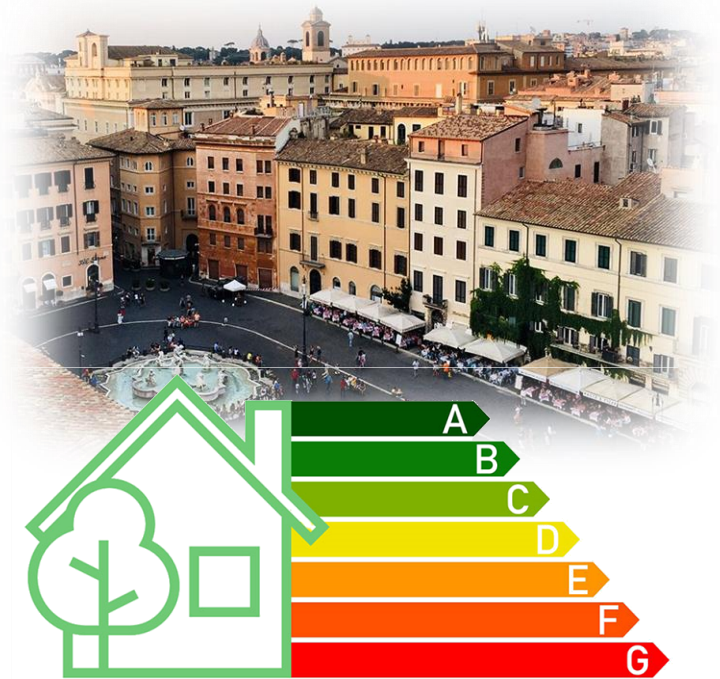


La riqualificazione energetica degli edifici storici

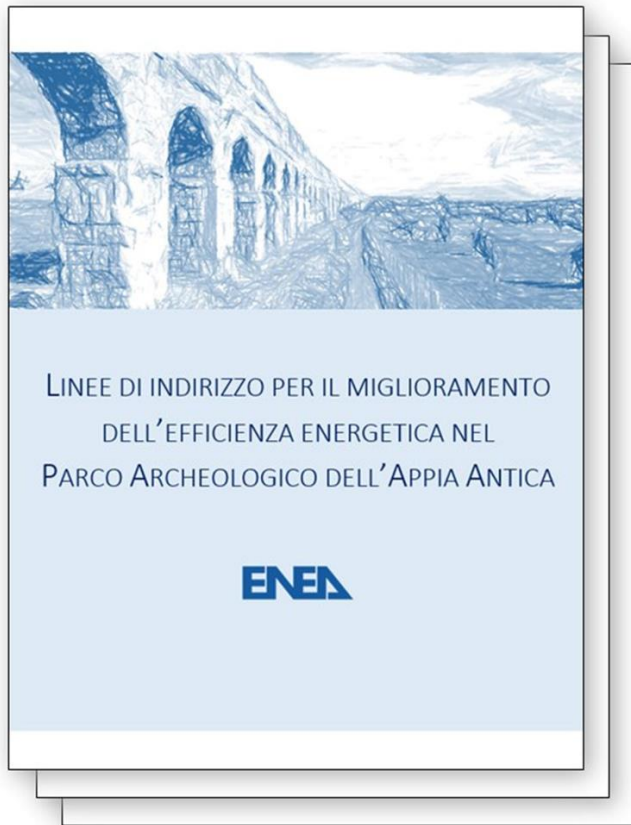
- La riqualificazione del patrimonio edilizio esistente rappresenta un tema fondamentale per la riduzione delle emissioni inquinanti, considerando che **il solo settore civile è responsabile in Italia di oltre il 40% dei consumi finali di energia**.
- La riqualificazione degli **edifici storici** è un tema estremamente complesso, a causa della necessità di agire nel rispetto dei principi del restauro e delle esigenze di tutela e conservazione espresse dal Codice dei Beni Culturali e del Paesaggio. (D.Lgs.42/2004).
- Non a caso, la normativa italiana sull'efficienza energetica degli edifici prevede che **le costruzioni vincolate ai sensi del Codice vadano in deroga** e non siano tenute al rispetto degli standard prestazionali previsti in caso di riqualificazioni energetiche e ristrutturazioni, qualora gli interventi possano compromettere i caratteri storici e architettonici.
- Per gli edifici soggetti a vincolo, infatti, ogni tipo di intervento è subordinato alla **preventiva autorizzazione del Ministero**, tramite le Soprintendenze (art.21 del D.Lgs.42/2004), cui spetta il compito di valutare quali azioni siano realizzabili e quali invece siano in conflitto con le esigenze conservative.

La riqualificazione energetica degli edifici storici

- **Direttiva sull'Efficienza Energetica degli Edifici (EPBD):** il 12 ottobre a Bruxelles si è tenuto il terzo trilogio sulla direttiva UE sull'efficienza energetica. I triloghi sono gli incontri negoziali tra Parlamento, Consiglio Ue (presidenza spagnola) e Commissione per arrivare a un accordo finale.
- **Deroghe:**
 - La nuova normativa non si applica ai monumenti, e i Paesi UE avranno la facoltà di escludere anche edifici protetti in virtù del loro particolare valore architettonico o storico, edifici tecnici, quelli utilizzati temporaneamente, chiese e luoghi di culto.
 - Agli Stati membri sarà consentito, per una percentuale limitata di edifici, di adeguare i nuovi obiettivi in funzione della fattibilità economica e tecnica delle ristrutturazioni e della disponibilità di manodopera qualificata.



Linee guida per l'efficienza energetica



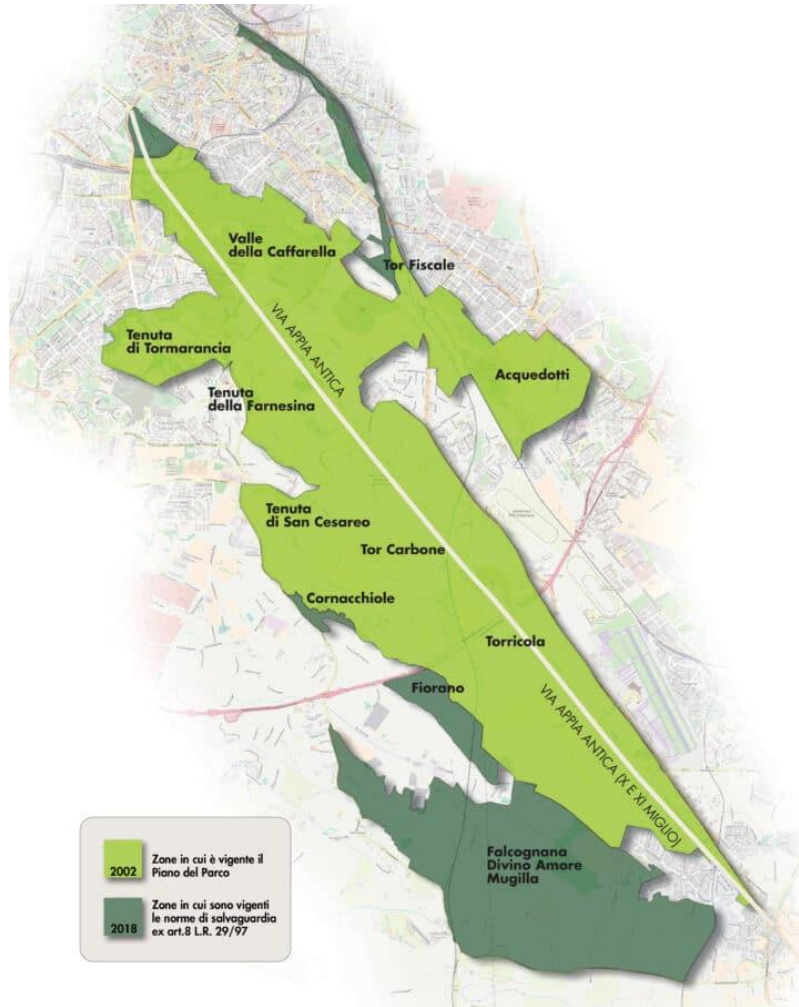
Convenzione tra ENEA e Parco Archeologico dell'Appia Antica:

“Predisposizione del servizio di supporto alla progettazione e stesura di linee guida per il miglioramento dell'efficienza energetica di immobili vincolati”

Il documento è stato predisposto a partire dalle indicazioni contenute nelle **“Linee guida di indirizzo per il miglioramento dell'efficienza energetica nel patrimonio culturale”** pubblicate dal Ministero della Cultura (MIC, 2015)

Le linee guida ENEA hanno lo scopo di indirizzare i progettisti verso le soluzioni di efficientamento più idonee, in considerazione delle peculiarità degli edifici del Parco.

Il Parco Archeologico dell'Appia Antica



Nel proprio territorio di competenza (circa 4.580 ettari) **è lo stesso PAAA ad occuparsi della tutela** di monumenti in virtù della funzione di “Soprintendenza Archeologia, Belle Arti e Paesaggio” (DM 44 23/01/2016).

Le linee guida sono dedicate agli immobili presenti nei seguenti complessi storici:

- Antiquarium di Lucrezia Romana;
- Complesso di Capo di Bove;
- Villa dei Quintili e Santa Maria Nova;
- Villa di Sette Bassi;
- Complesso del Casino di Caccia alla Volpe;
- Complesso della Villa dei Tritoni;
- Villa Massenzia.

Gli edifici storici oggetto delle linee guida



A) Villino di Capo di Bove: edificio novecentesco realizzato con materiali di recupero su un'antica cisterna romana, visibile nella muratura in selce alla base della costruzione.



B) Casale di Santa Maria Nova, realizzato in più fasi a partire dal Medioevo sulle muraure antiche di una cisterna romana.



C) Villa dei Sette Bassi: casale principale realizzato nei primi del '900, nel periodo dei Torlonia.



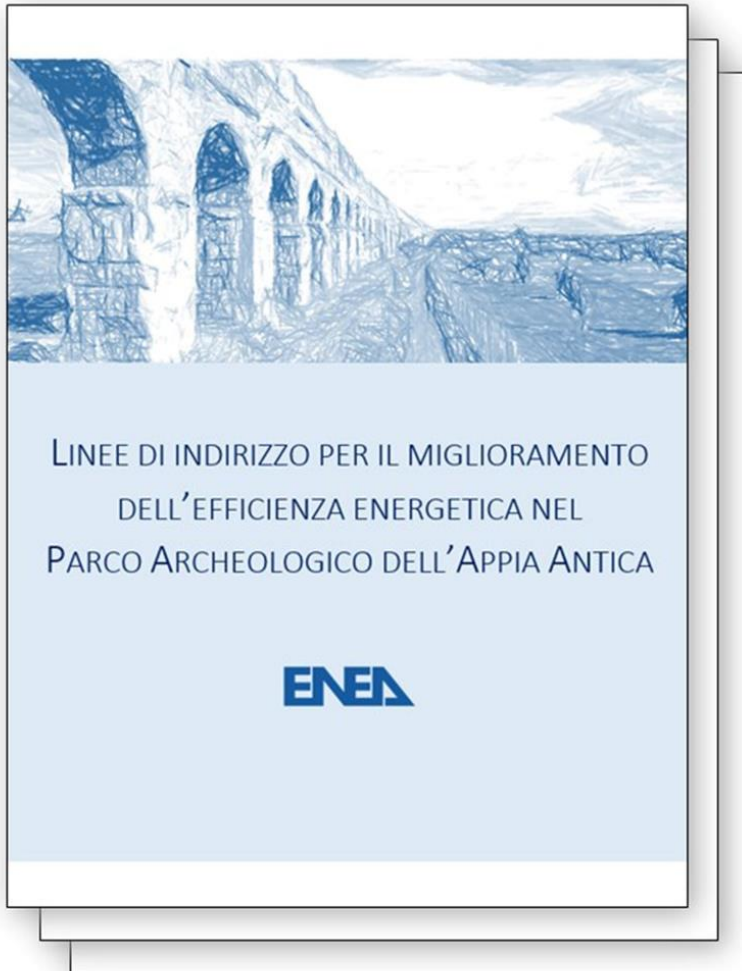
D) Villa dei Quintili: casale principale realizzato nei primi del '900, nel periodo dei Torlonia.

Nei complessi monumentali presenti nel Parco insistono edifici storici, adibiti a vari usi (**spazi espositivi, servizi al pubblico e uffici**).

L'epoca di costruzione varia, a seconda dell'edificio, dal Medioevo fino al '900.

Molte di queste strutture sono state realizzate con la pratica del riuso architettonico di resti di ville, cisterne e mausolei dell'età romana, reimpiegando, in vario modo, i materiali antichi.

I contenuti delle Linee guida



Il documento comprende:

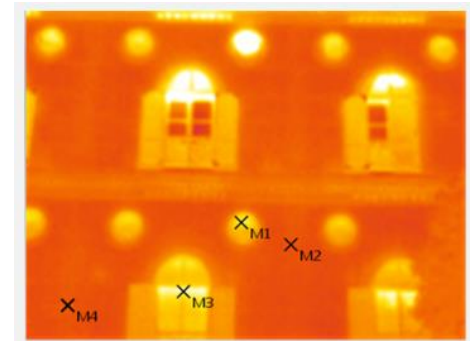
1. la **descrizione degli elementi caratteristici** degli edifici del Parco;
2. le indicazioni per la realizzazione delle **diagnosi energetiche**;
3. un capitolo rivolto ai funzionari del Parco con l'indicazione degli **indicatori utili** alla valutazione dell'efficacia dei progetti proposti;
4. una sezione comprendente le schede descrittive dei **possibili interventi di efficientamento** (relativi all'involucro, agli impianti e all'installazione di sistemi di produzione di energia da fonti rinnovabili).

Indicazioni per la diagnosi energetica degli edifici

Diagnosi energetica, da svolgere in accordo alla norma UNI CEI EN 16247-2:2022 ed al rapporto tecnico UNI/TR 11775:2020.

OSTACOLI:

1. **Carenza di documentazione tecnica**, da cui deriva la necessità di rilievi, indagini storiche e archivistiche, misurazioni strumentali con tecniche non intrusive.
2. **Difficoltà di reperimento delle bollette energetiche** in quanto si tratta spesso di edifici che nel tempo hanno subito cambi di destinazione d'uso e dei soggetti preposti alla gestione dei beni stessi.
3. **Presenza di impianti datati**, in cui è difficile trovare sistemi di contabilizzazione e monitoraggio dei consumi utili alla ripartizione tra i diversi servizi energetici. Tale problematica rende indispensabile un accurato inventario energetico.
4. **Difficoltà nella scelta degli interventi migliorativi** per la necessità di far fronte alle esigenze di tutela e conservazione espresse nel Codice dei Beni Culturali e del Paesaggio (D. Lgs. 42/2004) e ai principi del restauro.



Schede di interventi di efficienza energetica

LINEE DI INDIRIZZO PER IL MIGLIORAMENTO DELL'EFFICIENZA ENERGETICA NEL PARCO ARCHEOLOGICO DELL'APPIA ANTICA

Int. FER1	INSTALLAZIONE SISTEMI FOTOVOLTAICI IN COPERTURA
Tipologia di intervento	Impianti di produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile

Descrizione intervento

Grazie allo sviluppo ed al continuo affinamento dei sistemi fotovoltaici di ultima generazione (nuovi tipi di celle, gamme cromatiche e film sottili), l'installazione di impianti fotovoltaici in copertura su edifici storici si rivela uno degli interventi ad oggi più efficaci per la produzione di energia da fonti rinnovabili. Condizione indispensabile è adottare accorgimenti appropriati e ben calibrati al fine di non alterare la percezione del volume, dei materiali, delle superfici e dell'immagine degli edifici. I sistemi fotovoltaici sono utilizzati per produrre energia a partire dall'irraggiamento solare e presentano una grande varietà di forme grazie alla possibilità di incorporare le celle in pannelli da posizionare in falda, anche a sostituzione del manto di copertura.

Quest'ultimo ad esempio è il caso dei cosiddetti "coppi fotovoltaici". Si tratta di moduli multifunzionali che garantiscono al contempo la produzione di elettricità (seppure con alcune limitazioni dell'efficienza) e la tenuta all'acqua della copertura, appositamente progettati per sostituire elementi architettonici (non di pregio) e pensati con l'obiettivo dell'integrazione architettonica. Appaiono infatti come semplici tegole, ma grazie alla particolare superficie, opaca alla vista ma trasparente alla radiazione solare, captano quest'ultima, attivando le celle fotovoltaiche poste al loro interno. I coppi - collegati fra loro per mezzo di connettori integrati - vengono infatti realizzati con un particolare composto polimerico, non tossico e interamente riciclabile, pensato per favorire l'assorbimento dei fotoni.

Con lo stesso principio, intervenendo con dei trattamenti superficiali, si possono ottenere celle fotovoltaiche con colorazioni differenti dai classici indaco o nero senza compromettere particolarmente l'efficienza di conversione, quali ad esempio color mattone o verde. Tale colorazione si può estendere anche alla cornice permettendo l'integrazione cromatica dell'impianto fotovoltaico con l'intorno con un minore impatto visivo. Ad ogni modo, l'evoluzione tecnica ha permesso anche la realizzazione di moduli privi di cornice.

Ulteriore soluzione sono i pannelli fotovoltaici flessibili leggeri che si adattano a coperture di qualsiasi forma e materiale. L'installazione risulta semplice poiché tali pannelli vengono fissati e incollati sulla superficie interessata.

Sezione di un coppo fotovoltaico.

Pannelli fotovoltaici colorati

Moduli fotovoltaici in vetro colorato integrati in copertura: Isola della Certosa, Venezia

Pannello fotovoltaico flessibile.

ENEA - Agenzia Nazionale per le Nuove Tecnologie, l'Energia e lo Sviluppo Economico Sostenibile 64

LINEE DI INDIRIZZO PER IL MIGLIORAMENTO DELL'EFFICIENZA ENERGETICA NEL PARCO ARCHEOLOGICO DELL'APPIA ANTICA

Int. IME1	INTERVENTO DI PELLICOLE A CONTROLLO SOLARE SUI VETRI ESISTENTI
Tipologia di intervento	Involucro trasparente - Intervento sugli infissi

Descrizione intervento

La misura prevede l'installazione di pellicole sui vetri esistenti. È un tipo di operazione che consente di mantenere invariate le caratteristiche estetiche originarie del serramento, poiché la pellicola è trasparente, migliorando la prestazione energetica dell'edificio.

A seconda delle caratteristiche del prodotto specifico, l'installazione delle pellicole può consentire la riduzione delle dispersioni di calore invernali e la riduzione del guadagno termico estivo. Sul mercato sono disponibili pellicole bass emissive che respingono parte del calore estivo come le tradizionali pellicole a controllo solare, ma svolgono anche una funzione di isolamento termico invernale, impedendo al calore presente all'interno di disperdersi. Durante la stagione invernale, infatti, il rivestimento riflette la radiazione infrarossa verso l'interno, limitando la dispersione del calore. In estate riduce invece l'apporto solare negli edifici, consentendo di evitare l'effetto serra e risparmiare sui consumi per il raffrescamento. Le pellicole, inoltre, possono essere indicate per conservare opere d'arte e finiture di pregio all'interno degli edifici, in quanto proteggono gli oggetti dai raggi UV che causano deterioramento.

Comportamento tipo di un vetro con pellicola rispetto all'energia solare incidente

Pellucola Finesolar 20020

Quando è consigliabile l'intervento

- Nel caso in cui le caratteristiche di pregio degli infissi esistenti ne impediscono la completa sostituzione.
- Quando lo stato di conservazione della finestra esistente è tale da rendere l'intervento vantaggioso sotto il profilo costi-benefici.
- Qualunque.
- A seconda della tipologia di pellicola, riduzione della trasmissione luminosa.

ENEA - Agenzia Nazionale per le Nuove Tecnologie, l'Energia e lo Sviluppo Economico Sostenibile 68

LINEE DI INDIRIZZO PER IL MIGLIORAMENTO DELL'EFFICIENZA ENERGETICA NEL PARCO ARCHEOLOGICO DELL'APPIA ANTICA

Int. IMEC1	INSTALLAZIONE DI SISTEMI DI VENTILAZIONE CON RECUPERATORE DI CALORE
Tipologia di intervento	Impianti Meccanici - Sistema di ventilazione

Descrizione intervento

Il recuperatore di calore è una componente fondamentale per i sistemi di ventilazione meccanica energeticamente efficienti. In un sistema VMC per la sala ventilazione, sia che si tratti di sistemi VMC per il condizionamento o il ricambio d'aria.

Impianti di ventilazione meccanica controllata (VMC) a due flussi e con recuperatore di calore garantiscono un notevole risparmio energetico: consentono il ricambio dell'aria dell'edificio senza la necessità di aprire le finestre, controllano la qualità dell'aria (rimuovendo la polvere) e, grazie al recuperatore di calore, permettono di recuperare parte dell'energia termica che verrebbe dispersa con la ventilazione naturale. I vantaggi sono sintetizzabili come segue:

- risparmio di calore costante un risparmio sui consumi di riscaldamento riducendo le dispersioni di energia termica (consumo di energia elettrica dell'impianto, necessario per il funzionamento dei ventilatori, è molto basso e garantisce così un risparmio energetico complessivo);
- risparmio di filtraggio parassitario (fornitura di aria pura e libera dagli inquinanti esterni);
- regolazione dell'umidità interna (previene la formazione di muffe e condense);
- operazioni di calore possono essere inoltre riciclate come funzione di un impianto di trattamento dell'aria (TSTA) al di aumentare l'efficienza del sistema.

Recuperatore di calore a flusso incrociato

Schema di un impianto VMC a due flussi

Quando è consigliabile l'intervento

Nel caso di edifici, o parte di edifici, la cui particolare funzione (sale museali) richieda per il controllo delle condizioni termoclimatiche interne la realizzazione di un impianto per la ventilazione meccanica e il trattamento dell'aria.

In edifici oggetto di importanti interventi di isolamento termico che, se non correttamente ventilati, potrebbero andare incontro a problemi di formazione di condensa e di umidità e muffe.

ENEA - Agenzia Nazionale per le Nuove Tecnologie, l'Energia e lo Sviluppo Economico Sostenibile 68

LINEE DI INDIRIZZO PER IL MIGLIORAMENTO DELL'EFFICIENZA ENERGETICA NEL PARCO ARCHEOLOGICO DELL'APPIA ANTICA

Int. FER2	INSTALLAZIONE DI PENSINE FOTOVOLTAICHE
Tipologia di intervento	Impianti di produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile

Descrizione intervento

Il presente intervento prevede la realizzazione di pensine fotovoltaiche dislocate all'interno dei complessi monumentali, indipendenti dagli edifici principali.

Le pensine possono essere utilizzate come sistema di protezione di reparti, con carattere provvisorio per coprire le operazioni di restauro e studio, o permanentemente in funzione da parte dei visitatori. Possono essere progettate per la copertura delle aree adibite a parcheggio, o per la protezione di aree attrezzate a servizio visitatori.

Le pensine non alterano l'immagine dei luoghi e, inoltre, il parere positivo del punto di vista dalle postazioni, è possibile ricevere all'ombra di pannelli fotovoltaici integrati nelle coperture, sia opache (vedi Int. FER1), sia trasparenti (vedi scheda Int. FER2). Inoltre, è idoneo ad una copertura in vetro fotovoltaico che è pensina meno invasiva possibile e permette il meglio della luce.

Stimolare la produzione di energia è sempre consigliabile in quanto consente di favorire la manutenzione e studiare il posizionamento per evitare ombreggiamenti.

Copertura del Battistero di San Giovanni, Parco Archeologico di Colonna

Integrazione di moduli fotovoltaici trasparenti in un pannello

Integrazione di moduli fotovoltaici colorati in un pannello

Quando è consigliabile l'intervento

Quando si vuole proteggere una zona all'interno del sito archeologico, aree di servizi, reparti archeologici, aree espositive o di passaggio dei visitatori, parcheggio.

Per la produzione di energia elettrica anche in quei contesti degli edifici principali, senza occupare spazio a terra e agevolando manutenzione e pulizia dei pannelli.

Per la produzione di energia elettrica anche dove questo non arriva in quanto possono anche essere adatte.

Vantaggi

Facile alterazione del paesaggio.

ENEA - Agenzia Nazionale per le Nuove Tecnologie, l'Energia e lo Sviluppo Economico Sostenibile 68

Obiettivi

- Raggiungere le più **elevate prestazioni** possibili nel **rispetto** del valore storico e artistico.
- Considerare la **riqualificazione energetica** non come ostacolo ma come **incentivo alla tutela del bene**.
- Utilizzare il contesto del Parco per l'installazione di sistemi di produzione di **energia rinnovabile**.

Schede dedicate per alcuni edifici

LINEE DI INDIRIZZO PER IL MIGLIORAMENTO DELL'EFFICIENZA ENERGETICA NEL PARCO ARCHEOLOGICO DELL'APPIA ANTICA

Sito

Denominazione sito PAAA	Capo di Bove
Indirizzo del sito	Via Appia Antica, 222 - 00178 - Roma
Zona climatica	D
Gradi Giorno	1415
Il sito è attualmente aperto al pubblico	SI X NO

Edificio A: Edificio principale



Tipologia costruttiva	Muratura portante
Epoca di costruzione	Il secolo - 1965
L'edificio è attualmente utilizzato	SI X NO
Destinazioni d'uso	Uffici, area espositiva
Superficie dell'edificio adibita ad uso uffici	320 m ²
Superficie dell'edificio adibita ad uso museale	210 m ²
Superficie utile totale	530 m ²
Volume utile totale	1.480 m ³
Numero piani dell'edificio	3
Altezza netta media dei locali	2,80 m
L'edificio è dotato di impianto di riscaldamento	SI X NO
Superficie netta riscaldata	530 m ²
Volume netto riscaldato	1.480 m ³
Superficie lorda disperdente	1.405 m ²

Nota: tutte le quantità, superfici e volumi sono state stimate sulla base della documentazione a disposizione e di misure di massima e dovranno essere, pertanto, verificate in fase di progettazione.

LINEE DI INDIRIZZO PER IL MIGLIORAMENTO DELL'EFFICIENZA ENERGETICA NEL PARCO ARCHEOLOGICO DELL'APPIA ANTICA

Involucro disperdente

CONSUMI ENERGETICI (OPPURE)
La rilevazione energetica spaziale consente di mappare le perdite di calore in modo puntuale, così da individuare i punti di massima dispersione e intervenire in modo mirato.

Spessore medio	0,50 m	Muratura in mattoni di tufo	
Superficie complessiva	855 m ²	Materiali isolanti	
Stato di conservazione interno ed esterno	Buono	Materiali isolanti	
Livello di prestazione energetica	Sufficiente		

OPERE

La copertura è stata sostituita con tegole in terracotta, con fessure in cotto e panni di isolamento termico all'interno, sotto la falda del tetto, sono stati realizzati dei controsoffitti.

Spessore medio	0,30 m	Copertura a falda	
Superficie di copertura a falda	120 m ²	Copertura piana	
Superficie di copertura piana	40 m ²		
Stato di conservazione interno ed esterno	Buono		
Livello di prestazione energetica	Sufficiente		

LINEE DI INDIRIZZO PER IL MIGLIORAMENTO DELL'EFFICIENZA ENERGETICA NEL PARCO ARCHEOLOGICO DELL'APPIA ANTICA

OPERE

Spessore medio	0,30 m	Gruppo frigo a pompa di calore (riscaldamento invernale ed estivo)	
Superficie complessiva	855 m ²	Gruppo frigo a pompa di calore (riscaldamento invernale ed estivo)	
Stato di conservazione interno ed esterno	Buono		
Livello di prestazione energetica	Sufficiente		

OPERE

Spessore medio	0,30 m	Gruppo frigo a pompa di calore (riscaldamento invernale ed estivo)	
Superficie complessiva	855 m ²	Gruppo frigo a pompa di calore (riscaldamento invernale ed estivo)	
Stato di conservazione interno ed esterno	Buono		
Livello di prestazione energetica	Sufficiente		

LINEE DI INDIRIZZO PER IL MIGLIORAMENTO DELL'EFFICIENZA ENERGETICA NEL PARCO ARCHEOLOGICO DELL'APPIA ANTICA

OPERE

Spessore medio	0,30 m	Gruppo frigo a pompa di calore (riscaldamento invernale ed estivo)	
Superficie complessiva	855 m ²	Gruppo frigo a pompa di calore (riscaldamento invernale ed estivo)	
Stato di conservazione interno ed esterno	Buono		
Livello di prestazione energetica	Sufficiente		

OPERE

Spessore medio	0,30 m	Gruppo frigo a pompa di calore (riscaldamento invernale ed estivo)	
Superficie complessiva	855 m ²	Gruppo frigo a pompa di calore (riscaldamento invernale ed estivo)	
Stato di conservazione interno ed esterno	Buono		
Livello di prestazione energetica	Sufficiente		

1. Dati dimensionali
2. Caratteristiche di involucro
3. Servizi energetici presenti e caratteristiche impiantistiche
4. Criticità riscontrate e possibili interventi di efficientamento

Il complesso di Capo di Bove


(Stralcio della scheda dedicata all'edificio principale del complesso di Capo di Bove)

LINEE DI INDIRIZZO PER IL MIGLIORAMENTO DELL'EFFICIENZA ENERGETICA NEL PARCO ARCHEOLOGICO DELL'APPIA ANTICA

Sito

Denominazione sito PAAA	Capo di Bove
Indirizzo del sito	Via Appia Antica, 222 - 00178 - Roma
Zona climatica	D
Gradi Giorno	1415
Il sito è attualmente aperto al pubblico	
	SI X NO

Edificio A: Edificio principale



Vista della facciata di ingresso Vista della facciata sul retro

Tipologia costruttiva	Muratura portante
Epoca di costruzione	II secolo - 1985
L'edificio è attualmente utilizzato	SI X NO
Destinazioni d'uso	Uffici, area espositiva
Superficie dell'edificio adibita ad uso uffici	320 m ²
Superficie dell'edificio adibita ad uso museale	210 m ²
Superficie utile totale	530 m ²
Volume utile totale	1.480 m ³
Numero piani dell'edificio	3
Altezza netta media dei locali	2,30 m
L'edificio è dotato di impianto di riscaldamento	SI X NO
Superficie netta riscaldata	530 m ²
Volume netto riscaldato	1.480 m ³
Superficie lorda dipendente	1.405 m ²

Nota: tutte le quantità, superfici e volumi sono state stimate sulla base della documentazione a disposizione e di rilievo di massima e dovranno essere, pertanto, verificate in fase di progettazione.

ENEA ENEA - Agenzia Nazionale per le Nuove Tecnologie, l'Energia e lo Sviluppo Economico Sostenibile 2

Sito

Denominazione sito PAAA	Capo di Bove
Indirizzo del sito	Via Appia Antica, 222 - 00178 - Roma
Zona climatica	D
Gradi Giorno	1415
Il sito è attualmente aperto al pubblico	SI X NO

Edificio A: Edificio principale



Vista della facciata di ingresso



Vista della facciata sul retro

Casale edificato in più fasi sui resti di un'antica cisterna romana e convertito in villino tra il 1949 e il 1965.

Il complesso di Capo di Bove


(Stralcio della scheda dedicata all'edificio principale del complesso di Capo di Bove)

LINEE DI INDIRIZZO PER IL MIGLIORAMENTO DELL'EFFICIENZA ENERGETICA NEL PARCO ARCHEOLOGICO DELL'APPIA ANTICA

Sito

Denominazione sito PAAS	Capo di Bove
Indirizzo del sito	Via Appia Antica, 222 - 00078 - Roma
Zona climatica	D
Gradi Giorno	1415
Il sito è attualmente aperto al pubblico	
	SI X NO

Edificio A: Edificio principale



Vista della facciata di ingresso Vista della facciata sul retro

Tipologia costruttiva	Muratura portante
Epoca di costruzione	II secolo - 1965
L'edificio è attualmente utilizzato	
	SI X NO
Destinazioni d'uso	Uffici, area espositiva
Superficie dell'edificio adibita ad uso uffici	320 m ²
Superficie dell'edificio adibita ad uso museale	210 m ²
Superficie utile totale	530 m ²
Volume utile totale	1.480 m ³
Numero piani dell'edificio	3
Altezza netta media dei locali	2,80 m
L'edificio è dotato di impianto di riscaldamento	
	SI X NO
Superficie netta riscaldata	530 m ²
Volume netto riscaldato	1.480 m ³
Superficie lorda disperdente	1.405 m ²

Nota: tutte le quantità, superfici e volumi sono state stimate sulla base della documentazione a disposizione e di rilievi di massima e dovranno essere, pertanto, verificate in fase di progettazione.

ENEA ENEA - Agenzia Nazionale per le Nuove Tecnologie, l'Energia e lo Sviluppo Economico Sostenibile

Tipologia costruttiva	Muratura portante
Epoca di costruzione	II secolo - 1965
L'edificio è attualmente utilizzato	SI X NO
Destinazioni d'uso	Uffici, area espositiva
Superficie dell'edificio adibita ad uso uffici	320 m ²
Superficie dell'edificio adibita ad uso museale	210 m ²
Superficie utile totale	530 m ²
Volume utile totale	1.480 m ³
Numero piani dell'edificio	3
Altezza netta media dei locali	2,80 m
L'edificio è dotato di impianto di riscaldamento	SI X NO
Superficie netta riscaldata	530 m ²
Volume netto riscaldato	1.480 m ³
Superficie lorda disperdente	1.405 m ²


Nota: tutte le quantità, superfici e volumi sono state stimate sulla base della documentazione a disposizione e di rilievi di massima e dovranno essere, pertanto, verificate in fase di progettazione.

Il complesso di Capo di Bove

(Stralcio della scheda dedicata all'edificio principale del complesso di Capo di Bove)

LINEE DI INDIRIZZO PER IL MIGLIORAMENTO DELL'EFFICIENZA ENERGETICA NEL PARCO ARCHEOLOGICO DELL'APPIA ANTICA

CHIUSURE ORIZZONTALI INFERIORI	
In assenza di dati documentali, si ipotizza che le chiusure inferiori siano di due distinte tipologie. Una parte si poggia infatti sulla struttura in muratura dell'antica cisterna romana, una parte si suppone invece sia costituita da una soletta poggiana direttamente su terreno con un tradizionale vespaio in pietra. Lo strato di finitura all'interno degli ambienti è in piastrelle in cotto.	
Spessore medio ipotizzato	0,30 m
Superficie soletta confinante con la cisterna (ipotesi)	130 m ²
Superficie pavimento su terreno (ipotesi)	230 m ²
Stato di conservazione interno	Buono
Livello di prestazione energetica	Sufficiente



Collocazione dell'antica cisterna romana

Finitura pavimento

Vista interna della cisterna

CHIUSURE VERTICALI TRASPARENTI

Gli infissi, caratterizzati da dimensioni differenti, sono costituiti da telaio in ferro e vetro singolo. Alcune finestre presentano, come unica forma di schermatura solare, tende interne.


Tipologia prevalente telaio	Infissi in ferro
Tipologia prevalente vetro	Vetro singolo
Numero serramenti	40
Superficie vetrata complessiva	100 m ²
Percentuale superficie vetrata/superfici pareti	0,15
Tipologia prevalente schermature	Assenti
Stato di conservazione	Buono
Livello di prestazione energetica	Scarso

Infissi in ferro di forme e dimensioni diverse

CHIUSURE VERTICALI TRASPARENTI

Gli infissi, caratterizzati da dimensioni differenti, sono costituiti da telaio in ferro e vetro singolo. Alcune finestre presentano, come unica forma di schermatura solare, tende interne.

Tipologia prevalente telaio	Infissi in ferro
Tipologia prevalente vetro	Vetro singolo
Numero serramenti	40
Superficie vetrata complessiva	100 m ²
Percentuale superficie vetrata/superfici pareti	0,15
Tipologia prevalente schermature	Assenti
Stato di conservazione	Buono
Livello di prestazione energetica	Scarso



Infissi in ferro di forme e dimensioni diverse

Il complesso di Capo di Bove

(Stralcio della scheda dedicata all'edificio principale del complesso di Capo di Bove)

LINEE DI INDIRIZZO PER IL MIGLIORAMENTO DELL'EFFICIENZA ENERGETICA NEL PARCO ARCHEOLOGICO DELL'APPIA ANTICA

Impianti

SERVIZI PRESENTI

Climatizzazione invernale ed estiva SI X NO

La climatizzazione invernale ed estiva dell'edificio è garantita da un gruppo frigo a pompa di calore aria acqua, collocato all'esterno dell'edificio e collegato alla centrale termica situata al piano terra. Qui sono collocate le elettropompe che garantiscono la distribuzione dell'acqua ai ventilconvettori. La pompa di calore alimenta inoltre la batteria di riscaldamento/raffrescamento dell'UTA a servizio delle sale espositive. Le bocchette di mandata sono collocate sopra le velette del controsoffitto, mentre le bocchette di ripresa si trovano sulla parte bassa delle pareti.

Tipologia del generatore di calore Gruppo frigo a pompa di calore (funzionamento invernale ed estivo)

- Marca e modello Bluebox Mod. ZETA REV LN HP 7.2
- Gas refrigerante R410A
- Potenza nominale Termica: 83,49 kW Frigorifera: 65,96 kW
- Rendimento COP: 3,18 EER: 2,66

Tipologia dei terminali Ventilconvettori a parete (corridoi e uffici)
Bocchette dell'aria collegate all'UTA (sale espositive)

Produzione di ACS SI X NO

La produzione di acqua calda sanitaria è garantita da due boiler elettrici, uno collocato al primo piano in corrispondenza della zona bagno-cucina, uno al secondo piano all'interno del bagno.

Tipologia del generatore di calore n. 2 boiler elettrici

Ventilazione - Ricambio meccanico dell'aria SI X NO

Locali serviti dall'impianto Sale espositive

Tipologia di impianto Unità Trattamento Aria a parziale riciclo

Portata aria (m³/h) 2.000 m³/h

Presenza di recuperatore di calore No

Illuminazione SI X NO

Tipologia di corpi illuminanti prevalenti tubi fluorescenti

Ascensori e montacarichi SI X NO

N° impianti 1 piattaforma elevatrice

Immagini: Ventilconvettore, Sala servita dall'UTA, Pompa di calore, UTA collocata nella c.t.

ENEA DNEA - Agenzia Nazionale per le Nuove Tecnologie, l'Energia e lo Sviluppo Economico Sostenibile 5

SERVIZI PRESENTI

Climatizzazione invernale ed estiva

SI X NO

La climatizzazione invernale ed estiva dell'edificio è garantita da un gruppo frigo a pompa di calore aria acqua, collocato all'esterno dell'edificio e collegato alla centrale termica situata al piano terra. Qui sono collocate le elettropompe che garantiscono la distribuzione dell'acqua ai ventilconvettori. La pompa di calore alimenta inoltre la batteria di riscaldamento/raffrescamento dell'UTA a servizio delle sale espositive. Le bocchette di mandata sono collocate sopra le velette del controsoffitto, mentre le bocchette di ripresa si trovano sulla parte bassa delle pareti.

Tipologia del generatore di calore

Gruppo frigo a pompa di calore (funzionamento invernale ed estivo)

- Marca e modello

Bluebox Mod. ZETA REV LN HP 7.2

- Gas refrigerante

R410A

- Potenza nominale

Termica: 83,49 kW

Frigorifera: 65,96 kW

- Rendimento

COP: 3,18

EER: 2,66

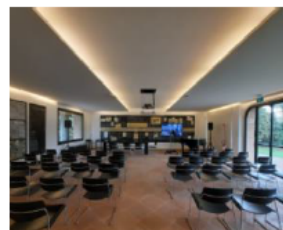
Tipologia dei terminali

Ventilconvettori a parete (corridoi e uffici)

Bocchette dell'aria collegate all'UTA (sale espositive)



Ventilconvettore



Sala servita dall'UTA



Pompa di calore



UTA collocata nella c.t.

Il complesso di Capo di Bove

(Stralcio della scheda dedicata all'edificio principale del complesso di Capo di Bove)

POSSIBILI INTERVENTI DI MIGLIORAMENTO DELL'EFFICIENZA ENERGETICA

Involucro	<ul style="list-style-type: none"> - Sostituzione infissi di entrambi gli edifici e inserimento vetri ad alte prestazioni (basso-emissivi/selettivi). Schede Int. INT1 – INT2 - Coibentazione del solaio di copertura dell'edificio secondario. Schede Int. INO6 o Int. INO7
Impianti	<ul style="list-style-type: none"> - Installazione sistema geotermico a pompa di calore in sostituzione degli impianti di riscaldamento esistenti a servizio dei due edifici. Scheda Int. MEC4 - Sostituzione dei boiler elettrici esistenti con boiler a pompa di calore. Scheda Int. MEC5 - Installazione di sistemi di termoregolazione per zona sulla base delle diverse esigenze degli ambienti. Scheda Int. BAC3 - Installazione di recuperatore di calore per l'UTA delle sale espositive. Scheda Int. MEC7 - Sostituzione dei corpi illuminanti con LED, eventualmente dotati di sensori di presenza (es. servizi igienici) e di sensori per la regolazione della luminosità (es. uffici). Schede Int. ELE1 - BAC1 - Installazione di sensori di presenza per l'accensione di dispositivi multimediali. Scheda Int. BAC1 - Da valutare l'installazione di sistemi di supervisione e controllo degli impianti. Scheda Int. BAC4 - Da valutare l'inserimento di impianto fotovoltaico sulla porzione di copertura esposta a sud del casale principale. Scheda Int. FER1 - Da valutare l'inserimento di pensilina fotovoltaica a copertura parziale dell'area archeologica. Scheda Int. FER3 - Da valutare l'installazione di un sistema di recupero delle acque piovane. Scheda Int. ALT1 - Compartimentazione dell'ingresso dell'edificio, tramite l'inserimento di una seconda porta con apertura automatica o, in alternativa, tramite installazione di lama d'aria. Scheda Int. ALT2

LINEE DI INDIRIZZO PER IL MIGLIORAMENTO DELL'EFFICIENZA ENERGETICA NEL PARCO ARCHEOLOGICO

OSSERVAZIONI

Edificio A: edificio principale

Involucro

L'elemento di maggiore criticità dell'involucro edificio è rappresentato dal buono stato di conservazione, questi presentano prestazioni energetiche del telaio metallico, dei vetri singoli e della mancanza di schermature esterne. Percentuale di superfici vetrate al piano terra dell'edificio, la scarsa precipitazione in maniera molto significativa sul fabbisogno energetico invernale ecc.

Impianti

Durante il sopralluogo effettuato si sono rivelti alcuni malfunzionamenti della mancanza di una compartimentazione dell'area di ingresso con una dispersione di calore verso l'esterno con conseguente spreco di energia per Per la tipologia di impianti installati, si ritiene necessario intervenire sulla rete elettrica dell'edificio, attraverso l'installazione di sistemi più efficienti e la perdita da fonti rinnovabili.

Edificio B: edificio secondario

Involucro

Le prestazioni energetiche complessive dell'edificio risultano piuttosto scarse. La scarsa resistenza termica di tutti gli elementi edilizi (pareti, coperture, infissi) in particolare, gli infissi presentano prestazioni energetiche molto basse: metallico, dei vetri singoli e della mancanza di schermature esterne, anche la composizione, rappresenta un rilevante elemento di debolezza per le prestazioni.

Impianti

Gli impianti risultano funzionanti con un sufficiente livello di manutenzione. Impianti installati, si ritiene necessario intervenire sulla riduzione dell'edificio, attraverso l'installazione di sistemi più efficienti e la produzione rinnovabili.

Sulla base delle criticità riscontrate sono stati individuati interventi di efficienza energetica edificio-impianto. La valutazione del risparmio energetico conteggiabile e la convenienza di benefici dovrà essere valutata tramite disegni energetici.

POSSIBILI INTERVENTI DI MIGLIORAMENTO DELL'EFFICIENZA ENERGETICA

Involucro

- Sostituzione infissi di entrambi gli edifici e inserimento vetri ad alte prestazioni (basso-emissivi/selettivi). [Schede Int. INT1 – INT2](#)
- Coibentazione del solaio di copertura dell'edificio secondario. [Schede Int. INO6 o Int. INO7](#)
- Installazione sistema geotermico a pompa di calore in sostituzione riscaldamento esistenti a servizio dei due edifici. [Scheda Int. MEC4](#)
- Sostituzione dei boiler elettrici esistenti con boiler a pompa di calore, con installazione di sistemi di termoregolazione per zona sulla base delle diverse esigenze degli ambienti. [Scheda Int. BAC3](#)
- Installazione di recuperatore di calore per l'UTA delle sale espositive. [Scheda Int. MEC7](#)
- Sostituzione dei corpi illuminanti con LED, eventualmente dotati di sensori di presenza (es. servizi igienici) e di sensori per la regolazione della luminosità (es. uffici). [Schede Int. ELE1 - BAC1](#)
- Installazione di sensori di presenza per l'accensione di dispositivi multimediali. [Scheda Int. BAC1](#)
- Da valutare l'installazione di sistemi di supervisione e controllo degli impianti. [Scheda Int. BAC4](#)
- Da valutare l'inserimento di impianto fotovoltaico sulla porzione di copertura del casale principale. [Scheda Int. FER1](#)
- Da valutare l'inserimento di pensilina fotovoltaica a copertura parziale dell'area archeologica. [Scheda Int. FER3](#)
- Da valutare l'installazione di un sistema di recupero delle acque piovane. [Scheda Int. ALT1](#)
- Compartimentazione dell'ingresso dell'edificio, tramite l'inserimento di una seconda porta con apertura automatica o, in alternativa, tramite installazione di lama d'aria. [Scheda Int. ALT2](#)

Impianti

Da valutare l'installazione di sistemi di supervisione e controllo degli impianti. [Scheda Int. BAC4](#)

Da valutare l'inserimento di impianto fotovoltaico sulla porzione di copertura del casale principale. [Scheda Int. FER1](#)

Da valutare l'inserimento di pensilina fotovoltaica a copertura parziale dell'area archeologica. [Scheda Int. FER3](#)

Da valutare l'installazione di un sistema di recupero delle acque piovane. [Scheda Int. ALT1](#)

Compartimentazione dell'ingresso dell'edificio, tramite l'inserimento di una seconda porta con apertura automatica o, in alternativa, tramite installazione di lama d'aria. [Scheda Int. ALT2](#)

ENEA - Agenzia Nazionale per le Nuove Tecnologie, l'Energia e lo Sviluppo Economico Sostenibile



Conclusioni

La realizzazione delle Linee di indirizzo ha permesso di:

- **indirizzare i progettisti** verso le soluzioni di efficientamento più idonee (da valutare tramite diagnosi energetica), che possano ottenere il parere favorevole della Soprintendenza;
- **stabilire una metodologia comune** per l'analisi e la riqualificazione degli edifici del Parco;
- **supportare il PAAA** (avente, nel proprio territorio di competenza, funzione di "Soprintendenza Archeologia, Belle Arti e Paesaggio") nella valutazione delle proposte progettuali migliori.

L'attività, inoltre, ha rappresentato per ENEA un'**occasione di confronto con la Soprintendenza** e un'opportunità di studiare soluzioni e strategie per l'efficientamento energetico del patrimonio vincolato.



Isola della Certosa, Venezia



Castello Doria, Porto Venere



Parco Archeologico di Castelseprio

Conclusioni

Attività in corso...



Accordo di Programma MASE – ENEA – PTR 2022-2024

Progetto: 1.5 - Tecnologie, tecniche e materiali per l'efficienza energetica ed il risparmio di energia negli usi finali elettrici degli edifici nuovi ed esistenti

Work package: 1 - Edifici ad alta efficienza energetica

Linee di attività:

LA1.4. «Efficientamento energetico di complessi di edifici storici e vincolati: caratterizzazione di casi studio reali»

LA1.5. «Efficientamento energetico di complessi di edifici storici e vincolati: analisi energetiche dei casi studio e valutazione degli interventi»

Responsabile del Progetto: G. Puglisi - *Responsabile del Work Package:* D. Iatauro

Gruppo di lavoro: S. Di Turi, D. Palladino, F. Caffari, G. Centi, F. Giustini, F. Margiotta, L. Ronchetti, P. Signoretti, L. Volpe – ENEA – DUEE – SPS – ESU

Con il contributo esterno di: F. Volpe, M. Reginaldi – PAAA

In fase di valutazione

Arch. Francesca Caffari
francesca.caffari@enea.it

