

Il riscaldamento nelle chiese e la conservazione dei beni culturali

I risultati dello studio sul riscaldamento delle chiese

Da qualche anno si è concluso il progetto europeo Friendly Heating, lo studio comparativo sui sistemi di riscaldamento delle chiese pregevoli per arte e storia, nella prospettiva di conciliare il benessere dei fedeli con la conservazione degli edifici e dei beni culturali in esse contenuti.

Nato e coordinato nel 2001 in seno al CNR, è diventato il progetto europeo EVK4-CT-2001-00067 condotto nelle chiese di tutta Europa con la collaborazione di università, enti di ricerca e autorità preposte alla conservazione dei beni culturali.

I risultati dello studio sono riportati nel volume "Il riscaldamento nelle chiese e la conservazione dei beni culturali – Guida all'analisi dei pro e dei contro dei vari sistemi di riscaldamento" Milano Electa 2007 – ISBN 9788837050351, con testo bilingue italiano-inglese.

Lo studio riporta in modo sistematico l'analisi dei principi di funzionamento, i pro e i contro di ogni sistema in uso per il riscaldamento delle chiese e si cimenta nell'elaborazione di un sistema ideale di riscaldamento che riesce a trovare la quadratura dei diversi aspetti coinvolti nella valutazione di una adatto sistema di riscaldamento da utilizzare in una chiesa.

La vera utilità dello studio è l'aver messo a disposizione dei decisori, committenti, progettisti, impiantisti e soprintendenze, in maniera esplicita e sistematica, tutti i dati necessari a valutare l'impatto dei vari tipi di impianto sugli edifici specifici e ad individuare gli elementi sui quali basare la scelta, indirizzando con neutralità verso la scelta ritenuta più adatta per tutela dei luoghi e confort termico dei fedeli.

Una guida tanto più preziosa perché senza precedenti ma, speriamo, con molti successori.

Le opere si adattano al microclima storico

Uno degli assunti di base dello studio è che nei secoli le opere si sono adattate al microclima della chiesa, subendo deformazioni permanenti e fratture che hanno creato gli spazi per compensare le cicliche espansioni e contrazioni indotte al loro interno dalle variazioni stagionali di temperatura ed umidità relativa.

L'introduzione di un riscaldamento può alterare significativamente questi cicli, riattivando i processi di deformazione e fessurazione quando ormai la perdita elasticità di materiali vecchi di secoli non lo consentirebbe.

I processi di danneggiamento si ravvivano ad ogni nuovo impianto, ogni trent'anni circa, e sono quindi destinati ad innescarsi decine di volte nel corso dei secoli di vita attesa di una chiesa storica; come evitare o attenuare questi processi è oggetto di indagine dello studio.

Le variazioni di temperatura e di umidità relativa sono i sorvegliati speciali.

I nemici delle strutture: polveri, inquinanti, condensa, degrado biologico

Vari fenomeni di degrado delle strutture sono determinati dalle alterazioni del microclima indotte dal riscaldamento, a cominciare dal semplice annerimento di pareti, soffitti ed affreschi causato dalla deposizione di polveri, fumo e particelle inquinanti, accelerata dai moti convettivi dell'aria ed accentuata dalla differenza di temperatura tra aria calda e superfici fredde.

L'elevata umidità relativa dell'aria produce condensa sulle superfici fredde, generando efflorescenze saline sulle murature e colonizzazioni di batteri, alghe e muffe con ampie macchie diffuse e variegata.

Un buon ricambio d'aria può essere utile ma accelera l'eventuale risalita di umidità nelle murature, se presente, aggravandone il degrado per migrazione di sali e cristallizzazione. In questo caso sono preferibili sistemi alternativi, come riscaldare le pareti con sorgenti di infrarossi opportunamente distribuite e distanziate.

Qui i sorvegliati speciali sono l'immissione di inquinanti, i moti convettivi ed, ancora una volta, il tasso di umidità relativa.

Un occhio al benessere termico

Quasi tutto incentrato sull'irraggiamento il capitolo sul comfort termico, definito come una condizione di "indifferenza soggettiva" alla temperatura ambientale, una condizione cioè nella quale le persone non sentono caldo né freddo e non avvertono quindi il bisogno di modificare gli scambi di calore con l'ambiente circostante e possono concentrarsi sulle loro attività.

Questo significa che il calore prodotto dall'organismo insieme a quello ricevuto dal riscaldamento bilancia quello dissipato nell'ambiente e quindi l'epidermide non si raffredda, né si riscalda.

Il movimento dell'aria o un elevato tasso di umidità aumentano il calore dissipato e fanno sentire freddo, un idoneo irraggiamento con l'effetto avvolgente di apparecchi per l'emissione di infrarossi disposti sui due lati, migliora il comfort cedendo all'organismo il calore disperso nell'ambiente.

Per essere confortevole, un riscaldamento ad irraggiamento non deve essere troppo forte, inoltre l'omogeneità è importante e il comfort diminuisce se alcune parti del corpo sono in ombra e non vengono raggiunte dagli infrarossi.

Ma la considerazione più saliente è che il benessere termico è soggettivo, lo stesso riscaldamento appare scarso ad alcuni ed eccessivo ad altri, per cui in una chiesa dove ci sono decine o centinaia di persone il benessere termico è un problema statistico: minimizzare il numero degli scontenti, consapevoli che non sempre questo si fa innalzando il livello del riscaldamento.

Riscaldamento ad aria

Bilancio

Presenta un elevato numero di problemi per la conservazione. Con uso continuo livelli di UR troppo bassi. Forti sbalzi termo-igrometrici con uso discontinuo. Impossibile un soddisfacente controllo dell'umidità nel caso di uso sia intermittente che continuo. Annerimento delle superfici. Impianto invasivo. La dimensione dei condotti richiesti e la posizione dei diffusori richiede ingenti lavori di adattamento. Nelle nuove costruzioni può essere progettato senza grossi traumi all'edificio. Generalmente poco confortevole, se non per uso continuo. Riscaldamento rapido.

Scheda riassuntiva

- rischio di sbalzi termici: riscaldamento continuo: medio; riscaldamento intermittente: alto riscaldamento misto: basso/alto
- rischi di sbalzi igrometrici o UR troppo alta: riscaldamento continuo: molto alto; riscaldamento intermittente: alto; riscaldamento misto: basso/medio
- rischio di condensazione sulle superfici fredde: riscaldamento continuo:basso; riscaldamento intermittente: alto; riscaldamento misto: alto/molto alto
- annerimento per deposizione di fumo e polveri: riscaldamento continuo: molto intenso; riscaldamento intermittente: intenso; riscaldamento misto: intenso/molto intenso.
- Produzione di inquinanti: risospensione di polveri nel caso di griglie con emissione di aria a pavimento.
- Confort termico: riscaldamento continuo: medio; riscaldamento intermittente: basso; riscaldamento misto: medio/basso.
- Impatto visivo: elevato
- invasività e danno alle strutture: alti

Sorgenti radianti IR ad alta temperatura a gas

Bilancio

Gli elementi scaldanti sono portati a temperatura di incandescenza ed emettono una radiazione infrarossa (IR) a corta e/o media lunghezza d'onda. La loro migliore applicazione risulta essere per capannoni industriali mentre rimane una forte riserva per i luoghi di culto contenenti opere di valore artistico. Il sistema a combustione di gas genera inquinanti dannosi e vapore. E' possibile la condensazione dell'eccesso di vapore emesso dal riscaldamento e dai fessure sulle parti rimaste fredde (es. soffitti). Se utilizzato frequentemente e in ambiente non adeguatamente areato, può essere dannoso per la conservazione.

Varie autorità europee hanno concluso che questo sistema non deve essere adottato quando una chiesa è costruita con materiali, o contiene opera, facilmente vulnerabili. Sono temute fughe di gas e il pericolo di incendio. Il confort dipende dall'omogeneità e intensità della distribuzione dell'IR, ma non può essere mai ottimale, in quanto questa tecnica scalda di più il capo che i piedi. Può avere effetti negativi se la variazione è troppo intensa. Impatto visivo e danni strutturali per l'installazione.

Scheda riassuntiva

- rischio sbalzi termici: alto
- rischio sbalzi igrometrici o UR troppo alta:alto
- rischio di condensazione su superfici fredde: molto alto
- annerimento per deposizione di fumo e polveri: medio/intenso
- produzione di inquinanti: prodotti di combustione e vapore acqueo

- confort termico: medio/basso
- impatto visivo: medio/alto
- invasività e danno alle strutture: alti

Sorgenti radianti IR ad alta temperatura elettriche

Bilancio

Analogamente al sistema a gas, gli elementi scaldanti sono portati a temperatura di incandescenza ed emettono una radiazione infrarossa (IR) a corta e/o media lunghezza d'onda. Sistema meno rischioso per la conservazione anche se necessario porre particolare attenzione a non colpire le opere con radiazione diretta. Progetto e realizzazione sono cruciali. Il rimescolamento dell'aria interna porta a un modesto annerimento delle superfici, tranne sopra gli emettitori, dove è invece intenso. E' possibile condensazione nelle zone più fredde. Tuttavia, quando è progettato e realizzato adeguatamente, il sistema può fornire un riscaldamento localizzato nelle zone interessate senza creare forti perturbazioni al microclima del resto della chiesa.

Il confort dipende dall'omogeneità, intensità e simmetria della distribuzione dell'IR ma non è mai ottimale, perchè riscalda più il capo che i piedi e la distribuzione non può mai essere simmetrica. Può avere effetti negativi se la radiazione è troppo intensa o è male orientata o emette bagliori o induce UV. Da questo punto di vista, le candele sono preferibili alle lampade al quarzo in atmosfera alogena e inoltre hanno una maggiore efficienza.

Forte impatto visivo della sorgente, specie quando s'illumina. Danni contenuti per l'installazione. Costo di esercizio basso.

Scheda riassuntiva

- rischio sbalzi termici: alto/basso
- rischio sbalzi igrometrici o UR troppo bassa: medio/basso
- rischio di condensazione su superfici fredde: alto
- annerimento per deposizione di fumo e polveri: medio
- produzione di inquinanti: le candele al quarzo non ne producono; le lampade al quarzo in atmosfera alogena producono luce o radiazione UV.
- confort termico: la progettazione e l'installazione sono cruciali e il risultato è tra medio e basso. Inoltre le lampade al quarzo producono un fastidioso bagliore e UV riducendo il livello generale di confort
- impatto visivo: candela radianti al quarzo: medio/alto; lampade al quarzo in atmosfera alogena: alto/molto alto
- invasività e danno alle strutture: basso

Termosifone con radiatore

Bilancio

Genera alcuni problemi per la conservazione: valori bassi di UR e annerimento delle superfici, specie con uso continuo; cicli di ricristallizzazione delle murature, specie con uso discontinuo. Invasivo. Impatto visivo dei radiatori. Il livello di confort varia con le modalità di utilizzo essendo maggiore con uso continuo e minore con uso discontinuo.

Scheda riassuntiva

- rischio sbalzi termici: riscaldamento continuo:basso; riscaldamento intermittente: alto; riscaldamento misto: medio
- rischio sbalzi igrometrici o UR troppo bassa: riscaldamento continuo: alto; riscaldamento intermittente: alto; riscaldamento misto: medio
- rischio di condensazione su superfici fredde: riscaldamento continuo:basso; riscaldamento intermittente: alto; riscaldamento misto: medio
- annerimento per deposizione di fumo e polveri: riscaldamento continuo: molto intenso; riscaldamento intermittente: intenso; riscaldamento misto: intenso/molto intenso
- produzione di inquinanti: nessuna
- confort termico: riscaldamento continuo: medio/alto; riscaldamento intermittente: medio/basso; riscaldamento misto: medio
- impatto visivo: alto
- invasività e danno alle strutture: alti

Termoconvettore a battiscopa

Bilancio

Una alternativa ai radiatori dove tramite dei tubicini alettati, simili a radiatori miniaturizzati, vengono inseriti in una struttura a battiscopa con due fasce parallele. Il bilancio è lo stesso del sistema a radiatori ma con un annerimento intenso per l'ampia superficie di muratura esposta ai moti convettivi e la risospensione delle polveri a pavimento. Minore impatto visivo e invasività limitata nel caso di impianto limitato a livello di pavimento. Maggiore nel caso di realizzazione a due livelli.

Scheda riassuntiva

- rischio sbalzi termici: riscaldamento continuo:basso; riscaldamento intermittente: alto; riscaldamento misto: medio
- rischio sbalzi igrometrici o UR troppo bassa: riscaldamento continuo: alto; riscaldamento intermittente: alto; riscaldamento misto: medio
- rischio di condensazione su superfici fredde: riscaldamento continuo: basso; riscaldamento intermittente: alto; riscaldamento misto: medio
- annerimento per deposizione di fumo e polveri: riscaldamento continuo: molto intenso; riscaldamento intermittente: intenso; riscaldamento misto: intenso/molto intenso
- produzione di inquinanti: risospensione della polvere dal pavimento
- confort termico: riscaldamento continuo: medio/alto; riscaldamento intermittente: medio/basso; riscaldamento misto: medio
- impatto visivo: basso/alto
- invasività e danno alle strutture: basi/medi

Pavimento radiante

Bilancio

Rende l' ambiente troppo secco e pericoloso per la conservazione, tranne nei climi miti e umidi, dove un abbassamento di UR può essere accettabile. L' ambiente diviene tendenzialmente polveroso, specie se il sistema è usato con continuità.

Aumenta fortemente la deposizione di fumi e polveri.

Raggiunge un buon livello di comfort se l' edificio è convenientemente isolato termicamente e il sistema di riscaldamento viene utilizzato con continuità in ambienti ampi e con il soffitto non troppo alto.

Sistema invasivo. La realizzazione in un edificio storico può portare a varie incognite. Il ritrovamento di inumazioni o reperti archeologici: nel caso di vestigia archeologiche o storiche, l' installazione va proibita. Espone frequentemente a problemi e costi imprevisti.

Scheda riassuntiva

- Rischio di sbalzi termici: riscaldamento continuo: basso; riscaldamento intermittente: alto; riscaldamento misto: medio.
- Rischio di sbalzi igrometrici o UR troppo bassa: riscaldamento continuo: molto alto; riscaldamento intermittente: alto; riscaldamento misto: medio.
- Rischio di condensazione su superfici fredde: riscaldamento continuo: basso;riscaldamento intermittente: medio/alto; riscaldamento misto: medio/basso.
- Annerimento per deposizione di fumo e polveri: riscaldamento continuo: intenso; riscaldamento intermittente: medio; riscaldamento misto: medio/intenso.
- Produzione di inquinanti: nessuna.
- Comfort termico: riscaldamento continuo: molto alto; riscaldamento intermittente: medio; riscaldamento misto: medio/alto.
- Impatto visivo: molto basso.
- Invasività e danno alle strutture: molto alti.

Riscaldamento a parete (detto anche temperierung)

Bilancio

Il sistema si presta per operare ininterrottamente per tutta la stagione fredda e fornire un riscaldamento di base dell' edificio, specie al fine di evitare la condensazione sulle pareti.

L'installazione è invasiva e non può essere applicata nel caso di murature di interesse storico-artistico. L'annerimento delle superfici costituisce un ulteriore problema.

L'uso discontinuo causa cicli di ricristallizzazione alle murature e danno ai dipinti murali e alle decorazioni.

Può essere efficace in chiese di piccole dimensioni, con una sola navata e senza cappelle laterali. Diversamente, conviene utilizzare un sistema integrato: a muro con uso continuo per il riscaldamento di base dell'edificio e Friendly-Heating o un altro sistema a banco per il riscaldamento dei fedeli. Questa integrazione permette di utilizzare il sistema a muro a un regime più basso e quindi con un minor impatto sulle opere.

Scheda riassuntiva

- Rischio di sbalzi termici: riscaldamento continuo: basso; riscaldamento intermittente: alto; riscaldamento misto: medio.
- Rischio di sbalzi igrometrici o UR troppo bassa: riscaldamento continuo: alto; riscaldamento intermittente: alto; riscaldamento misto: medio.
- Rischio di condensazione su superfici fredde: riscaldamento continuo: basso; riscaldamento intermittente: alto; riscaldamento misto: medio.
- Annerimento per deposizione di fumo e polveri: riscaldamento continuo: intenso; riscaldamento intermittente: medio; riscaldamento misto: medio/intenso.
- Produzione di inquinanti: nessuna.
- Comfort termico: riscaldamento continuo: medio/alto; riscaldamento intermittente: medio/basso; riscaldamento misto: medio.
- Impatto visivo: alto/basso.
- Invasività e danno alle strutture: alti (tubi interni)/medi (tubi esterni)

Riscaldamento a banco alta temperatura

Bilancio

Il riscaldamento a banco trova la sua migliore applicazione nel caso di piccole chiese riscaldate saltuariamente in climi non troppo freddi. Non è facile ottenere le condizioni di comfort con un solo elemento surriscaldato. L'elevata temperatura degli elementi scaldanti può essere pericolosa (scottature, incendi). Occorre porre molta attenzione a non danneggiare i banchi.

Impatto visivo e invasività generalmente bassi.

Scheda riassuntiva

- Rischio di sbalzi termici: alto/basso.
- Rischio di sbalzi igrometrici o UR troppo bassa: medio/basso.
- Rischio di condensazione su superfici fredde: alto.
- Annerimento per deposizione di fumo e polveri: medio/intenso.
- Produzione di inquinanti: nessuna.
- Comfort termico: basso/medio.
- Impatto visivo: basso/medio.
- Invasività e danno alle strutture: alti/bassi.

Riscaldamento a banco bassa temperatura

Bilancio

Il riscaldamento a banco con sorgente a bassa temperatura trova la sua migliore applicazione nel caso di piccole chiese riscaldate saltuariamente (solo nei giorni festivi e pre-festivi) in climi non troppo freddi. Non è facile ottenere le condizioni di comfort con un solo elemento scaldante. Offre meno rischi del riscaldamento a banco con sorgente ad alta temperatura. Bisogna fare attenzione a non danneggiare il banco. Impatto visivo e invasività generalmente bassi.

Scheda riassuntiva

- Rischio di sbalzi termici: basso.
- Rischio di sbalzi igrometrici o UR troppo bassa: basso.
- Rischio di condensazione su superfici fredde: alto.
- Annerimento per deposizione di fumo e polveri: debole/medio.

- Produzione di inquinanti: nessuna.
- Comfort termico: medio/basso.
- Impatto visivo: medio/basso.
- Invasività e danno alle strutture: bassi/alti.

Sorgente a emissione di aria calda

Bilancio

Il rischio si limita al caso di surriscaldamento di banchi storici. L' ambiente diviene polveroso per la risospensione di polveri dal pavimento e le superfici si anneriscono rapidamente. Installazione invasiva se eseguita sotto il pavimento, senza pedana.

Scheda riassuntiva

- Rischio di sbalzi termici: medio.
- Rischio di sbalzi igrometrici o UR troppo bassa: medio/alta.
- Rischio di condensazione su superfici fredde: alto.
- Annerimento per deposizione di fumo e polveri: medio/intenso.
- Produzione di inquinanti: risospensione della polvere dal pavimento.
- Comfort termico: medio/basso.
- Impatto visivo: medio.
- Invasività e danno alle strutture: bassi/alti.

Soluzione risultato dello studio per la conservazione : progetto Europep Friendly-Heating

Bilancio

Le persone ricevono direttamente da alcune sorgenti termiche il calore sufficiente, che rimane confinato nella zona di interesse. Si utilizzano delle sorgenti radianti IR a grande lunghezza d'onda (FIR) e a bassa temperatura che consentono di scaldare direttamente i corpi non utilizzando l'aria come elemento di trasporto della temperatura. Si evitano così i forti moti convettivi che causano il sollevamento delle polveri e la stratificazione dell'aria calda verso l'alto. I fedeli ricevono il calore da un numero di sorgenti radianti a bassa temperatura disposte strategicamente in ogni banco per soddisfare la domanda fisiologica di calore delle diverse parti del corpo in modo differenziato. Gli stessi IR a grande lunghezza d'onda possono essere generati da una pellicola sottilissima nascosta al di sotto delle pedane che permettono di diffondere dal basso una sensazione di calore uniforme. Il sistema ha un alto rendimento in quanto il calore rilasciato viene quasi integralmente utilizzato per il riscaldamento delle persone. L'installazione è reversibile e richiede interventi minimali solo per la distribuzione della corrente elettrica e i banchi non vengono minimamente danneggiati. Il costo di esercizio può essere considerato relativamente basso data l'efficienza del sistema e la bassissima dispersione termica.

Specialmente studiato per la conservazione, questo sistema è particolarmente adatto alla salvaguardia delle opere. Avendo elementi a bassa temperatura, offre meno rischi (d'incendio, di scottature) degli altri tipi di riscaldamento. Flessibile è dotato di sorgenti localizzate in modo da ridurre le dispersioni di calore e aumentare il confort termico al di sopra del livello dei sistemi a banco. Confortevole nei climi miti e freddi. Con quelli molto freddi è preferibile un'integrazione, per esempio con emettitori IR a distanza. Alto rendimento e utilizzo anche a moduli, fornendo l'alimentazione al gruppo di banchi richiesto. Impatto visivo ed invasività molto bassi. E' particolarmente adatto nel caso in cui si voglia prestare la massima attenzione ai problemi di conservazione e il riscaldamento della chiesa non sia continuo.

Scheda riassuntiva

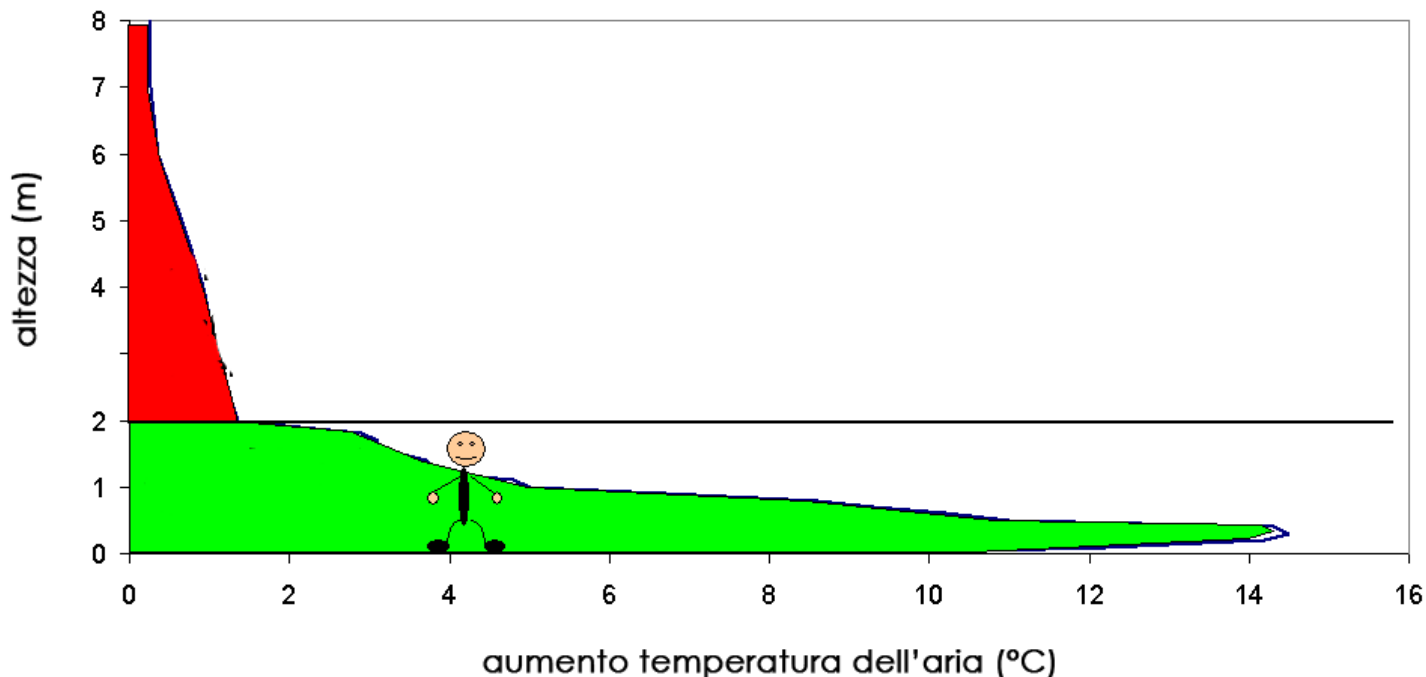
- rischio sbalzi termici: basso
- rischio sbalzi igrometrici o UR troppo bassa: basso
- rischio di condensazione su superfici fredde: basso/medio
- annerimento per deposizione di fumo e polveri: debole/medio
- produzione di inquinanti: nessuna
- confort termico: medio/alto
- impatto visivo: basso/medio
- invasività e danno alle strutture: bassi

SISTEMA DI RISCALDAMENTO	uso	temperatura	umidità relativa	condensa	deposizioni	inquinanti	confort	impatto visivo	invasività
aria calda	I	C:o l:- M:+/-	C:= l:- M:o/-	C:+ l:- M:o	C:= l:- M:o/-	RP – solo se emissione a pavimento	C:o l:- M:o/-	-	-
sorgenti radianti ad alta temperatura combustione gas	I	+/-	-	-	o/-	Ch, VA	o/-	o/-	-
lampade al quarzo in atmosfera alogena	I	+/-	+/o	-	o	NO	o/-	o/-	+
candele radianti al quarzo	I	+/-	+/o	-	o	bl, uv	-/=	-/=	+
termosifoni con radiatori	C/I	C:+ l:- M:o	C:- l:- M:o	C:+ l:- M:o	C:= l:- M:=-/	NO	C:+/o l:o/ M:o	-	-
termoconvettore a battiscopa	C/I	C:+ l:- M:o	C:- l:- M:o	C:+ l:- M:o	C:= l:- M:=-/	NO	C:+/o l:o/ M:o	+/-	o/+
pavimento radiante	C	C:+ l:- M:o	C:= l:- M:o	C:+ l:o/ M:+/o	C:- l:o M:o/-	NO	C:++ l:o M:+/o	++	-
riscaldamento a parete	C	C:+ l:- M:o	C:- l:- M:o	C:+ l:- M:o	C:- l:o M:o/-	NO	C:+/o l:o/ M:o	+/-	-
riscaldamento a banco ad alte temperature	I	+/-	+/o	-	o/-	NO	o/-	o/+	-/+
riscaldamento a vanco sorgente a bassa temperatura	I	+	+	-	+/o	NO	o/-	o/+	-/+
riscaldamento a banco con aria calda	I	o	o/-	-	o/-	RP	o/-	o	-/+
riscaldamento a banco effetto Coanda	I	o	o/-	-	-	RP	o/-	o/-	o/+
Progetto europeo Friendly Heating	I	+	+	o/+	+/o	NO	o/+	o/+	+

NOTE: USO: continuo (C), intermittente (I), misto (M) INQUINANTI: chimici (CH), vapore acqueo (VA), bagliore luminoso (BL), radiazione ultravioletta (UV), risospensione polvere (RP).

+: minori elementi di rischio per la conservazione ++: migliore sistema di riscaldamento o: bilancio medio -: maggiori elementi di rischio per la conservazione =: rischio molto alto per la conservazione

Il calore rimane confinato in basso nella zona di utilizzo offrendo un alto rendimento. il rendimento è ricavato dalla distribuzione di calore nella chiesa. La parte verde rappresenta la paste di calore di cui le persone beneficiano, quella rossa indica il calore disperso.



Confort termico con FRIENDLY HEATING e riscaldamento ad aria calda

