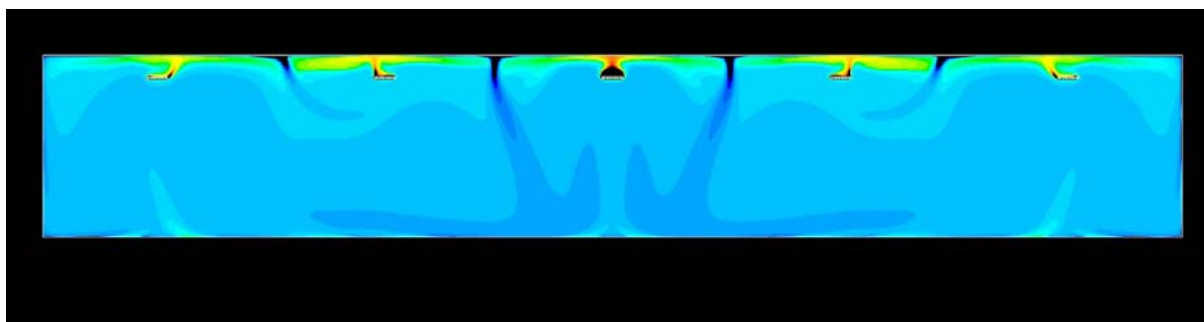


Rapporto N. H.0611.S.393.EMCP-Produzione

Riscaldamento di fabbricati industriali – Comparazione delle emissioni termiche di pannelli radianti a soffitto e riscaldamento a pavimento Capannoni adibiti a produzione

Incaricato: HLK Stuttgart GmbH
Pfaffenwaldring 6A
70550 Stuttgart

Committente: EMCP
Gartenstraße 69
64823 Groß-Umstadt



Stoccarda, 20.5.2009

Prof. Dr.-Ing. M. Schmidt



Dr.-Ing. Chr. Beck



Indice dei contenuti

1 Descrizione dello studio.....	3
2 Condizioni al contorno.....	3
2.1 Capannone adibito a produzione.....	3
2.3 Dati meteorologici.....	5
2.4 Carichi termici.....	5
2.5 Fonti di calore interne.....	6
3 Risultati dei calcoli.....	6
3.1 Riscaldamento a pavimento.....	6
3.2 Riscaldamento radiante a soffitto – pannelli radianti a soffitto.....	8
4 Conclusioni.....	10

1 Descrizione dello studio

In un capannone adibito a produzione, il riscaldamento con pannelli radianti a soffitto viene messo a confronto con un sistema di riscaldamento a pavimento.

2 Condizioni al contorno

2.1 Capannone adibito a produzione

La figura 1 descrive il capannone industriale che è stato scelto. Le temperature richieste sono 18°C nei giorni lavorativi e di regola 14°C durante il fine settimana (funzionamento con riduzione)

Si considera inoltre il caso in cui la temperatura richiesta viene ridotta a 16°C nell'intervallo di tempo dalle 17:00 alle 06.00.

Si eseguiranno i calcoli facendo riferimento allo stesso fabbricato situato in due diverse località: Inghilterra (o Italia) e Germania (N.d.T.).

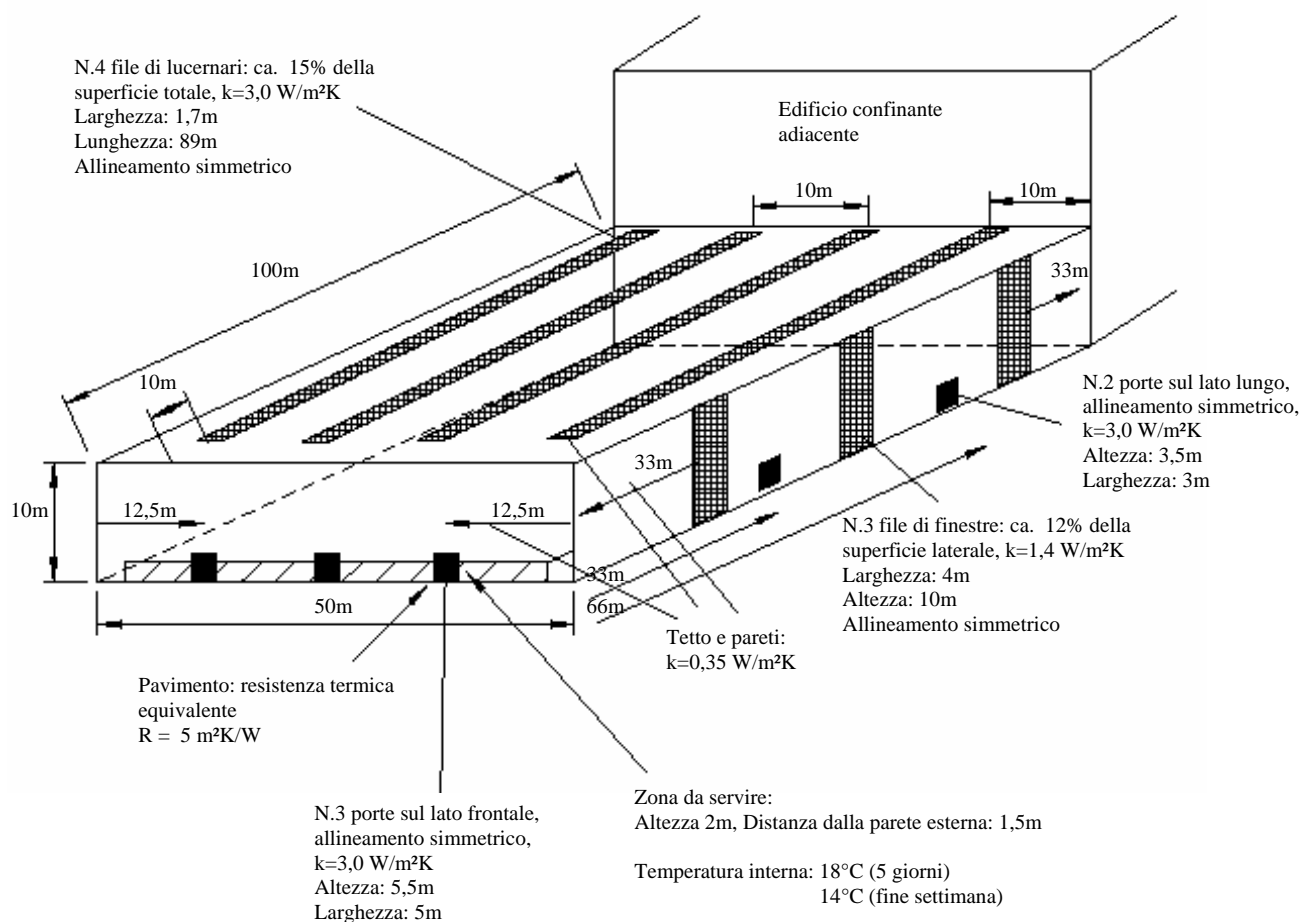


Figura 1: capannone industriale adibito a produzione

La ventilazione avviene per mezzo di un impianto di trattamento aria, il quale garantisce un ricambio d'aria pari a:

per la Germania:

- A) 0.2 1/h o in alternativa
- B) 0.5 1/h.

per l'Inghilterra (o l'Italia)

- A) 0.3 1/h o in alternativa
- B) 0.5 1/h.

Viene considerato anche il ricambio d'aria ridotto, poiché, dato il grande volume dell'edificio, i movimenti d'aria ed il fabbisogno termico aumentano. Nei moderni stabilimenti industriali, dotati di un efficiente sistema di rilevazione ed estrazione delle emissioni nocive (aspirazione), è possibile un ricambio d'aria minore.

Il pavimento del capannone è isolato verso il terreno. La figura 2 illustra come esempio l'andamento delle temperature sul terreno nel caso del riscaldamento a pavimento senza isolamento. I calcoli hanno indicato che, nel caso senza isolamento, per il riscaldamento a pavimento le dispersioni nel terreno aumentano fortemente e la resa della parte rimanente (massimo il 50% della superficie del pavimento) non è sufficiente a riscaldare il fabbricato. In questa situazione l'osservazione principale è che, nel caso del riscaldamento a pavimento, la differenza tra la temperatura massima (a livello dei tubi) e quella del terreno o dell'aria esterna circostante è notevolmente più alta che nel caso del riscaldamento con pannelli radianti a soffitto. Mentre per i pannelli radianti a soffitto la temperatura superficiale del pavimento, per effetto dell'irraggiamento, si attesta su valori leggermente superiori alla temperatura dell'aria (ca. 2K), nel caso del riscaldamento a pavimento la temperatura a livello dei tubi - già più vicini al terreno - deve essere almeno di 50°C per garantire una sufficiente emissione termica verso l'alto. Ciò aumenta le dispersioni verso il terreno.

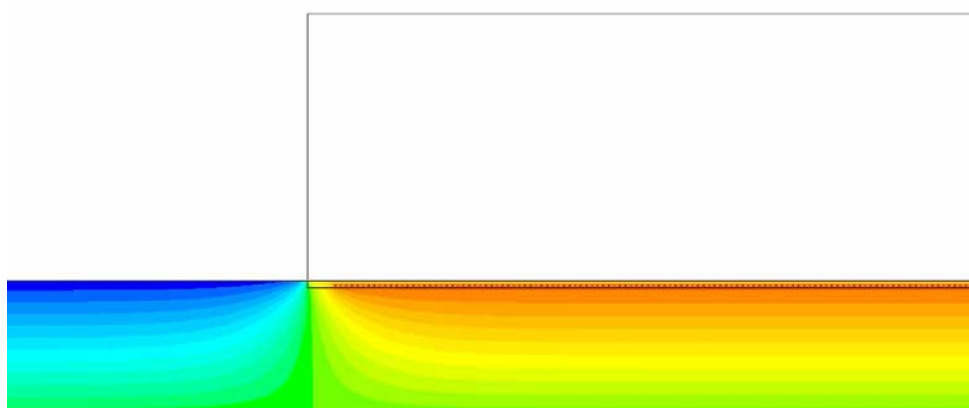


Figura 2: Andamento delle temperature al di sotto del capannone nel caso del riscaldamento a pavimento senza isolamento.

2.2 Dati meteorologici

Si stabiliscono le condizioni esterne per due zone climatiche:

A) Germania: Si applicano i dati climatici relativi ad una temperatura di progetto di -12°C

B) Inghilterra e Italia: Si applicano i dati climatici relativi ad una temperatura di progetto di -5°C

La figura 3 mostra la rappresentazione grafica dei dati stabiliti per entrambe le zone climatiche. Per i calcoli successivi risultano importanti i valori rilevati nel periodo in cui il riscaldamento è attivo ($T_{amb} < T_{op}$).

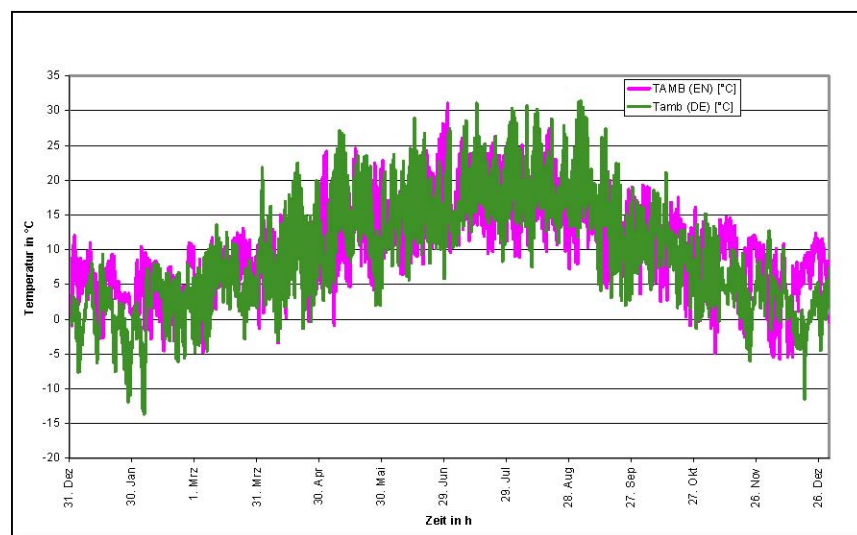


Figura 3: Dati meteorologici stabiliti come base di calcolo (anni di riferimento per la prova) per entrambe le zone climatiche

2.3 Carichi termici

I carichi termici relativi alle diverse modalità di utilizzo vengono determinati secondo le regole tecniche previste dalla norma (DIN EN 12831) in primo luogo per condizioni progettuali stazionarie.

In un secondo momento viene calcolato il fabbisogno energetico di riferimento (valore teorico ideale dell'energia termica richiesta per riscaldare il fabbricato, indipendentemente dal sistema adottato). Questo significa che si devono considerare sia le fonti di calore interne che l'orientamento delle superfici con finestre (fonti di calore esterne) e le oscillazioni della temperatura nell'arco della giornata. Gli apporti gratuiti di calore dall'esterno e dall'interno vengono considerati nel calcolo dell'energia di riferimento richiesta e portano ad una riduzione di questo valore rispetto alla valutazione effettuata in condizioni stazionarie.

2.4 Fonti di calore interne

I carichi interni (apporti gratuiti forniti da persone e macchinari durante le lavorazioni) del capannone adibito a produzione vengono determinati, secondo un profilo di utilizzo predefinito (valido per i giorni lavorativi), come di seguito descritto:

Dalle 06.00 alle 12.00	100% del carico termico
Dalle 12.00 alle 13.00	20% del carico termico
Dalle 13.00 alle 17.00	100% del carico termico

3 Risultati dei calcoli

3.1 Riscaldamento a pavimento

La figura 4 riporta lo schema della regolazione per il riscaldamento a pavimento proposta dal committente. Il riscaldamento a pavimento viene alimentato da un flusso continuo di fluido scaldante. La temperatura di mandata è determinata in base alla temperatura esterna ed alla temperatura ambiente.

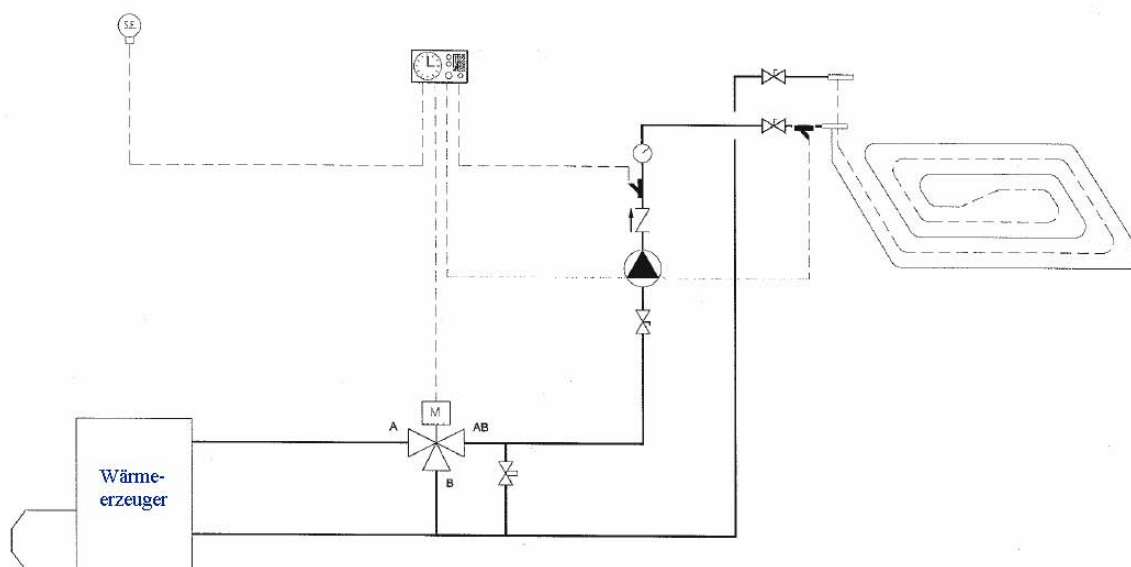


Figura 4: Rappresentazione schematica della regolazione del riscaldamento a pavimento



La tabella 1 mostra i valori del fabbisogno termico di riferimento con pavimento isolato. La tabella 2 mostra invece i risultati per il caso con riduzione notturna nel capannone. Il fabbisogno energetico di riferimento si riduce, poiché nelle ore notturne la temperatura ambiente richiesta è inferiore.

Il valore calcolato nel caso di riduzione notturna è pari a circa il 70% del valore senza di essa. Nelle tabelle 3 e 4 si trovano i risultati della simulazione (funzionamento reale) per il sistema di riscaldamento a pavimento in entrambi i casi.

Produzione	kWh	MWh	Infiltrazione
Germania	158.453	158	0,2
Germania	276.249	276	0,5
Inghilterra	187.881	188	0,3

Tabella 1: Fabbisogno energetico di riferimento calcolato con isolamento per riscaldamento ideale

Produzione	kWh	MWh
Germania, n=0,2 1/h	109.050	109
Germania, n=0,5 1/h	201.471	201
Inghilterra, n=0,3 1/h	127.660	128

Tabella 2: Fabbisogno energetico di riferimento con isolamento e riduzione notturna per riscaldamento ideale

Produzione	kWh	MWh	Maggior consumo
Germania, n=0,2 1/h	211.425	211	1,33
Germania, n=0,5 1/h	375.899	376	1,36
Inghilterra, n=0,3 1/h	272.873	273	1,45

Tabella 3: Fabbisogno energetico (aumento del dispendio) calcolato per riscaldamento a pavimento con isolamento, senza riduzione notturna

Produzione	kWh	MWh	Maggior consumo
Germania, n=0,2 1/h	182.168	182	1,67
Germania, n=0,5 1/h	319.363	319	1,59
Inghilterra, n=0,3 1/h	225.605	226	1,77

Tabella 4: Fabbisogno energetico (aumento del dispendio) calcolato per riscaldamento a pavimento con isolamento, con riduzione notturna

Si riscontra che l'aumento del consumo nel capannone senza riduzione notturna si attesta su valori tra 1,33 e 1,45. Ciò significa che viene consumata dal 30% al 40% di energia in più rispetto a quella che sarebbe stata necessaria a riscaldare il capannone nel caso ideale.

Nel caso con riduzione notturna tale valore relativo aumenta ad 1,59 fino a 1,77.

La causa di ciò è la riduzione del fabbisogno energetico di riferimento. Risulta perciò che i valori relativi all'aumento dei consumi crescono, nonostante i valori assoluti diminuiscano. Prendendo ad esempio il capannone in Germania, n=0,2, questo si spiega come segue:

Fabbisogno energetico di riferimento senza riduzione notturna: 158 MWh



Consumi del riscaldamento a pavimento senza riduzione notturna:	212 MWh
Conseguente aumento dei consumi calcolato:	1,33 o 33%
Fabbisogno energetico di riferimento con riduzione notturna:	109 MWh
Consumi del riscaldamento a pavimento con riduzione notturna:	182 MWh
Conseguente aumento dei consumi calcolato:	1,67 o 67%

Questo significa che il potenziale risparmio di 50 - 75 MWh, conseguibile per mezzo della riduzione notturna può essere solo in parte realizzato attraverso l'impianto di riscaldamento. La riduzione effettiva del consumo energetico ammonta in questo caso solo a circa 29 -57 MWh.

3.2 Riscaldamento radiante a soffitto – Pannelli radianti a soffitto

Si considerano due casi di riscaldamento con pannelli radianti a soffitto, con due diversi sistemi di regolazione:

Sistema di regolazione 1:

La portata di massa viene regolata in modo continuo (sistema di controllo con valvola modulante che regola il flusso di acqua calda secondo la temperatura rilevata). La misura di riferimento per la regolazione è la temperatura operante.

Il valore impostato (set point) del regolatore viene ugualmente fissato in modo da evitare con certezza una discesa della temperatura ambiente al di sotto di tale valore. In tal modo il capannone viene mantenuto per periodi di tempo di diversa durata ad un livello di temperatura più elevato di quanto sarebbe necessario. Da ciò deriva un aumento dei consumi rispetto al fabbisogno di riferimento del riscaldamento ideale avente un regolatore ideale.

Sistema di regolazione 2:

Analogamente alle considerazioni fatte nel caso del riscaldamento a pavimento, anche nel caso dei pannelli radianti a soffitto la portata di massa viene mantenuta costante. La temperatura di mandata è ancora dipendente dalla temperatura ambiente e dalla temperatura esterna. I valori relativi al fabbisogno energetico di riferimento riportati nelle tabelle 1 e 2 (paragrafo 3.1) valgono, indipendentemente dal sistema di riscaldamento, anche per i pannelli radianti a soffitto.

Nelle tabelle 5 e 6 si trovano i risultati della simulazione (funzionamento reale) del sistema di riscaldamento a pannelli radianti a soffitto, con e senza la riduzione notturna, per il sistema di regolazione 1.



Produzione	kWh	MWh	Maggior consumo
Germania, n=0,2 1/h	182.922	183	1,15
Germania, n=0,5 1/h	315.252	315	1,14
Inghilterra, n=0,3 1/h	220.844	221	1,18

Tabella 5: Fabbisogno energetico calcolato per riscaldamento a pannelli radianti a soffitto con isolamento, senza riduzione notturna, sistema di regolazione 1

Produzione	kWh	MWh	Maggior consumo
Germania, n=0,2 1/h	148.093	148	1,36
Germania, n=0,5 1/h	257.928	258	1,28
Inghilterra, n=0,3 1/h	171.214	171	1,34

Tabella 6: Fabbisogno energetico per riscaldamento a pannelli radianti a soffitto con isolamento e riduzione notturna, sistema di regolazione 1

I valori relativi all'aumento dei consumi nel caso senza riduzione notturna si attestano tra 1,15 e 1,18. In caso di funzionamento con riduzione notturna questi aumentano a 1,28 fino a 1,34. La ragione è ancora la riduzione del valore del fabbisogno energetico di riferimento.

Nelle tabelle 7 e 8 sono riportati i risultati della simulazione (funzionamento reale) del sistema di riscaldamento con pannelli radianti a soffitto con e senza riduzione notturna per il sistema di regolazione 2.

Produzione	kWh	MWh	Maggior consumo
Germania, n=0,2 1/h	197.187	197	1,24
Germania, n=0,5 1/h	334.112	334	1,21
Inghilterra, n=0,3 1/h	223.913	224	1,19

Tabella 7: Fabbisogno energetico per riscaldamento a pannelli radianti a soffitto con isolamento, senza riduzione notturna, sistema di regolazione 2

Produzione	kWh	MWh	Maggior consumo
Germania, n=0,2 1/h	148.510	149	1,36
Germania, n=0,5 1/h	265.615	266	1,32
Inghilterra, n=0,3 1/h	178.284	178	1,40

Tabella 8: Fabbisogno energetico per riscaldamento a pannelli radianti a soffitto con isolamento, con riduzione notturna, sistema di regolazione 2

I valori di aumento dei consumi nel caso senza riduzione notturna si attestano tra 1,19 e 1,24. Nel caso di funzionamento con riduzione notturna questi aumentano a 1,32 fino a 1,40.

Questo indica la regolazione di tipo 1 (regolazione continua) presenta valori di aumento dei consumi alquanto inferiori. Questa soluzione è pertanto vantaggiosa dal punto di vista energetico. La regolazione di tipo 2 presenta consumi più alti di circa il 5%, tuttavia offre vantaggi in termini di comfort termico, poiché solo così il capannone può essere riscaldato in modo uniforme.

4 Conclusioni

I risultati del presente studio dimostrano in primo luogo che, per il riscaldamento di capannoni industriali con sistemi a pavimento, il flusso termico verso il terreno può essere ridotto in maniera efficace solo attraverso un isolamento al di sotto del pavimento. Nell'esempio considerato, ovvero un capannone industriale che misura 50m x 100m, ipotizzando una superficie non utilizzabile per il riscaldamento a pavimento del 50% (presenza di macchinari, depositi, aree coperte, ecc.), solo l'impiego dell'isolamento ha permesso che la restante parte della superficie, dove il riscaldamento a pavimento è installato, riuscisse a fare fronte al fabbisogno energetico totale del fabbricato. I calcoli indicano inoltre, con diverse modalità di utilizzo (con e senza riduzione notturna), l'aumento dei consumi per entrambi i sistemi considerati: riscaldamento a pavimento industriale e riscaldamento per mezzo di pannelli radianti a soffitto

L'aumento dei consumi è pari al rapporto tra gli effettivi consumi (energia termica) ed il valore ideale teorico (fabbisogno energetico di riferimento). Le seguenti tabelle 4 e 7 mostrano i risultati nel caso di utilizzo con riduzione notturna in diverse aree climatiche (Inghilterra, Germania).

Produzione	kWh	MWh	Maggior consumo
Germania, n=0,2 1/h	182.168	182	1,67
Germania, n=0,5 1/h	319.363	319	1,59
Inghilterra, n=0,3 1/h	225.605	226	1,77

Tabella 4: fabbisogno energetico (aumento delle dispersioni) calcolato per riscaldamento a pavimento con isolamento termico, con riduzione notturna

Produzione	kWh	MWh	Maggior consumo
Germania, n=0,2 1/h	148.510	149	1,36
Germania, n=0,5 1/h	265.615	266	1,32
Inghilterra, n=0,3 1/h	178.284	178	1,40

Tabella 7: fabbisogno energetico calcolato per riscaldamento a pannelli radianti a soffitto con isolamento termico, con riduzione notturna, sistema di regolazione 2

I risultati mostrano che il fabbisogno energetico per il riscaldamento del capannone industriale a pavimento è circa il 20% – 25% più alto che nell'analogo caso con pannelli radianti a soffitto. I calcoli indicano inoltre che in virtù dell'inferiore inerzia del sistema, nel caso del riscaldamento con pannelli radianti a soffitto è possibile reagire più rapidamente a variazioni dei carichi esterni ed interni. Questo riduce i periodi di tempo con temperature interne al di sopra della temperatura richiesta. Allo stesso modo è possibile reagire più velocemente alla diminuzione dei carichi (per esempio allo spegnimento dei macchinari).