

IL CALCOLO DELLA POTENZA INVERNALE ED ESTIVA CON I METODI DINAMICI ORARI

di

* Paolo Savoia

Riportiamo un terzo e ultimo contributo tratto dal libro “Impianti termici negli edifici residenziali ad elevate prestazioni energetiche – capire l’involucro per progettare gli impianti” Editore Maggioli.

Con questo articolo chiudiamo il ciclo di approfondimenti a cura di Paolo Savoia iniziato sul numero 75 della rivista “Il calcolo di carichi termici invernali secondo UNNI EN 12831 negli edifici ad elevate prestazioni” e continuato sul numero 76 con “Il calcolo dei carichi termici estivi con metodo Carrier-Pizzetti”.

I calcoli invernali con il metodo dinamico orario

Lo sfruttamento degli apporti solari e la capacità di utilizzo degli stessi nella stagione invernale vengono previsti in maniera puntuale attraverso i metodi di calcolo dinamici orari.

I modelli di calcolo dinamici con frequenza oraria permettono di simulare in modo più rigoroso il comportamento dell’edificio qualora siano presenti condizioni non stazionarie, quindi variazioni, del clima esterno o delle mutate condizioni interne (temperature, umidità, affollamento, carichi sensibili e latenti ecc.).

Nel prosieguo della trattazione faremo riferimento al metodo di calcolo di cui alle UNI EN ISO 52016¹, recentemente introdotte nel panorama normativo italiano e implementato da alcune software house di programmi di calcolo per la progettazione impiantistica.

Anche se utilizzati soprattutto ai fini energetici per avere una maggiore corrispondenza tra i consumi reali e quelli calcolati, le norme UNI EN ISO 52016 attraverso dati climatici orari, definizioni di profili orari di occupazione, apporti di apparecchiature e illuminazione, schermature e ombreggiamenti, temperature e umidità dell’aria interna, permettono di calcolare il carico termico orario di progetto per garantire il mantenimento del set point interno.

Inoltre, questi algoritmi permettono di considerare l’influenza delle caratteristiche inerziali dei componenti opachi (trasmittanza termica periodica e capacità termica areica interna periodica), non in forma tabellare ma bensì considerando la loro composizione stratigrafica. Si può quindi valutare accuratamente quanto influiscano le modifiche alle stratigrafie, ad esempio lo spostamento dell’isolamento dall’interno all’esterno, o cosa comporti la sostituzione di un componente al variare delle caratteristiche fisiche (capacità termica, conducibilità, massa ecc.), oppure l’efficacia delle schermature solari e del colore superficiale.

Con l’applicazione di questa metodologia non si determina direttamente la potenza del generatore alla temperatura esterna di progetto, ma si può capire se il generatore prescelto, in base ai calcoli di potenza descritti nel numero 75 di neo-Eubios, sia sufficiente a mantenere il set point interno, oppure se vi sia un sovradimensionamento o sottodimensionamento, con le relative ripercussioni in termini di efficienza energetica o di comfort interno.

Nel caso di edifici a elevate prestazioni, soprattutto

¹ UNI EN ISO 52016 – Prestazione energetica degli edifici - Fabbisogni energetici per riscaldamento e raffrescamento, temperature interne e carichi termici sensibili e latenti.

quando gli apporti solari sono influenti, dai calcoli dinamici si deduce come non esista una netta correlazione tra temperatura esterna dell'aria e potenza necessaria per mantenere il fabbricato in temperatura, come avveniva nel calcolo stazionario. In particolare, si verifica come con diverse temperature esterne si possa avere lo stesso carico termico, o come alla stessa temperatura esterna siano possibili valori variabili della potenza necessaria per garantire le condizioni di progetto. Questa particolarità è il risultato del tipo di analisi che non considera esclusivamente il salto termico tra interno ed esterno come forzante di progetto, ma tiene conto anche dell'effetto degli apporti solari e delle capacità inerziali e di accumulo delle strutture.

Nel grafico 1, possiamo visualizzare quanto sopra esposto. Il grafico fa riferimento al fabbricato monofamiliare progettato per sfruttare appieno gli apporti solari nel periodo invernale.

Possiamo notare come già a temperature esterne nell'ordine di 0°C ci sia una enorme variabilità della potenza termica necessaria per mantenere il fabbricato al set point. Tale valore è variabile da 0 a 1150 W, ovvero da 0 al 60% della potenza di picco determinata calcolata secondo UNI EN 12381² pari a 4150W, dovuta alle capacità di accumulo termico del fabbricato e sfruttamento ottimale degli apporti

solari e gratuiti.

Va precisato che la nuvola di punti del grafico 1 fa riferimento alla condizione di set point interno costante nelle 24 ore.

Si può per di più rilevare che, diversamente dall'analogo grafico desumibile dai calcoli di potenza, la richiesta di calore è nulla a temperature esterne ben al di sotto dei 20°C, conseguenza anche questa volta degli apporti interni e dello sfruttamento degli apporti solari.

Alla temperatura esterna di -5°C, utilizzata come riferimento nei calcoli secondo UNI EN 12831 e che viene superata solo per 48 ore, pari all'1,1% del periodo di riscaldamento, la potenza di progetto si può considerare pari a 1400 W.

L'elevata versatilità di questi modelli di calcolo permette di valutare in anticipo le conseguenze di eventuali strategie di gestione dell'impianto, come ad esempio l'accumulo di calore del fabbricato, realizzabile aumentando il set point ambiente di 1÷2°C dalle ore 9:00 alle ore 16:00, laddove le temperature esterne dell'aria sono favorevoli alla produzione di calore da parte delle pompe di calore e dove sia inoltre possibile sfruttare l'autoconsumo dell'impianto fotovoltaico.

I risultati del calcolo ci permettono di visualizzare

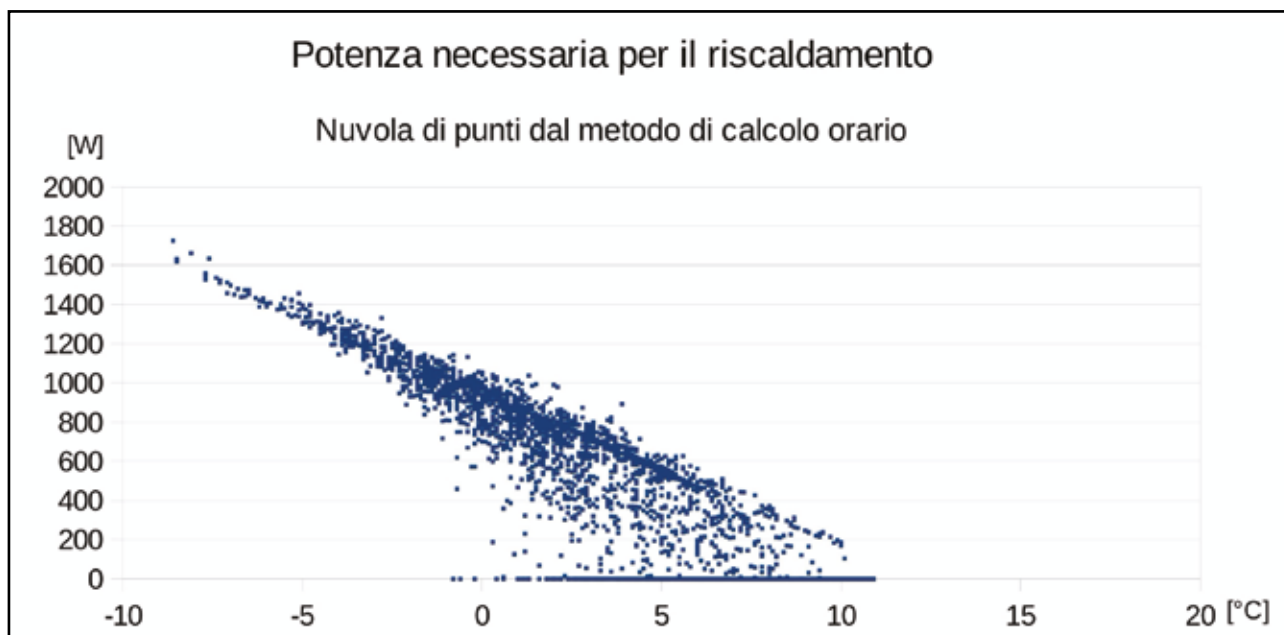


Grafico 1 - Correlazione tra temperatura esterna e potenza oraria necessaria per il mantenimento del set point interno, calcolata con metodo dinamico orario e set point costante nella 24 ore

² Si rimanda all'articolo: "Il calcolo di carichi termici invernali secondo UNI EN 12831 negli edifici ad elevate prestazioni" su neo-Eubios, 75

ANIT

EUREKA 1.0

**Il software per il calcolo
del coefficiente $H'T$ e della
trasmissione termica media U_m**



EUREKA consente l'aggregazione delle informazioni relative agli elementi opachi, agli elementi trasparenti e ai ponti termici e può essere utilizzato per calcolare il coefficiente $H'T$, la trasmissione termica media U_m e la trasmissione termica per le detrazioni.

ANIT

LETO 5.0

Il software per l'analisi del fabbisogno energetico degli edifici e ora anche dell'APE convenzionale



Software ANIT

Sviluppato da TEP s.r.l.

LETO 5.0

Analisi del fabbisogno energetico degli edifici secondo UNI/TS 11300 parte 1, 2, 3, 4, 5 e 6

L'uso del presente software e dei relativi risultati sono di esclusiva competenza e responsabilità dell'utente. Tutti i diritti riservati. Qualsiasi riproduzione non autorizzata è vietata.
Maggiori informazioni e contatti: www.anit.it - software@anit.it

**Il software
è compreso
nella quota
associativa
ANIT**

La versione 5 consente di calcolare l'**APE convenzionale** necessario per l'accesso al **bonus 110%**. Oltre a questo la nuova versione è stata implementata con una serie di grafici per facilitare la lettura dei risultati di calcolo.

PER UNA CASA SEMPRE CONFORTEVOLE,
IL MIGLIOR ISOLAMENTO TERMICO A CAPPOTTO.



ECOBONUS E SUPER ECOBONUS: SCEGLI I PRODOTTI MAPEI E USUFRUISCI DELLE DETRAZIONI FISCALI PER GLI INTERVENTI DI ISOLAMENTO TERMICO



Tutti vorrebbero migliorare l'efficienza energetica della propria casa o di un edificio, ma bisogna individuare i prodotti corretti e sostenibili per garantire durata nel tempo. Il **sistema Mapetherm** è la scelta migliore per creare benessere e risparmio energetico a casa tua: ambienti freschi d'estate e caldi d'inverno.



È TUTTO **OK**,
CON **MAPEI**

Mapetherm Planner
Guida alla scelta del cappotto termico Mapei



I NUOVI EVENTI IN STREAMING DI ANIT SONO ORA DISPONIBILI SUL CANALE YOUTUBE



ECHO 8.1 - Incontro di approfondimento per i Soci ANIT



**BONUS 110%
A che punto siamo?**



Efficienza energetica e sicurezza sismica nel Superbonus 110%



Conduttività termica: cos'è e come si valuta

Alcuni titoli:

- **Efficienza energetica e sicurezza sismica** nel Superbonus 110%
- **Conduttività termica:** cos'è e come si valuta
- **EUREKA**, calcolo del coefficiente H'T e della trasmittanza media Um
- **LETO**, come preparare l'APE convenzionale per il Bonus 110%
- **Evento ANIT** - La nuova norma UNI 10351 - Klimahouse 2021
- **Superbonus 110%**. L'esperto risponde - Webinar gratuito con ENEA
- **Bonus 110%**, a che punto siamo?
- **ECHO 8.1** - Incontro di approfondimento per i Soci ANIT



EUREKA, calcolo del coefficiente H'T e della trasmittanza media Um



Evento ANIT - La nuova norma UNI 10351 - Klimahouse 2021

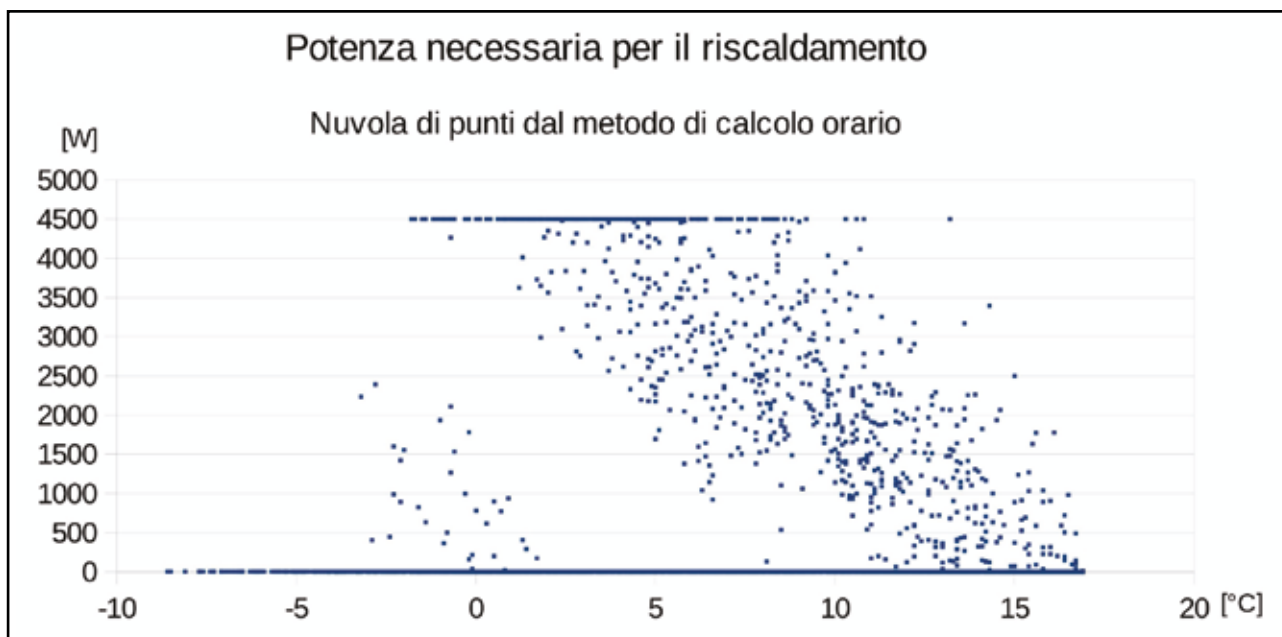


Grafico 2 - Correlazione tra temperatura esterna e potenza oraria necessaria per il mantenimento del set point interno, calcolata con metodo dinamico orario e set point aumentato di 2°C durante dalle 9:00 alle 16:00

come siano necessari in questa modalità una maggiore potenza del generatore e conseguentemente del sistema di emissione, dovuto alla potenza di ripresa per aumentare il set point di 1÷2°C in un breve lasso di tempo e a una maggiore perdita per trasmissione in corrispondenza del più alto salto termico tra interno ed esterno durante le ore di accumulo.

Dal grafico si può notare come la potenza termica sia nulla o molto ridotta durante le temperature esterne più fredde che si verificano tipicamente durante l'orario notturno, dove il generatore di calore si è considerato spento poiché l'elevata costante di tempo del fabbricato permette di mantenere la temperatura interna per moltissime ore³.

L'analisi dinamica oraria consente di preventivare anche le relative richieste energetiche nelle varie condizioni di gestione. Ad esempio, il mantenimento del set point costante nelle 24 ore comporta l'uso del generatore a bassi carichi parziali per un maggior numero di ore. Nel caso del grafico 1 si ha l'attivazione del generatore di calore per 2.352 ore su 4.320, corrispondente al periodo di riscaldamento convenzionale, pari al 54%.

Quando invece si intende sfruttare le proprietà termiche inerziali del fabbricato aumentando il set point interno per accumulare calore nelle ore diurne, assistiamo a un aumento della potenza termica del gene-

ratore (e di conseguenza dei terminali di emissione) ma a una riduzione delle sue ore di funzionamento, che nel caso del grafico 2 sono pari a 932 ore su 4.320 ore, corrispondente al 22% periodo convenzionale di riscaldamento. Le minori ore di funzionamento corrispondono tuttavia a un maggiore fattore di carico del generatore, ovvero a una maggiore erogazione di potenza.

Questi dati puntuali permettono di effettuare anche scelte strategiche nell'ottica dell'ottimizzazione dei costi di installazione e gestione degli impianti. In assenza di contributo dell'impianto fotovoltaico, nell'ipotesi di temperatura di set point costante, la richiesta di energia elettrica del generatore di calore nella stagione invernale risulta pari a 954 kWh (circa 200 €), mentre nel caso di aumento di set point il valore aumenta a 1.207 kWh (circa 253 €), comportando un aumento del 27% dei consumi.

Va fatto notare che la strategia di aumento della temperatura di set point comporta una maggiore potenza del generatore di calore e un maggiore quantitativo di terminali ambiente o della loro dimensione, con la ricaduta economica sul costo di installazione degli impianti termici. Tuttavia come mostrato nel monitoraggio relativo all'impianto come realizzato, sempre reperibile sul numero 75 della rivista neo-Eubios, è possibile coprire interamente l'assorbimento elettrico della pompa di calore con la produzione elettrica

³ Il limite di 4.500 W è stato imposto come massima potenza erogabile dal generatore di calore e smaltibile dai terminali di emissione.

dell'impianto fotovoltaico, comportando così una notevole riduzione del costo di gestione per l'utilizzatore finale. Nei successivi grafici 3 e 4, riprendendo sempre le due ipotesi di funzionamento con set point interno costante nelle 24 ore o set point aumentato

di 2°C nelle ore centrali della giornata, si riesce a osservare l'andamento nel tempo dei parametri termoisometrici interni, esterni, e della potenza erogabile dal generatore di calore per mantenere il set point di progetto.

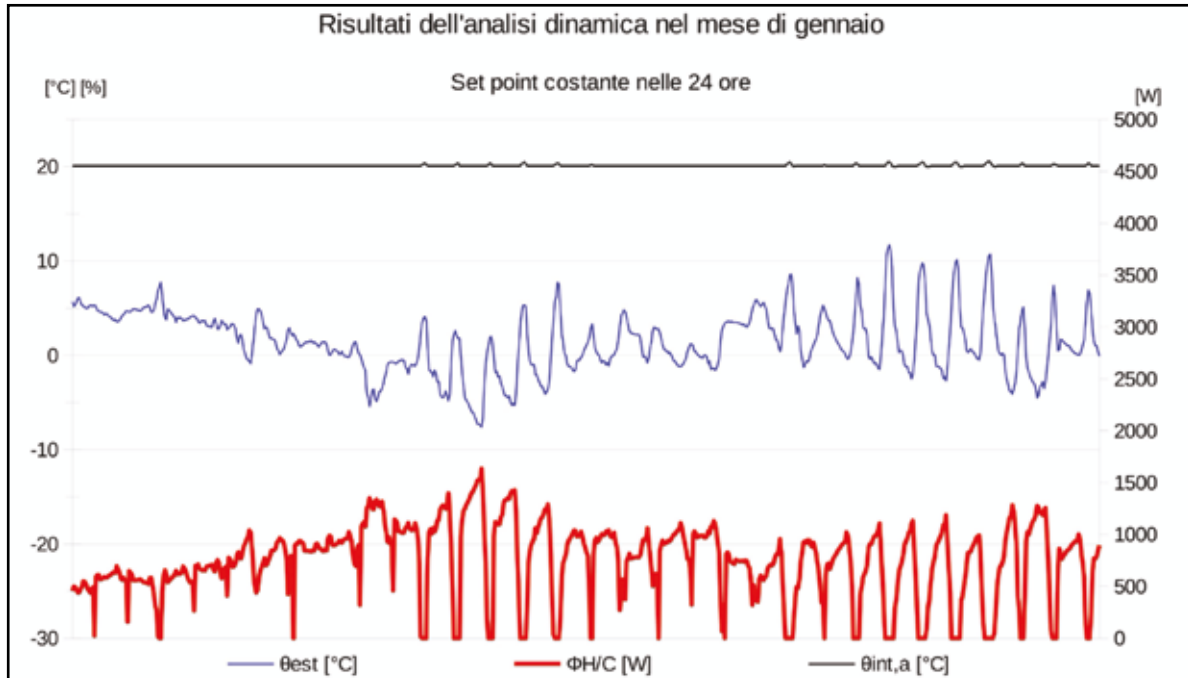


Grafico 3 - Risultati dell'analisi dinamica con set point costante durante il mese di gennaio (θ_{est} = Temp. esterna, $\theta_{int,a}$ = Temp. interna aria, $\Phi_{H/C}$ = potenza erogata dal generatore)

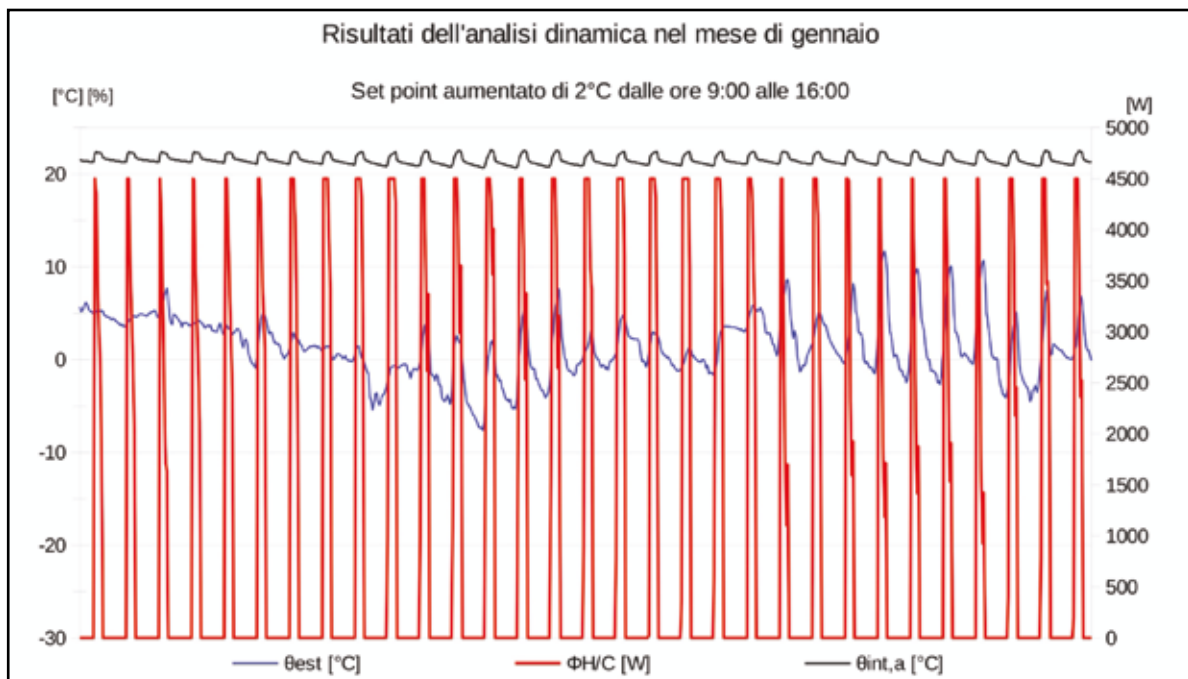


Grafico 4 - Risultati dell'analisi dinamica con set point aumentato dalle 9 alle 16 durante il mese di gennaio (θ_{est} = Temp. esterna, $\theta_{int,a}$ = Temp. interna aria, $\Phi_{H/C}$ = potenza erogata dal generatore)

Queste simulazioni ci permettono anche di calcolare l'andamento dell'umidità dell'aria interna, utile ad esempio per pianificare gli eventuali interventi attivi o passivi di mitigazione dei problemi causati dall'eccessiva secchezza dell'aria che si possono verificare con impianti del tipo a tutt'aria, aspetto che, nel libro da cui è tratto il presente articolo, è trattato in maniera esaustiva.

Ad oggi, il metodo di calcolo dinamico orario è l'unica modalità per analizzare lo stretto rapporto tra fabbricato e impianto. Consente di quantificare, energeticamente, ogni scelta progettuale e gestionale. Sono in fase di sviluppo presso gli enti normativi degli algoritmi di calcolo per il calcolo orario della potenza fornita dagli impianti solari termici e fotovoltaici e dell'effetto dell'installazione di accumuli energetici di energia termica ed elettrica. È auspicabile che l'implementazione delle pompe di calore venga ancor più raffinata di quanto avviene oggi grazie al metodo BIN⁴, per considerare l'effetto energetico degli sbrinamenti e dell'intervento degli ausiliari elettrici in determinate condizioni di funzionamento⁵.

Possiamo affermare che il calcolo dinamico orario, più che dimostrarsi utile per il calcolo del carico di picco ai fini della scelta del generatore di calore, dimostra la sua validità nell'analisi, sempre più importante, delle strategie progettuali e di gestione del sistema edificio impianto.

I calcoli estivi con il metodo dinamico orario

I modelli di calcolo dinamici orari offrono il loro massimo impiego e la massima espressione della loro capacità nelle valutazioni energetiche (fabbisogni e consumi) in raffrescamento nella stagione estiva, laddove la rapida variazione delle condizioni esterne (temperatura, umidità e radiazione solare) si relazionano alle caratteristiche inerziali dei moderni componenti costruttivi, tenendo in considerazione tutte le modalità di scambio di calore, ovvero conduzione, convezione e irraggiamento. Queste interazioni sono necessariamente descritte da relazioni matematiche molto complicate che devono tenere in considerazio-

ne anche quanto è accaduto nel periodo di calcolo precedente.

Attraverso l'utilizzo di questa metodologia risulta possibile capire quali siano gli accorgimenti passivi per ridurre il fabbisogno di raffrescamento degli edifici valutandone attentamente il loro rapporto costi/benefici. È possibile stimare correttamente l'effetto degli ombreggiamenti sulla radiazione solare o valutare quanto la massa interna del fabbricato possa essere fondamentale per limitare i picchi di surriscaldamento estivo.

Anche in questo caso, come visto per il calcolo delle dispersioni di progetto invernali, tramite il calcolo dinamico orario si può verificare se il generatore di calore scelto sia o meno sufficiente a mantenere il set point indicato e valutare le conseguenze di alcune strategie di gestione, come ad esempio l'impostazione di un diverso set point durante le ore centrali della giornata per "caricare" o "scaricare" termicamente l'involucro, qualora si voglia massimizzare l'autoconsumo di un impianto termico alimentato da pompa di calore e ci sia la disponibilità di energia elettrica da fonti rinnovabili.

Altra importante opportunità risulta essere la valutazione del corretto dimensionamento dei generatori di calore, soprattutto se il generatore di calore è costituito da una pompa di calore il cui rapporto costo/kW è elevato. Analizzando i dati di output si può estrapolare il fattore di carico⁶ della pompa di calore e trarre informazioni sul corretto dimensionamento. Il calcolo dinamico orario ci permette poi di analizzare non solo il carico sensibile, ma anche il carico latente e il rispettivo fabbisogno di deumidificazione per mantenere il set point di umidità interna prescelto.

Queste recenti metodologie di calcolo ci permettono di scindere, in maniera puntuale, i carichi sensibili per il raffrescamento e i carichi latenti per la deumidificazione, che non risultano sempre sommabili nei loro massimi e hanno andamenti variabili gli uni dagli altri. Come successo anche nei precedenti articoli (rif. neo-Eubios 75 e 76), analizziamo il comportamento dei due fabbricati, tutti a elevata efficienza energetica, ma con prerogative diverse: il primo progettato per massimizzare gli apporti solari nella stagione estiva; il secondo per una architettura rurale, senza la prerogativa dell'ottimizzazione di guadagno solare.

⁴ Metodo di calcolo stazionario speciale, con intervalli elementari di ampiezza 1°C, utilizzato dalla normativa UNI/TS11300-4 per il calcolo energetico delle pompe di calore.

⁵ Ad esempio, l'attivazione di resistenza elettrica, anche solo sulla bacinella raccogli condensata.

⁶ Con fattore di carico della pompa di calore si intende il rapporto tra la potenza fornita dalla pompa di calore nella condizione analizzata e quella massima.

In merito al primo edificio, il grafico 5 mostra la potenza termica necessaria per il raffrescamento del fabbricato, a un set point di temperatura interna di 25°C, fisso sulle 24 ore, alle diverse temperature esterne.

Si nota una tendenza, anche se non marcata, all'aumento del carico per raffrescamento all'aumentare della temperatura esterna.

Tuttavia, sono presenti parecchi eventi in cui ci si discosta da questa linearità per la presenza del carico per irraggiamento che non è vincolato alla tempera-

tura dell'aria esterna.

Il fabbricato è infatti progettato per ottimizzare gli apporti solari invernali con buona parte degli infissi rivolti a sud. Il carico sensibile massimo richiesto all'impianto termico supera i 2.500 W solo 19 ore, meno dell'1% delle ore della stagione estiva. Ipotizzando un limite del 3% delle ore in cui si possa sfiorare il set point, il carico di progetto sensibile può essere fissato pari a 2.100 W.

Il valore di 2.100 W corrisponde al carico sensibile calcolato con il metodo Carrier-Pizzetti indi-

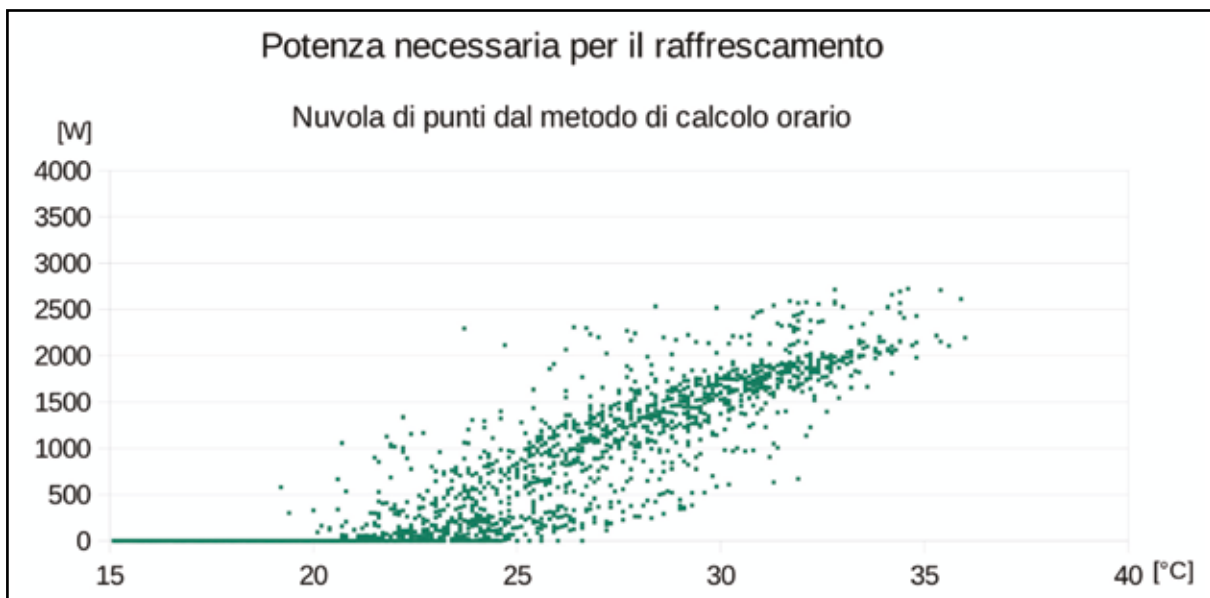


Grafico 5 - Potenza termica necessaria per il raffrescamento (sensibile) al variare della temperatura esterna

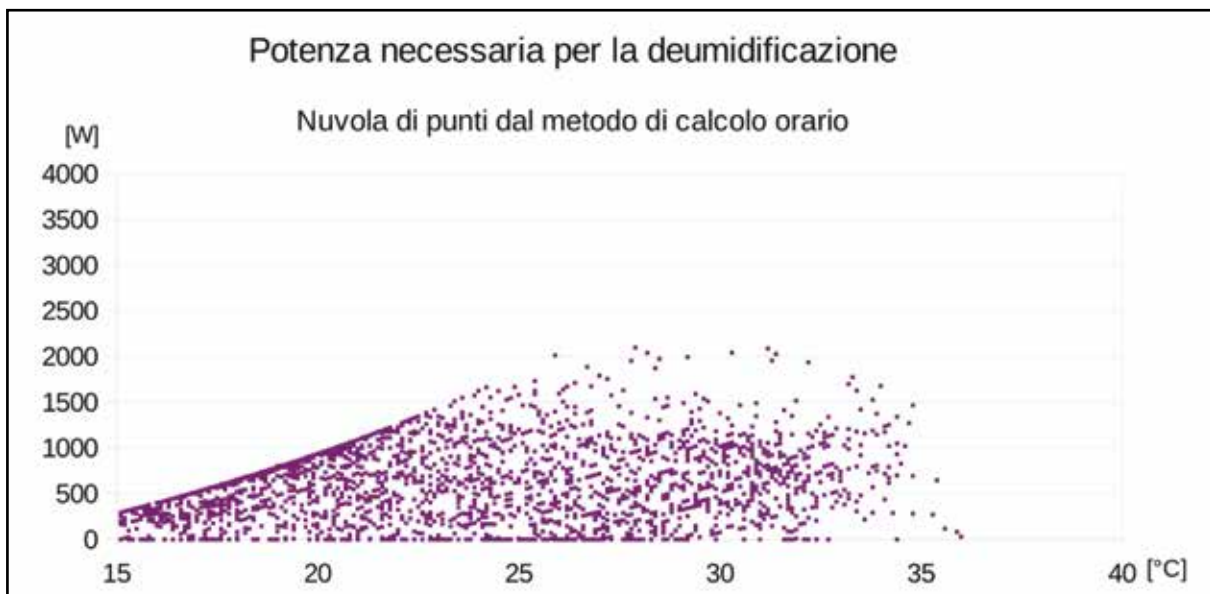


Grafico 6 - Potenza termica necessaria per la deumidificazione al variare della temperatura esterna

cato nella tabella 1 dell'articolo presente su neo-Eubios 76.

Il grafico 6, con la stessa modalità, esamina il carico di deumidificazione richiesto per mantenere il set point di umidità relativa del 50% di 10 gr/kgas, corrispondente a una umidità relativa del 50%.

L'andamento del carico, per temperature superiori ai 25°C esterni, non risente di un particolare andamento legato alla temperatura esterna.

La potenza richiesta in deumidificazione è superiore ai 2.000 W solo per 6 ore e quindi risulta eccezionale. Si può invece ritenere corretto il calore di 1.300 W, che viene superato solo nel 4% delle ore estive.

Il grafico 6 non considera i mesi primaverili e autunnali, nei quali il modello di calcolo prevede per qualche ora la deumidificazione in corrispondenza dei giorni dove l'alta umidità dell'aria esterna, dovuta a fenomeni temporaleschi, innalza l'umidità relativa interna attraverso l'impianto di ventilazione meccanica controllata.

Il carico latente calcolato con il metodo Carrier in tabella 1 in neo-Eubios 76 è pari a 700 W. Questo valore risulta però largamente superato dai calcoli dinamici orari pur avendo considerato le stesse fonti di carico latente presente (numero di persone, portata di ventilazione).

Come vedremo nel seguito, il carico massimo per deumidificazione calcolato con i metodi

dinamici orari può essere legato a condizioni esterne gravose legate a un'alta umidità assoluta, indipendentemente dalla temperatura esterna e quindi va posta attenzione per quanto riguarda il suo utilizzo al fine del calcolo del carico totale.

Nel grafico 7 viene infine riportata la somma dei contributi precedenti per visualizzare quale sia il carico totale per il raffrescamento e la deumidificazione del fabbricato, in funzione della temperatura esterna. Al di là di alcune eccezioni orarie, in cui le condizioni interne del fabbricato possono anche leggermente variare, si nota come il massimo carico per la climatizzazione (raffrescamento + deumidificazione) non sia determinato dalla somma dei contributi massimi dei singoli componenti.

Troviamo infatti, piccole eccezioni a parte, un carico di picco per la climatizzazione di circa 3.500 W (somma dei contributi massimi sensibili e latenti), che si verifica solamente per 10 ore, inferiori allo 0,5% delle ore della stagione estiva. Limitandoci anche in questo caso a trovare il valore superato solo per il 3% delle ore estive, il carico di punta di progetto per la climatizzazione può essere assunto pari a 3.000 W, non molto lontano dal carico di punta calcolato con il metodo Carrier, pari a 2.800 W, che sarebbe superato solo per il 5% delle ore estive.

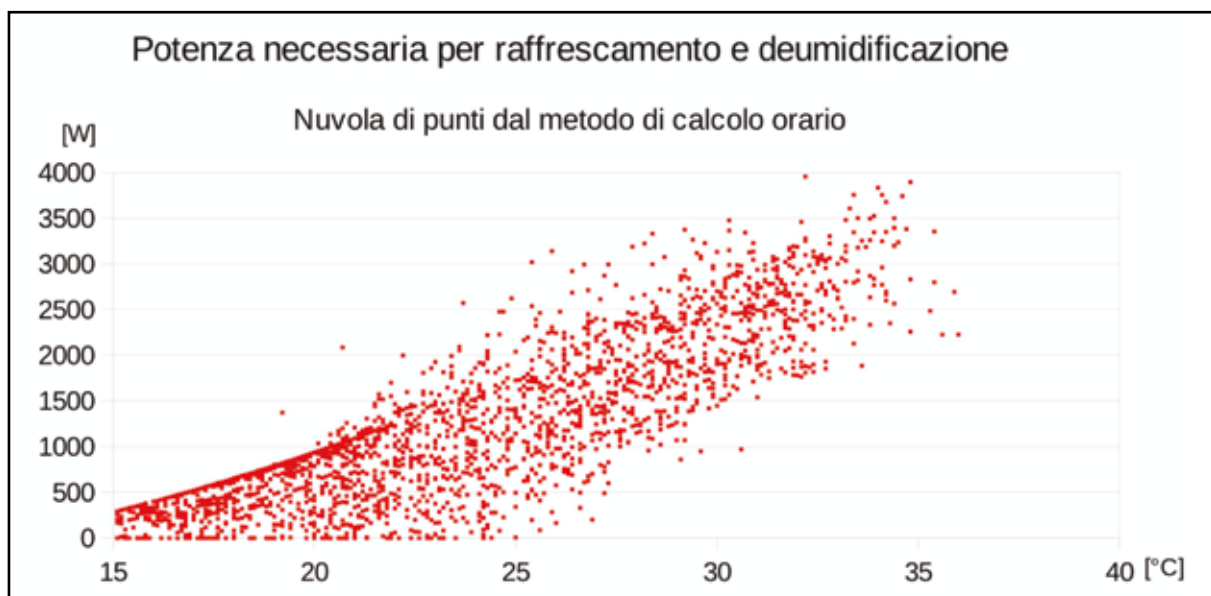


Grafico 7 - Potenza termica necessaria per la climatizzazione estiva al variare della temperatura esterna

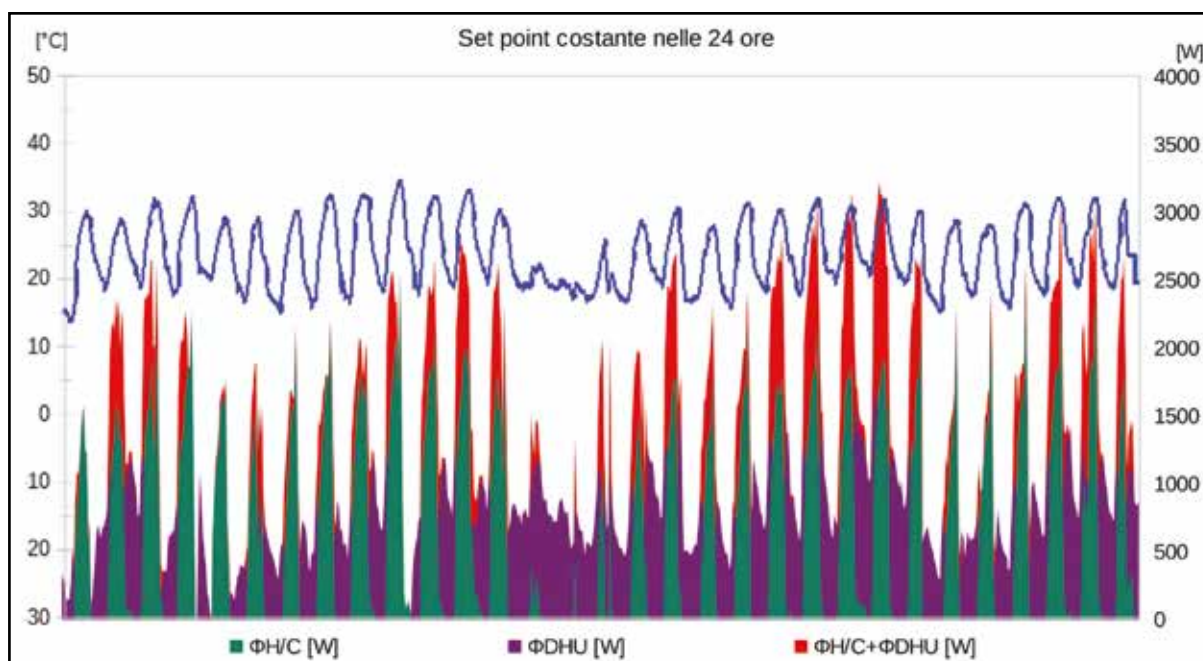


Grafico 8 - Andamento dei carichi per raffrescamento e deumidificazione nel mese di luglio, $\Phi H/C$ (raffrescamento), ΦDHU (deumidificazione)

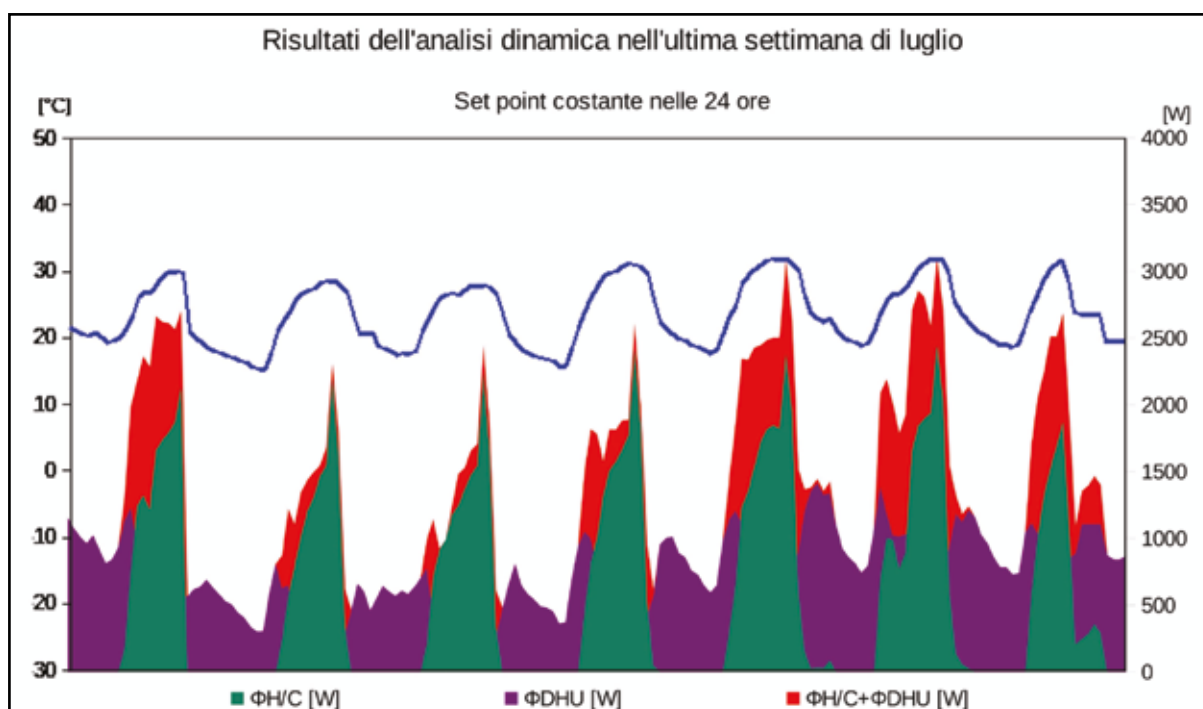


Grafico 9 - Andamento dei carichi per raffrescamento e deumidificazione nella settimana più calda, di luglio, $\Phi H/C$ (raffrescamento), ΦDHU (deumidificazione)

Nei grafici 8 e 9 vengono riportati i contributi sensibili e latenti singolarmente e sommati. In particolare, nel grafico 8 si può notare l'andamento della potenza termica necessaria per raffrescare, di quella per deumidificare e della potenza di climatizzazione per il mese di luglio. Il grafico 9, con le stesse informazioni, concentra

l'andamento delle potenze nell'ultima settimana del mese. Utilizzando i dati dell'analisi dinamica oraria, potremo programmare azioni strategiche per l'ottimizzazione degli impianti, andando ad esempio a valutare una riduzione della portata dell'aria durante il periodo di non occupazione degli ambienti, oppure pensando di utilizzare altre strategie atte a

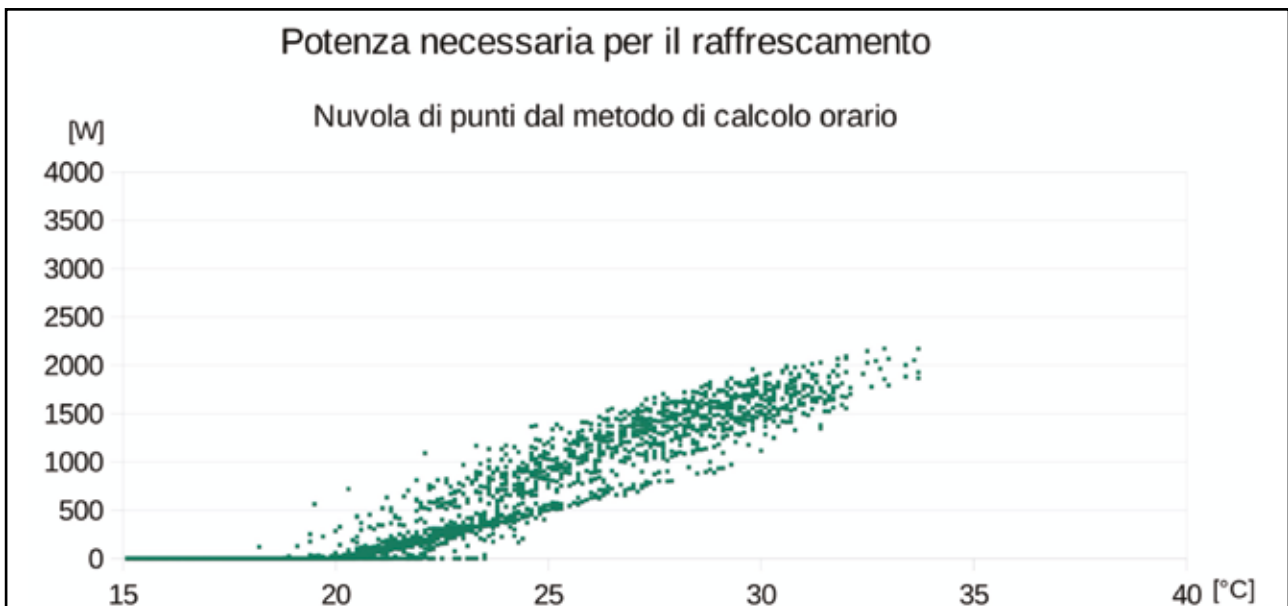


Grafico 10 - Potenza termica necessaria per il raffrescamento (sensibile) al variare della temperatura esterna

limitare il carico latente quali, ad esempio, il pretemperamento dell'aria di mandata, oppure l'utilizzo di uno scambiatore entalpico. Da quanto sintetizzato il metodo di calcolo dinamico orario, in questo caso, ha validato la correttezza del metodo Carrier per il calcolo del carico per raffrescamento.

Nei grafici 10, 11 e 12 si vede il corrispondente andamento della potenza per raffrescamento, deumidificazione e totale nel caso di edificio a elevata prestazione energetica, che però non è stato progettato per l'ottimizzazione solare.

Si nota come la potenza per il raffrescamento sia meglio correlata all'aumento della temperatura esterna e non siano presenti, come per il fabbricato precedente, picchi di carico a temperature più miti dovute all'irraggiamento solare, esattamente come succedeva anche nel periodo invernale.

Per il carico sensibile si può assumere 1.800 W, superato solo il 3% delle ore della stagione estiva. Il metodo Carrier-Pizzetti forniva un risultato di 1.900 W che viene superato soltanto per 26 ore nel periodo

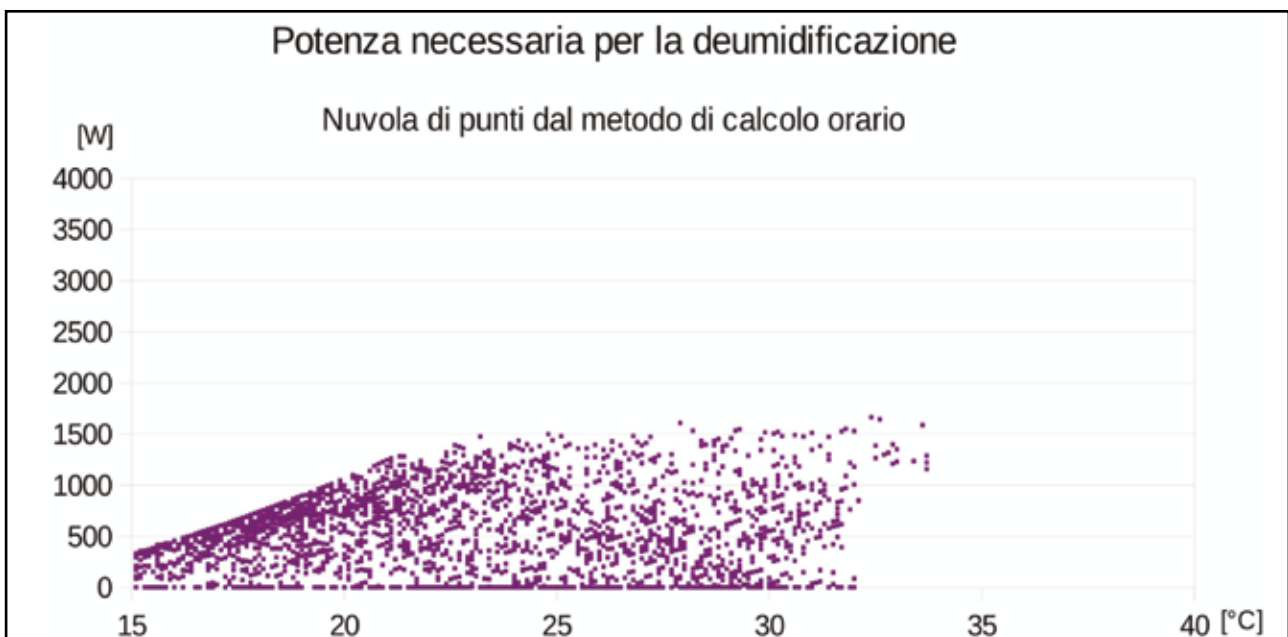


Grafico 11 - Potenza termica necessaria per la deumidificazione al variare della temperatura esterna

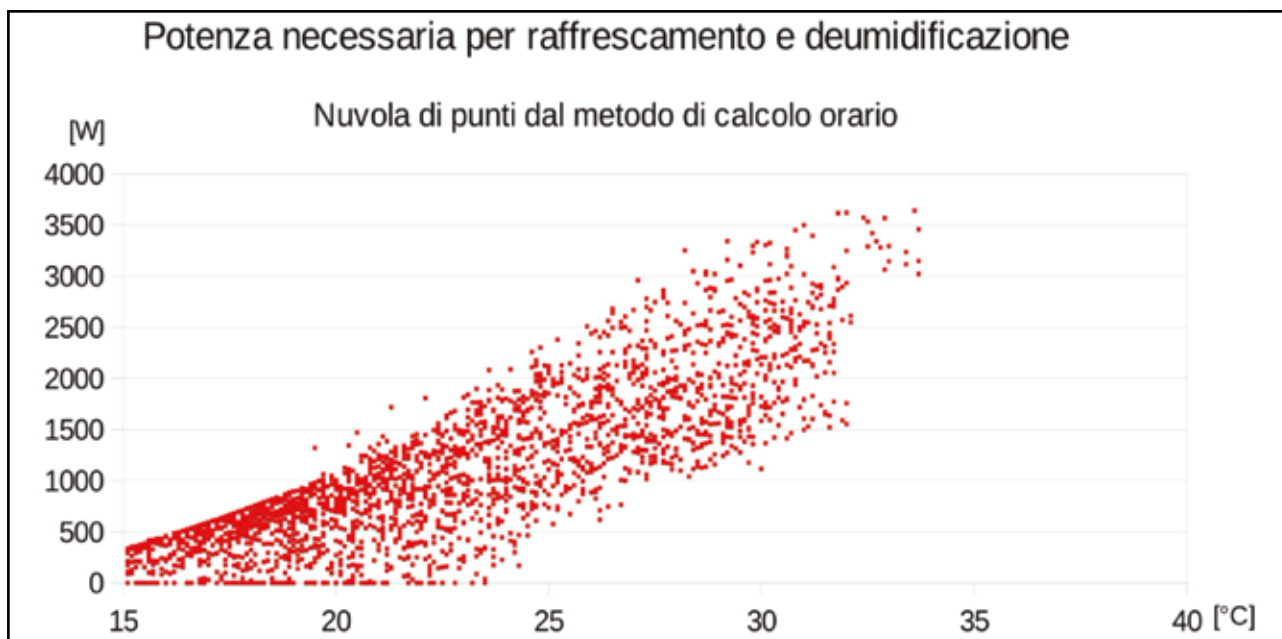


Grafico 12 - Potenza termica necessaria per la climatizzazione estiva al variare della temperatura esterna


estivo, pari all'1%.

La potenza necessaria per deumidificare non risente della tipologia del fabbricato, in quanto legata esclusivamente alla differenza di umidità assoluta tra l'aria esterna e quella interna, oltre che alla portata dell'aria di rinnovo. A differenza del grafico 6 in questo caso il carico per deumidificazione risulta leggermente inferiore, per le diverse condizioni del clima esterno.

La potenza per la deumidificazione si può assumere pari a 1.300 W, visto che potenze maggiori si riscontrano solo per 77 ore, pari al 3,0% del tempo del periodo di raffrescamento.

Infine, per quanto riguarda il carico complessivo per climatizzazione indicato nel grafico 12 dato dal contributo sensibile e latente nelle singole ore, si può assumere pari a 2.800 W, superato solo per 57 ore durante la stagione di raffrescamento, pari al 3% del periodo di riscaldamento. L'estrapolazione dei dati ottenuti dall'analisi oraria ci permette di analizzare il comportamento

del fabbricato sia per la stagione invernale che estiva, ricavando anche dati termotecnici utili ai fini della scelta del generatore di calore e dei terminali di emissione.

La possibilità di correlare le potenze necessarie al riscaldamento, raffrescamento sensibile e latente ad altre grandezze, quali ad esempio la temperatura esterna od anche all'irraggiamento solare, fa cogliere in maniera più concreta la risposta dinamica del fabbricato alle forzanti esterne. 

** Paolo Savoia*

Ingegnere libero professionista.

I contenuti di questo articolo sono tratti dal libro "Impianti termici negli edifici residenziali ad elevate prestazioni energetiche – capire l'involucro per progettare gli impianti" di Paolo Savoia. Editore Maggioli.

www.paolosavoia.com