

1 PREMESSE

È noto che il calcolo della richiesta termica di progetto di un edificio (potenza) fornisce il valore di picco invernale su cui dimensionare l'impianto termico.

In un'installazione con sola caldaia, il risultato di questo calcolo fornisce di fatto un criterio sufficiente per la scelta della caldaia stessa. Nel caso di pompe di calore ad assorbimento un corretto dimensionamento non può prescindere da una valutazione più completa

dell'impianto, che coinvolga anche i dispositivi di emissione, e soprattutto il comportamento degli stessi alle temperature di esercizio proprie delle pompe di calore.

Infatti è fondamentale, per il funzionamento efficiente dell'impianto, che le temperature dei terminali siano adeguate ai limiti operativi propri delle pompe di calore, riassunti nella Tabella 1.1 *p. 1* sottostante, in particolare per le temperature di ritorno.

Tabella 1.1 Limiti temperatura riscaldamento GAHP

			GAHP A	GAHP-AR	GAHP GS/WS	AY00-120
Funzionamento in riscaldamento						
Temperatura mandata acqua riscaldamento	massima per riscaldamento	°C	65	-	65	-
	massima	°C	-	60	-	80
Temperatura ritorno acqua riscaldamento	massima per riscaldamento	°C	55	-	55	-
	massima	°C	-	50	-	70

Superata positivamente questa indispensabile verifica, è opportuno valutare un approccio di dimensionamento più evoluto rispetto al puro calcolo della potenza di picco invernale, volto a massimizzare il ritorno economico dell'investimento.

Tale approccio prevede di coprire con le pompe di calore ad assorbimento soltanto una parte del fabbisogno termico nominale dell'edificio (il cosiddetto "carico di base"), delegando a caldaie d'integrazione la copertura della quota rimanente ("carico di picco"); il limitato numero di ore di funzionamento annuo a carico di picco rende infatti trascurabile il contributo complessivo del picco in termini di energia stagionale (e quindi in termini economici).

Va sottolineato che le pompe di calore ad assorbimento mantengono un funzionamento ininterrotto anche a temperature esterne estremamente basse: pertanto, il ruolo delle caldaie integrative non è quello di unità di backup (come in un impianto "bivalente" tipico delle pompe di calore elettriche, ovvero con sostituzione alle pompe di calore al di sotto di una certa temperatura esterna), ma è appunto quello di integrare la potenza fornita dalle pompe di calore stesse, potenza che non copre il carico di picco per scelta di dimensionamento tecnico-economico.

Questo diverso criterio di dimensionamento si riflette nella scelta del miglior compromesso tra carico di base e carico di picco, ovvero del numero di pompe di calore da installare a fronte del carico di progetto dell'edificio.

La valutazione è complessa e coinvolge numerosi parametri tra cui i due principali sono:

- ▶ andamento del carico termico effettivo nella stagione di riscaldamento, a sua volta dipendente dalla localizzazione geografica dell'immobile da riscaldare e dal suo profilo di utilizzo;
- ▶ temperatura di esercizio degli impianti, anche in relazione alle caratteristiche del modello di pompa di calore che si intende utilizzare.

Per poter dare qualche utile indicazione di carattere generale, nel seguito si riporta un'analisi basata sui modelli di calcolo forniti dalla Direttiva europea 2009/125/CE e dai relativi Regolamenti ErP (Energy Related Products, 811/2013 in particolare), nonché dalla normativa europea di prodotto EN 12309:2014.

I grafici riportati nei Paragrafi successivi sono espressi sempre in termini percentuali rispetto alla potenza di progetto per l'edificio considerato (da determinare in base alle normative applicabili) e pertanto assumono validità generale.

I casi di dimensionamento che si collocassero in posizioni intermedie tra quelli proposti andranno valutati attraverso opportune interpolazioni.

composti da pompe di calore e caldaie. Un corretto dimensionamento tuttavia non può prescindere da una valutazione più completa dell'impianto, che coinvolga anche i dispositivi di emissione, e soprattutto il comportamento degli stessi alle temperature di esercizio proprie delle pompe di calore.

1.1 IL REGOLAMENTO 811/2013

il Regolamento 811/2013 prevede:

- ▶ tre zone climatiche (clima caldo, clima medio e clima freddo);
- ▶ un modello di edificio di riferimento;
- ▶ un profilo tipico di andamento delle temperature stagionali, in termini di bin. I bin rappresentano il numero di ore/anno per cui è previsto che l'impianto si trovi a funzionare in presenza di una data temperatura esterna.

Le tre zone climatiche sono identificate dalle seguenti condizioni di riferimento:

- ▶ Atene per il clima caldo (temperatura esterna di progetto 2°C);
- ▶ Strasburgo per il clima medio (temperatura esterna di progetto -10°C);
- ▶ Helsinki per il clima freddo (temperatura esterna di progetto -22°C).

1.2 LA NORMA EN 12309

Per le tre zone climatiche descritte nel Paragrafo 1.1 *p. 1*, le temperature di esercizio dell'impianto sono definite all'interno della norma di prodotto EN 12309:2014 in funzione della tipologia di sistema di distribuzione (pavimento radiante, fancoil, radiatori,...). In particolare, nella norma sono definiti quattro profili di temperatura, ciascuno dei quali può essere a mandata fissa oppure a mandata variabile secondo una curva climatica in funzione della temperatura esterna (e quindi della zona climatica)

I quattro profili di temperatura sono:

- ▶ bassa temperatura, corrispondente a una temperatura di mandata nominale di 35°C;
- ▶ media temperatura, corrispondente a una temperatura di mandata nominale di 45°C;
- ▶ alta temperatura, corrispondente a una temperatura di mandata nominale di 55°C;
- ▶ altissima temperatura, corrispondente a una temperatura di mandata nominale di 65°C.

 È essenziale sottolineare nuovamente come il criterio di dimensionamento suggerito sia orientato al miglior ritorno economico dell'investimento in presenza di sistemi

 **Attenzione al disallineamento terminologico tra le definizioni della norma EN 12309 e del Regolamento**

811/2013

Il profilo corrispondente ai 55°C di temperatura di mandata

viene definito "alta temperatura" nella EN 12309 (come da elenco sopra riportato), mentre viene definito "media temperatura" nel Regolamento 811/2013.

2 CLIMA MEDIO

Nella Tabella 2.1 p. 2 sono presentati i principali dati ricavati dalle norme precedentemente citate, relativamente al clima medio (riferimento Strasburgo, temperatura di progetto -10°C).

Tabella 2.1 Tabella profili ErP clima medio

Tj [°C]	Hj [h/y]	ΣHj	PLRh(Tj) [%]	Tout,vh [°C]	Tout,h [°C]	Tout,m [°C]	Tout,l [°C]
-10	1	1	100	65	55	45	35
-9	25	26	96	63	54	44	34
-8	23	49	92	62	53	43	34
-7	24	73	88	61	52	43	34
-6	27	100	85	59	50	42	33
-5	68	168	81	58	49	41	33
-4	91	259	77	57	48	41	32
-3	89	348	73	55	47	40	32
-2	165	513	69	54	46	39	31
-1	173	686	65	53	45	39	31
0	240	926	62	51	44	38	30
1	280	1206	58	50	43	37	30
2	320	1526	54	49	42	37	30
3	357	1883	50	47	40	36	29
4	356	2239	46	45	39	35	28
5	303	2542	42	44	38	34	28
6	330	2872	38	42	37	33	27
7	326	3198	35	41	36	33	27
8	348	3546	31	39	34	32	26
9	335	3881	27	37	33	31	25
10	315	4196	23	35	32	30	25
11	215	4411	19	33	31	29	24
12	169	4580	15	32	30	28	24
13	151	4731	12	30	28	27	23
14	105	4836	8	28	27	26	22
15	74	4910	4	26	26	25	22

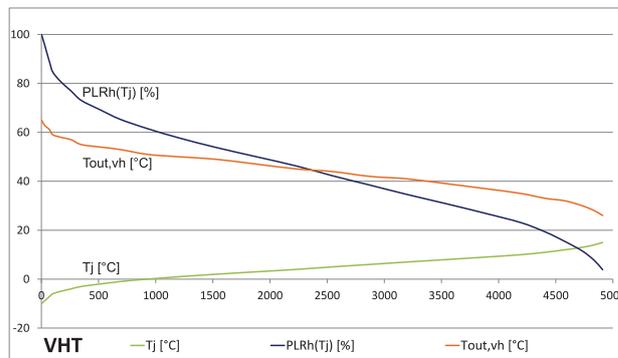
Tj [°C] = temperatura esterna del bin
 Hj [h/y] = ore annue di funzionamento alla temperatura esterna Tj
 ΣHj = ore annue cumulative di funzionamento a temperatura pari o inferiore a Tj
 PLRh(Tj) [%] = fattore di carico parziale dell'impianto alla temperatura esterna Tj
 Tout,vh [°C] = profilo di temperatura per funzionamento ad altissima temperatura
 Tout,h [°C] = profilo di temperatura per funzionamento ad alta temperatura
 Tout,m [°C] = profilo di temperatura per funzionamento a media temperatura
 Tout,l [°C] = profilo di temperatura per funzionamento a bassa temperatura

I grafici per ogni profilo di temperatura permettono di apprezzare a colpo d'occhio la relazione tra temperatura esterna, profilo di carico (rappresentato dalla percentuale di potenza rispetto alla potenza nominale di progetto) e temperatura di mandata acqua impianto in riferimento al numero di ore cumulative di funzionamento dell'impianto di riscaldamento ad una data temperatura esterna Tj, per la zona climatica considerata.

La scelta di questo asse di riferimento permette di ricavare rapidamente informazioni utili per il dimensionamento, come dettagliato nel Paragrafo 5 p. 9.

Per il profilo "altissima temperatura" (VHT) si veda la Figura 2.1 p. 2.

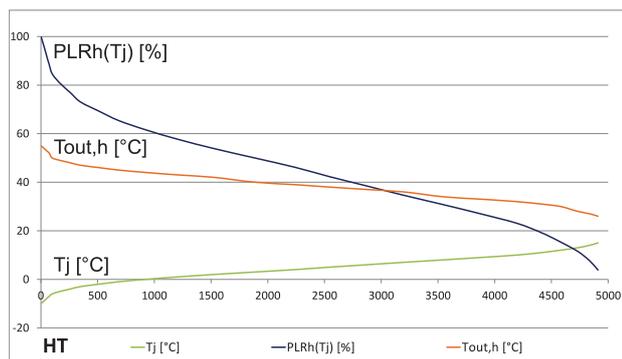
Figura 2.1 Grafico profili ErP clima medio VHT



Tj [°C] temperatura esterna del bin
 PLRh(Tj) [%] fattore di carico parziale dell'impianto alla temperatura esterna Tj
 Tout,vh [°C] profilo di temperatura per funzionamento ad altissima temperatura

Per il profilo "alta temperatura" (HT) si veda la Figura 2.2 p. 3.

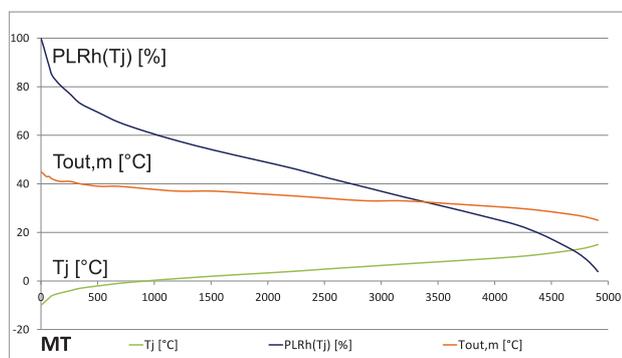
Figura 2.2 Grafico profili ErP clima medio HT



Tj [°C] temperatura esterna del bin
 PLRh(Tj) [%] fattore di carico parziale dell'impianto alla temperatura esterna Tj
 Tout,h [°C] profilo di temperatura per funzionamento ad alta temperatura

Per il profilo "media temperatura" (MT) si veda la Figura 2.3 p. 3.

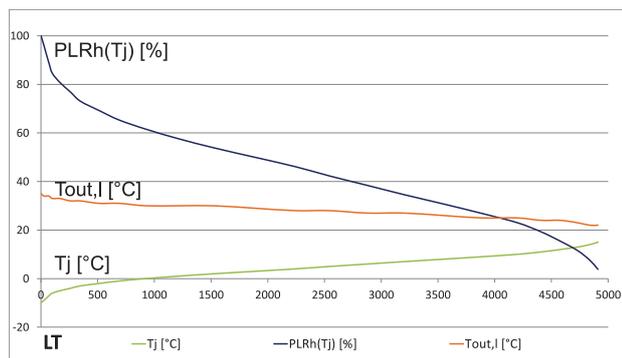
Figura 2.3 Grafico profili ErP clima medio MT



Tj [°C] temperatura esterna del bin
 PLRh(Tj) [%] fattore di carico parziale dell'impianto alla temperatura esterna Tj
 Tout,m [°C] profilo di temperatura per funzionamento a media temperatura

Per il profilo "bassa temperatura" (LT) si veda la Figura 2.4 p. 3.

Figura 2.4 Grafico profili ErP clima medio LT



Tj [°C] temperatura esterna del bin
 PLRh(Tj) [%] fattore di carico parziale dell'impianto alla temperatura esterna Tj
 Tout,l [°C] profilo di temperatura per funzionamento a bassa temperatura

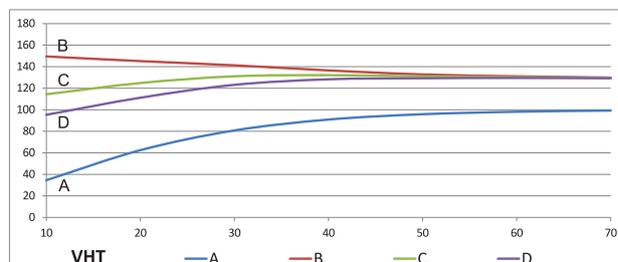
Per ciascuno dei profili è possibile determinare, sulla base della quota di potenza coperta con GAHP rispetto alla potenza di progetto (entrambe riferite alle condizioni di progetto per la zona climatica e il profilo di temperatura scelto):

- ▶ La percentuale di energia prodotta con GAHP;
- ▶ L'efficienza media stagionale (SGUE) delle sole GAHP;
- ▶ L'efficienza media stagionale (SGUE) del sistema ibrido GAHP e

caldaie a condensazione ad integrazione;

- ▶ L'efficienza media stagionale (SGUE) del sistema ibrido GAHP e caldaie esistenti (supposte con efficienza 80%) ad integrazione.
- Nelle Figure seguenti vengono rappresentati questi dati per la zona climatica media e per ciascuno dei profili di temperatura. Per il profilo "altissima temperatura" (VHT) si veda la Figura 2.5 p. 3.

Figura 2.5 Grafico prestazioni energetiche ErP clima medio VHT

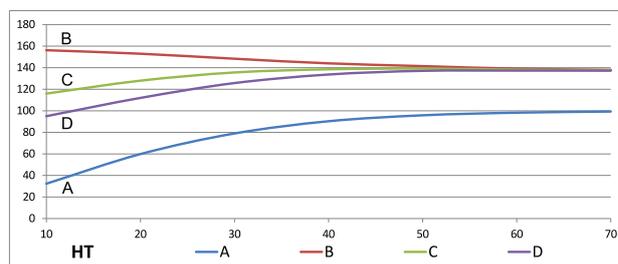


In ascissa la percentuale di potenza con GAHP rispetto alla potenza di progetto (calcolate entrambe alle condizioni A-10W65)

- A percentuale di energia prodotta con GAHP
- B SGUE (GUE stagionale) sole GAHP
- C SGUE (GUE stagionale) GAHP e caldaie a condensazione
- D SGUE (GUE stagionale) GAHP e caldaie esistenti (supposte con efficienza 80%)

Per il profilo "alta temperatura" (HT) si veda la Figura 2.6 p. 3.

Figura 2.6 Grafico prestazioni energetiche ErP clima medio HT

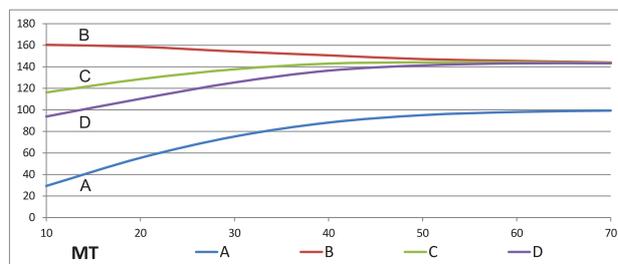


In ascissa la percentuale di potenza con GAHP rispetto alla potenza di progetto (calcolate entrambe alle condizioni A-10W55)

- A percentuale di energia prodotta con GAHP
- B SGUE (GUE stagionale) sole GAHP
- C SGUE (GUE stagionale) GAHP e caldaie a condensazione
- D SGUE (GUE stagionale) GAHP e caldaie esistenti (supposte con efficienza 80%)

Per il profilo "media temperatura" (MT) si veda la Figura 2.7 p. 3.

Figura 2.7 Grafico prestazioni energetiche ErP clima medio MT

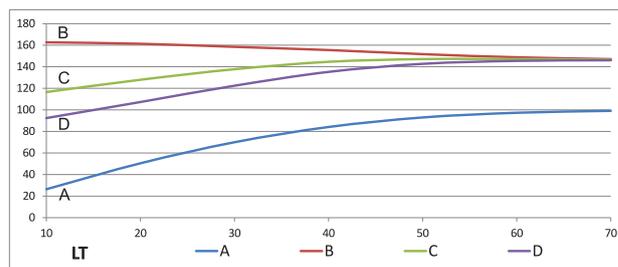


In ascissa la percentuale di potenza con GAHP rispetto alla potenza di progetto (calcolate entrambe alle condizioni A-10W45)

- A percentuale di energia prodotta con GAHP
- B SGUE (GUE stagionale) sole GAHP
- C SGUE (GUE stagionale) GAHP e caldaie a condensazione
- D SGUE (GUE stagionale) GAHP e caldaie esistenti (supposte con efficienza 80%)

Per il profilo "bassa temperatura" (LT) si veda la Figura 2.8 p. 4.

Figura 2.8 Grafico prestazioni energetiche ErP clima medio LT



In ascissa la percentuale di potenza con GAHP rispetto alla potenza di progetto (calcolate entrambe alle condizioni A-10W35)

- A percentuale di energia prodotta con GAHP
- B SGUE (GUE stagionale) sole GAHP
- C SGUE (GUE stagionale) GAHP e caldaie a condensazione
- D SGUE (GUE stagionale) GAHP e caldaie esistenti (supposte con efficienza 80%)

3 CLIMA CALDO

Nella Tabella 3.1 p. 4 sono presentati i principali dati ricavati dalle norme precedentemente citate, relativamente al clima caldo (riferimento Atene, temperatura di progetto +2°C).

Tabella 3.1 Tabella profili ErP clima caldo

Tj [°C]	Hj [h/y]	ΣHj	PLRh(Tj) [%]	Tout,vh [°C]	Tout,h [°C]	Tout,m [°C]	Tout,l [°C]
2	3	3	100	65	55	45	35
3	22	25	93	62	53	43	34
4	63	88	86	60	51	42	33
5	63	151	79	57	49	41	32
6	175	326	71	55	47	40	31
7	162	488	64	53	46	39	31
8	259	747	57	50	43	37	30
9	360	1107	50	47	41	35	29
10	428	1535	43	44	38	34	28
11	430	1965	36	41	36	32	27
12	503	2468	29	39	34	31	26
13	444	2912	21	36	31	29	25
14	384	3296	14	33	29	27	24
15	294	3590	7	30	26	26	23

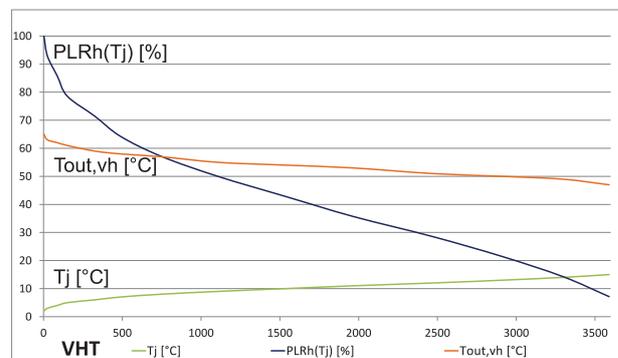
Tj [°C] = temperatura esterna del bin
 Hj [h/y] = ore annue di funzionamento alla temperatura esterna Tj
 ΣHj = ore annue cumulative di funzionamento a temperatura pari o inferiore a Tj
 PLRh(Tj) [%] = fattore di carico parziale dell'impianto alla temperatura esterna Tj
 Tout,vh [°C] = profilo di temperatura per funzionamento ad altissima temperatura
 Tout,h [°C] = profilo di temperatura per funzionamento ad alta temperatura
 Tout,m [°C] = profilo di temperatura per funzionamento a media temperatura
 Tout,l [°C] = profilo di temperatura per funzionamento a bassa temperatura

I grafici per ogni profilo di temperatura permettono di apprezzare a colpo d'occhio la relazione tra temperatura esterna, profilo di carico (rappresentato dalla percentuale di potenza rispetto alla potenza nominale di progetto) e temperatura di mandata acqua impianto in riferimento al numero di ore cumulative di funzionamento dell'impianto di riscaldamento ad una data temperatura esterna Tj, per la zona climatica considerata.

La scelta di questo asse di riferimento permette di ricavare rapidamente informazioni utili per il dimensionamento, come dettagliato nel Paragrafo 5 p. 9.

Per il profilo "altissima temperatura" (VHT) si veda la Figura 3.1 p. 4.

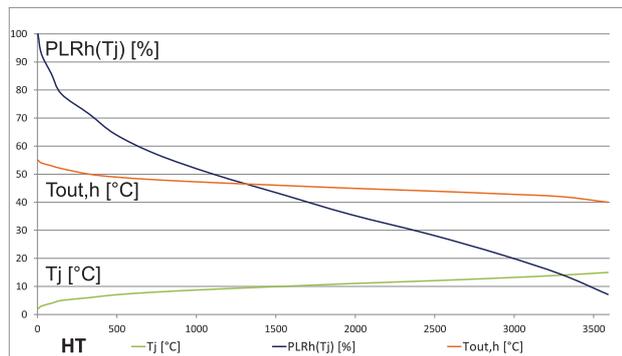
Figura 3.1 Grafico profili ErP clima caldo VHT



Tj [°C] temperatura esterna del bin
 PLRh(Tj) [%] fattore di carico parziale dell'impianto alla temperatura esterna Tj
 Tout,vh [°C] profilo di temperatura per funzionamento ad altissima temperatura

Per il profilo "alta temperatura" (HT) si veda la Figura 3.2 p. 5.

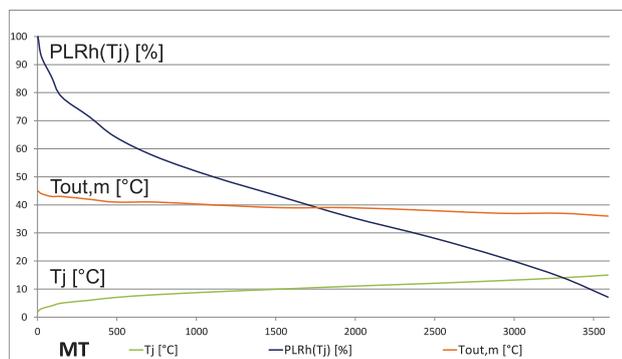
Figura 3.2 Grafico profili ErP clima caldo HT



Tj [°C] temperatura esterna del bin
 PLRh(Tj) [%] fattore di carico parziale dell'impianto alla temperatura esterna Tj
 Tout,h [°C] profilo di temperatura per funzionamento ad alta temperatura

Per il profilo "media temperatura" (MT) si veda la Figura 3.3 p. 5.

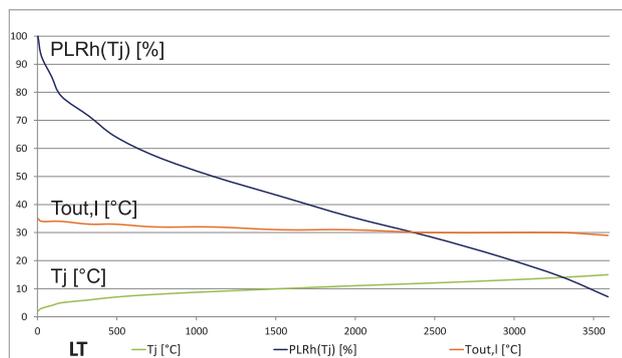
Figura 3.3 Grafico profili ErP clima caldo MT



Tj [°C] temperatura esterna del bin
 PLRh(Tj) [%] fattore di carico parziale dell'impianto alla temperatura esterna Tj
 Tout,m [°C] profilo di temperatura per funzionamento a media temperatura

Per il profilo "bassa temperatura" (LT) si veda la Figura 3.4 p. 5.

Figura 3.4 Grafico profili ErP clima caldo LT



Tj [°C] temperatura esterna del bin
 PLRh(Tj) [%] fattore di carico parziale dell'impianto alla temperatura esterna Tj
 Tout,l [°C] profilo di temperatura per funzionamento a bassa temperatura

Per ciascuno dei profili è possibile determinare, sulla base della quota di potenza coperta con GAHP rispetto alla potenza di progetto (entrambe riferite alle condizioni di progetto per la zona climatica e il profilo di temperatura scelto):

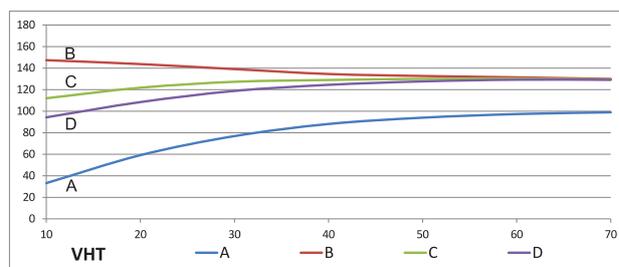
- La percentuale di energia prodotta con GAHP;

- L'efficienza media stagionale (SGUE) delle sole GAHP;
- L'efficienza media stagionale (SGUE) del sistema ibrido GAHP e caldaie a condensazione ad integrazione;
- L'efficienza media stagionale (SGUE) del sistema ibrido GAHP e caldaie esistenti (supposte con efficienza 80%) ad integrazione.

Nelle Figure seguenti vengono rappresentati questi dati per la zona climatica media e per ciascuno dei profili di temperatura.

Per il profilo "altissima temperatura" (VHT) si veda la Figura 3.5 p. 5.

Figura 3.5 Grafico prestazioni energetiche ErP clima caldo VHT

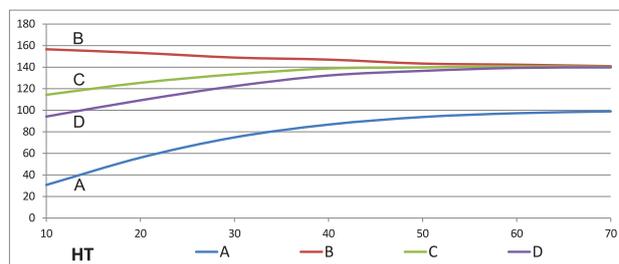


In ascissa la percentuale di potenza con GAHP rispetto alla potenza di progetto (calcolate entrambe alle condizioni A2W65)

- A percentuale di energia prodotta con GAHP
- B SGUE (GUE stagionale) sole GAHP
- C SGUE (GUE stagionale) GAHP e caldaie a condensazione
- D SGUE (GUE stagionale) GAHP e caldaie esistenti (supposte con efficienza 80%)

Per il profilo "alta temperatura" (HT) si veda la Figura 3.6 p. 5.

Figura 3.6 Grafico prestazioni energetiche ErP clima caldo HT

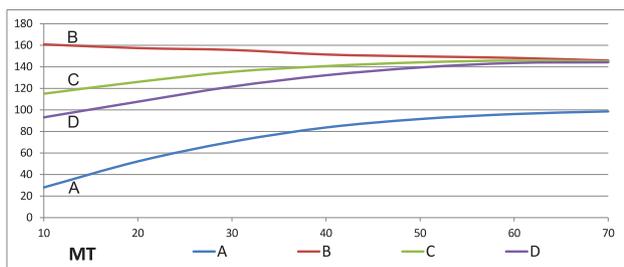


In ascissa la percentuale di potenza con GAHP rispetto alla potenza di progetto (calcolate entrambe alle condizioni A2W55)

- A percentuale di energia prodotta con GAHP
- B SGUE (GUE stagionale) sole GAHP
- C SGUE (GUE stagionale) GAHP e caldaie a condensazione
- D SGUE (GUE stagionale) GAHP e caldaie esistenti (supposte con efficienza 80%)

Per il profilo "media temperatura" (MT) si veda la Figura 3.7 p. 6.

Figura 3.7 Grafico prestazioni energetiche ErP clima caldo MT

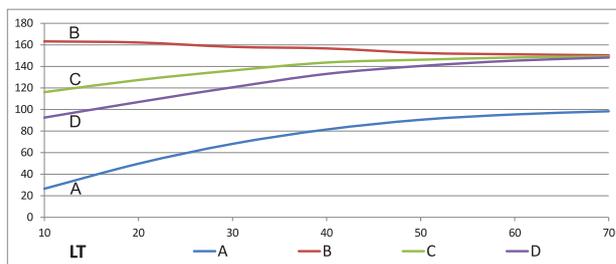


In ascissa la percentuale di potenza con GAHP rispetto alla potenza di progetto (calcolate entrambe alle condizioni A2W45)

- A percentuale di energia prodotta con GAHP
- B SGUE (GUE stagionale) sole GAHP
- C SGUE (GUE stagionale) GAHP e caldaie a condensazione
- D SGUE (GUE stagionale) GAHP e caldaie esistenti (supposte con efficienza 80%)

Per il profilo "bassa temperatura" (LT) si veda la Figura 3.8 p. 6.

Figura 3.8 Grafico prestazioni energetiche ErP clima caldo LT



In ascissa la percentuale di potenza con GAHP rispetto alla potenza di progetto (calcolate entrambe alle condizioni A2W35)

- A percentuale di energia prodotta con GAHP
- B SGUE (GUE stagionale) sole GAHP
- C SGUE (GUE stagionale) GAHP e caldaie a condensazione
- D SGUE (GUE stagionale) GAHP e caldaie esistenti (supposte con efficienza 80%)

4 CLIMA FREDDO

Nella Tabella 4.1 p. 7 sono presentati i principali dati ricavati dalle norme precedentemente citate, relativamente al clima freddo (riferimento Helsinki, temperatura di progetto -22°C).

Tabella 4.1 Tabella profili ErP clima freddo

Tj [°C]	Hj [h/y]	ΣHj	PLRh(Tj) [%]	Tout,vh [°C]	Tout,h [°C]	Tout,m [°C]	Tout,l [°C]
-22	1	1	100	65	55	45	35
-21	6	7	97	63	54	44	34
-20	13	20	95	62	53	43	34
-19	17	37	92	61	52	43	33
-18	19	56	89	60	51	42	33
-17	26	82	87	59	50	42	32
-16	39	121	84	58	49	41	32
-15	41	162	82	57	49	41	32
-14	35	197	79	56	48	40	31
-13	52	249	76	55	47	40	31
-12	37	286	74	54	47	39	31
-11	41	327	71	53	46	39	31
-10	43	370	68	52	45	39	30
-9	54	424	66	51	45	38	30
-8	90	514	63	50	44	38	30
-7	125	639	61	50	44	38	30
-6	169	808	58	49	43	37	29
-5	195	1003	55	48	42	36	29
-4	278	1281	53	47	41	36	29
-3	306	1587	50	46	40	35	28
-2	454	2041	47	45	40	35	28
-1	385	2426	45	44	39	34	28
0	490	2916	42	43	38	34	27
1	533	3449	39	42	37	33	27
2	380	3829	37	41	37	33	27
3	228	4057	34	40	36	32	26
4	261	4318	32	39	35	31	26
5	279	4597	29	38	34	31	25
6	229	4826	26	37	33	30	25
7	269	5095	24	36	32	30	25
8	233	5328	21	34	31	29	24
9	230	5558	18	33	30	28	24
10	243	5801	16	32	29	27	24
11	191	5992	13	31	28	26	24
12	146	6138	11	30	28	26	24
13	150	6288	8	28	27	25	23
14	97	6385	5	27	26	24	23
15	61	6446	3	26	25	23	23

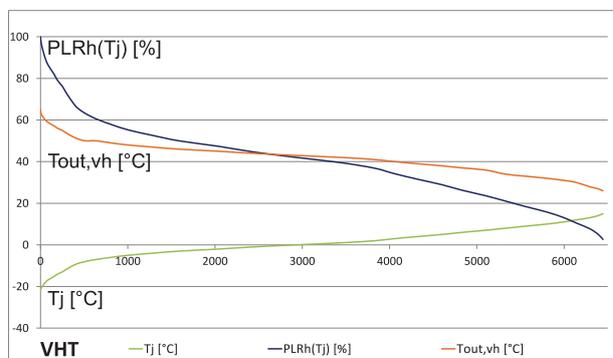
Tj [°C] = temperatura esterna del bin
 Hj [h/y] = ore annue di funzionamento alla temperatura esterna Tj
 ΣHj = ore annue cumulative di funzionamento a temperatura pari o inferiore a Tj
 PLRh(Tj) [%] = fattore di carico parziale dell'impianto alla temperatura esterna Tj
 Tout,vh [°C] = profilo di temperatura per funzionamento ad altissima temperatura
 Tout,h [°C] = profilo di temperatura per funzionamento ad alta temperatura
 Tout,m [°C] = profilo di temperatura per funzionamento temperatura media
 Tout,l [°C] = profilo di temperatura per funzionamento a bassa temperatura

I grafici per ogni profilo di temperatura permettono di apprezzare a colpo d'occhio la relazione tra temperatura esterna, profilo di carico (rappresentato dalla percentuale di potenza rispetto alla potenza nominale di progetto) e temperatura di mandata acqua impianto in riferimento al numero di ore cumulative di funzionamento dell'impianto di riscaldamento ad una data temperatura esterna Tj, per la zona climatica considerata.

La scelta di questo asse di riferimento permette di ricavare rapidamente informazioni utili per il dimensionamento, come dettagliato nel Paragrafo 5 p. 9.

Per il profilo "altissima temperatura" (VHT) si veda la Figura 4.1 p. 7.

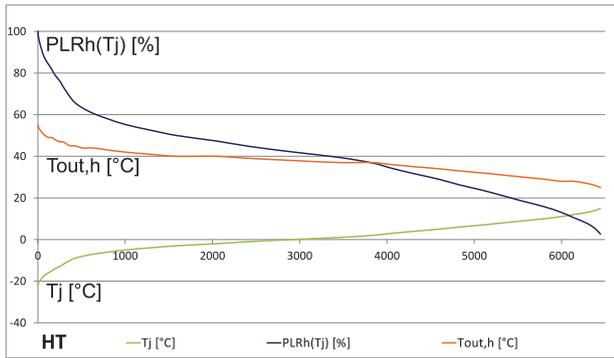
Figura 4.1 Grafico profili ErP clima freddo VHT



Tj [°C] temperatura esterna del bin
 PLRh(Tj) [%] fattore di carico parziale dell'impianto alla temperatura esterna Tj
 Tout,vh [°C] profilo di temperatura per funzionamento ad altissima temperatura

Per il profilo "alta temperatura" (HT) si veda la Figura 4.2 p. 8.

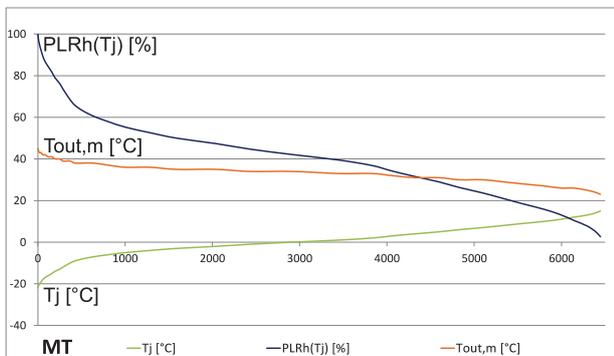
Figura 4.2 Grafico profili ErP clima freddo HT



Tj [°C] temperatura esterna del bin
 PLRh(Tj) [%] fattore di carico parziale dell'impianto alla temperatura esterna Tj
 Tout,h [°C] profilo di temperatura per funzionamento ad alta temperatura

Per il profilo "media temperatura" (MT) si veda la Figura 4.3 p. 8.

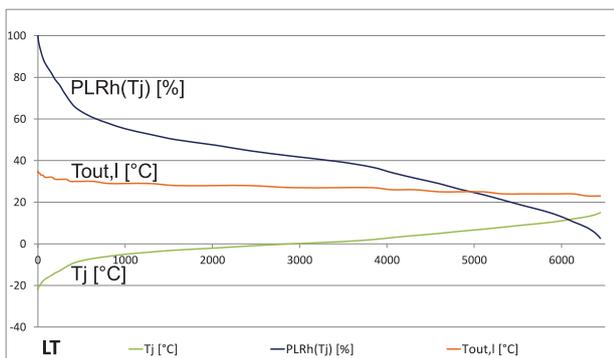
Figura 4.3 Grafico profili ErP clima freddo MT



Tj [°C] temperatura esterna del bin
 PLRh(Tj) [%] fattore di carico parziale dell'impianto alla temperatura esterna Tj
 Tout,m [°C] profilo di temperatura per funzionamento a media temperatura

Per il profilo "bassa temperatura" (LT) si veda la Figura 4.4 p. 8.

Figura 4.4 Grafico profili ErP clima freddo LT



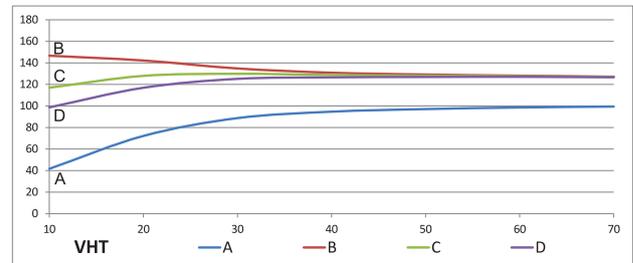
Tj [°C] temperatura esterna del bin
 PLRh(Tj) [%] fattore di carico parziale dell'impianto alla temperatura esterna Tj
 Tout,l [°C] profilo di temperatura per funzionamento a bassa temperatura

Per ciascuno dei profili è possibile determinare, sulla base della quota di potenza coperta con GAHP rispetto alla potenza di progetto (entrambe riferite alle condizioni di progetto per la zona climatica e il profilo di temperatura scelto):

- ▶ La percentuale di energia prodotta con GAHP;
- ▶ L'efficienza media stagionale (SGUE) delle sole GAHP;
- ▶ L'efficienza media stagionale (SGUE) del sistema ibrido GAHP e

- caldaie a condensazione ad integrazione;
 - ▶ L'efficienza media stagionale (SGUE) del sistema ibrido GAHP e caldaie esistenti (supposte con efficienza 80%) ad integrazione.
- Nelle Figure seguenti vengono rappresentati questi dati per la zona climatica media e per ciascuno dei profili di temperatura. Per il profilo "altissima temperatura" (VHT) si veda la Figura 4.5 p. 8.

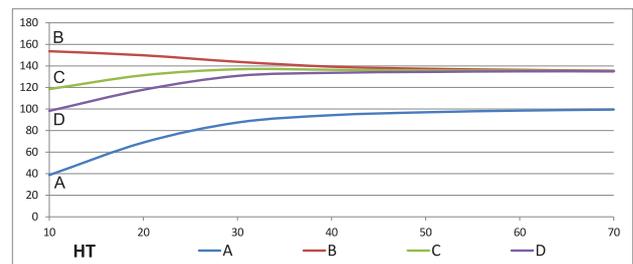
Figura 4.5 Grafico prestazioni energetiche ErP clima freddo VHT



In ascissa la percentuale di potenza con GAHP rispetto alla potenza di progetto (calcolate entrambe alle condizioni A-22W65)
 A percentuale di energia prodotta con GAHP
 B SGUE (GUE stagionale) sole GAHP
 C SGUE (GUE stagionale) GAHP e caldaie a condensazione
 D SGUE (GUE stagionale) GAHP e caldaie esistenti (supposte con efficienza 80%)

Per il profilo "alta temperatura" (HT) si veda la Figura 4.6 p. 8.

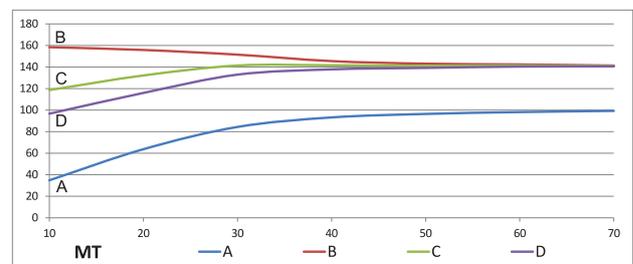
Figura 4.6 Grafico prestazioni energetiche ErP clima freddo HT



In ascissa la percentuale di potenza con GAHP rispetto alla potenza di progetto (calcolate entrambe alle condizioni A-22W55)
 A percentuale di energia prodotta con GAHP
 B SGUE (GUE stagionale) sole GAHP
 C SGUE (GUE stagionale) GAHP e caldaie a condensazione
 D SGUE (GUE stagionale) GAHP e caldaie esistenti (supposte con efficienza 80%)

Per il profilo "media temperatura" (MT) si veda la Figura 4.7 p. 8.

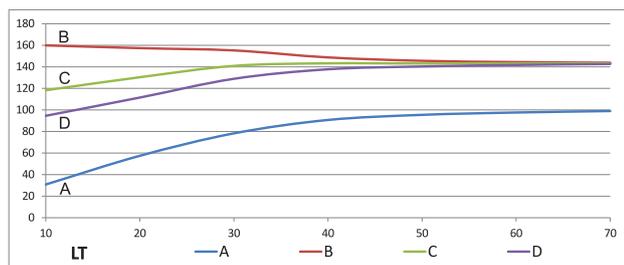
Figura 4.7 Grafico prestazioni energetiche ErP clima freddo MT



In ascissa la percentuale di potenza con GAHP rispetto alla potenza di progetto (calcolate entrambe alle condizioni A-22W45)
 A percentuale di energia prodotta con GAHP
 B SGUE (GUE stagionale) sole GAHP
 C SGUE (GUE stagionale) GAHP e caldaie a condensazione
 D SGUE (GUE stagionale) GAHP e caldaie esistenti (supposte con efficienza 80%)

Per il profilo "bassa temperatura" (LT) si veda la Figura 4.8 p. 9.

Figura 4.8 Grafico prestazioni energetiche ErP clima freddo LT



In ascissa la percentuale di potenza con GAHP rispetto alla potenza di progetto
(calcolate entrambe alle condizioni A-22W35)

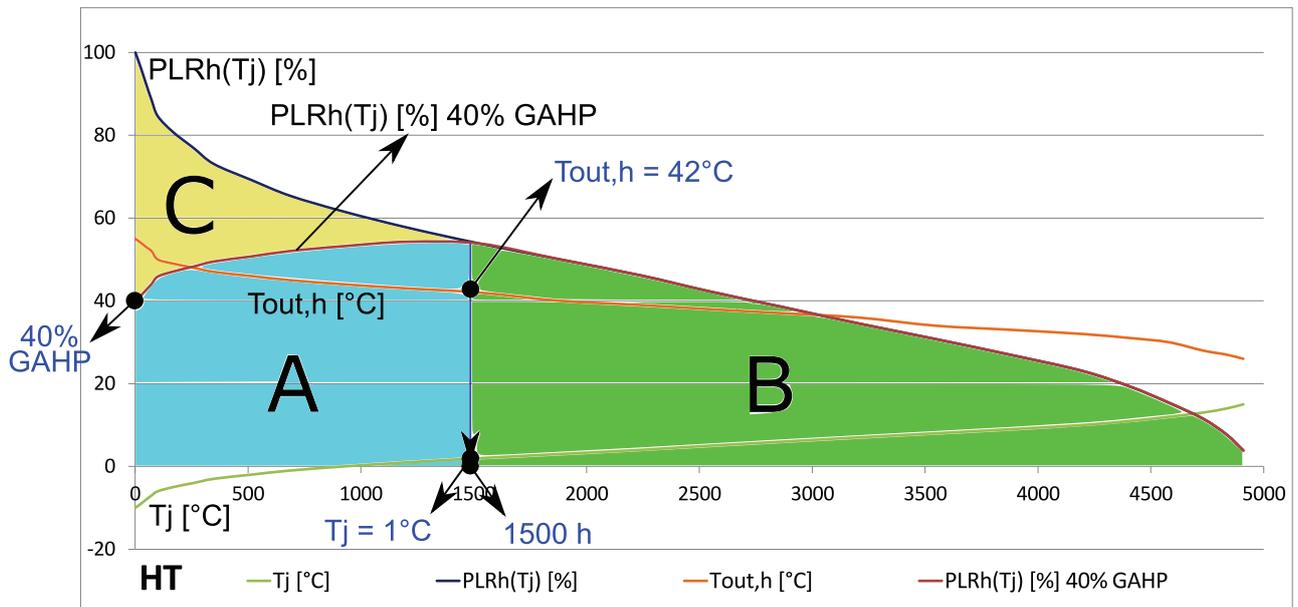
- A percentuale di energia prodotta con GAHP
- B SGUE (GUE stagionale) sole GAHP
- C SGUE (GUE stagionale) GAHP e caldaie a condensazione
- D SGUE (GUE stagionale) GAHP e caldaie esistenti (supposte con efficienza 80%)

5 ESEMPI DIMENSIONAMENTO

I grafici presentati nei paragrafi precedenti possono essere utilizzati per ricavare informazioni utili per il dimensionamento, in particolare per la scelta della soglia tra carico di base e carico di picco (quota da coprire con pompe di calore rispetto alla potenza di progetto). Prendendo come esempio la Figura 2.2 p. 3 e la relativa Figura 2.6 p. 3, ipotizziamo che tale soglia tra carico di base e carico di picco sia scelta al 40%, ovvero di coprire con GAHP il 40% della potenza di progetto (calcolata appunto alle condizioni di progetto per il clima medio con profilo di temperatura HT, ovvero A-10W55). Nello specifico nella Figura 5.1 p. 10 si vede come nel caso in ipotesi si abbia:

- Il sistema GAHP (che ha priorità di funzionamento) sarà a piena potenza per circa 1500 h (area A, in azzurro). In tale periodo, le caldaie di integrazione moduleranno la loro potenza per inseguire il carico dell'edificio (area C, in giallo);
- Per le restanti ore il sistema GAHP funzionerà in parzializzazione (area B, in verde), coprendo autonomamente il carico dell'edificio (caldaie di integrazione spente);
- La temperatura esterna T_j corrispondente alla transizione tra carico di base e carico di picco (ovvero la temperatura di transizione tra funzionamento a piena potenza e funzionamento parzializzato delle GAHP) sarà pari a 1°C ;
- La temperatura esterna T_j al di sotto della quale vengono attivate le caldaie di integrazione (GAHP comunque attive a piena potenza) sarà pari a 1°C ;
- La temperatura di mandata $T_{out,h}$ corrispondente alla transizione tra base e picco sarà pari a 42°C ;
- La temperatura di mandata $T_{out,h}$ corrispondente all'attivazione delle caldaie di integrazione sarà pari a 42° .

Figura 5.1 Esempio dimensionamento 40% del carico di progetto con GAHP



T_j [°C] temperatura esterna del bin
 PLR $h(T_j)$ [%] fattore di carico parziale dell'impianto alla temperatura esterna T_j
 PLR $h(T_j)$ [%] 40% GAHP fattore di carico parziale coperto da GAHP ipotizzando un 40% di potenza con GAHP rispetto alla potenza totale di progetto
 Tout,h [°C] profilo di temperatura per funzionamento ad alta temperatura
 A area di funzionamento GAHP a pieno carico
 B area di funzionamento GAHP a carico parziale
 C area di funzionamento caldaie di integrazione

Valutando il rapporto tra la somma delle aree A e B, che rappresenta la quantità di energia coperta dalle GAHP, rispetto al totale dell'area sottostante la curva blu di PLR $h(T_j)$ si comprende immediatamente come la quota energetica effettivamente coperta dalle GAHP sia decisamente maggiore rispetto al 40% del puro dimensionamento sulla potenza.

Utilizzando i dati riportati nella Figura 2.6 p. 3 è possibile ricavare ulteriori dati utili alla valutazione del dimensionamento ottimale. Dalla Figura possiamo infatti ricavare che in queste condizioni:

- ▶ le GAHP copriranno circa il 90% del fabbisogno energetico dell'edificio
- ▶ L'efficienza media stagionale (SGUE) delle sole GAHP sarà pari al 144%
- ▶ L'efficienza media stagionale (SGUE) del sistema ibrido GAHP e caldaie a condensazione ad integrazione sarà pari al 139%
- ▶ L'efficienza media stagionale (SGUE) del sistema ibrido GAHP e caldaie esistenti (supposte con efficienza 80%) ad integrazione sarà pari al 134%

Con questa metodologia è quindi possibile calcolare la quota di energia coperta dalle GAHP in funzione della quota carico base/carico di picco (calcolata come percentuale rispetto alla potenza di progetto), ma anche valutare il rendimento medio atteso sia per le sole GAHP che per sistemi ibridi, sia con caldaie a condensazione che con le caldaie attualmente esistenti.

Stabilito quindi il valore di soglia base/picco che ottimizza l'investimento, dal valore del carico di progetto dell'edificio si può dedurre il numero di GAHP richiesto per l'impianto dividendo per la potenza resa dalla singola GAHP nelle stesse condizioni di progetto (minima temperatura esterna della zona climatica e relativa temperatura di mandata acqua riscaldamento).

Naturalmente il calcolo è per sua natura discreto, ovvero il risultato dovrà poi essere adattato ad un numero intero di GAHP.

Intuitivamente si può comprendere come ai climi più rigidi per coprire la stessa quota di potenza serva un numero superiore di GAHP, mentre ai climi più caldi sia sufficiente un numero inferiore.

6 IN SINTESI

Da quanto esposto nei paragrafi precedenti si può trarre il seguente criterio di dimensionamento, valido in linea generale:

- ▶ La quota ottimale di potenza termica nominale da coprire con GAHP si colloca tra il 30% e il 40%;
- ▶ In presenza di climi caldi e basse temperature di mandata acqua è opportuno spostarsi verso il 40%;
- ▶ In presenza di climi rigidi ed elevate temperature di mandata è opportuno spostarsi verso il 30%.