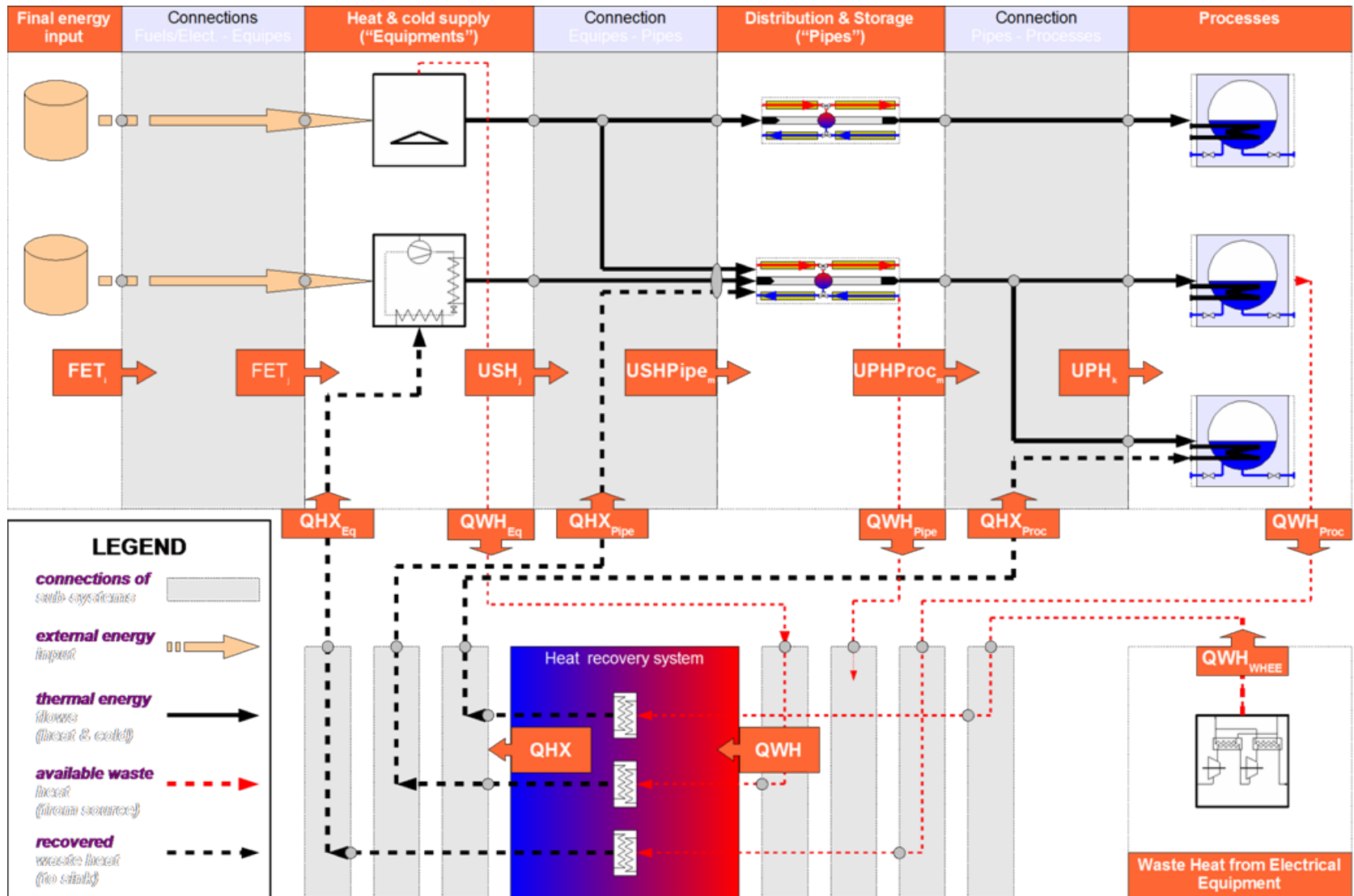


AT03

Modulo raffreddamento

Raffreddamento



parametri raffreddamento : $USH - USC$, $UPH - UPC$, $QWH - QWC$

Tipologie di macchine frigorifere

EINSTEIN considera 7 tipi di macchine frigorifere:

1. Compressori frigoriferi: produce acqua fredda (evaporazione indiretta), usa elettricità
 - a) Raffreddato ad acqua : rilascia calore nella aria ambiente attraverso una torre di raffreddamento ad umido (condensazione indiretta)
 - b) Raffreddato ad aria: rilascia calore nell'aria ambiente direttamente (condensazione diretta)
2. Macchine frig. ad alimentazione termica (raffreddamento ad acqua): come refrigeratore a compressione, ma con il calore come fonte di energia (macchine ad assorbimento). a) raffreddato ad aria and b) raffreddato ad acqua.
3. Torre di raffreddamento (a secco): produce acqua di raffreddamento in una torre di raffreddamento tramite la circolazione d'aria
4. Torre di raffreddamento (umide): produce acqua di raffreddamento in una torre di raffreddamento tramite la circolazione di aria e di acqua
5. Acqua di rete/pozzo...: l'acqua di raffreddamento viene prelevata dalla rete, estratta dal terreno (pozzo) o da un fiume

Teoria modulo di raffreddamento

- Il freddo utile somministrato, USC, è calcolato da EINSTEIN tenendo in considerazione la domanda del processo
- Il consumo di elettricità è calcolato come segue:

$$FET_j(t) = \frac{USC_j(t)}{EER_{sys}(t)}$$

- USC_j: quantità di energia fornita dalle macchine frigorifere
- FET_j: la quantità di energia (elettrica) richiesta dal dispositivo di raffreddamento
- EER_{sys}: Indice di efficienza energetica considerati i livelli di temperatura e le perdite di efficienza dovute a carico parziale (se applicabile)

Teoria modulo di raffreddamento

$$FET_j(t) = \frac{USC_j(t)}{EER_{sys}(t)}$$

- EER_{sys} per torre di raffreddamento secca e umida, e per acqua di rete/pozzo é assunto pari ad una costante (ripettivamente: 22,222; 33,333 e 100).
- EER_{sys} per chiller raffreddati ad aria ed acqua dipende da:
 - Temperatura Evaporazione
 - Temperatura Condensazione e
 - da funzionamento a carico parziale

Teoria modulo di raffreddamento

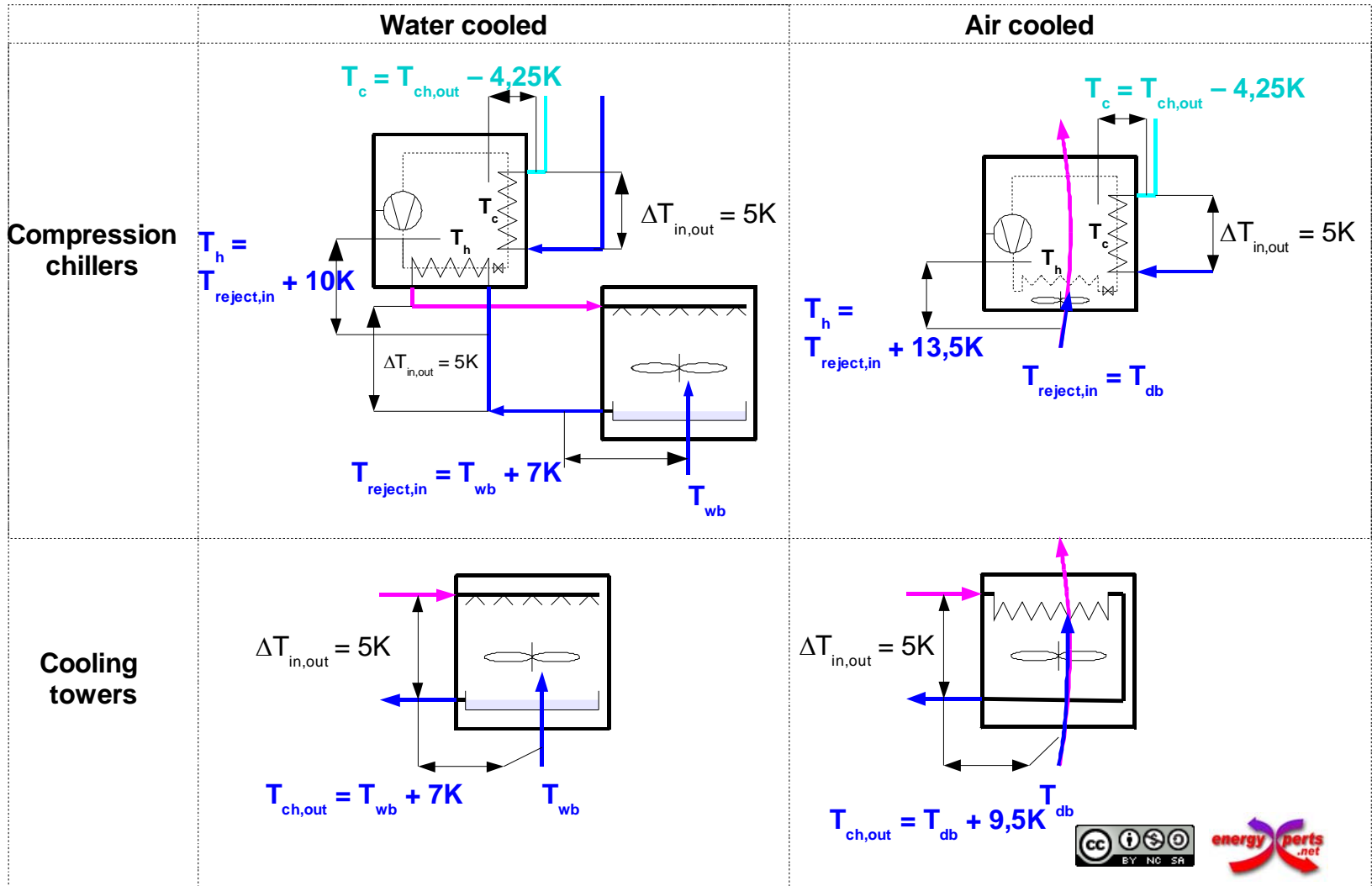
- Temperatura di evaporazione e condensazione
 - EER è calcolato mediante l'efficienza teorica di Carnot sulla base dei parametri definiti dall'utente (temperatura di somministro caldo/freddo e temperatura di re-cooling), opportunemente corretti per ottenere le temperature di evaporazione e condensazione T_c e T_h

$$EER_{carnot}(T_c, T_h) = \frac{T_c [K]}{(T_h - T_c)}$$

- L'efficienza teorica di Carnot è corretta mediante il parametro $\eta_{ex,nom}$ (ottenuto dal EER nominale inserito dall'utente)

$$EER_{ch, real, fullLoad}(t) = \eta_{ex, nom} * EER_{carnot}(T_{c, real}(t), T_{h, real}(t))$$

Teoria modulo di raffreddamento



Teoria modulo di raffreddamento

- Carico parziale:
 - Il EER a pieno carico è corretto in modo da considerare gli effetti del carico parziale:

$$EER_{ch, real} = EER_{ch, real, fullLoad} * PLC$$

- IN EINSTEIN v2.0, PLC è così calcolato :

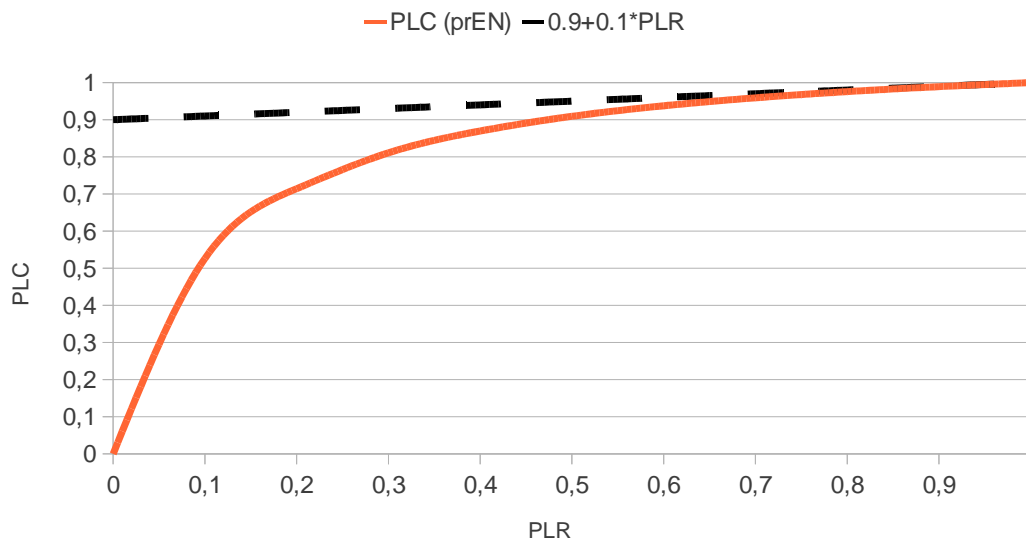
$$PLC = 0.9 + 0.1 * PLR_{average}$$

- $PLR_{average}$ è il rapporto tra la potenza di raffreddamento in condizioni reali e nominale (massima)

$$PLR = Q_{Load} / Q_{Nom}$$

Teoria modulo di raffreddamento

- Il comportamento a carico parziale in EINSTEIN (linea nera) è, per ragioni di modellazione, semplificato confrontandolo con il comportamento reale dei chillers a carico parziale (linea arancione)



- Gli utenti devono essere consapevoli che, in caso di forti variazioni di carico, i consumi elettrici calcolati sono probabilmente sottostimati.

Modello delle macchine frigorifere

Potenza frigorifera

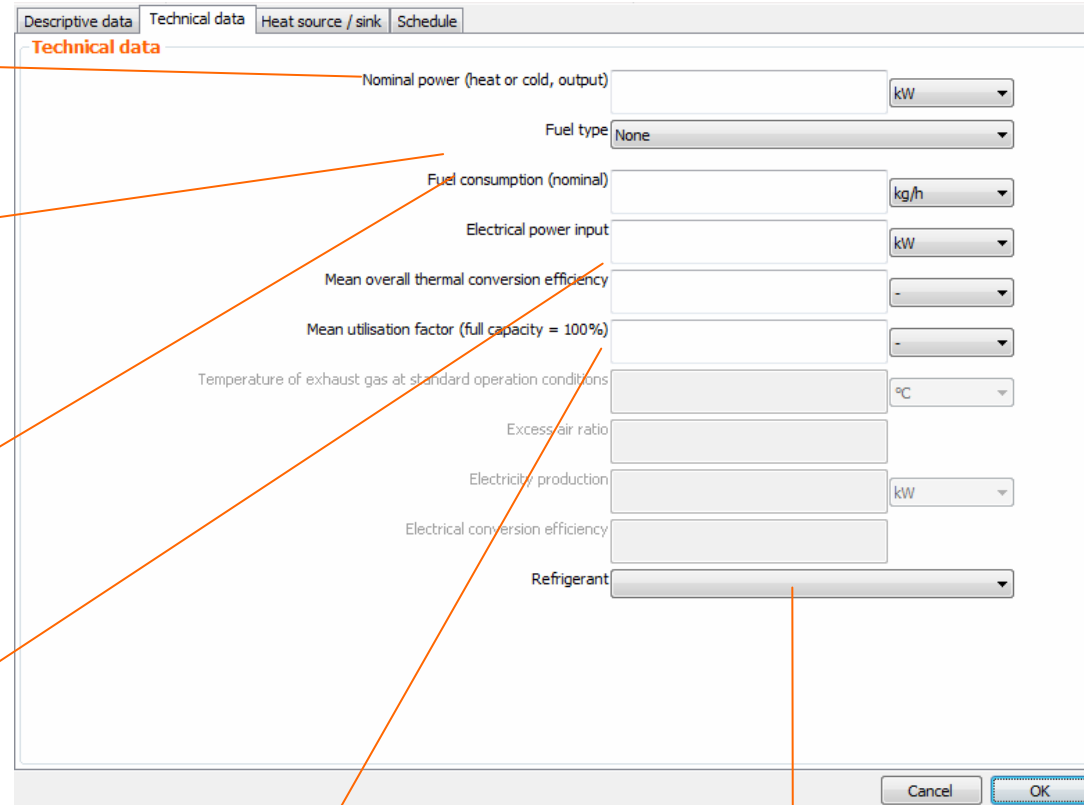
Tipo di carburante = NONE per macchine elettriche

Potenza elettrica

EER del chiller a pieno carico e in condizioni di funzionamento nominali

$PLR = Q_{Load} / Q_{nom}$ (calcolata da EINSTEIN)

Tipo di refrigerante non considerata nella versione 2.1



Descriptive data | **Technical data** | Heat source / sink | Schedule

Technical data

Nominal power (heat or cold, output) kW

Fuel type

Fuel consumption (nominal) kg/h

Electrical power input kW

Mean overall thermal conversion efficiency -

Mean utilisation factor (full capacity = 100%) -

Temperature of exhaust gas at standard operation conditions °C

Excess air ratio

Electricity production kW

Electrical conversion efficiency

Refrigerant

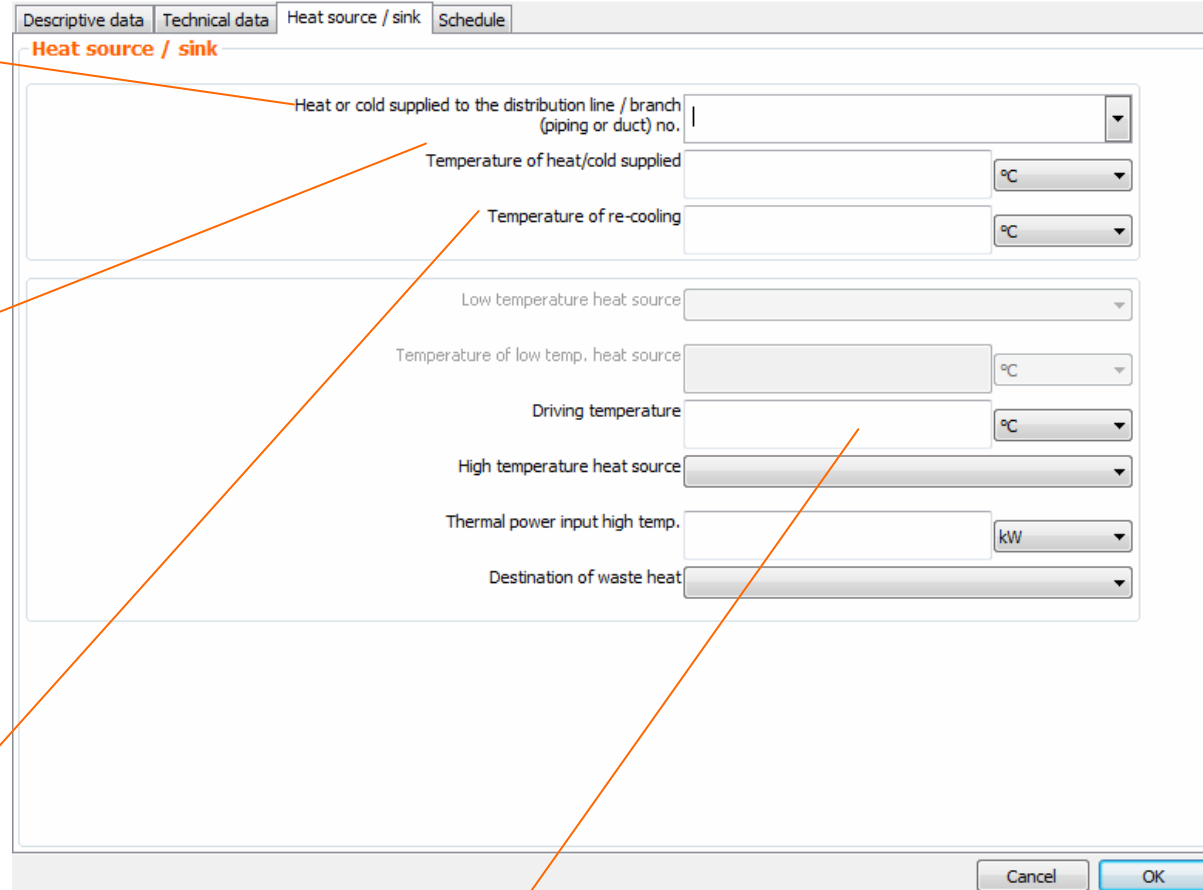
Cancel OK

Modellazione macchine frigorifere

**Linea
distribuzione del
freddo**

**Temperatura del
mezzo di
raffreddamento in
uscita dal chiller**

**Temperatura aria
(chiller raffreddato
ad aria) o acqua
(chiller raffreddato
ad acqua) del
circuito di
raffreddamento
della macchina**



Descriptive data | Technical data | **Heat source / sink** | Schedule

Heat source / sink

Heat or cold supplied to the distribution line / branch (piping or duct) no. [dropdown]

Temperature of heat/cold supplied [input] °C [dropdown]

Temperature of re-cooling [input] °C [dropdown]

Low temperature heat source [dropdown]

Temperature of low temp. heat source [input] °C [dropdown]

Driving temperature [input] °C [dropdown]

High temperature heat source [dropdown]

Thermal power input high temp. [input] kW [dropdown]

Destination of waste heat [dropdown]

Cancel OK

**Campi non
rilevanti per
chillers
meccanici**

Calibrazione della simulazione per le macchine frigorifere

Le differenze tra i risultati della simulazione e lo stato presente possono dipendere dal fatto che le condizioni nominali di lavoro definite sono differenti dalle condizioni nominali ipotizzate nella simulazione:

- ⇒ Temperature di somministro del freddo nella simulazione è coincide con la temperatura minima richiesta nei processi connessi alla macchina
- ⇒ Temperatura di re-cooling nella simulazione è determinata sulla base della temperatura ambiente (bulbi umidi o secchi dipendono dal sistema) e di salti di temperatura predefiniti (diversi a seconda del sistema)

Come calibrare la simulazione:

- Adottare EER nominale in modo da ottenere il valore reale corretto di EER
- Adattare le condizioni di lavoro nominali (temperature acqua/aria refrigerata e temperatura re-cooling) -> coerenti con le condizioni medie di lavoro reali

Obiettivo: => uguagliare i consumi elettrici dello stato presente e della simulazione