



Università degli studi di Padova

Dipartimento di Tecnica e Gestione del Sistemi Industriali

Corso di Laurea Triennale in Ingegneria Gestionale

ANALISI TECNICO ECONOMICA DI UN CONDENSATORE DI
UMIDITÀ A CELLE DI PELTIER PER INSTALLAZIONE A DUBAI

RELATORE: CH.MO PROF. Mauro Gamberi

CORRELATORI: Francesco Pilati

LAUREANDO: Caterina Piccoli

ANNO ACCADEMICO: 2013/2014

INDICE

INTRODUZIONE	1
CAPITOLO 1 Condensatore a celle di Peltier	3
1.Caratteristiche tecniche	3
2.Funzionamento del condensatore	5
CAPITOLO 2 Le emissioni di CO₂ equivalente	6
1.Cosa sono le emissioni di CO ₂ equivalente.....	6
2.Calcolo delle emissioni con il software Simapro.....	7
3.Risultati.....	13
CAPITOLO 3 Acqua raccolta	16
1.Condensazione dell'acqua	16
2.Formule utilizzate	18
3.Foglio di calcolo Excel	20
4.Risultati ottenuti	23
CAPITOLO 4 Conclusioni	29
BIBLIOGRAFIA	30
APPENDICE	31

SOMMARIO

CAPITOLO 1 : Studio di un condensatore a celle di Peltier

CAPITOLO 2 : Le emissioni di CO2 equivalente, cosa sono e come calcolarle

CAPITOLO 3 : Acqua raccolta, creazione di un modello di calcolo

CAPITOLO 4 : Conclusioni

INTRODUZIONE

La reperibilità delle risorse idriche, specialmente nelle zone colpite da clima torrido e siccità, sta diventando sempre più problematica. Le riserve naturali stanno via via esaurendo e l'acqua non è presente in abbondanza in ogni paese. Per questo motivo il progetto presentato si pone come obiettivo la raccolta di acqua ottenuta mediante il processo di condensazione. Il condensatore in esame è idealmente posizionato a Dubai, località nota per le alte temperature e l'alto tasso di umidità relativa, così da poter ottenere un quantitativo di h₂o più alta rispetto all'utilizzo dello stesso in condizioni climatiche più sfavorevoli, e cioè temperatura e umidità più basse. La condensazione avviene grazie alle celle di Peltier, dispositivi elettrici che trasferiscono calore da una faccia all'altra. Avremo quindi un lato che si scalda ed uno che si raffredda. La parte fredda è messa in contatto con le pareti dello scambiatore che si raffreddano anch'esse. L'aria a temperatura ambiente che entra nello scambiatore viene quindi a contatto con le pareti dello scambiatore raffreddate sulle quali si forma la condensa.

Andando a modificare i parametri del progetto, come la lunghezza del condensatore e la portata d'aria in ingresso al condensatore, la quantità di acqua raccolta varia.

Questa analisi cerca di analizzare tali parametri in modo da ottimizzare il risultato. L'attenzione è stata posta sulla creazione di un file Excel di facile comprensione e il cui utilizzo potesse essere accessibile a tutti e immediato. Inoltre è stato strutturato in modo da poter essere utilizzato con diversi valori in ingresso. Cambiando cioè posizione geografica muterebbero di conseguenza i valori di temperatura, pressione e umidità. Modificando i fogli relativi a tali parametri basta poi lanciare un aggiornamento automatico grazie alla funzione di Excel chiamata Risolutore. Si ottengono così i grammi di acqua prodotti ogni mese e all'anno. L'obiettivo non è unico e si è cercato di ottenere un trade off tra i vari obiettivi, sviluppando un'analisi in grado di trovare l'ottimo complessivo.

La complessità dell'argomento trattato porta alla definizione di più obiettivi, e cioè minimizzare costi, consumo energetico ed emissioni di co₂ massimizzando la quantità d'acqua prodotta.

Questa tesi si è focalizzata su due principi, il primo è quello appena descritto di creare un file Excel che restituisse, dati certi input, la quantità di acqua prodotta; il secondo consiste nel determinare le emissioni di anidride carbonica equivalente relative al condensatore.

La CO₂ è il gas che contribuisce per oltre il 55% all'effetto serra odierno: quando si parla quindi degli obiettivi di riduzione emissiva si fa sempre riferimento a valori

espressi in termini di CO₂eq (CO₂ equivalente), una unità di misura che considera la somma ponderata della capacità serra di tutti i diversi gas (o famiglie di gas) oggetto del Protocollo di Kyoto. Premesso che l'atmosfera terrestre contiene 3 milioni di megatonnellate (Mt) di CO₂, il protocollo prevede che i Paesi industrializzati riducano del 5% le proprie emissioni di questo gas. Le attività umane immettono 6.000 Mt di CO₂, di cui 3.000 dai Paesi industrializzati e 3.000 da quelli in via di sviluppo; per cui, con il protocollo di Kyoto, se ne dovrebbero immettere 5.850 anziché 6.000, su un totale di 3 milioni.

Lo studio condotto prende in considerazione le emissioni relative ad ogni materiale presente nel condensatore, comprendendo sia la sua reperibilità, sia l'insieme di operazioni che esso ha subito per risultare di tale forma e dimensioni, sia le eventuali operazioni di taglio, saldatura, estrusione ecc. In questo modo si ottiene un valore di carbon footprint emission che comprende la reperibilità delle materie prime, il processo di trasformazione in prodotto finito, la lavorazione del prodotto finito per raggiungere la forma desiderata e il funzionamento per 100 anni.

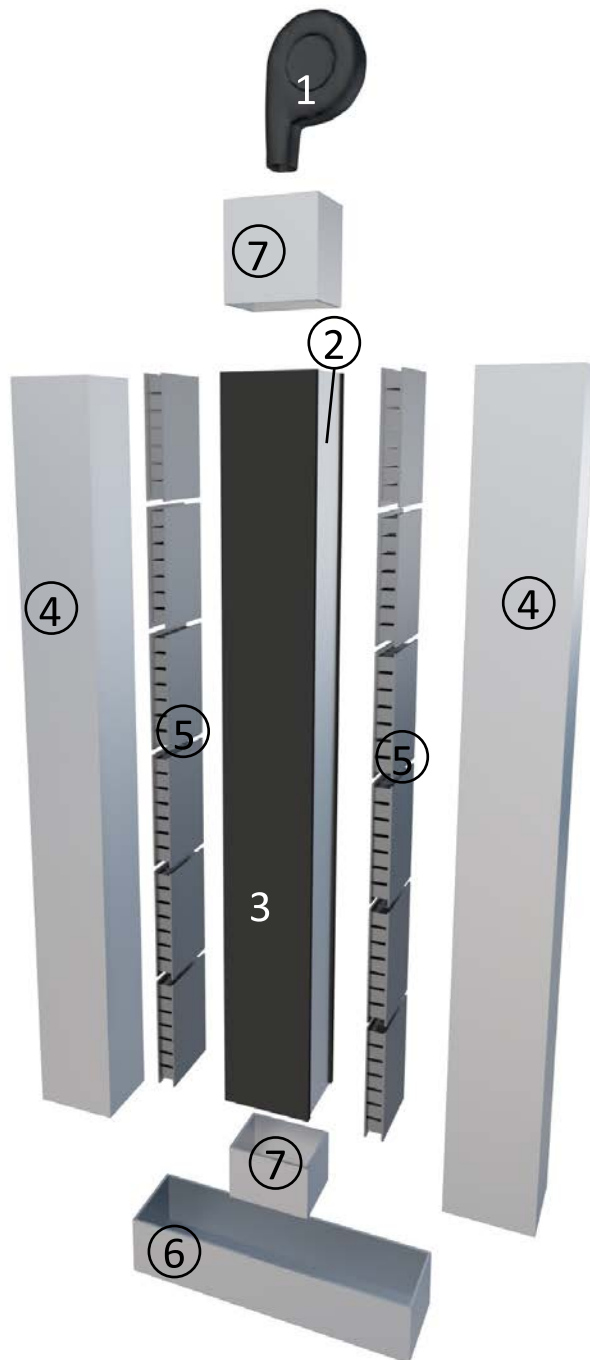
Questa tesi è solo il punto di partenza per lo sviluppo di un progetto più ampio che comprenda un'analisi multi obiettivo il cui risultato sarà definire l'insieme di quei parametri variabili che rendono conveniente l'effettiva installazione del condensatore.

CAPITOLO 1

Condensatore a celle di Peltier

1. Caratteristiche tecniche

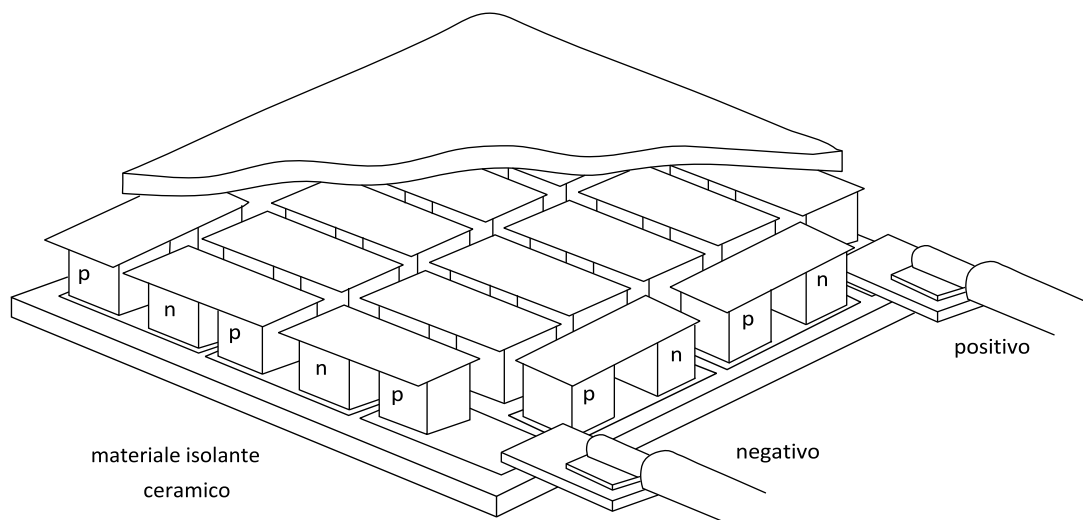
Il condensatore si presenta dall'esterno come in figura.



Una ventola (1) convoglia l'aria dell'ambiente esterno all'interno dello scambiatore (2). Lo scambiatore (2) è composto da un profilo esterno in alluminio di 15cm x 16cm con spessore di 1,5 mm e 18 lamelle interne che hanno lo scopo di aumentare la superficie di scambio termico. Allo scambiatore viene applicato uno strato di isolante (3) per diminuire la dispersione e lo scambio di calore tra scambiatore (2) e tubolari esterni (4). Ai due lati dello scambiatore vengono disposte in fila le celle di Peltier (5) che hanno solitamente dimensione di 13 cm di larghezza e 20 cm di altezza. I tubolari esterni (4) sono posti in contatto con le celle di Peltier e sono di acciaio zincato di 15x16 cm con spessore di 8 mm.

L'aria quindi entra dallo scambiatore e esce dalla parte alta dei tubolari esterni. Le gocce di condensa vengono raccolte da una bacinella (6) di acciaio zincato. Sono stati posizionati altri due tubolari di acciaio zincato (7) che fanno da raccordo tra la ventola e l'inizio dello scambiatore e tra la fine dello scambiatore e la bacinella di raccolta.

Cella di Peltier



2. Funzionamento del condensatore

Il condensatore sopra descritto è solo il guscio esterno che permette all'aria di condensare sulle superfici dello stesso. Infatti la condensazione avviene grazie alle celle di Peltier. La cella di Peltier si presenta come una scatola chiusa della dimensione di 8-12 cm con i cavi in uscita per il collegamento alla rete elettrica. Essa permette la trasmissione del calore tra due superfici in presenza di tensione continua. Una singola cella è composta di tante piccole celle di silicio in serie, ognuna calcolata e adattata in modo da ottenere un funzionamento normale a 12 Volt ed una data potenza. Le cellette di base vengono disposte su una lastra di ceramica per tenerle isolate una dall'altra e poi incollate a formare un sandwich. La loro caratteristica una volta alimentate è quella di trasferire calore da una faccia all'altra della cella. Avremo quindi un lato che si scalda ed uno che si raffredda. L'aria che entra nello scambiatore viene quindi a contatto con le pareti dello scambiatore raffreddate dalle celle di Peltier. A conseguenza del loro uso vi è la formazione di condensa al lato freddo, fenomeno naturale che si produce quando una massa più fredda sta a contatto con l'aria più calda. Le gocce di condensa scendono verso il basso per effetto della gravità, dove vengono raccolte in una bacinella.

Ciò che rende possibile il passaggio di stato da aria ad acqua è la presenza nell'aria di vapore d'acqua. Il vapore d'acqua, pur essendo presente nell'atmosfera terrestre in quantità molto piccole e variabili, è uno dei suoi componenti più importanti, perché dalla sua condensazione hanno origine tutti i fenomeni meteorologici.

La quantità di vapore d'acqua in atmosfera si misura come umidità dell'aria: l'umidità relativa è il rapporto percentuale tra il vapore d'acqua presente in un volume d'aria e la quantità massima di vapore che l'aria potrebbe contenere a quella temperatura senza che avvenga la condensazione. Quando l'umidità relativa raggiunge il 100%, l'aria è satura e ha inizio la condensazione del vapore in essa contenuto. La condensazione può avvenire solo attorno a superfici solide o liquide, in assenza delle quali l'aria può contenere più vapore senza che avvenga la condensazione.

Per questo motivo i parametri di temperatura e umidità dell'aria influiscono pesantemente sui risultati. Infatti più la temperatura e l'umidità raggiungono valori elevati più sarà grande la quantità di acqua raccolta. Lo studio del condensatore viene fatto prendendo in entrata parametri di temperatura, pressione e umidità riferiti a Dubai, zona termicamente favorevole per raggiungere risultati accettabili.

CAPITOLO 2

Le emissioni di CO₂ equivalente

1. Cosa sono le emissioni di CO₂ equivalente

L'anidride carbonica o biossido di carbonio è un gas inerte, naturalmente presente in atmosfera in concentrazioni limitate. La sua creazione è il risultato della combustione di un composto organico in presenza di una quantità di ossigeno sufficiente a completarne l'ossidazione.

Il biossido di carbonio viene prodotto principalmente a partire dai seguenti processi:

- come prodotto secondario da impianti di produzione di ammoniaca e idrogeno, in cui il metano è convertito in biossido di carbonio;
- da combustione di petrolio e carbone fossile; e soprattutto da centrali termoelettriche e da autoveicoli;
- come sottoprodotto della fermentazione;
- da decomposizione termica di CaCO₃;
- come sottoprodotto della produzione di fosfato di sodio;
- direttamente dai pozzi naturali di biossido di carbonio.

Una volta che viene generata, la CO₂ rimane nell'atmosfera, qui permanendo e contribuendo positivamente all'effetto serra naturale: questo effetto è il fenomeno di termoregolazione naturale della Terra, che permette condizioni termiche idonee alla nascita ed al mantenimento della vita terrestre. A partire dalla seconda metà del 1800, però, l'uso di combustibili fossili (petrolio, gas naturale, carbone) a scopo combustivo è diventato sempre più esteso, causando un inevitabile accumulo di anidride carbonica nell'atmosfera, accentuando l'effetto serra e determinando un riscaldamento del clima terrestre.

I dati raccolti dal Mauna Loa Observatory(www.co2now.org) dimostrano che la concentrazione di CO₂ nell'atmosfera risulta attualmente pari a circa 390 ppm ¹, con un ritmo di crescita di 2,5 ppm annue: il limite di concentrazione atmosferica di CO₂ per poter limitare l'incremento di temperatura sotto i 2 °C, e quindi sperare in effetti non disastrosi dei cambiamenti climatici, è stato quantificato in 450 ppm CO₂ eq, un limite a cui siamo pericolosamente prossimi.

Esistono molti altri gas che contribuiscono all'effetto serra, ma attualmente la CO₂ è comunque il principale e più rilevante, contribuendo per oltre il 55% all'effetto serra

¹ 430 ppm CO₂ equivalente se si includono anche gli altri gas serra

odierno: quando si parla quindi degli obiettivi di riduzione emissiva si fa sempre riferimento a valori espressi in termini di CO₂eq², una unità di misura che considera la somma ponderata della capacità serra di tutti i diversi gas o famiglie di gas oggetto del Protocollo di Kyoto.

Secondo quanto riportato dall' UNFCC³

(<http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpeng.pdf>) il trattato prevede l'obbligo di operare una riduzione delle emissioni di elementi di inquinamento (tra cui il biossido di carbonio) in una misura non inferiore al 8% rispetto alle emissioni registrate nel 1990 – considerato come anno base – nel periodo 2008-2013.

Il protocollo di Kyoto prevede il ricorso a meccanismi di mercato, i cosiddetti Meccanismi Flessibili tra cui il principale è il Meccanismo di Sviluppo Pulito. L'obiettivo dei Meccanismi Flessibili è di ridurre le emissioni al costo minimo possibile; in altre parole, a massimizzare le riduzioni ottenibili a parità di investimento.

2.Calcolo delle emissioni con il software Simapro

Simapro è un software LCA⁴ che permette di raccogliere, analizzare e monitorare la performance ambientale di prodotti o servizi in modo sistematico, seguendo le norme ISO 14040.

E' possibile risalire alle emissioni di CO₂ equivalente di un materiale, valutando nello specifico tutte le operazioni necessarie a reperirlo in natura e renderlo della forma e composizione richiesta. Inoltre sono presenti nel database di Simapro anche le emissioni relative alle lavorazioni. Nel caso del condensatore in esame sono presenti profilati in alluminio ottenuti per estrusione o laminazione in fogli, tagliati a laser, saldati e così via. Di seguito si riportano le emissioni di CO₂ eq presenti nel database.

Metals, Aluminium alloy 1 kg = 5,9 Kg CO₂ eq

Metals, Galvanized sheet steel 1 kg = 2,71 Kg CO₂ eq

Processing, Metal, Chipless shaping, Cold impact extrusion,aluminium, stroke, 3

1 kg = 1,61 Kg CO₂ eq

Processing, Metal, Welding, Aluminium 1 m = 0,198 Kg CO₂ eq

² CO₂ equivalente

³ United Nations Framework Convention on Climate Change

⁴ Life Cycle Assessment

Processing, Metals, Welding, Steel 1 m = 0,122 Kg CO_{2 eq}

Processing, Metals, Chipping, Turning steel, Conventional, Average

1 kg = 3,3 Kg CO_{2 eq}

Processing, Metals, Chipless Shaping, Sheet Rolling, Steel

1 kg = 0,356 Kg CO_{2 eq}

Plastic, Thermoplast, Polystirene espanso

1 kg = 3,38 Kg CO_{2 eq}

Metals, Chipless Shaping, Laser machining, metals, Co₂ laser 2000w

1 s = 0,00691 Kg CO_{2 eq}

Processes, Material, Electronics, fotovoltaic, Infrastructure, Photovoltaic panel at plant, multicrystal

1 m² = 160 Kg CO_{2 eq}

Questi parametri di conversione vengono ora usati per calcolare le emissioni di CO_{2 eq} del condensatore, prendendo in considerazione tutte le sue parti.

Lo scambiatore è fatto di alluminio, con uno spessore di 1,5 millimetri.

Il Tubo esterno ha dimensioni di 1 m x 0,63 m.

Le lamelle interne sono complessivamente 18, con una dimensione totale di

1 m x 5,76 m.

1,52 m : 47,5 Kg = 1 m : X kg X kg = 31,25 Kg

1 kg = 5,9 Kg CO_{2 eq} 31,25 Kg = 184,375 Kg CO_{2 eq}

- estrusione

1 kg = 1,61 Kg CO_{2 eq} 31,25 Kg = 50,312 Kg CO_{2 eq}

- saldatura

1 m = 0,198 Kg CO_{2 eq} tubo 1m lamelle 4m x 18= 72 m

73 m = 14,454 Kg CO_{2 eq}

Totale scambiatore 184,375 + 50,312 + 14,454 = 249,141 Kg CO_{2 eq}

L'isolante è in polistirene espanso dello spessore di 1 cm.

Perimetro $15,5+15,5+(16+2)+(16+2) = 67 \text{ cm} = 0,67 \text{ m}$

$0,0216 \text{ m}^2 : 17 \text{ g} = 1 \text{ m}^2 : X \text{ g}$ $X = 787,03 \text{ g} = 0,787 \text{ Kg}$

$1 \text{ m}^2 = 0,787 \text{ Kg}$ $0,67 \text{ m}^2 = 0,527 \text{ Kg}$

$1 \text{ kg polystirene} = 3,38 \text{ Kg CO}_2 \text{ eq}$ $527 \text{ Kg} = \underline{1,7812 \text{ Kg CO}_2 \text{ eq}}$

Il tubolare esterno è in acciaio zincato spesso 0,8 cm. Possiamo distinguere dei pezzi fissi, cioè presenti in queste dimensioni indipendentemente dalla lunghezza del condensatore, e pezzi che variano proporzionalmente alle dimensioni totali del condensatore.

Pezzi fissi:

$62 \text{ cm} \times 63 \text{ cm} + 2 \text{ pezzi da } 16 \text{ cm} \times 15,5 \text{ cm}$

Area totale = $0,4402 \text{ m}^2$

$1 \text{ m}^2 : 6,65 \text{ Kg} = 0,4402 \text{ m}^2 : X \text{ kg}$ $X = 2,927 \text{ Kg}$

$1 \text{ kg} = 2,71 \text{ Kg CO}_2 \text{ eq}$ $2,927 \text{ Kg} = \underline{7,932 \text{ Kg CO}_2 \text{ eq}}$

- taglio

$62+62+63+63+63+63 = 376 \text{ cm} = 3,76 \text{ m}$

Ipotizzo $2,76 \text{ cm/s} = 0,0276 \text{ m/s}$ $1 \text{ s} = 0,00691 \text{ Kg CO}_2 \text{ eq}$

$3,76 \text{ m} = 136,23 \text{ s} = \underline{0,94 \text{ Kg CO}_2 \text{ eq}}$

- saldatura

$1 \text{ m} = 0,122 \text{ Kg CO}_2 \text{ eq}$

$62+63+63 = 188 \text{ cm} = 1,82 \text{ m} = \underline{0,229 \text{ Kg CO}_2 \text{ eq}}$

- piega

$1 \text{ kg} = 3,3 \text{ Kg CO}_2 \text{ eq}$

$1 \text{ m}^2 = 6,65 \text{ Kg}$ $1 \text{ m} \times 0,01 \text{ m} = 0,01 \text{ m}^2$

Ho ipotizzato che la piega interessi un'area di 1 m di lunghezza per 1 cm di larghezza.

$0,01 \text{ m}^2 = 0,0665 \text{ Kg}$

Quindi per chiarezza a 1 m lineare di piega corrispondono 0,0665 Kg

Metri totali di piega $1,86 = 0,123 \text{ Kg} = \underline{0,4059 \text{ Kg CO}_2 \text{ eq}}$

Totale $7,932 + 0,94 + 0,229 + 0,4059 = 9,50 \text{ Kg CO}_2 \text{ eq}$

Tubolare fisso:

$$(40 + 20) \text{ cm} \times 63 \text{ cm} \quad \text{Area totale} = 0,378 \text{ m}^2$$

$$1 \text{ m}^2 : 6,65 \text{ Kg} = 0,378 \text{ m}^2 : X \text{ kg} \quad X = 2,5137 \text{ Kg}$$

$$1 \text{ kg} = 2,71 \text{ Kg CO}_2 \text{ eq} \quad 2,5137 \text{ Kg} = \underline{6,812 \text{ Kg CO}_2 \text{ eq}}$$

- taglio

$$60+60+63+63+63 = 309 \text{ cm} = 3,09 \text{ m}$$

$$\text{Ipotizzo } 2,76 \text{ cm/s} = 0,0276 \text{ m/s} \quad 1 \text{ s} = 0,00691 \text{ Kg CO}_2 \text{ eq}$$

$$3,09 \text{ m} = 111,95 \text{ s} = \underline{0,774 \text{ Kg CO}_2 \text{ eq}}$$

- saldatura

$$1 \text{ m} = 0,122 \text{ Kg CO}_2 \text{ eq}$$

$$0,60 \text{ m} = \underline{0,0732 \text{ Kg CO}_2 \text{ eq}}$$

- piega

$$1 \text{ kg} = 3,3 \text{ Kg CO}_2 \text{ eq}$$

$$1 \text{ m}^2 = 6,65 \text{ Kg} \quad 1 \text{ m} \times 0,01 \text{ m} = 0,01 \text{ m}^2$$

Ho ipotizzato che la piega interessi un'area di 1 m di lunghezza per 1 cm di larghezza.

$$0,01 \text{ m}^2 = 0,0665 \text{ Kg}$$

Quindi per chiarezza a 1 m lineare di piega corrispondono 0,0665 Kg

$$\text{Metri totali di piega } 3 \times 0,60 = 1,8 = 0,1197 \text{ Kg} = \underline{0,395 \text{ Kg CO}_2 \text{ eq}}$$

$$\underline{\underline{\text{Totale } 6,812 + 0,744 + 0,0732 + 0,395 = 8,024 \text{ Kg CO}_2 \text{ eq}}}$$

Tubolare di acciaio zincato con spessore 8 mm.

$$1 \text{ m} \times 0,63 \text{ m}$$

$$\text{Area totale} = 0,63 \text{ m}^2$$

$$1 \text{ m}^2 : 6,65 \text{ Kg} = 0,63 \text{ m}^2 : X \text{ kg} \quad X = 4,1895 \text{ Kg}$$

$$1 \text{ kg} = 2,71 \text{ Kg CO}_2 \text{ eq} \quad 4,1895 \text{ Kg} = \underline{11,35 \text{ Kg CO}_2 \text{ eq}}$$

- taglio

Pezzi fissi:

$$0,63+0,63 = 1,26 \text{ m}$$

$$\text{Ipotizzo } 2,76 \text{ cm/s} = 0,0276 \text{ m/s} \quad 1 \text{ s} = 0,00691 \text{ Kg CO}_2 \text{ eq}$$

$$1,26 \text{ m} = 45,65 \text{ s} = \underline{0,315 \text{ Kg CO}_2 \text{ eq}}$$

Pezzi variabili:

$$1 + 1 = 2 \text{ m}$$

Ipotizzo $2,76 \text{ cm/s} = 0,0276 \text{ m/s}$ $1 \text{ s} = 0,00691 \text{ Kg CO}_2 \text{ eq}$

$2 \text{ m} = 72,46 \text{ s} = \underline{0,5 \text{ Kg CO}_2 \text{ eq}}$

- saldatura

$1 \text{ m} = \underline{0,122 \text{ Kg CO}_2 \text{ eq}}$

- piega

$1 \text{ kg} = 3,3 \text{ Kg CO}_2 \text{ eq}$

$1 \text{ m}^2 = 6,65 \text{ Kg}$ $1 \text{ m} \times 0,01 \text{ m} = 0,01 \text{ m}^2$

Ho ipotizzato che la piega interessi un'area di 1 m di lunghezza per 1 cm di larghezza.

$0,01 \text{ m}^2 = 0,0665 \text{ Kg}$

Quindi per chiarezza a 1 m lineare di piega corrispondono 0,0665 Kg

Metri totali di piega $3 \text{ m} = 0,1995 \text{ Kg} = \underline{0,658 \text{ Kg CO}_2 \text{ eq}}$

Totale 2 tubi $(11,35 + 0,315 + 0,5 + 0,122 + 0,658) \times 2 = 25,89 \text{ Kg CO}_2 \text{ eq}$

La ventola ha dimensioni di $25,8 \times 23,2 \text{ cm}$ e un peso di 8,5 kg. Ipotizzo 2 kg di motore.

Restano 6,5 kg di alluminio.

$1 \text{ kg} = 5,9 \text{ Kg CO}_2 \text{ eq}$

$6,5 \text{ kg} = 38,35 \text{ kg CO}_2 \text{ eq}$

- estrusione

$1 \text{ kg} = 1,61 \text{ Kg CO}_2 \text{ eq}$

$6,5 \text{ kg} = 10,465 \text{ kg CO}_2 \text{ eq}$

Totale ventola = $38,35 + 10,465 = 48,815 \text{ kg CO}_2 \text{ eq}$

PARAMETRI FISSI

Totale ventola = $38,35 + 10,465 = 48,815 \text{ kg CO}_2 \text{ eq}$

Totale bacinella di raccolta $7,932 + 0,94 + 0,229 + 0,4059 = 9,50 \text{ Kg CO}_2 \text{ eq}$

Totale tubolare di congiunzione $6,812 + 0,744 + 0,0732 + 0,395 = 8,024 \text{ Kg CO}_2 \text{ eq}$

Totale taglio fisso tubi acciaio $0,315 \times 2 = 0,63 \text{ Kg CO}_2 \text{ eq}$

Totale complessivo $66,969 \text{ Kg CO}_2 \text{ eq}$

PARAMETRI VARIABILI AL METRO DI LUNGHEZZA

Totale scambiatore $184,375 + 50,312 + 14,454 = 249,141 \text{ Kg CO}_2 \text{ eq}$

Totale polystirene $1,7812 \text{ Kg CO}_2 \text{ eq}$

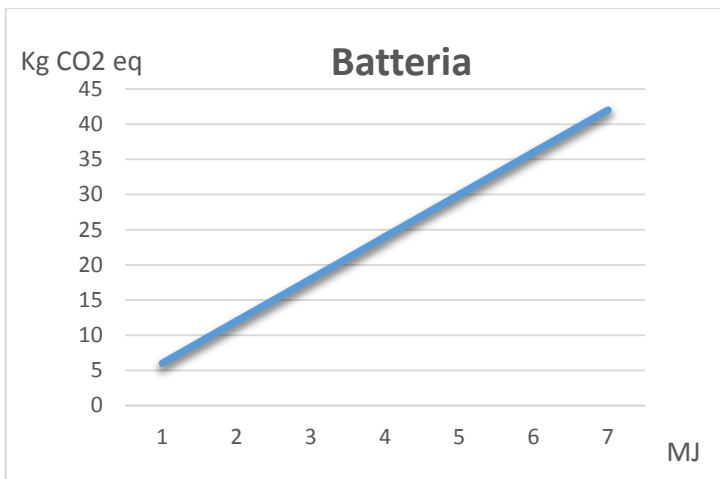
Totale due tubolari $(11,35 + 0,5 + 0,122 + 0,658) \times 2 = 25,26 \text{ Kg CO}_2 \text{ eq}$

Totale complessivo $276,18 \text{ Kg CO}_2 \text{ eq}$

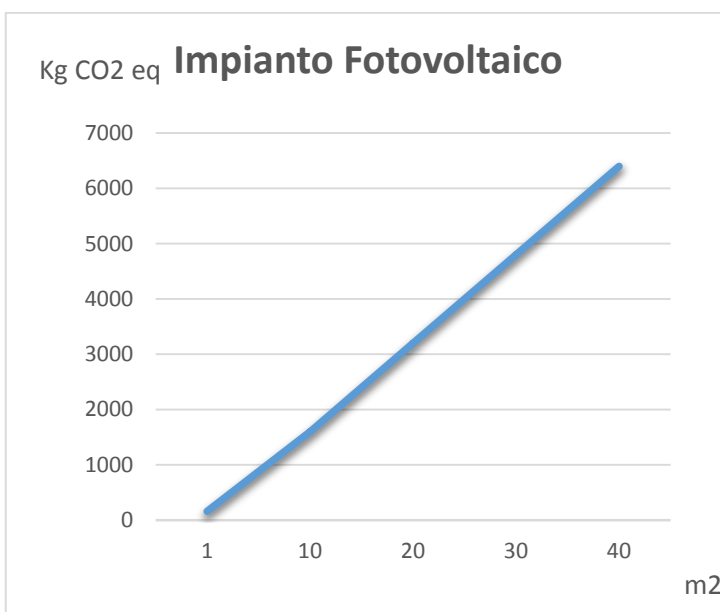
Per un'analisi a più ampio spettro il condensatore sarà alimentato da un impianto fotovoltaico durante le ore diurne e affiancato da una batteria di accumulo. Per questo motivo il calcolo delle emissioni è stato ampliato a pannelli fotovoltaici e batteria. Ipotizzo che la tipologia di batteria più indicata per gestire l'impianto sia quella al piombo.

Il coefficiente di conversione secondo McManus, M. (2011) Environmental consequences of the use of batteries in sustainable systems: battery production. In: 2nd International Conference on Microgeneration and Related Technologies è Lead acid 1 MJ = 5-7 Kg CO₂ eq Prendiamo come valore medio 6 Kg CO₂ eq

Per l'impianto fotovoltaico invece si considera 1 m² = 160 Kg CO₂ eq,



BATTERIA	
MJ	kg CO ₂ eq
1	6
2	12
3	18
4	24
5	30
6	36
7	42



IMPIANTO FOTOVOLTAICO	
m ²	kg CO ₂ eq
1	160
10	1600
20	3200
30	4800
40	6400

3.Risultati

Come specificato nel paragrafo precedente il calcolo di emissioni di anidride carbonica equivalente è stato fatto considerando ogni elemento che compone il condensatore. Di seguito la tabella mostra i risultati inerenti a un caso studio di un condensatore con lunghezza di un metro lineare, suddivisi per componente.

Carbon footprint		
Valori fissi		
Ventola	48,815	Kg CO2 eq
Pezzi fissi	17,520	Kg CO2 eq
Taglio fisso	0,630	Kg CO2 eq
Totale	66,965	Kg CO2 eq
Valori al m		
Scambiatore	250,922	Kg CO2 eq
Tubolare esterno	25,26	Kg CO2 eq
Cella	9,817	Kg CO2 eq
Totale	374,352	Kg CO2 eq
Totale complessivo	441,317	Kg CO2 eq

Condensatore di un metro

$$48,815+17,52+0,63+ [(250,992+25,26) \times 1] +9,817 \times 10 = 441,317 \text{ Kg CO}_2 \text{ eq,}$$

E' stato impostato un file Excel che calcola il totale delle emissioni di anidride carbonica equivalente come somma della carbon footprint dello scambiatore e delle celle. L'analisi dello scambiatore è già stata affrontata, per quanto riguarda le celle di Peltier 1 cella = 9,817 Kg CO₂ eq.

La cella di Peltier ha un'altezza di 20 cm quindi su un condensatore di 1 metro si possono posizionare 5 celle per lato con un totale di 10 celle.

<i>Carbon Footprint Condensatore</i>				
Length [m]	Carbon Footprint Totale [kg Co2 eq]	Carbon Footprint Scambiatore [kg Co2 eq]	Carbon Footprint Cella [kg Co2 eq]	Numero celle al metro
1	441,32	343,15	98,17	10,00
2	815,67	619,33	196,34	20,00
3	1.190,02	895,51	294,51	30,00
4	1.564,37	1171,69	392,68	40,00
5	1.938,73	1447,88	490,85	50,00
6	2.313,08	1724,06	589,02	60,00
7	2.687,43	2000,24	687,19	70,00
8	3.061,78	2276,42	785,36	80,00
9	3.436,13	2552,60	883,53	90,00
10	3.810,49	2828,79	981,70	100,00
11	4.184,84	3104,97	1.079,87	110,00
12	4.559,19	3381,15	1.178,04	120,00
13	4.933,54	3657,33	1.276,21	130,00
14	5.307,89	3933,51	1.374,38	140,00
15	5.682,25	4209,70	1.472,55	150,00
16	6.056,60	4485,88	1.570,72	160,00
17	6.430,95	4762,06	1.668,89	170,00
18	6.805,30	5038,24	1.767,06	180,00
19	7.179,65	5314,42	1.865,23	190,00
20	7.554,01	5590,61	1.963,40	200,00
21	7.928,36	5866,79	2.061,57	210,00
22	8.302,71	6142,97	2.159,74	220,00

23	8.677,06	6419,15	2.257,91	230,00
24	9.051,41	6695,33	2.356,08	240,00
25	9.425,77	6971,52	2.454,25	250,00
26	9.800,12	7247,70	2.552,42	260,00
27	10.174,47	7523,88	2.650,59	270,00
28	10.548,82	7800,06	2.748,76	280,00
29	10.923,17	8076,24	2.846,93	290,00
30	11.297,53	8352,43	2.945,10	300,00
31	11.671,88	8628,61	3.043,27	310,00
32	12.046,23	8904,79	3.141,44	320,00
33	12.420,58	9180,97	3.239,61	330,00
34	12.794,93	9457,15	3.337,78	340,00
35	13.169,29	9733,34	3.435,95	350,00
36	13.543,64	10009,52	3.534,12	360,00
37	13.917,99	10285,70	3.632,29	370,00
38	14.292,34	10561,88	3.730,46	380,00
39	14.666,69	10838,06	3.828,63	390,00
40	15.041,05	11114,25	3.926,80	400,00

CAPITOLO 3

Acqua raccolta

1. Condensazione dell'acqua

L'aria può essere considerata come una miscela binaria di gas perfetti: aria secca e vapor d'acqua. Sul diagramma psicrometrico si possono individuare tutte le grandezze termoigrometriche dell'aria da trattare:

- Temperatura a bulbo secco;
- Umidità specifica;
- Umidità relativa;
- Temperatura a bulbo umido;
- Temperatura di rugiada.
- Entalpia;
- Volume specifico;

Per l'analisi qui proposta le grandezze che intervengono sono spiegate di seguito.

La temperatura a bulbo secco⁵ è la temperatura misurata da un comune termometro a bulbo. La misura di tale temperatura è assolutamente indipendente dall'umidità relativa dell'aria; sul diagramma psicrometrico la scala delle temperature a bulbo secco è indicata sull'asse orizzontale.

Come è stato detto, l'aria che ci circonda è una miscela di aria secca e vapore d'acqua; ebbene, l'umidità specifica⁶ indica quanti grammi di vapore acqueo sono presenti in ogni kg di aria secca. Sul diagramma psicrometrico l'umidità specifica è indicata sull'asse verticale posto sul lato destro. La quantità di vapore acqueo che può essere contenuto in un kg di aria secca non è illimitata: oltre una certa quantità il vapore aggiunto condensa sotto forma di minute goccioline.

L'umidità relativa⁷ non è altro che la percentuale di vapore contenuto nell'aria in rapporto alla massima quantità in essa contenibile alla data temperatura.

Esempio:

1kg di aria alla temperatura a bulbo secco pari a 20°C può al massimo contenere 14.7g di vapor d'acqua (eventuale vapore aggiunto andrebbe a condensare); pertanto, la miscela costituita da 1kg di aria secca e da 14.7g di vapore acqueo ha, alla

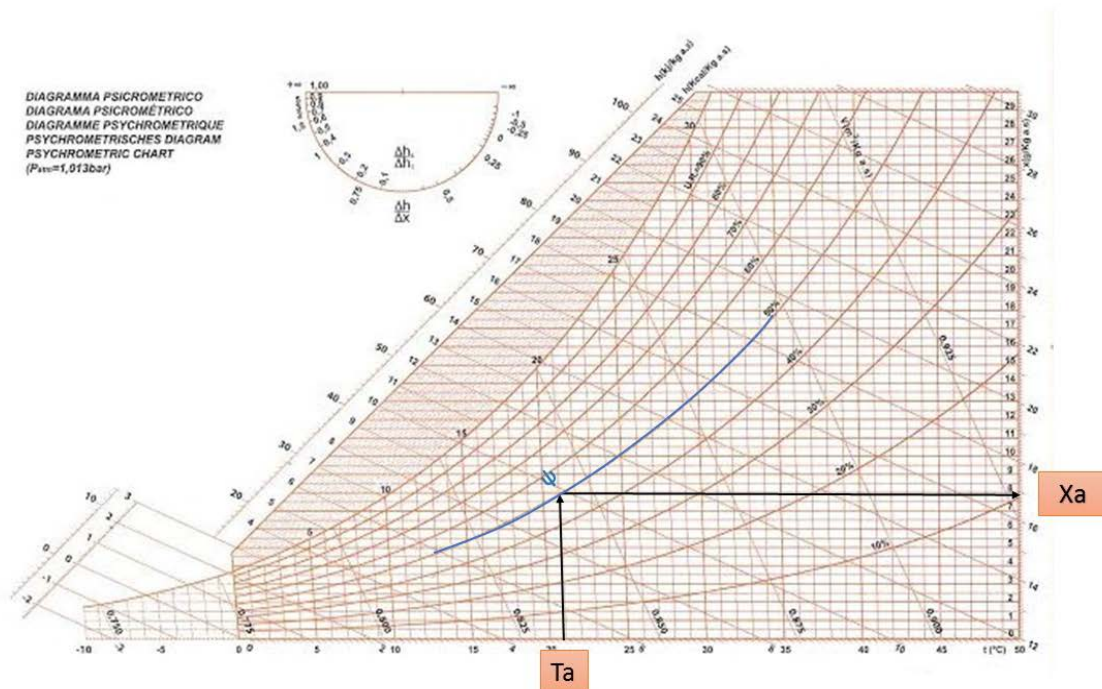
⁵ T_{bs} [°C]

⁶ X [g/Kg]

⁷ U.R.

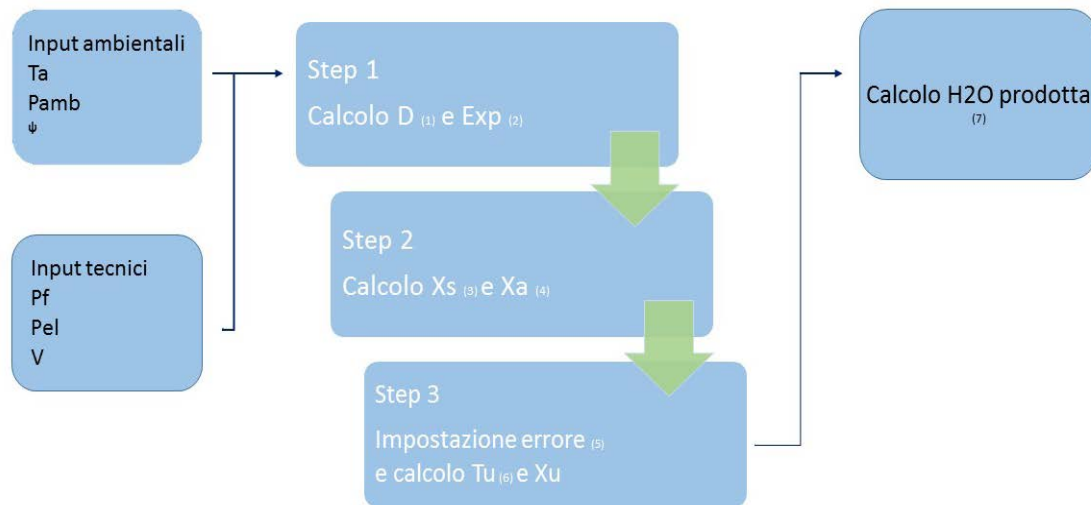
temperatura di 20°C, un'umidità relativa pari al 100% (condizioni di saturazione). Alla stessa temperatura, se in 1kg di aria secca ci fossero 7.35g di vapore (cioè la metà della massima quantità di vapore miscibile a 20°C), la miscela si troverebbe ad un'umidità relativa del 50%. L'umidità relativa dell'aria è strettamente legata alla temperatura di bulbo secco: a parità di grammi di vapore acqueo contenuti nel kg di aria secca, l'umidità relativa aumenta al diminuire della temperatura. Il motivo è il seguente: minore è la temperatura dell'aria, minore è la miscibilità del vapore acqueo nell'aria stessa.

La temperatura di rugiada è la temperatura alla quale l'aria raggiunge le condizioni di saturazione (U.R.=100%): su ogni elemento che si trova ad una temperatura appena inferiore alla temperatura di rugiada si forma condensa .



Noti quindi i valori di temperatura e umidità relativa si può ricavare agevolmente l'umidità specifica Xa.

2. Formule utilizzate



Per il calcolo della quantità di acqua raccolta dallo scambiatore consideriamo i seguenti parametri fissi

$$C_{\text{air}} = 1005 \frac{\text{kg}_{\text{air}}}{\text{s}}$$

$$r = 2087 \frac{\text{KJ}}{\text{kg}_{\text{H2O}}}$$

$$a = 6,1121$$

$$b = 17,123$$

$$c = 234,95$$

$$A = 0,0007$$

$$B = 0,00000346$$

$$m_{\text{H2O}} = 18,016 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \quad \text{Massa dell'acqua}$$

$$m_{\text{air}} = 28,84 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \quad \text{Massa dell'aria}$$

Le unità di misura:

$$\dot{V}_p = \frac{\text{kg}_{\text{air}}}{\text{s}} \quad \text{Portata d'aria}$$

$$T = \text{°C} \quad \text{Temperatura}$$

$$X = \frac{\text{kg}_{\text{H2O}}}{\text{kg}_{\text{air}}} \quad \text{Umidità specifica}$$

$$\varphi = \% \quad \text{Umidità relativa}$$

$$P_{\text{amb}} = \text{mbar o hPa} \quad \text{Pressione}$$

$$q_{\text{H2O}} = \frac{\text{gh2O}}{\text{s}} \quad \text{Quantità di acqua}$$

$$P_f = \frac{j}{s} \quad \text{Potenza frigorifera}$$

$$P_{el} = \frac{j}{s} \quad \text{Potenza elettrica}$$

Le formule usate restituiscono un valore di titolo pari a $\frac{Kg_{H2O}}{kg_{air}}$, ma nel caso in esame si vogliono ottenere $\frac{g_{H2O}}{kg_{air}}$, quindi il risultato ottenuto viene moltiplicato per 10^3 .

Note la potenza elettrica P_{el} , la temperatura T_a , l'umidità relativa φ e la pressione P_{amb} dell'aria in entrata nel condensatore si possono calcolare i valori di titolo in entrata X_a e in uscita X_u dell'aria, la temperatura di uscita T_u e la quantità di h_{2O} prodotta dal sistema q_{H2O} .

Le formule che ci permettono di arrivare al risultato

$$D = a \cdot (1 + A + B \cdot P_{amb}) \quad (1)$$

E' stato calcolato $e^{\frac{b \cdot T_a}{c + T_a}}$ (2) come risultato intermedio da inserire in (3).

$$X_s = \frac{m_{H2O}}{m_{air}} \cdot \frac{D \cdot e^{\frac{b \cdot T_a}{c + T_a}}}{p_{amb} - D \cdot e^{\frac{b \cdot T_a}{c + T_a}}} \quad (3)$$

$$X_a = X_s \cdot \varphi \quad (4)$$

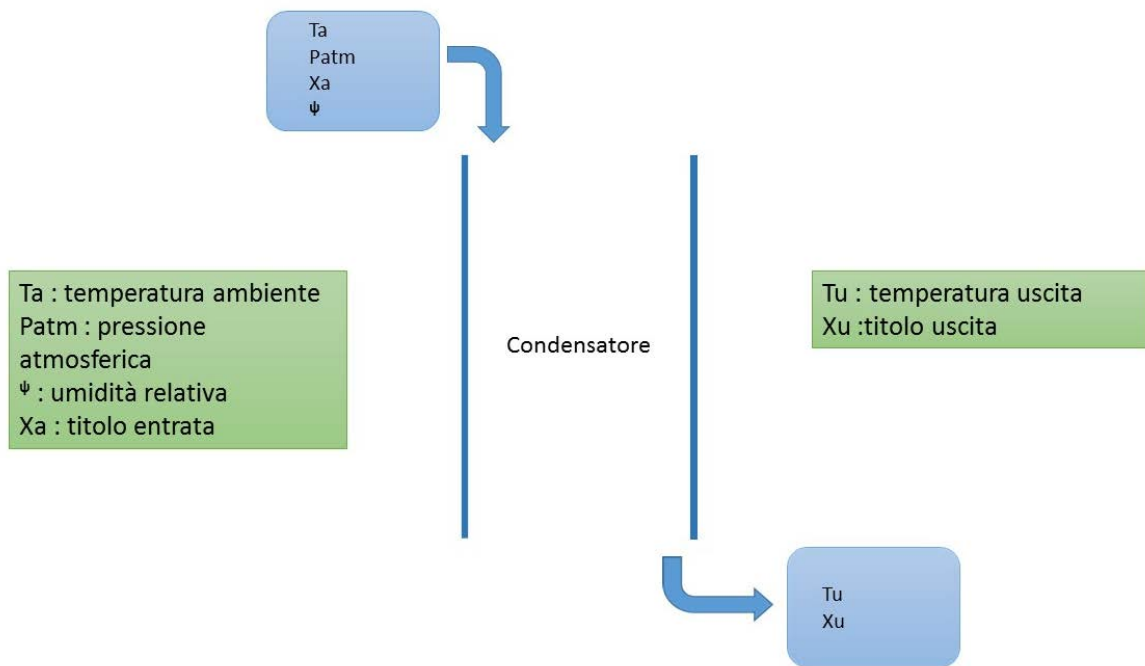
$$T_u = \frac{c \cdot \ln \left[\frac{X_u \cdot \frac{m_{H2O}}{m_{air}} \cdot p_{atm}}{\left(1 + X_u \cdot \frac{m_{H2O}}{m_{air}}\right) \cdot a} \right]}{b - \ln \left[\frac{X_u \cdot \frac{m_{H2O}}{m_{air}} \cdot p_{atm}}{\left(1 + X_u \cdot \frac{m_{H2O}}{m_{air}}\right) \cdot a} \right]} \quad (6)$$

$$P_f = P_{el} \cdot 0,5 \quad (7)$$

$$P_f = \dot{V}p \cdot [C_{air} \cdot (T_a - T_u) + r \cdot (X_a - X_u)] \quad (8)$$

$$Errore = \{(P_f - \dot{V}p \cdot [C_{air} \cdot (T_a - T_u) + r \cdot (X_a - X_u)])\}^2 \quad (9)$$

$$q_{H2O} = \dot{V}p \cdot (X_a - X_u) \quad (10)$$



3.Foglio di calcolo Excel

L'attenzione è stata posta sulla creazione di un file Excel di facile comprensione e il cui utilizzo potesse essere accessibile a tutti e immediato. Inoltre è stato strutturato in modo da poter essere utilizzato con diversi valori in ingresso. Cambiando cioè posizione geografica muterebbero di conseguenza i valori di temperatura, pressione e umidità. Modificando i fogli relativi a tali parametri basta poi lanciare un aggiornamento automatico grazie alla funzione di Excel chiamata Risolutore. Si ottengono così i grammi di acqua prodotti ogni mese e all'anno.

Lo studio effettuato sul condensatore ipotizza una Potenza elettrica di 10 Kw e una Potenza Frigorifera di 5 Kwf. I valori di temperatura, pressione e umidità sono riferiti all'installazione a Dubai. Nel foglio input vengono specificati i valori di Potenza elettrica⁸, Potenza frigorifera⁹ e Portata d'aria¹⁰. La relazione che lega Potenza elettrica e frigorifera è la seguente $P_f = P_{el} * 0,5$.

Nel foglio Ta viene inserita la temperatura in entrata allo scambiatore in gradi centigradi. Tabella 1 Temperatura ambiente (Ta).

Nel foglio Pamb viene inserita la pressione ambiente in mbar. Tabella 2 Pressione ambientale (Pamb).

⁸ Pel

⁹ Pf

¹⁰ V_p

Nel foglio Humidity viene inserita l'umidità relativa. Tabella 3 Umidità relativa.

Nel foglio D si calcola il coefficiente D secondo la formula

$D = a \cdot (1 + A + B \cdot P_{amb})$, dove i coefficienti costanti sono $a = 6,1121$, $A = 0,0007$, $B = 0,00000346$. Tabella 4 Coefficiente D.

Nel foglio exp viene calcolato l'esponente $e^{\frac{b \cdot T_a}{c+T_a}}$, dove $b = 17,123$ e $c = 234,95$ sono coefficienti costanti. Tabella 5 Esponenziale.

D e $e^{\frac{b \cdot T_a}{c+T_a}}$ vengono usati per calcolare il titolo di saturazione nel foglio Xs secondo la formula

$$X_s = \frac{m_{H2O}}{m_{air}} \cdot \frac{D \cdot e^{\frac{b \cdot T}{c+T}}}{p_{atm} - D \cdot e^{\frac{b \cdot T}{c+T}}}. \text{ Tabella 6 Titolo di saturazione (Xs).}$$

L'unità di misura di Xs è $\frac{kg_{H2O}}{kg_{air}}$ e per questo si moltiplica a numeratore per 10^3

ottenendo $\frac{g_{H2O}}{kg_{air}}$.

Nel foglio Xa si calcola il titolo dell'aria in entrata nello scambiatore secondo

$X_a = X_s \cdot \varphi$, dove φ è l'umidità relativa inserita nel foglio Humidity. Tabella 7 Titolo entrata (Ta).

I valori presentati fino a qui rimangono invariati per tutte le analisi successive. Infatti vedremo come cambia il risultato in funzione della variazione della portata d'aria Vp della ventola. Il file Excel è strutturato in modo tale da consentire l'aggiornamento automatico di tutti i calcoli nel caso in cui i dati di Temperatura, Pressione e Umidità non siano più riferiti a Dubai ma ad un'altra collocazione geografica.

Le tabelle seguenti si riferiranno a titolo esemplificativo ad una portata d'aria Vp pari a 100 kg/h. La temperatura Tu è funzione della pressione atmosferica nota e del titolo Xu incognito e viene calcolata nel foglio Tu nelle colonne da B a M seguendo la formula

$$T_u = \frac{c \cdot \ln \left[\frac{X_u \cdot \frac{m_{H2O}}{m_{air}} \cdot p_{atm}}{\left(1 + X_u \cdot \frac{m_{H2O}}{m_{air}}\right) \cdot a} \right]}{b - \ln \left[\frac{X_u \cdot \frac{m_{H2O}}{m_{air}} \cdot p_{atm}}{\left(1 + X_u \cdot \frac{m_{H2O}}{m_{air}}\right) \cdot a} \right]}.$$

Questo foglio quindi si aggiornerà non appena sarà stato calcolato il valore di Xu. Di seguito si propone una tabella già aggiornata con i valori di Tu. Tabella 8 Temperatura uscita (Tu).

Nelle colonne da Q ad AB viene calcolato il $\ln \left[\frac{X_u \cdot \frac{m_{H2O}}{m_{air}} \cdot p_{atm}}{\left(1 + X_u \cdot \frac{m_{H2O}}{m_{air}}\right) \cdot a} \right]$ da introdurre

nella formula per il calcolo di Tu. Tabella 9 Logaritmo.

Nel foglio errore nelle colonne da B a M viene calcolato l'errore quadratico medio secondo la formula $(P_f - \dot{V}_p \cdot [C_{air} \cdot (T_a - T_u) + r \cdot (X_a - X_u)])^2$. Tabella 10 Errore quadratico. L'unica incognita rimane quindi Xu che viene calcolata grazie alla funzione di risolutore di Excel. Nel foglio errore la riga 27 è la somma degli errori quadratici medi per colonna, per le colonne che vanno da B ad M. Nelle colonne da P ad AA righe da 3 a 26 sono inseriti i valori di Xa già calcolati nell'omonimo foglio. Nelle colonne da P ad AA righe da 30 a 53 vengono inseriti i valori di primo tentativo dei vari Xu ora per ora e mese per mese. Si imposta il risolutore per il primo mese in modo che la somma degli errori quadratici medi colonna B riga 27 sia minimizzata, variando le celle corrispondenti ai valore di Xu del primo mese (colonna P righe da 30 a 53), soggette a due vincoli:

- Tutti gli Xu devono essere maggiori o uguali a zero
- Xu della prima ora deve essere minore o uguale a Xa della prima ora del primo mese, e così via per tutte le ore del mese.

Infine si lancia il Risolutore che, trovata una soluzione di ottimo, sostituisce ai valori di primo tentativo di Xu i valori corretti per cui la somma dell'errore quadratico medio viene minimizzata. Il processo si ripete per tutti i mesi lanciando quindi un risolutore per mese con i vincoli sopradescritti relativi al mese di riferimento. Una volta trovati i valori di Xu anche il foglio Tu si aggiorna, poiché in funzione di Xu, mostrando i corretti valori di temperatura in uscita dallo scambiatore. Nel foglio Xu vengono copiati dal foglio errore i valori del titolo in uscita relativi ad ogni mese ora per ora. Tabella 11 Titolo in uscita (Xu).

Ora si può procedere nel foglio H2O al calcolo della quantità di acqua prodotta secondo la formula

$q_{H2O} = \dot{V}_p \cdot (X_a - X_u)$ che restituisce $\frac{g_{h2O}}{s}$ per ogni ora del mese. Tabella 12 Acqua prodotta (q_{H2O}).

Nel foglio H2O effettiva nelle colonne da B a M la q_{H2O} del foglio H2O viene moltiplicata per l'efficienza presente nel foglio Load Satisfaction. Tabella 13 Load satisfaction.

Tabella 14 Acqua effettiva in grammi.

Nelle colonne da Q ad AB righe da 3 a 26 la quantità di h2o effettiva viene moltiplicate per 3600 s presenti in un'ora così da ottenere i grammi di acqua prodotti all'ora. Nelle

colonne da Q ad AB riga 27 vengono sommate le quantità d'acqua di ogni ora del mese, mese per mese, così da ottenere grammi al giorno.

Nelle colonne da Q ad AB riga 28 i grammi al giorno vengono moltiplicati per 30 giorni così da ottenere grammi al mese. Tabella 14. Nella colonna Q riga 29 vengono sommati i grammi al mese di acqua prodotta in ogni mese. Il risultato corrisponde ai grammi di acqua prodotti in un anno. Tabella 15 Grammi al mese.

Tabella 15 grammi al mese

Hour [h]	month-1	month-2	month-3	month-4	month-5	month-6
grammi/giorno	298,442	297,209	294,373	289,741	285,440	282,870
grammi/mese	8.953,270	8.916,278	8.831,204	8.692,225	8.563,192	8.486,110

Hour [h]	month-7	month-8	month-9	month-10	month-11	month-12
grammi/giorno	281,759	280,372	283,337	287,037	291,774	296,938
grammi/mese	8.452,762	8.411,165	8.500,121	8.611,115	8.753,217	8.908,149

Tabella 16 grammi all'anno

grammi/anno	104.078,809
--------------------	--------------------

4. Risultati ottenuti

Lo studio effettuato sul condensatore ipotizza una Potenza elettrica di 10 Kw e una Potenza Frigorifera di 5 Kwf. Di seguito si riportano i risultati ottenuti con Potenza elettrica e frigorifera fissi; temperatura, umidità e pressione di Dubai. All'aumentare della portata d'aria aumenta anche la quantità d'acqua prodotta. Infatti la portata in ingresso a un condensatore lungo un metro non può crescere all'infinito. Si arriverà ad un punto in cui la portata d'aria aumenterà e la quantità d'acqua inizierà a decrescere. La spiegazione di questo comportamento risiede nel fatto che ad un certo punto il condensatore arriverà al punto di saturazione e non riuscirà più a condensare tutta l'aria che gli passa attraverso.

Nella Tabella 16 quantità d'acqua si può osservare come i grammi di acqua prodotta aumentano all'aumentare della portata.

Tabella 17 quantità d'acqua

Vp kg/h	month-1	month-2	month-3	month-4	month-5	month-6
100	8.953,27	8.916,28	8.831,20	8.692,23	8.563,19	8.486,11
200	11.697,56	11.623,18	11.452,94	11.174,88	10.916,71	10.762,49
300	14.442,13	14.331,24	14.074,85	13.657,99	13.272,90	13.039,04
400	17.185,13	17.036,97	16.696,39	16.140,18	15.623,76	15.315,23
500	19.929,09	19.743,86	19.318,12	18.622,83	17.977,28	17.591,61
600	22.673,04	22.450,76	21.939,85	21.105,48	20.330,80	19.867,98
700	25.416,99	25.157,65	24.561,58	23.588,13	22.684,32	22.144,36
800	28.160,94	27.864,55	27.183,31	26.070,78	25.037,84	24.420,73
900	30.904,90	30.571,44	29.805,04	28.553,43	27.391,36	26.697,11
1000	33.648,85	33.278,33	32.426,77	31.036,08	29.744,89	28.973,48
1100	36.392,80	35.985,23	35.048,50	33.518,73	32.098,41	31.249,86
1200	39.136,75	38.692,12	37.670,23	36.001,38	34.451,93	33.526,23
1300	41.880,70	41.399,02	40.291,95	38.484,03	36.805,45	35.802,61
1400	44.624,66	44.105,91	42.913,68	40.966,68	39.158,97	38.078,98
1500	47.368,61	46.812,81	45.535,41	43.449,33	41.512,49	40.355,36
1600	50.112,56	49.519,70	48.157,14	45.931,98	43.866,02	42.631,73
1700	52.856,51	52.226,60	50.778,87	48.414,63	46.219,54	44.908,11
1800	55.600,47	54.933,49	53.400,60	50.897,28	48.573,06	47.184,48
1900	58.344,42	57.640,39	56.022,33	53.379,93	50.926,58	49.460,86
2000	61.088,37	60.347,28	58.644,06	55.862,58	53.280,10	51.737,23
2100	63.832,32	63.054,18	61.265,79	58.345,23	55.633,62	54.013,60

2200	66.576,28	65.761,07	63.887,52	60.827,88	57.987,15	56.289,98
2300	69.320,23	68.467,96	66.509,24	63.310,53	60.340,67	58.566,35
2400	72.064,18	71.174,86	69.130,97	65.793,18	62.694,19	60.842,73
2500	74.808,13	73.881,75	71.752,70	68.275,83	65.047,71	63.119,10
2600	77.552,09	76.588,65	74.374,43	70.758,48	67.401,23	65.395,48
2700	80.296,04	79.295,54	76.996,16	73.241,13	69.754,75	67.671,85
2800	83.039,99	82.002,44	79.617,89	75.723,78	72.108,27	69.948,23
2900	85.783,94	84.709,33	82.239,62	78.206,43	74.461,80	72.224,60
3000	88.527,90	87.416,23	84.861,35	80.689,08	76.815,32	74.500,98
3100	91.271,85	90.123,12	87.483,08	83.171,73	79.168,84	76.777,35
3200	94.015,80	92.830,02	90.104,81	85.654,38	81.522,36	79.053,73
3300	96.759,75	95.536,91	92.726,53	88.137,03	83.875,88	81.330,10
3400	99.503,70	98.243,80	95.348,26	90.619,68	86.229,40	83.606,48
3500	102.247,66	100.950,70	97.969,99	93.102,33	88.582,93	85.882,85
5000	143.406,94	141.554,12	137.295,93	130.342,08	123.885,75	120.028,47
10000	280.604,56	276.898,85	268.382,37	254.474,59	241.561,83	233.847,21
15000	417.802,18	412.243,58	399.468,82	378.607,09	359.237,90	347.665,95
20000	554.999,79	547.588,30	530.555,27	502.739,60	476.913,98	461.484,68
25000	692.197,41	682.933,03	661.641,72	626.872,10	594.590,06	575.303,42
30000	829.395,03	818.277,76	792.728,16	751.004,61	712.266,14	689.122,16

Vp kg/h	month-7	month-8	month-9	month-10	month-11	month-12
100	8.452,76	8.411,17	8.500,12	8.611,11	8.753,22	8.908,15
200	10.695,98	10.612,57	10.790,50	11.012,54	11.296,85	11.607,07
300	12.940,14	12.814,49	13.081,18	13.414,33	13.840,47	14.307,07
400	15.182,40	15.015,36	15.371,27	15.815,38	16.384,11	17.004,88
500	17.425,61	17.216,76	17.661,65	18.216,80	18.927,74	19.703,79
600	19.668,82	19.418,16	19.952,03	20.618,22	21.471,36	22.402,70
700	21.912,03	21.619,56	22.242,41	23.019,64	24.014,99	25.101,61
800	24.155,25	23.820,96	24.532,79	25.421,06	26.558,62	27.800,52
900	26.398,46	26.022,36	26.823,17	27.822,48	29.102,25	30.499,43
1000	28.641,67	28.223,76	29.113,55	30.223,90	31.645,88	33.198,34
1100	30.884,88	30.425,16	31.403,93	32.625,32	34.189,51	35.897,25
1200	33.128,09	32.626,56	33.694,31	35.026,74	36.733,14	38.596,16
1300	35.371,30	34.827,96	35.984,70	37.428,16	39.276,77	41.295,07
1400	37.614,52	37.029,35	38.275,08	39.829,58	41.820,40	43.993,97
1500	39.857,73	39.230,75	40.565,46	42.231,01	44.364,03	46.692,88
1600	42.100,94	41.432,15	42.855,84	44.632,43	46.907,66	49.391,79
1700	44.344,15	43.633,55	45.146,22	47.033,85	49.451,29	52.090,70
1800	46.587,36	45.834,95	47.436,60	49.435,27	51.994,91	54.789,61
1900	48.830,58	48.036,35	49.726,98	51.836,69	54.538,54	57.488,52
2000	51.073,79	50.237,75	52.017,36	54.238,11	57.082,17	60.187,43
2100	53.317,00	52.439,15	54.307,75	56.639,53	59.625,80	62.886,34
2200	55.560,21	54.640,55	56.598,13	59.040,95	62.169,43	65.585,25
2300	57.803,42	56.841,95	58.888,51	61.442,37	64.713,06	68.284,16
2400	60.046,63	59.043,35	61.178,89	63.843,79	67.256,69	70.983,07
2500	62.289,85	61.244,75	63.469,27	66.245,21	69.800,32	73.681,97

2600	64.533,06	63.446,14	65.759,65	68.646,63	72.343,95	76.380,88
2700	66.776,27	65.647,54	68.050,03	71.048,05	74.887,58	79.079,79
2800	69.019,48	67.848,94	70.340,41	73.449,48	77.431,21	81.778,70
2900	71.262,69	70.050,34	72.630,80	75.850,90	79.974,84	84.477,61
3000	73.505,91	72.251,74	74.921,18	78.252,32	82.518,46	87.176,52
3100	75.749,12	74.453,14	77.211,56	80.653,74	85.062,09	89.875,43
3200	77.992,33	76.654,54	79.501,94	83.055,16	87.605,72	92.574,34
3300	80.235,54	78.855,94	81.792,32	85.456,58	90.149,35	95.273,25
3400	82.478,75	81.057,34	84.082,70	87.858,00	92.692,98	97.972,16
3500	84.721,96	83.258,74	86.373,08	90.259,42	95.236,61	100.671,07
5000	118.370,14	116.279,73	120.728,80	126.280,73	133.391,05	141.154,70
10000	230.530,73	226.349,68	235.247,86	246.351,77	260.572,51	276.100,16
15000	342.691,32	336.419,64	349.766,92	366.422,81	387.753,96	411.045,61
20000	454.851,91	446.489,60	464.285,98	486.493,84	514.935,42	545.991,07
25000	567.012,50	556.559,56	578.805,04	606.564,88	642.116,88	680.936,52
30000	679.173,09	666.629,52	693.324,10	726.635,92	769.298,34	815.881,98

Nella Tabella 18 grammi di acqua all'anno si può notare come aumenta la quantità d'acqua prodotta annualmente all'aumentare della portata d'aria.

Tabella 18 grammi di acqua all'anno

Vp kg/h	grammi/ anno
100	104.078,81
200	133.643,25
300	163.215,83
400	192.771,05
500	222.335,13
600	251.899,20
700	281.463,28
800	311.027,35
900	340.591,42
1000	370.155,50
1100	399.719,57
1200	429.283,65
1300	458.847,72
1400	488.411,79
1500	517.975,87
1600	547.539,94
1700	577.104,01
1800	606.668,09
1900	636.232,16
2000	665.796,23
2100	695.360,31

Vp kg/h	grammi/ anno
2200	724.924,38
2300	754.488,46
2400	784.052,53
2500	813.616,60
2600	843.180,68
2700	872.744,75
2800	902.308,82
2900	931.872,90
3000	961.436,97
3100	991.001,04
3200	1.020.565,12
3300	1.050.129,19
3400	1.079.693,26
3500	1.109.257,34
5000	1.552.718,44
10000	3.030.922,11
15000	4.509.125,79
20000	5.987.329,46
25000	7.465.533,14
30000	8.943.736,81

CAPITOLO 4

Conclusioni

La reperibilità delle risorse idriche, specialmente nelle zone colpite da clima torrido e siccità, sta diventando sempre più problematica. Le riserve naturali stanno via via esaurendo e l'acqua non è presente in abbondanza in ogni paese. Per questo motivo il progetto presentato si pone come obiettivo la raccolta di acqua ottenuta mediante il processo di condensazione. Questa relazione pone solo le basi per un'analisi più completa e specifica che sia in grado di definire se la reale installazione del condensatore possa essere o meno conveniente. Prima di tutto si dovrà eseguire un'analisi economica prendendo in considerazione i costi di realizzazione e installazione.

Inoltre il condensatore in questione è alimentato da pannelli fotovoltaici durante le ore diurne; una batteria di accumulo immagazzina l'energia elettrica prodotta in eccesso durante il giorno in modo da poter alimentare il condensatore per delle ore la notte. La rete elettrica tradizionale è comunque presente e interverrà di giorno in caso di bisogno e durante la notte quando la batteria sarà scarica.

L'analisi multi obiettivo finale comprenderà un trade-off tra costi, emissione di anidride carbonica equivalente e quantità di acqua prodotta, in modo da poter trovare un ottimo che massimizza il risultato contenendo costi e emissioni.

Lo scopo del progetto è stato raggiunto, poiché è stato creato un modello in grado di restituire un valore di acqua prodotta al variare degli input e delle condizioni climatiche. Inoltre è stata effettuata un'analisi delle emissioni dettagliata che è anch'essa in grado di aggiornarsi al variare della lunghezza del condensatore.

Banalmente dal foglio di calcolo risulta che più aumenta la portata d'aria più aumenta la quantità d'acqua prodotta. Il passo successivo è quello di mettere insieme tutte le singole analisi su costi, condensatore, taglia dell'impianto fotovoltaico e della batteria e dimensionare il tutto. Infatti la portata in ingresso a un condensatore lungo un metro non può crescere all'infinito. Si arriverà ad un punto in cui la portata d'aria aumenterà e la quantità d'acqua inizierà a decrescere. La spiegazione di questo comportamento risiede nel fatto che ad un certo punto il condensatore arriverà al punto di saturazione e non riuscirà più a condensare tutta l'aria che gli passa attraverso.

BIBLIOGRAFIA

Emissioni di Co2 nel mondo (<http://www.co2now.org>), 15 gennaio 2014

Protocollo di Kyoto (<http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpeng.pdf>), 23 maggio 2014

Risparmio energetico in *Tesaurus del Nuovo Soggettario*, BNCF, marzo 2013

(<http://thes.bncf.firenze.sbn.it/>) 17 aprile 2014

Diagramma psicrometrico (<http://www.educhimica.it>) , 21 gennaio 2014

Environmental Product Declaration, Flygt 2610.171(<http://www.ittwww.com>)29 novembre 2014

McManus, M. (2011) Environmental consequences of the use of batteries in sustainable systems: battery production. In: 2nd International Conference on Microgeneration and Related Technologies, 2011-04-04 - 2011-04-06, University of Strathclyde, Glasgow.

Dubai Temperature (<http://weatherspark.com/#!/dashboard;ws=32855>), dicembre 2013

Whitepaper - Carbon Footprint (<http://www.pe-international.com>), marzo 2014

Divya Pandey, Madhoolika Agrawal, Jai Shanker Pandey” Carbon footprint: current methods of estimation” Environmental Monitoring and Assessment July 2011, Volume 178, Issue 1-4, pp 135-160

JUMIKIS, ALFREDS R. “AERIAL WELLS: SECONDARY SOURCES OF WATER” August 1965 - Volume 100 - Issue 2 - ppg 83-95

Sebastian Oberthür, Hermann E. Ott “The Kyoto Protocol: International Climate Policy for the 21st Century”

Walter Klöpffer “Life cycle assessment” December 1997, Volume 4, Issue 4, pp 223-228

APPENDICE

Tabella 1 Temperatura ambiente (Ta)

Hour [h]	month-1	month-2	month-3	month-4	month-5	month-6
1.00	17	18	21	24	28	30
2.00	17	18	20	24	27	30
3.00	17	18	20	23	27	29
4.00	16	17	20	23	26	29
5.00	16	17	19	23	26	28
6.00	16	17	19	22	26	28
7.00	15	16	19	23	26	29
8.00	16	17	20	25	29	31
9.00	18	19	22	27	32	34
10.00	20	21	24	30	34	36
11.00	21	23	26	31	35	37
12.00	22	24	27	31	36	38
13.00	23	24	27	31	36	38
14.00	23	24	27	31	35	37
15.00	23	24	26	31	35	37
16.00	22	23	26	30	34	36
17.00	22	23	25	30	34	36
18.00	21	22	25	29	33	35
19.00	20	21	24	28	32	34
20.00	20	21	23	27	31	33
21.00	20	21	23	27	31	33
22.00	19	20	22	26	30	32
23.00	18	20	22	26	28	32
0.00	18	19	21	25	28	31

Hour [h]	month-7	month-8	month-9	month-10	month-11	month-12
1.00	33	33	31	27	23	19
2.00	32	33	30	27	23	19
3.00	32	32	30	26	22	19
4.00	32	32	29	26	22	18
5.00	31	32	29	26	21	18
6.00	31	31	28	25	21	18
7.00	31	32	28	25	21	17
8.00	3	33	30	27	22	18
9.00	36	35	33	30	25	20
10.00	38	38	35	32	27	22
11.00	39	39	37	34	29	24
12.00	39	40	38	34	28	25
13.00	39	39	37	35	30	25
14.00	39	39	37	34	30	25
15.00	38	38	36	34	29	25
16.00	38	38	36	33	29	25
17.00	37	37	35	32	28	24
18.00	37	37	34	31	27	23
19.00	36	36	33	30	27	23
20.00	35	35	33	30	26	2
21.00	35	35	33	29	26	22
22.00	34	35	32	28	25	21
23.00	34	34	32	28	24	20
0.00	33	34	31	28	24	20

Tabella 2 Pressione ambientale (Pamb)

Hour [h]	month-1	month-2	month-3	month-4	month-5	month-6
1.00	1.017,8	1.015,9	1.013,0	1.009,7	1.005,1	999,5
2.00	1.017,6	1.015,6	1.012,7	1.009,3	1.004,9	999,1
3.00	1.017,4	1.015,3	1.012,3	1.009,0	1.004,7	999,0
4.00	1.017,2	1.015,2	1.012,3	1.009,0	1.005,1	999,1
5.00	1.017,3	1.015,3	1.012,5	1.009,2	1.005,1	999,4
6.00	1.017,6	1.015,7	1.012,9	1.009,7	1.005,5	999,8
7.00	1.018,2	1.016,3	1.013,5	1.010,2	1.006,0	1.000,3
8.00	1.018,8	1.017,0	1.014,2	1.010,8	1.006,5	1.000,7
9.00	1.019,4	1.017,6	1.014,7	1.011,2	1.006,8	1.000,8
10.00	1.019,8	1.017,9	1.014,9	1.011,4	1.006,9	1.000,8
11.00	1.019,6	1.017,8	1.014,8	1.011,3	1.006,8	1.000,7
12.00	1.018,8	1.017,1	1.014,3	1.010,9	1.006,4	1.000,0
13.00	1.017,8	1.016,3	1.013,6	1.010,4	1.006,0	999,9
14.00	1.017,1	1.015,5	1.012,3	1.009,8	1.005,4	999,4
15.00	1.016,7	1.014,9	1.012,3	1.009,2	1.005,0	999,0
16.00	1.016,8	1.014,7	1.012,1	1.008,9	1.004,6	998,6
17.00	1.016,8	1.014,9	1.012,1	1.008,8	1.004,4	998,4
18.00	1.017,1	1.015,1	1.012,3	1.009,0	1.004,5	998,5
19.00	1.017,6	1.015,5	1.012,6	1.009,3	1.004,8	998,8
20.00	1.018,0	1.016,0	1.013,0	1.009,6	1.005,1	999,1
21.00	1.018,3	1.015,9	1.013,4	1.010,0	1.005,5	999,5
22.00	1.018,4	1.015,9	1.013,6	1.010,3	1.005,9	1.000,0
23.00	1.018,3	1.016,3	1.013,5	1.010,3	1.005,9	1.000,0
0.00	1.018,0	1.016,1	1.013,3	1.010,0	1.005,6	999,7

Hour [h]	month-7	month-8	month-9	month-10	month-11	month-12
1.00	996,8	998,6	1.004,1	1.010,6	1.014,9	1.017,4
2.00	996,5	998,4	1.003,9	1.010,4	1.014,8	1.017,3
3.00	996,4	998,3	1.003,9	1.010,3	1.014,6	1.017,1
4.00	996,5	998,4	1.004,0	1.010,4	1.014,6	1.017,0
5.00	996,8	999,2	1.004,3	1.010,6	1.014,7	1.017,1
6.00	997,2	999,7	1.004,8	1.011,1	1.015,2	1.017,5
7.00	997,6	1.000,1	1.005,3	1.011,7	1.015,8	1.018,0
8.00	998,0	1.000,2	1.005,9	1.012,2	1.016,4	1.018,7
9.00	998,1	1.000,3	1.006,2	1.012,6	1.016,8	1.019,2
10.00	998,1	1.000,3	1.006,2	1.012,7	1.017,0	1.019,5
11.00	997,9	1.000,0	1.006,0	1.012,4	1.016,6	1.019,1
12.00	997,5	999,5	1.005,4	1.011,7	1.015,8	1.018,3
13.00	997,0	999,0	1.004,7	1.010,9	1.015,0	1.017,4
14.00	996,5	998,4	1.004,0	1.010,2	1.014,3	1.016,7
15.00	996,1	997,9	1.003,6	1.009,8	1.013,9	1.016,3
16.00	995,8	997,6	1.003,3	1.009,7	1.013,8	1.016,3
17.00	995,6	997,5	1.003,3	1.009,9	1.014,1	1.016,5
18.00	995,7	997,6	1.003,5	1.010,1	1.014,4	1.016,9
19.00	996,0	997,9	1.003,8	1.010,4	1.014,8	1.017,4
20.00	996,4	998,4	1.004,3	1.011,0	1.015,3	1.017,8
21.00	996,8	998,8	1.004,7	1.011,3	1.015,6	1.018,0
22.00	997,1	999,1	1.004,9	1.011,4	1.015,6	1.018,1
23.00	997,2	999,1	1.004,8	1.011,3	1.015,5	1.018,0
0.00	997,0	999,0	1.004,6	1.011,1	1.015,3	1.017,7

Tabella 3 Umidità relativa

Hour [h]	month-1	month-2	month-3	month-4	month-5	month-6
1.00	75%	74%	71%	65%	65%	68%
2.00	75%	75%	72%	69%	65%	68%
3.00	76%	76%	73%	66%	65%	69%
4.00	77%	77%	74%	67%	66%	69%
5.00	77%	77%	74%	67%	64%	68%
6.00	78%	77%	73%	66%	63%	66%
7.00	78%	77%	73%	64%	61%	64%
8.00	74%	73%	68%	59%	55%	58%
9.00	71%	69%	64%	54%	51%	53%
10.00	67%	65%	60%	52%	48%	50%
11.00	61%	60%	55%	47%	43%	46%
12.00	58%	57%	52%	45%	42%	45%
13.00	58%	56%	53%	47%	45%	48%
14.00	56%	55%	51%	46%	44%	47%
15.00	57%	56%	52%	47%	45%	49%
16.00	60%	59%	56%	50%	48%	52%
17.00	60%	60%	56%	51%	49%	53%
18.00	62%	62%	59%	53%	52%	55%
19.00	66%	66%	63%	57%	56%	59%
20.00	67%	67%	64%	59%	58%	61%
21.00	68%	69%	66%	61%	60%	63%
22.00	71%	71%	68%	63%	63%	66%
23.00	71%	73%	69%	63%	63%	66%
0.00	73%	73%	69%	63%	63%	67%

Hour [h]	month-7	month-8	month-9	month-10	month-11	month-12
1.00	67%	66%	70%	72%	72%	74%
2.00	67%	66%	70%	73%	73%	74%
3.00	68%	67%	71%	74%	74%	75%
4.00	69%	68%	72%	75%	75%	77%
5.00	68%	67%	72%	75%	75%	77%
6.00	66%	66%	71%	74%	75%	77%
7.00	65%	64%	69%	73%	74%	77%
8.00	59%	59%	63%	67%	70%	73%
9.00	54%	54%	57%	62%	66%	70%
10.00	51%	50%	53%	57%	62%	66%
11.00	47%	46%	48%	51%	55%	60%
12.00	46%	45%	46%	48%	53%	57%
13.00	49%	48%	48%	49%	53%	57%
14.00	49%	49%	49%	49%	52%	55%
15.00	50%	51%	51%	52%	54%	56%
16.00	53%	54%	56%	56%	58%	60%
17.00	54%	55%	56%	58%	59%	60%
18.00	56%	56%	57%	60%	61%	62%
19.00	59%	59%	59%	64%	64%	65%
20.00	60%	60%	63%	65%	65%	66%
21.00	62%	61%	64%	66%	66%	68%
22.00	64%	63%	65%	69%	69%	70%
23.00	64%	63%	67%	69%	69%	71%
0.00	65%	64%	67%	70%	70%	72%

Tabella 4 Coefficiente D

Hour [h]	month-1	month-2	month-3	month-4	month-5	month-6
1.00	6,13790	6,13786	6,13780	6,13773	6,13763	6,13752
2.00	6,13790	6,13786	6,13779	6,13772	6,13763	6,13751
3.00	6,13789	6,13785	6,13779	6,13772	6,13763	6,13751
4.00	6,13789	6,13785	6,13779	6,13772	6,13763	6,13751
5.00	6,13789	6,13785	6,13779	6,13772	6,13763	6,13751
6.00	6,13790	6,13786	6,13780	6,13773	6,13764	6,13752
7.00	6,13791	6,13787	6,13781	6,13774	6,13765	6,13753
8.00	6,13792	6,13789	6,13783	6,13775	6,13766	6,13754
9.00	6,13794	6,13790	6,13784	6,13776	6,13767	6,13754
10.00	6,13795	6,13790	6,13784	6,13777	6,13767	6,13754
11.00	6,13794	6,13790	6,13784	6,13777	6,13767	6,13754
12.00	6,13792	6,13789	6,13783	6,13776	6,13766	6,13753
13.00	6,13790	6,13787	6,13781	6,13775	6,13765	6,13752
14.00	6,13789	6,13785	6,13779	6,13773	6,13764	6,13751
15.00	6,13788	6,13784	6,13779	6,13772	6,13763	6,13751
16.00	6,13788	6,13784	6,13778	6,13771	6,13762	6,13750
17.00	6,13788	6,13784	6,13778	6,13771	6,13762	6,13749
18.00	6,13789	6,13785	6,13779	6,13772	6,13762	6,13749
19.00	6,13790	6,13785	6,13779	6,13772	6,13763	6,13750
20.00	6,13791	6,13786	6,13780	6,13773	6,13763	6,13751
21.00	6,13791	6,13786	6,13781	6,13774	6,13764	6,13752
22.00	6,13792	6,13786	6,13781	6,13774	6,13765	6,13753
23.00	6,13791	6,13787	6,13781	6,13774	6,13765	6,13753
0.00	6,13791	6,13787	6,13781	6,13774	6,13764	6,13752

Hour [h]	month-7	month-8	month-9	month-10	month-11	month-12
1.00	6,13746	6,13750	6,13761	6,13775	6,13784	6,13789
2.00	6,13745	6,13749	6,13761	6,13775	6,13784	6,13789
3.00	6,13745	6,13749	6,13761	6,13774	6,13784	6,13789
4.00	6,13745	6,13749	6,13761	6,13775	6,13784	6,13789
5.00	6,13746	6,13751	6,13762	6,13775	6,13784	6,13789
6.00	6,13747	6,13752	6,13763	6,13776	6,13785	6,13790
7.00	6,13748	6,13753	6,13764	6,13777	6,13786	6,13791
8.00	6,13748	6,13753	6,13765	6,13778	6,13787	6,13792
9.00	6,13749	6,13753	6,13766	6,13779	6,13788	6,13793
10.00	6,13749	6,13753	6,13766	6,13779	6,13789	6,13794
11.00	6,13748	6,13753	6,13765	6,13779	6,13788	6,13793
12.00	6,13747	6,13752	6,13764	6,13777	6,13786	6,13791
13.00	6,13746	6,13751	6,13763	6,13776	6,13784	6,13789
14.00	6,13745	6,13749	6,13761	6,13774	6,13783	6,13788
15.00	6,13744	6,13748	6,13760	6,13773	6,13782	6,13787
16.00	6,13744	6,13748	6,13760	6,13773	6,13782	6,13787
17.00	6,13743	6,13747	6,13760	6,13774	6,13782	6,13788
18.00	6,13744	6,13748	6,13760	6,13774	6,13783	6,13788
19.00	6,13744	6,13748	6,13761	6,13775	6,13784	6,13789
20.00	6,13745	6,13749	6,13762	6,13776	6,13785	6,13790
21.00	6,13746	6,13750	6,13763	6,13777	6,13786	6,13791
22.00	6,13747	6,13751	6,13763	6,13777	6,13786	6,13791
23.00	6,13747	6,13751	6,13763	6,13777	6,13785	6,13791
0.00	6,13746	6,13751	6,13762	6,13776	6,13785	6,13790

Tabella 5 Esponenziale

Hour [h]	month-1	month-2	month-3	month-4	month-5	month-6
1.00	3,175142	3,382036	4,075101	4,889029	6,192430	6,950535
2.00	3,175142	3,382036	3,831452	4,889029	5,841110	6,950535
3.00	3,175142	3,382036	3,831452	4,603261	5,841110	6,561977
4.00	2,979405	3,175142	3,831452	4,603261	5,507255	6,561977
5.00	2,979405	3,175142	3,600622	4,603261	5,507255	6,192430
6.00	2,979405	3,175142	3,600622	4,332165	5,507255	6,192430
7.00	2,794311	2,979405	3,600622	4,603261	5,507255	6,561977
8.00	2,979405	3,175142	3,831452	5,190131	6,561977	7,358917
9.00	3,382036	3,600622	4,332165	5,841110	7,787961	8,711532
10.00	3,831452	4,075101	4,889029	6,950535	8,711532	9,728520
11.00	4,075101	4,603261	5,507255	7,358917	9,207877	10,274446
12.00	4,332165	4,889029	5,841110	7,358917	9,728520	10,846667
13.00	4,603261	4,889029	5,841110	7,358917	9,728520	10,846667
14.00	4,603261	4,889029	5,841110	7,358917	9,207877	10,274446
15.00	4,603261	4,889029	5,507255	7,358917	9,207877	10,274446
16.00	4,332165	4,603261	5,507255	6,950535	8,711532	9,728520
17.00	4,332165	4,603261	5,190131	6,950535	8,711532	9,728520
18.00	4,075101	4,332165	5,190131	6,561977	8,238535	9,207877
19.00	3,831452	4,075101	4,889029	6,192430	7,787961	8,711532
20.00	3,831452	4,075101	4,603261	5,841110	7,358917	8,238535
21.00	3,831452	4,075101	4,603261	5,841110	7,358917	8,238535
22.00	3,600622	3,831452	4,332165	5,507255	6,950535	7,787961
23.00	3,382036	3,831452	4,332165	5,507255	6,192430	7,787961
0.00	3,382036	3,600622	4,075101	5,190131	6,192430	7,358917

Hour [h]	month-7	month-8	month-9	month-10	month-11	month-12
1.00	8,238535	8,238535	7,358917	5,841110	4,603261	3,600622
2.00	7,787961	8,238535	6,950535	5,841110	4,603261	3,600622
3.00	7,787961	7,787961	6,950535	5,507255	4,332165	3,600622
4.00	7,787961	7,787961	6,561977	5,507255	4,332165	3,382036
5.00	7,358917	7,787961	6,561977	5,507255	4,075101	3,382036
6.00	7,358917	7,358917	6,192430	5,190131	4,075101	3,382036
7.00	7,358917	7,787961	6,192430	5,190131	4,075101	3,175142
8.00	1,240955	8,238535	6,950535	5,841110	4,332165	3,382036
9.00	9,728520	9,207877	8,238535	6,950535	5,190131	3,831452
10.00	10,846667	10,846667	9,207877	7,787961	5,841110	4,332165
11.00	11,446227	11,446227	10,274446	8,711532	6,561977	4,889029
12.00	11,446227	12,074202	10,846667	8,711532	6,192430	5,190131
13.00	11,446227	11,446227	10,274446	9,207877	6,950535	5,190131
14.00	11,446227	11,446227	10,274446	8,711532	6,950535	5,190131
15.00	10,846667	10,846667	9,728520	8,711532	6,561977	5,190131
16.00	10,846667	10,846667	9,728520	8,238535	6,561977	5,190131
17.00	10,274446	10,274446	9,207877	7,787961	6,192430	4,889029
18.00	10,274446	10,274446	8,711532	7,358917	5,841110	4,603261
19.00	9,728520	9,728520	8,238535	6,950535	5,841110	4,603261
20.00	9,207877	9,207877	8,238535	6,950535	5,507255	1,155494
21.00	9,207877	9,207877	8,238535	6,561977	5,507255	4,332165
22.00	8,711532	9,207877	7,787961	6,192430	5,190131	4,075101
23.00	8,711532	8,711532	7,787961	6,192430	4,889029	3,831452
0.00	8,238535	8,711532	7,358917	6,192430	4,889029	3,831452

Tabella 6 Titolo di saturazione (Xs)

Hour [h]	month-1	month-2	month-3	month-4	month-5	month-6
1.00	12,19496	13,03088	15,81476	19,13391	24,55031	27,85058
2.00	12,19739	13,03479	14,85122	19,14170	23,11071	27,86219
3.00	12,19983	13,03871	14,85720	17,99611	23,11546	26,24190
4.00	11,43626	12,22669	14,85720	17,99611	21,73935	26,23917
5.00	11,43512	12,22546	13,93933	17,99246	21,73935	24,69536
6.00	11,43170	12,22057	13,93373	16,89560	21,73043	24,68513
7.00	10,70294	11,44654	13,92532	17,97420	21,71930	26,20649
8.00	11,41804	12,20470	14,82881	20,32792	26,03891	29,52739
9.00	12,98537	13,86817	16,81041	22,96195	31,13665	35,25736
10.00	14,74575	15,73699	19,03324	27,50964	35,03256	39,63446
11.00	15,71018	17,83663	21,52514	29,20455	37,15115	42,01262
12.00	16,74118	18,99097	22,88945	29,21660	39,40082	44,55247
13.00	17,83663	19,00632	22,90578	29,23169	39,41741	44,55723
14.00	17,84921	19,02170	22,93617	29,24980	37,20577	42,07075
15.00	17,85641	19,03324	21,57994	29,26795	37,22141	42,08867
16.00	16,77488	17,89249	21,58434	27,58057	35,11698	39,72701
17.00	16,77488	17,88887	20,30106	27,58341	35,12434	39,73545
18.00	15,74963	16,80363	20,29693	25,97194	33,11269	37,47736
19.00	14,77827	15,77499	19,07764	24,44452	31,20149	35,33169
20.00	14,77235	15,76705	17,92327	22,99955	29,39252	33,30055
21.00	14,76791	15,76864	17,91602	22,99013	29,38032	33,28656
22.00	13,85707	14,80350	16,82907	21,62399	27,66617	31,35823
23.00	12,99964	14,79755	16,83077	21,62399	24,53009	31,35823
0.00	13,00353	13,88902	15,80998	20,34449	24,53767	29,55822

Hour [h]	month-7	month-8	month-9	month-10	month-11	month-12
1.00	33,38121	33,31805	29,42306	22,97603	17,88887	13,87095
2.00	31,47352	33,32505	27,72353	22,98073	17,89068	13,87234
3.00	31,47683	31,41412	27,72353	21,62399	16,81210	13,87511
4.00	31,47352	31,41083	26,10622	21,62178	16,81210	13,01654
5.00	29,64799	31,38451	26,09812	21,61737	15,78769	13,01524
6.00	29,63557	29,55822	24,55790	20,32172	15,77975	13,01003
7.00	29,62317	31,35495	24,54525	20,30932	15,77023	12,19252
8.00	4,80404	33,26210	27,66617	22,93851	16,78163	12,99444
9.00	39,74811	37,40613	33,05399	27,47572	20,20452	14,75460
10.00	44,64303	44,53821	37,17454	30,94692	22,82668	16,72942
11.00	47,30772	47,20124	41,77729	34,83233	25,77047	18,95270
12.00	47,32806	50,02502	44,29710	34,85768	24,28258	20,17391
13.00	47,35350	47,25188	41,83477	36,99210	27,40814	20,19227
14.00	47,37898	47,28232	41,86578	34,91214	27,42782	20,20657
15.00	44,73876	44,65259	39,51729	34,92670	25,84168	20,21475
16.00	44,75315	44,66693	39,52981	32,93379	25,84433	20,21475
17.00	42,24159	42,15600	37,28801	31,03667	24,32473	19,00248
18.00	42,23708	42,15150	35,15750	29,24074	22,88712	17,85281
19.00	39,83695	39,75655	33,13692	27,53797	22,87780	17,84382
20.00	37,56081	37,48132	33,11961	27,52096	21,51421	4,38354
21.00	37,54488	37,46547	33,10577	25,91064	21,50766	16,75465
22.00	35,39513	37,45358	31,19824	24,39196	20,22908	15,73383
23.00	35,39139	35,32052	31,20149	24,39446	19,02170	14,77235
0.00	33,37418	35,32424	29,40778	24,39946	19,02554	14,77679

Tabella 7 Titolo entrata (Ta)

Hour [h]	month-1	month-2	month-3	month-4	month-5	month-6
1.00	9,146217	9,642850	11,228482	12,437044	15,957700	18,938393
2.00	9,148043	9,776095	10,692877	13,207774	15,021960	18,946286
3.00	9,271869	9,909421	10,845759	11,877436	15,025050	18,106910
4.00	8,805923	9,414550	10,994331	12,057397	14,347972	18,105028
5.00	8,805044	9,413608	10,315106	12,054947	13,913185	16,792845
6.00	8,916727	9,409841	10,171619	11,151098	13,690173	16,292183
7.00	8,348295	8,813836	10,165485	11,503487	13,248771	16,772151
8.00	8,449349	8,909433	10,083591	11,993475	14,321398	17,125889
9.00	9,219611	9,569037	10,758660	12,399452	15,879689	18,686399
10.00	9,879652	10,229042	11,419946	14,305012	16,815629	19,817230
11.00	9,583212	10,701979	11,838827	13,726138	15,974994	19,325805
12.00	9,709887	10,824853	11,902514	13,147472	16,548343	20,048614
13.00	10,345247	10,643539	12,140064	13,738892	17,737837	21,387471
14.00	9,995560	10,461932	11,697447	13,454910	16,370539	19,773251
15.00	10,178155	10,658616	11,221570	13,755935	16,749633	20,623446
16.00	10,064928	10,556568	12,087230	13,790284	16,856151	20,658046
17.00	10,064928	10,733325	11,368593	14,067541	17,210927	21,059787
18.00	9,764773	10,418249	11,975190	13,765128	17,218598	20,612546
19.00	9,753657	10,411491	12,018912	13,933375	17,472835	20,845699
20.00	9,897471	10,563927	11,470892	13,569732	17,047661	20,313333
21.00	10,042176	10,880362	11,824571	14,023982	17,628191	20,970531
22.00	9,838522	10,510482	11,443771	13,623112	17,429686	20,696433
23.00	9,229742	10,802213	11,613234	13,623112	15,453955	20,696433
0.00	9,492580	10,138988	10,908886	12,817030	15,458729	19,804009

Hour [h]	month-7	month-8	month-9	month-10	month-11	month-12
1.00	22,365411	21,989912	20,596144	16,542743	12,879990	10,264501
2.00	21,087259	21,994536	19,406473	16,775934	13,060198	10,265529
3.00	21,404243	21,047463	19,683708	16,001750	12,440955	10,406336
4.00	21,716730	21,359364	18,796478	16,216335	12,609076	10,022736
5.00	20,160631	21,027621	18,790649	16,213027	11,840770	10,021734
6.00	19,559478	19,508427	17,436109	15,038071	11,834812	10,017726
7.00	19,255060	20,067168	16,936222	14,825802	11,669967	9,388242
8.00	2,834381	19,624642	17,429686	15,368802	11,747144	9,485944
9.00	21,463978	20,199308	18,840772	17,034948	13,334985	10,328223
10.00	22,767947	22,269105	19,702505	17,639742	14,152543	11,041420
11.00	22,234629	21,712568	20,053100	17,764486	14,173758	11,371622
12.00	21,770907	22,511261	20,376665	16,731688	12,869769	11,499127
13.00	23,203217	22,680904	20,080689	18,126130	14,526315	11,509592
14.00	23,215700	23,168338	20,514234	17,106951	14,262466	11,113612
15.00	22,369379	22,772820	20,153819	18,161882	13,954509	11,320260
16.00	23,719171	24,120140	22,136695	18,442921	14,989711	12,128850
17.00	22,810459	23,185797	20,881285	18,001267	14,351589	11,401488
18.00	23,652763	23,604840	20,039776	17,544445	13,961143	11,068744
19.00	23,503801	23,456365	19,550783	17,624299	14,641793	11,598483
20.00	22,536483	22,488793	20,865353	17,888626	13,984238	2,893139
21.00	23,277827	22,853934	21,187693	17,101020	14,195057	11,393159
22.00	22,652880	23,595757	20,278857	16,830455	13,958067	11,013681
23.00	22,650488	22,251929	20,904999	16,832178	13,124970	10,488365
0.00	21,693217	22,607517	19,703215	17,079620	13,317880	10,639287

Tabella 8 Temperatura uscita (Tu)

Hour [h]	month-1	month-2	month-3	month-4	month-5	month-6
1.00	98,2265	98,2684	98,4336	98,4884	98,6607	98,6729
2.00	98,2214	98,2837	98,3509	98,5562	98,5893	98,6622
3.00	98,2402	98,2985	98,3620	98,4058	98,5840	98,6180
4.00	98,1402	98,2076	98,3828	98,4268	98,5421	98,6207
5.00	98,1427	98,2101	98,2883	98,4320	98,5055	98,5560
6.00	98,1744	98,2203	98,2765	98,3332	98,4968	98,5362
7.00	98,0643	98,1174	98,2918	98,3928	98,4697	98,5797
8.00	98,1043	98,1567	98,2977	98,4687	98,5785	98,6116
9.00	98,2843	98,3014	98,4151	98,5255	98,7023	98,6969
10.00	98,4157	98,4218	98,5105	98,7116	98,7644	98,7487
11.00	98,3583	98,4912	98,5597	98,6593	98,7088	98,7242
12.00	98,3593	98,4900	98,5537	98,5945	98,7344	98,7365
13.00	98,4375	98,4420	98,5622	98,6358	98,7919	98,7867
14.00	98,3622	98,3930	98,4745	98,5935	98,6958	98,7081
15.00	98,3812	98,4061	98,4139	98,6044	98,7081	98,7324
16.00	98,3655	98,3855	98,5152	98,5992	98,7035	98,7226
17.00	98,3655	98,4169	98,4276	98,6205	98,7186	98,7328
18.00	98,3228	98,3753	98,5076	98,5997	98,7218	98,7180
19.00	98,3343	98,3851	98,5208	98,6226	98,7443	98,7355
20.00	98,3699	98,4218	98,4652	98,5984	98,7284	98,7225
21.00	98,4023	98,4650	98,5197	98,6495	98,7721	98,7598
22.00	98,3706	98,4110	98,4780	98,6224	98,7722	98,7629
23.00	98,2565	98,4647	98,4966	98,6224	98,6482	98,7629
0.00	98,2982	98,3583	98,3982	98,5366	98,6403	98,7176

Hour [h]	month-7	month-8	month-9	month-10	month-11	month-12
1.00	98,7354	98,7724	98,8721	98,8491	98,6768	98,4137
2.00	98,6810	98,7670	98,8161	98,8579	98,6920	98,4111
3.00	98,6902	98,7294	98,8284	98,8063	98,6226	98,4277
4.00	98,7044	98,7440	98,7905	98,8230	98,6405	98,3636
5.00	98,6524	98,7536	98,7985	98,8283	98,5570	98,3662
6.00	98,6376	98,7046	98,7422	98,7606	98,5699	98,3764
7.00	98,6350	98,7399	98,7273	98,7609	98,5662	98,2786
8.00	93,8557	98,7236	98,7722	98,8149	98,5920	98,3159
9.00	98,7396	98,7510	98,8533	98,9335	98,7732	98,4726
10.00	98,7850	98,8292	98,8927	98,9704	98,8516	98,5852
11.00	98,7616	98,8014	98,9023	98,9690	98,8426	98,6185
12.00	98,7342	98,8153	98,8992	98,8910	98,7005	98,6131
13.00	98,7685	98,8071	98,8676	98,9470	98,8279	98,5900
14.00	98,7550	98,8062	98,8662	98,8721	98,7873	98,5192
15.00	98,7162	98,7796	98,8404	98,9186	98,7503	98,5358
16.00	98,7511	98,8130	98,9076	98,9301	98,8309	98,6343
17.00	98,7170	98,7818	98,8614	98,9130	98,7891	98,5517
18.00	98,7463	98,7976	98,8328	98,8939	98,7644	98,5184
19.00	98,7501	98,8013	98,8198	98,9065	98,8314	98,6010
20.00	98,7301	98,7840	98,8883	98,9372	98,7909	94,4909
21.00	98,7652	98,8072	98,9118	98,9017	98,8170	98,5913
22.00	98,7534	98,8389	98,8813	98,8885	98,7968	98,5434
23.00	98,7561	98,7953	98,9037	98,8859	98,7175	98,4647
0.00	98,7174	98,8046	98,8486	98,8950	98,7306	98,4791

Tabella 9 Logaritmo

Hour [h]	month-1	month-2	month-3	month-4	month-5	month-6
1.00	5,0481715	5,0496911	5,0556732	5,0576567	5,0638862	5,0643294
2.00	5,0479881	5,0502464	5,0526795	5,0601079	5,0613059	5,0639426
3.00	5,0486685	5,0507797	5,0530805	5,0546657	5,0611152	5,0623441
4.00	5,0450427	5,0474863	5,0538332	5,0554268	5,0595993	5,0624407
5.00	5,0451342	5,0475784	5,0504129	5,0556148	5,0582743	5,0601017
6.00	5,0462823	5,0479467	5,0499833	5,0520392	5,0579603	5,0593844
7.00	5,0422920	5,0442188	5,0505397	5,0541977	5,0569787	5,0609579
8.00	5,0437427	5,0456411	5,0507515	5,0569454	5,0609168	5,0621121
9.00	5,0502683	5,0508849	5,0550026	5,0589990	5,0653929	5,0651966
10.00	5,0550245	5,0552454	5,0584567	5,0657259	5,0676335	5,0670681
11.00	5,0529475	5,0577582	5,0602372	5,0638358	5,0656255	5,0661830
12.00	5,0529846	5,0577130	5,0600200	5,0614927	5,0665525	5,0666267
13.00	5,0558146	5,0559764	5,0603253	5,0629866	5,0686302	5,0684411
14.00	5,0530892	5,0542051	5,0571549	5,0614593	5,0651567	5,0656002
15.00	5,0537769	5,0546782	5,0549604	5,0618531	5,0656027	5,0664776
16.00	5,0532065	5,0539313	5,0586243	5,0616644	5,0654340	5,0661263
17.00	5,0532065	5,0550698	5,0554572	5,0624342	5,0659818	5,0664922
18.00	5,0516599	5,0535642	5,0583510	5,0616814	5,0660962	5,0659599
19.00	5,0520781	5,0539179	5,0588293	5,0625104	5,0669102	5,0665923
20.00	5,0533678	5,0552462	5,0568160	5,0616369	5,0663355	5,0661211
21.00	5,0545392	5,0568098	5,0587888	5,0634842	5,0679140	5,0674674
22.00	5,0533931	5,0548547	5,0572808	5,0625039	5,0679158	5,0675795
23.00	5,0492602	5,0567994	5,0579537	5,0625039	5,0634359	5,0675795
0.00	5,0507685	5,0529467	5,0543925	5,0594015	5,0631498	5,0659440

Hour [h]	month-7	month-8	month-9	month-10	month-11	month-12
1.00	5,0665877	5,0679231	5,0715261	5,0706948	5,0644690	5,0549521
2.00	5,0646227	5,0677286	5,0695018	5,0710101	5,0650209	5,0548597
3.00	5,0649532	5,0663724	5,0699465	5,0691492	5,0625092	5,0554580
4.00	5,0654662	5,0668982	5,0685765	5,0697529	5,0631593	5,0531397
5.00	5,0635864	5,0672460	5,0688652	5,0699432	5,0601366	5,0532321
6.00	5,0630533	5,0654752	5,0668327	5,0674974	5,0606035	5,0536012
7.00	5,0629593	5,0667506	5,0662956	5,0675105	5,0604716	5,0500614
8.00	4,8876632	5,0661627	5,0679158	5,0694594	5,0614050	5,0514116
9.00	5,0667402	5,0671525	5,0708452	5,0737418	5,0679513	5,0570848
10.00	5,0683794	5,0699770	5,0722684	5,0750726	5,0707847	5,0611593
11.00	5,0675327	5,0689712	5,0726148	5,0750216	5,0704586	5,0623612
12.00	5,0665439	5,0694747	5,0725042	5,0722069	5,0653267	5,0621679
13.00	5,0677833	5,0691777	5,0713637	5,0742266	5,0699270	5,0613315
14.00	5,0672959	5,0691467	5,0713118	5,0715239	5,0684621	5,0587718
15.00	5,0658931	5,0681847	5,0703783	5,0732034	5,0671251	5,0593711
16.00	5,0671545	5,0693912	5,0728055	5,0736168	5,0700386	5,0629353
17.00	5,0659212	5,0682637	5,0711384	5,0730001	5,0685270	5,0599461
18.00	5,0669808	5,0688344	5,0701041	5,0723128	5,0676358	5,0587434
19.00	5,0671168	5,0689697	5,0696375	5,0727666	5,0700563	5,0617300
20.00	5,0663960	5,0683434	5,0721108	5,0738730	5,0685930	4,9112544
21.00	5,0676654	5,0691802	5,0729562	5,0725948	5,0695346	5,0613773
22.00	5,0672377	5,0703258	5,0718574	5,0721183	5,0688054	5,0596450
23.00	5,0673351	5,0687530	5,0726636	5,0720231	5,0659416	5,0567985
0.00	5,0659378	5,0690869	5,0706751	5,0723512	5,0664149	5,0573200

Tabella 10 Errore quadratico

Hour [h]	month-1	month-2	month-3	month-4	month-5	month-6
1.00	3,9417E-06	2,5061E-06	6,6033E-07	1,7910E-08	3,8430E-09	2,9636E-09
2.00	3,1559E-06	3,1853E-06	3,1683E-08	6,3314E-10	1,6257E-06	2,1427E-09
3.00	4,8563E-06	2,4631E-06	4,3078E-07	3,7720E-08	1,6138E-06	3,6283E-07
4.00	1,2963E-06	6,0792E-07	1,3404E-06	4,2586E-09	1,3386E-08	3,6028E-07
5.00	1,3015E-06	6,0426E-07	1,1133E-07	3,8343E-09	3,3451E-08	4,1100E-07
6.00	1,2689E-06	5,8969E-07	7,4530E-07	1,2320E-09	1,9442E-06	9,6544E-09
7.00	3,4313E-07	1,7297E-07	7,0892E-07	2,3264E-08	1,4752E-08	5,6585E-07
8.00	7,4424E-06	3,1353E-06	2,3143E-08	6,8504E-10	4,2040E-08	5,9268E-07
9.00	4,6878E-06	1,7715E-06	3,4411E-08	2,8152E-08	3,9553E-08	1,3755E-07
10.00	5,5051E-06	6,5258E-07	1,0116E-07	1,5799E-08	3,7772E-07	1,9267E-07
11.00	2,1747E-06	2,1720E-06	1,2693E-06	1,1893E-08	2,7604E-10	4,0522E-09
12.00	2,4003E-06	1,5713E-06	8,5114E-07	8,8120E-09	1,3468E-06	3,3909E-07
13.00	6,6687E-06	3,0341E-06	1,6150E-06	1,5504E-08	4,4026E-08	3,9225E-08
14.00	7,0862E-06	2,5596E-06	8,8237E-07	2,0518E-08	1,0387E-06	1,5442E-07
15.00	1,2865E-06	2,8335E-06	6,8461E-07	2,0762E-08	6,7379E-07	2,4336E-08
16.00	5,7264E-06	3,4459E-06	1,1754E-07	3,1558E-08	2,2461E-07	1,9533E-08
17.00	5,7264E-06	1,7092E-06	1,5399E-07	9,0572E-09	6,8303E-08	4,6070E-07
18.00	3,0619E-06	1,9784E-06	2,6559E-07	2,3417E-08	6,3182E-08	2,6633E-08
19.00	2,8890E-06	1,8882E-06	8,2421E-08	3,2831E-08	7,9157E-07	4,7155E-08
20.00	5,9213E-06	3,4646E-06	9,5193E-08	6,6741E-09	2,0660E-08	2,1662E-07
21.00	6,4212E-06	4,8505E-06	1,3122E-06	5,6544E-10	1,6721E-06	2,0097E-07
22.00	4,5089E-06	3,1121E-06	9,3157E-08	6,3037E-10	3,8865E-07	1,7253E-08
23.00	4,7464E-06	1,3014E-06	3,8866E-07	6,2990E-10	1,4253E-08	1,7253E-08
0.00	2,8971E-06	7,3259E-07	8,7842E-07	7,6059E-08	1,1390E-08	1,7881E-07
Somma	9,5314E-05	5,0342E-05	1,2877E-05	3,9240E-07	1,2067E-05	4,3837E-06

Hour [h]	month-7	month-8	month-9	month-10	month-11	month-12
1.00	2,6866E-06	4,5979E-08	1,0901E-07	1,2518E-07	6,7068E-08	2,1597E-06
2.00	6,1776E-07	4,5707E-08	1,5613E-07	8,7669E-08	9,6675E-09	2,1319E-06
3.00	8,0715E-07	4,5266E-08	6,6956E-08	7,2887E-08	7,2880E-08	1,2596E-07
4.00	7,5084E-07	8,3754E-08	4,9197E-08	1,3884E-07	4,9890E-09	2,0271E-05
5.00	4,0557E-05	4,1938E-08	4,5521E-08	1,3821E-07	1,0273E-08	2,0413E-05
6.00	1,2164E-04	4,7476E-09	5,9714E-08	3,0662E-07	1,3269E-08	2,0985E-05
7.00	2,1167E-04	5,5581E-08	5,7168E-08	3,2238E-08	4,3052E-09	1,4397E-04
8.00	1,4303E-04	1,6616E-07	7,4178E-08	8,3545E-09	3,9465E-08	1,0971E-04
9.00	8,2860E-07	1,3220E-08	8,0818E-08	8,2817E-08	5,2345E-08	8,5181E-07
10.00	1,3001E-05	3,7380E-08	6,2800E-08	1,2424E-07	7,9553E-11	1,0623E-05
11.00	1,5014E-06	6,9494E-08	4,7776E-08	1,0439E-07	1,4718E-10	4,8365E-06
12.00	7,1732E-07	4,4499E-08	9,3124E-08	9,2569E-08	6,8418E-08	1,5076E-06
13.00	2,9594E-05	5,4393E-08	5,0066E-08	1,0111E-07	2,8402E-08	1,2665E-06
14.00	3,0128E-05	6,1960E-08	1,0806E-07	8,9557E-08	1,2540E-08	1,0579E-05
15.00	2,7678E-06	5,9795E-08	5,8207E-08	1,1219E-07	4,6591E-09	6,2488E-06
16.00	6,3278E-05	5,5479E-08	7,8868E-08	1,0921E-07	7,0740E-09	1,5974E-04
17.00	1,4563E-05	6,1124E-08	6,9516E-08	8,1721E-08	4,1822E-08	4,0197E-06
18.00	6,1713E-05	4,7620E-08	4,6688E-08	1,3254E-07	4,9067E-09	1,0730E-05
19.00	4,8771E-05	4,7668E-08	1,0224E-07	1,2621E-07	2,0713E-08	1,0970E-10
20.00	5,7771E-06	4,3247E-08	7,2433E-08	8,6294E-08	5,6492E-09	7,2968E-05
21.00	3,2910E-05	6,3567E-08	7,3650E-08	8,8576E-08	1,0702E-09	4,2723E-06
22.00	8,9908E-06	4,7354E-08	7,6793E-08	8,2692E-08	4,7270E-09	1,0362E-05
23.00	8,9154E-06	3,7342E-08	6,5809E-08	8,2590E-08	1,5626E-10	3,6341E-08
0.00	7,6463E-07	4,9759E-08	6,3107E-08	8,6382E-08	4,6082E-08	1,4021E-06
Somma	8,4597E-04	1,2830E-06	1,7678E-06	2,4931E-06	5,2071E-07	6,1921E-04

Tabella 11 Titolo in uscita (Xu)

Hour [h]	month-1	month-2	month-3	month-4	month-5	month-6
1.00	9,020854	9,517948	11,104945	12,314926	15,837425	18,819075
2.00	9,022683	9,651186	10,568898	13,085623	14,901238	18,826973
3.00	9,146499	9,784505	10,721776	11,754876	14,904331	17,987137
4.00	8,680120	9,289196	10,870338	11,934827	14,226791	17,985254
5.00	8,679240	9,288253	10,190677	11,932374	13,792022	16,672620
6.00	8,790908	9,284481	10,047195	11,028091	13,569014	16,171967
7.00	8,222047	8,688044	10,041053	11,380933	13,127625	16,652397
8.00	8,323563	8,784103	9,959638	11,871848	14,201644	17,007082
9.00	9,094702	9,444601	10,635614	12,278760	15,761320	18,568996
10.00	9,755643	10,105512	11,297817	14,185676	16,698193	19,700765
11.00	9,459712	10,579378	11,717637	13,607309	15,858066	19,209833
12.00	9,586868	10,702734	11,781809	13,028673	16,431885	19,933118
13.00	10,222671	10,521443	12,019355	13,620074	17,621351	21,271951
14.00	9,873021	10,339860	11,576780	13,336112	16,253618	19,657287
15.00	10,055607	10,536537	11,100451	13,637131	16,632706	20,507471
16.00	9,941905	10,434018	11,966062	13,671002	16,738745	20,541594
17.00	9,941905	10,610759	11,246986	13,948248	17,093514	20,943330
18.00	9,641290	10,295222	11,853544	13,645364	17,100701	20,495615
19.00	9,629687	10,287978	11,896779	13,813118	17,354446	20,728277
20.00	9,773484	10,440396	11,348304	13,449005	16,928798	20,195436
21.00	9,918173	10,756810	11,701957	13,903231	17,509307	20,852616
22.00	9,714053	10,386475	11,320695	13,501892	17,310321	20,578035
23.00	9,104846	10,678180	11,490149	13,501892	15,333686	20,578035
0.00	9,367664	10,014525	10,785366	12,695370	15,338464	19,685151

Hour [h]	month-7	month-8	month-9	month-10	month-11	month-12
1.00	22,247507	21,871990	20,477212	16,421896	12,757299	10,140011
2.00	20,968901	21,876617	19,287086	16,655082	12,937500	10,141040
3.00	21,285880	20,929081	19,564316	15,880442	12,317809	10,281839
4.00	21,598360	21,240975	18,676622	16,095019	12,485921	9,897789
5.00	20,041805	20,909227	18,670789	16,091708	11,717174	9,896785
6.00	19,440659	19,389575	17,315795	14,916304	11,711209	9,892772
7.00	19,136242	19,948781	16,815915	14,704034	11,546367	9,262854
8.00	2,704380	19,506744	17,310321	15,247972	11,624013	9,361020
9.00	21,347517	20,082360	18,722812	16,915505	13,213212	10,204186
10.00	22,652428	22,153564	19,585489	17,521245	14,031694	10,918292
11.00	22,119602	21,597522	19,937043	17,646952	14,053877	11,249442
12.00	21,655893	22,396690	20,261091	16,614191	12,749475	11,377431
13.00	23,088187	22,565855	19,964648	18,009088	14,406923	11,387906
14.00	23,100676	23,053290	20,398194	16,989463	14,143093	10,991961
15.00	22,253893	22,657303	20,037310	18,044372	13,834673	11,198600
16.00	23,603668	24,004607	22,020154	18,324924	14,869836	12,007142
17.00	22,694491	23,069798	20,764284	17,882797	14,231252	11,279340
18.00	23,536781	23,488833	19,922307	17,425503	13,840337	10,946130
19.00	23,387335	23,339875	19,432839	17,504869	14,520954	11,475829
20.00	22,419545	22,371830	20,747376	17,769181	13,862937	2,762352
21.00	23,160872	22,736960	21,069705	16,981110	14,073743	11,270029
22.00	22,535450	23,478767	20,160402	16,710070	13,836282	10,890092
23.00	22,533056	22,134478	20,786533	16,711795	13,002741	10,364332
0.00	21,575322	22,490062	19,584294	16,959232	13,195645	10,515247

Tabella 12 Acqua prodotta (q_{H_2O})

Hour [h]	month-1	month-2	month-3	month-4	month-5	month-6
1.00	0,00348231	0,00346949	0,00343157	0,00339217	0,00334097	0,00331438
2.00	0,00348224	0,00346969	0,00344384	0,00339308	0,00335340	0,00331424
3.00	0,00348249	0,00346989	0,00344399	0,00340445	0,00335332	0,00332703
4.00	0,00349453	0,00348205	0,00344427	0,00340473	0,00336614	0,00332706
5.00	0,00349456	0,00348209	0,00345638	0,00340480	0,00336565	0,00333957
6.00	0,00349498	0,00348222	0,00345622	0,00341685	0,00336553	0,00333931
7.00	0,00350689	0,00349422	0,00345643	0,00340427	0,00336517	0,00332651
8.00	0,00349405	0,00348137	0,00344313	0,00337854	0,00332650	0,00330019
9.00	0,00346970	0,00345655	0,00341795	0,00335254	0,00328802	0,00326120
10.00	0,00344471	0,00343141	0,00339247	0,00331490	0,00326210	0,00323514
11.00	0,00343056	0,00340559	0,00336638	0,00330082	0,00324798	0,00322143
12.00	0,00341720	0,00339219	0,00335292	0,00329996	0,00323495	0,00320822
13.00	0,00340487	0,00339155	0,00335303	0,00330051	0,00323572	0,00320889
14.00	0,00340386	0,00339090	0,00335186	0,00329995	0,00324781	0,00322122
15.00	0,00340412	0,00339107	0,00336442	0,00330009	0,00324797	0,00322154
16.00	0,00341728	0,00340417	0,00336578	0,00331340	0,00326129	0,00323479
17.00	0,00341728	0,00340459	0,00337798	0,00331368	0,00326149	0,00323493
18.00	0,00343009	0,00341741	0,00337905	0,00332678	0,00327491	0,00324811
19.00	0,00344362	0,00343092	0,00339261	0,00334046	0,00328859	0,00326172
20.00	0,00344409	0,00343141	0,00340524	0,00335352	0,00330175	0,00327492
21.00	0,00344453	0,00343199	0,00340597	0,00335420	0,00330233	0,00327542
22.00	0,00345748	0,00344464	0,00341879	0,00336721	0,00331571	0,00328883
23.00	0,00346933	0,00344536	0,00341904	0,00336721	0,00334081	0,00328883
0.00	0,00346989	0,00345732	0,00343110	0,00337944	0,00334070	0,00330161

Hour [h]	month-7	month-8	month-9	month-10	month-11	month-12
1.00	0,00327509	0,00327558	0,00330367	0,00335687	0,00340807	0,00345806
2.00	0,00328774	0,00327551	0,00331630	0,00335699	0,00340827	0,00345802
3.00	0,00328786	0,00328839	0,00331646	0,00336967	0,00342072	0,00345824
4.00	0,00328805	0,00328858	0,00332933	0,00336990	0,00342096	0,00347077
5.00	0,00330074	0,00328871	0,00332944	0,00336997	0,00343322	0,00347080
6.00	0,00330054	0,00330143	0,00334206	0,00338244	0,00343339	0,00347094
7.00	0,00330051	0,00328853	0,00334186	0,00338244	0,00343334	0,00348301
8.00	0,00361112	0,00327493	0,00331571	0,00335641	0,00342031	0,00347013
9.00	0,00323502	0,00324855	0,00327667	0,00331787	0,00338261	0,00344547
10.00	0,00320887	0,00320946	0,00325044	0,00329161	0,00335690	0,00342022
11.00	0,00319518	0,00319571	0,00322382	0,00326484	0,00333003	0,00339391
12.00	0,00319482	0,00318252	0,00321040	0,00326380	0,00334151	0,00338047
13.00	0,00319528	0,00319579	0,00322335	0,00325117	0,00331646	0,00338016
14.00	0,00319510	0,00319578	0,00322333	0,00326354	0,00331591	0,00337921
15.00	0,00320795	0,00320880	0,00323636	0,00326416	0,00332880	0,00337943
16.00	0,00320842	0,00320925	0,00323726	0,00327769	0,00332987	0,00338076
17.00	0,00322134	0,00322221	0,00325002	0,00329084	0,00334269	0,00339302
18.00	0,00322173	0,00322242	0,00326302	0,00330396	0,00335574	0,00340595
19.00	0,00323516	0,00323584	0,00327622	0,00331751	0,00335663	0,00340706
20.00	0,00324827	0,00324899	0,00327714	0,00331792	0,00336947	0,00363299
21.00	0,00324874	0,00324930	0,00327745	0,00333082	0,00336982	0,00342030
22.00	0,00326196	0,00324972	0,00329042	0,00334402	0,00338292	0,00343304
23.00	0,00326199	0,00326252	0,00329072	0,00334399	0,00339524	0,00344536
0.00	0,00327485	0,00326264	0,00330336	0,00334411	0,00339541	0,00344556

Tabella 13 Load satisfaction

Hour [h]	month-1	month-2	month-3	month-4	month-5	month-6
1.00	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	34,03%	81,41%
2.00	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
3.00	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
4.00	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	2,94%
5.00	0,00%	0,00%	0,00%	4,02%	20,55%	28,88%
6.00	0,00%	0,00%	23,70%	45,82%	66,22%	69,43%
7.00	9,46%	60,04%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
8.00	80,54%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
9.00	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
10.00	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
11.00	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
12.00	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
13.00	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
14.00	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
15.00	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
16.00	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
17.00	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
18.00	97,31%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
19.00	0,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
20.00	0,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
21.00	0,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
22.00	0,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
23.00	0,00%	95,81%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
0.00	0,00%	0,00%	56,91%	100,00%	100,00%	100,00%

Hour [h]	month-7	month-8	month-9	month-10	month-11	month-12
1.00	93,18%	81,96%	50,27%	0,00%	0,00%	0,00%
2.00	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
3.00	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
4.00	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
5.00	23,50%	9,29%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
6.00	64,71%	52,11%	24,05%	0,00%	0,00%	0,00%
7.00	100,00%	100,00%	99,44%	53,23%	8,01%	0,00%
8.00	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	73,88%	47,65%
9.00	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
10.00	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
11.00	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
12.00	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
13.00	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
14.00	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
15.00	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
16.00	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
17.00	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
18.00	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
19.00	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	79,89%	19,50%
20.00	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	0,00%	0,00%
21.00	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	0,00%	0,00%
22.00	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	0,00%	0,00%
23.00	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	0,00%	0,00%
0.00	100,00%	100,00%	98,68%	1,30%	0,00%	0,00%

Tabella 14 Acqua effettiva in grammi

Hour [h]	month-1	month-2	month-3	month-4	month-5	month-6
1.00	12,536298	12,490163	12,353653	12,211828	12,027501	11,931782
2.00	12,536055	12,490901	12,397828	12,215091	12,072222	11,931266
3.00	12,536958	12,491610	12,398360	12,256003	12,071968	11,977293
4.00	12,580299	12,535390	12,399360	12,257016	12,118103	11,977422
5.00	12,580420	12,535512	12,442969	12,257266	12,116339	12,022463
6.00	12,581945	12,536001	12,442397	12,300666	12,115924	12,021507
7.00	12,624802	12,579206	12,443137	12,255381	12,114615	11,975448
8.00	12,578569	12,532937	12,395265	12,162726	11,975391	11,880671
9.00	12,490929	12,443595	12,304607	12,069149	11,836888	11,740317
10.00	12,400943	12,353084	12,212892	11,933642	11,743565	11,646500
11.00	12,350027	12,260116	12,118950	11,882969	11,692732	11,597165
12.00	12,301920	12,211901	12,070506	11,879848	11,645814	11,549602
13.00	12,257528	12,209589	12,070912	11,881837	11,648582	11,552020
14.00	12,253902	12,207233	12,066693	11,879804	11,692109	11,596389
15.00	12,254820	12,207862	12,111929	11,880328	11,692703	11,597558
16.00	12,302214	12,255024	12,116805	11,928231	11,740633	11,645245
17.00	12,302214	12,256539	12,160745	11,929257	11,741362	11,645733
18.00	12,348314	12,302691	12,164596	11,976409	11,789670	11,693178
19.00	12,397025	12,351317	12,213388	12,025669	11,838912	11,742176
20.00	12,398739	12,353083	12,258864	12,072661	11,886299	11,789704
21.00	12,400297	12,355163	12,261488	12,075121	11,888406	11,791498
22.00	12,446928	12,400718	12,307638	12,121971	11,936562	11,839803
23.00	12,489589	12,403306	12,308533	12,121971	12,026902	11,839803
0.00	12,491595	12,446337	12,351949	12,165995	12,026521	11,885778

Hour [h]	month-7	month-8	month-9	month-10	month-11	month-12
1.00	11,790328	11,792105	11,893221	12,084733	12,269055	12,449008
2.00	11,835863	11,791846	11,938676	12,085153	12,269790	12,448885
3.00	11,836304	11,838194	11,939269	12,130827	12,314598	12,449679
4.00	11,836987	11,838895	11,985598	12,131632	12,315465	12,494758
5.00	11,882647	11,839358	11,985982	12,131886	12,359595	12,494881
6.00	11,881945	11,885153	12,031428	12,176781	12,360216	12,495372
7.00	11,881826	11,838698	12,030712	12,176797	12,360041	12,538834
8.00	13,000021	11,789759	11,936562	12,083085	12,313129	12,492471
9.00	11,646064	11,694768	11,796002	11,944332	12,177384	12,403689
10.00	11,551943	11,554068	11,701590	11,849797	12,084852	12,312795
11.00	11,502655	11,504571	11,605741	11,753419	11,988107	12,218087
12.00	11,501337	11,457087	11,557439	11,749663	12,029421	12,169676
13.00	11,502997	11,504847	11,604072	11,704203	11,939242	12,168563
14.00	11,502347	11,504805	11,604003	11,748752	11,937289	12,165151
15.00	11,548626	11,551678	11,650913	11,750993	11,983662	12,165950
16.00	11,550318	11,553287	11,654151	11,799699	11,987547	12,170722
17.00	11,596822	11,599939	11,700082	11,847032	12,033686	12,214872
18.00	11,598242	11,600699	11,746858	11,894270	12,080654	12,261424
19.00	11,646577	11,649035	11,794391	11,943031	12,083881	12,265406
20.00	11,693763	11,696355	11,797690	11,944507	12,130085	13,078759
21.00	11,695461	11,697471	11,798818	11,990957	12,131340	12,313088
22.00	11,743041	11,698999	11,845507	12,038476	12,178523	12,358935
23.00	11,743171	11,745057	11,846583	12,038349	12,222861	12,403307
0.00	11,789460	11,745502	11,892085	12,038787	12,223492	12,403999

Tabella 15 grammi al mese

Hour [h]	month-1	month-2	month-3	month-4	month-5	month-6
grammi/giorno	298,442	297,209	294,373	289,741	285,440	282,870
grammi/mese	8.953,270	8.916,278	8.831,204	8.692,225	8.563,192	8.486,110

Hour [h]	month-7	month-8	month-9	month-10	month-11	month-12
grammi/giorno	281,759	280,372	283,337	287,037	291,774	296,938
grammi/mese	8.452,762	8.411,165	8.500,121	8.611,115	8.753,217	8.908,149

Tabella 16 grammi all'anno

grammi/anno	104.078,809
-------------	--------------------

Tabella 17 quantità d'acqua

Vp kg/h	month-1	month-2	month-3	month-4	month-5	month-6
100	8.953,27	8.916,28	8.831,20	8.692,23	8.563,19	8.486,11
200	11.697,56	11.623,18	11.452,94	11.174,88	10.916,71	10.762,49
300	14.442,13	14.331,24	14.074,85	13.657,99	13.272,90	13.039,04
400	17.185,13	17.036,97	16.696,39	16.140,18	15.623,76	15.315,23
500	19.929,09	19.743,86	19.318,12	18.622,83	17.977,28	17.591,61
600	22.673,04	22.450,76	21.939,85	21.105,48	20.330,80	19.867,98
700	25.416,99	25.157,65	24.561,58	23.588,13	22.684,32	22.144,36
800	28.160,94	27.864,55	27.183,31	26.070,78	25.037,84	24.420,73
900	30.904,90	30.571,44	29.805,04	28.553,43	27.391,36	26.697,11
1000	33.648,85	33.278,33	32.426,77	31.036,08	29.744,89	28.973,48
1100	36.392,80	35.985,23	35.048,50	33.518,73	32.098,41	31.249,86
1200	39.136,75	38.692,12	37.670,23	36.001,38	34.451,93	33.526,23
1300	41.880,70	41.399,02	40.291,95	38.484,03	36.805,45	35.802,61
1400	44.624,66	44.105,91	42.913,68	40.966,68	39.158,97	38.078,98
1500	47.368,61	46.812,81	45.535,41	43.449,33	41.512,49	40.355,36
1600	50.112,56	49.519,70	48.157,14	45.931,98	43.866,02	42.631,73
1700	52.856,51	52.226,60	50.778,87	48.414,63	46.219,54	44.908,11
1800	55.600,47	54.933,49	53.400,60	50.897,28	48.573,06	47.184,48
1900	58.344,42	57.640,39	56.022,33	53.379,93	50.926,58	49.460,86
2000	61.088,37	60.347,28	58.644,06	55.862,58	53.280,10	51.737,23
2100	63.832,32	63.054,18	61.265,79	58.345,23	55.633,62	54.013,60
2200	66.576,28	65.761,07	63.887,52	60.827,88	57.987,15	56.289,98
2300	69.320,23	68.467,96	66.509,24	63.310,53	60.340,67	58.566,35
2400	72.064,18	71.174,86	69.130,97	65.793,18	62.694,19	60.842,73
2500	74.808,13	73.881,75	71.752,70	68.275,83	65.047,71	63.119,10

2600	77.552,09	76.588,65	74.374,43	70.758,48	67.401,23	65.395,48
2700	80.296,04	79.295,54	76.996,16	73.241,13	69.754,75	67.671,85
2800	83.039,99	82.002,44	79.617,89	75.723,78	72.108,27	69.948,23
2900	85.783,94	84.709,33	82.239,62	78.206,43	74.461,80	72.224,60
3000	88.527,90	87.416,23	84.861,35	80.689,08	76.815,32	74.500,98
3100	91.271,85	90.123,12	87.483,08	83.171,73	79.168,84	76.777,35
3200	94.015,80	92.830,02	90.104,81	85.654,38	81.522,36	79.053,73
3300	96.759,75	95.536,91	92.726,53	88.137,03	83.875,88	81.330,10
3400	99.503,70	98.243,80	95.348,26	90.619,68	86.229,40	83.606,48
3500	102.247,66	100.950,70	97.969,99	93.102,33	88.582,93	85.882,85
5000	143.406,94	141.554,12	137.295,93	130.342,08	123.885,75	120.028,47
10000	280.604,56	276.898,85	268.382,37	254.474,59	241.561,83	233.847,21
15000	417.802,18	412.243,58	399.468,82	378.607,09	359.237,90	347.665,95
20000	554.999,79	547.588,30	530.555,27	502.739,60	476.913,98	461.484,68
25000	692.197,41	682.933,03	661.641,72	626.872,10	594.590,06	575.303,42
30000	829.395,03	818.277,76	792.728,16	751.004,61	712.266,14	689.122,16

Tabella 18 grammi di acqua all'anno

Vp kg/h	grammi/ anno
100	104.078,81
200	133.643,25
300	163.215,83
400	192.771,05
500	222.335,13
600	251.899,20
700	281.463,28
800	311.027,35
900	340.591,42
1000	370.155,50
1100	399.719,57
1200	429.283,65
1300	458.847,72
1400	488.411,79
1500	517.975,87
1600	547.539,94
1700	577.104,01
1800	606.668,09
1900	636.232,16
2000	665.796,23
2100	695.360,31

Vp kg/h	grammi/ anno
2200	724.924,38
2300	754.488,46
2400	784.052,53
2500	813.616,60
2600	843.180,68
2700	872.744,75
2800	902.308,82
2900	931.872,90
3000	961.436,97
3100	991.001,04
3200	1.020.565,12
3300	1.050.129,19
3400	1.079.693,26
3500	1.109.257,34
5000	1.552.718,44
10000	3.030.922,11
15000	4.509.125,79
20000	5.987.329,46
25000	7.465.533,14
30000	8.943.736,81