



Agenzia Nazionale per le Nuove Tecnologie,
l'Energia e lo Sviluppo Economico Sostenibile



Ministero dello Sviluppo Economico

RICERCA DI SISTEMA ELETTRICO

EDIFICI DEL SETTORE TERZIARIO: SECONDA APPLICAZIONE DELL'INDICE DI SEVERITÀ CLIMATICA "ALL WEATHER"

L. Terrinoni , P. Signoretti, D. Iatauro

EDIFICI DEL SETTORE TERZIARIO: SECONDA APPLICAZIONE DELL'INDICE DI SEVERITÀ
CLIMATICA "ALL WEATHER

L. Terrinoni, P. Signoretti, D. Iatauro (ENEA)

Settembre 2011

Report Ricerca di Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico – ENEA

Area. Razionalizzazione e risparmio nell'uso dell'energia elettrica

Progetto: Tecnologie per il risparmio elettrico nel settore civile

Responsabile Progetto: Gaetano Fasano, ENEA

Luciano Terrinoni, Paolo Signoretti, Domenico Iatauro

Sommario

Il recepimento in Italia della Direttiva Europea 2002/91/CE, relativa al rendimento energetico in edilizia, attraverso l'emanazione del Dlgs.192/05 e del successivo Dlgs.311/06, prevede la certificazione energetica in edilizia. La certificazione si traduce, tra l'altro, nella valutazione di un parametro, il fabbisogno di energia primaria specifico della costruzione, e nella successiva assegnazione, in funzione del valore di tale parametro, della costruzione a una classe di efficienza energetica. Al momento sono stati fissati i limiti al fabbisogno solo per quanto riguarda la climatizzazione invernale. Il territorio nazionale è stato suddiviso, infatti, in zone climatiche invernali in conformità a un indice di severità climatica definito dai gradi-giorno invernali e sono stati individuati i valori limite del fabbisogno energetico su tale base. La diffusione dei sistemi di condizionamento estivi, con il conseguente aumento dei consumi energetici, rende necessario procedere, anche in tal caso, alla definizione di zone climatiche estive contraddistinte da un indice di severità climatica estivo. La definizione di questo indice estivo presenta maggiori difficoltà rispetto al corrispondente indice invernale giacché le variabili climatiche di cui tenere conto sono più numerose e più complesse da valutare. In un precedente lavoro è stata proposta una definizione operativa di questo indice, utile per la classificazione del territorio nazionale in zone climatiche estive e per la determinazione dei valori limite del fabbisogno energetico per la climatizzazione estiva. La definizione proposta comprendeva anche il caso invernale e consentiva quindi una uniformità nella classificazione indipendentemente dal periodo climatico dell'anno. In un lavoro successivo si esponevano i risultati di una prima applicazione di tale indice al caso estivo prendendo come modello di calcolo, per il fabbisogno energetico, una villetta isolata e si proponeva una conseguente classificazione del territorio italiano.

Nel lavoro presente si espone l'applicazione del modello matematico dell'indice ad un edificio del terziario (edificio per uffici). È confermata la validità del modello matematico proposto per l'indice di severità climatica.

Parole chiave: edilizia, rendimento energetico, certificazione, indice di severità climatica, gradi-giorno estivi

COMMERCIAL BUILDING: SECOND APPLICATION OF THE INDEX OF CLIMATIC SEVERITY "ALL WEATHER"

Summary

The application in Italy of the European Directive 2002/91/CE, about the energy performance of buildings, through the emanation of the Dlgs.192/05 and Dlgs.311/06, provide for the energy certification in building. The certification means, between the other, the calculation of a parameter, the building specific requirement of primary energy, and the successive allocation of the building, as function of the value of such parameter, to a certain energy efficiency class. At the moment just limits to the requirements for winter air conditioning have been fixed. The national territory has been subdivided, in fact, in winter climatic zones in compliance with an index of climatic severity (heating degree-day) and limit values for the energy requirements has been set. The spread of the summer air conditioning systems, with the consequent increase of the energy consumptions, renders necessary to proceed, also in such case, to the definition of summer climatic zones by a summer index of climatic severity. The summer index definition involves greater difficulties regarding the correspondent winter index since climatic variables, in this case, are more numerous and complex to estimate. In a previous report an operating definition of such index has been proposed, useful for the classification of the national territory in summer climatic zones and for the determination of the limit values of the energy requirements for the summer air conditioning. The proposed definition comprised also the winter case and allowed, therefore, the needed uniformity in the classification, independently from the climatic period of the year. In a successive report were exposed the results of the first application of such index to the summer case taking, as calculation model for the requirement of primary energy, a detached house and a consequent classification of the Italian territory was proposed.

In the present report is showed the application of the mathematical model of the index to the commercial building requirement of primary energy. It is confirmed the validity of the proposed mathematical model for the index of climatic severity.

Keywords: buildings, energy performance, certification, climatic index, cooling degree-day

INDICE

L'INDICE DI SEVERITÀ CLIMATICA	5
UNA NUOVA APPLICAZIONE DELL'INDICE DI SEVERITÀ CLIMATICA C.....	10
I PRINCIPALI PARAMETRI DEL MODELLO ANALIZZATO	12
l'edificio di riferimento.....	12
la temperatura e l'umidità.....	15
i ricambi d'aria	15
l'impianto di raffrescamento	15
La finestra temporale	16
IL SOFTWARE DI CALCOLO	17
LE VARIABILI CLIMATICHE DELLE LOCALITÀ DI TEST	18
Le località campione	18
Vettore climatico locale ridotto delle località campione	19
I RISULTATI DELLE SIMULAZIONI TRN _{sys} 16	21
ELABORAZIONE DEI RISULTATI.....	29
INTEGRAZIONE DEI DUE MODELLI FISICI DI EDIFICIO CONSIDERATI: USO UFFICIO E RESIDENZIALE	35
CONCLUSIONI.....	39
BIBLIOGRAFIA.....	40
RIFERIMENTI	40
APPENDICI.....	41
a) Type 54 - Weather Generator - Data Input (UNI 10349) per le 20 località di test.....	41
b) TRNSYS input file (deck) generato da TrnsysStudio.....	43
c) file dati input trnbuild, descrizione edificio F51 stato di fatto.....	48
d) File dati input TRNbuild, descrizione edificio F51 isolato.....	56

L'INDICE DI SEVERITÀ CLIMATICA

Nei reports precedenti [1,2,3], si era visto che per un sistema edificio impianto generico esiste una funzione E_T delle variabili climatiche dell'ambiente esterno che esprime, fisicamente, l'energia necessaria per la climatizzazione dell'edificio di volume V in un intervallo di tempo T :

$$\frac{E_T}{VT} = f \left[(\Theta - \Theta_{ref}), (X - X_{ref}), (Y - Y_{ref}) \right] = \tilde{\mathcal{E}}$$

Le variabili Θ , X e Y rappresentano, rispettivamente, le temperature cumulate, le umidità assolute cumulate e l'irradiazione globale sul piano orizzontale cumulata nel periodo T (caratteristiche climatiche del sito), mentre Θ_{ref} , X_{ref} e Y_{ref} sono valori di riferimento per le stesse variabili.

$$\Theta = \frac{1}{T} \int (\theta_i - \theta_e) dt \quad \text{per } \theta_i \geq \theta_e \quad \text{oppure} \quad \Theta = \frac{1}{T} \int (\theta_e - \theta_i) dt \quad \text{per } \theta_e \geq \theta_i$$

$$X = \frac{1}{T} \int (x_i - x_e) dt \quad \text{per } x_i \geq x_e \quad \text{oppure} \quad X = \frac{1}{T} \int (x_e - x_i) dt \quad \text{per } x_e \geq x_i$$

$$Y = \frac{1}{T} \int (I_0 - I_{0,ref}) dt \quad \text{per } I_0 \geq I_{0,ref}$$

La funzione sopra definita sarà, in generale, non lineare nelle variabili indipendenti in quanto tali variabili possono presentare effetti di accoppiamento che si riflettono sui valori assunti da E_T . Sviluppando la funzione in serie di potenze di Taylor intorno a un valore qualsiasi appartenente al dominio delle variabili e arrestando lo sviluppo al primo ordine delle derivate si ha

$$\frac{E_T}{VT} = \tilde{\mathcal{E}} = \mathcal{A} \Theta_e + \mathcal{B} X_e + \mathcal{C} Y_e - \mathcal{A}' \Theta_i + \mathcal{B}' X_i + \mathcal{C}' Y_{ref}$$

con

$$\Theta_e = \frac{1}{T} \int \theta_e dt \quad \Theta_i = \frac{1}{T} \int \theta_i dt$$

$$X_e = \frac{1}{T} \int x_e dt \quad X_i = \frac{1}{T} \int x_i dt$$

$$Y_e = \frac{1}{T} \int I_0 dt$$

La struttura di questa espressione ha suggerito di esprimere la funzione sotto forma di prodotto scalare tra vettori.

A tale scopo sono stati introdotti due vettori caratteristici, denominati "*vettore edificio*" e "*vettore climatico*" le cui definizioni, nella forma generalizzata, sono le seguenti:

Vettore edificio \vec{V}_B : è il vettore che ha per componenti le caratteristiche geometriche e termofisiche dell'edificio in esame, con modulo pari a

$$|\vec{V}_B| = \sqrt{A^2 + \tilde{B}^2 + C^2}$$

e fase pari a α ;

Vettore climatico \vec{V}_C : è il vettore che ha per componenti le caratteristiche climatiche del sito, con modulo pari a

$$|\vec{V}_C| = \sqrt{\Theta^2 + X^2 + Y^2}$$

e fase pari a β .

L'introduzione di questi due vettori caratteristici ha consentito di esprimere l'energia di climatizzazione $\tilde{\mathcal{E}}$ sotto la seguente forma:

$$\tilde{\mathcal{E}} = \vec{V}_B \cdot \vec{V}_C - \vec{V}_B' \cdot \vec{V}_{C,ref}$$

ovvero, in termini scalari

$$\tilde{\mathcal{E}} = |\vec{V}_B| |\vec{V}_C| \cos(\alpha - \beta) - |\vec{V}_B'| |\vec{V}_{C,ref}| \cos(\alpha' - \beta_{ref})$$

Questa funzione è stata ulteriormente modificata

$$\tilde{\mathcal{E}} = |\vec{V}_B| |\vec{V}_C| \cos(\alpha - \beta) - k(\mu) |\vec{V}_{C,ref}| \cos(\alpha - \beta)$$

assumendo come ipotesi semplificativa $\cos(\alpha - \beta) \cong \cos(\alpha' - \beta_{ref})$ e introducendo il

fattore $k(\mu) = \frac{|\vec{V}_B'|}{|\vec{V}_B|}$ (variabile in un campo limitato intorno a 1.)

Se si normalizza l'energia $\tilde{\mathcal{E}}$, energia di climatizzazione per unità di volume interno dell'edificio e per unità di tempo di osservazione, con le caratteristiche dell'edificio, espresse dal modulo del vettore edificio $|\vec{V}_B|$ e dall'altra caratteristica dell'edificio espressa da $\cos(\alpha - \beta)$, si ottiene

$$C = \frac{\tilde{E}}{|\vec{V}_B| \cos(\alpha - \beta)} = |\vec{V}_C| - k(\mu) |\vec{V}_{C,ref}|$$

Il fattore C così definito rappresenta quindi l'energia di climatizzazione normalizzata con le caratteristiche dell'edificio, e, in quanto ha solo una debole dipendenza dalla fase del vettore climatico β , è sostanzialmente dipendente in maniera lineare da $|\vec{V}_C|$ funzione delle sole variabili climatiche.

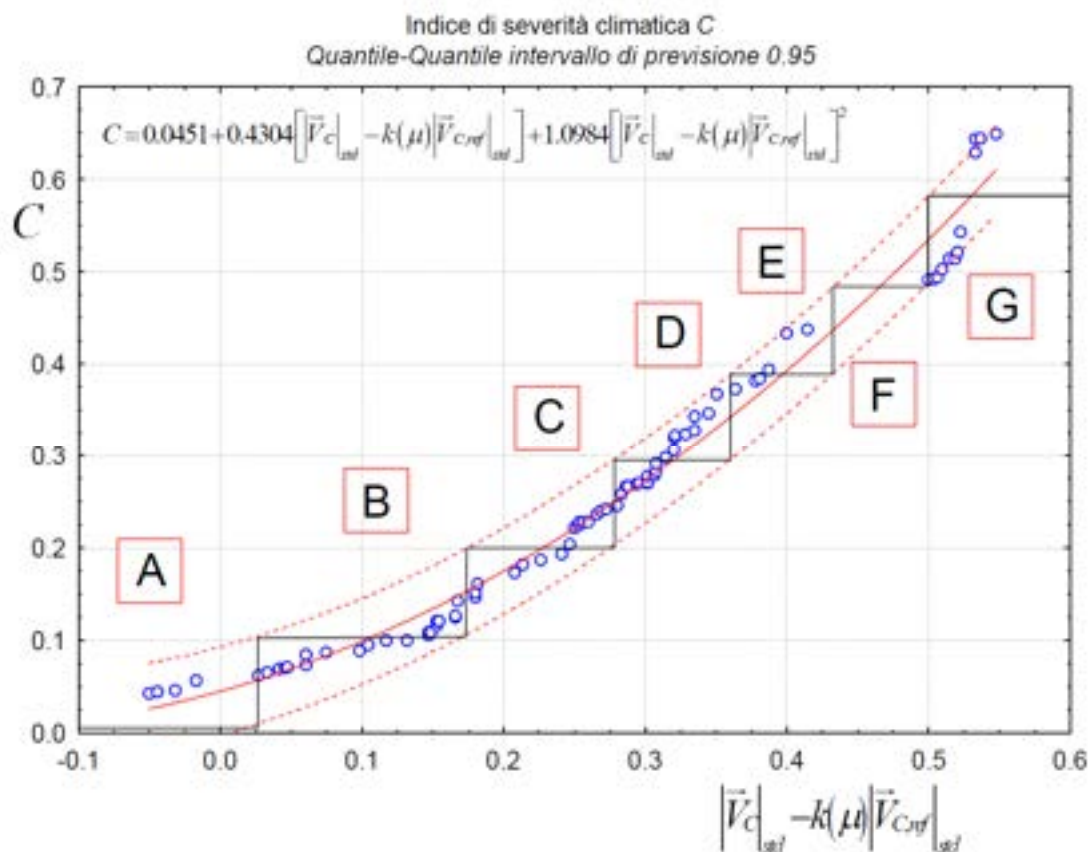
Il fattore C può essere di conseguenza utilizzato come **Indice di Severità climatica** utile per una suddivisione del territorio nazionale in fasce climatiche estive (zonizzazione).

PRIMA APPLICAZIONE DELL'INDICE DI SEVERITÀ CLIMATICA C

Per verificare l'efficacia dell'Indice di Severità Climatica come definito, è stata effettuato un primo test applicativo [2,3].

Attraverso un'analisi statistica (cluster analysis) dei dati climatici riportati nella norma UNI 10349 [a], sono state individuate 20 città (capoluoghi di provincia) rappresentative dei diversi profili climatici italiani. Successivamente, mediante simulazione dinamica su base oraria, utilizzando il software TRNsys 16, è stato calcolato il fabbisogno energetico per la climatizzazione estiva di un edificio residenziale di riferimento al variare della località, del grado di isolamento dell'involucro edilizio e dell'orientamento spaziale.

L'analisi dei risultati ha confermato che l'energia richiesta, normalizzata con il modulo del vettore edificio, è una funzione unica delle variabili climatiche caratteristiche del sito.



Questi risultati hanno consentito successivamente di utilizzare il vettore climatico come indicatore utile per la zonizzazione del territorio italiano in fasce climatiche estive, la cui validità rimane inalterata al variare delle caratteristiche (geometriche e termofisiche) dell'edificio di riferimento.

Le classi individuate sono state 7, contraddistinte dalle lettere da A a G in ordine crescente di severità climatica estiva, cioè di fabbisogno di energia di climatizzazione.

	CLASSE						
	A	B	C	D	E	F	G
<i>Range vettore climatico ridotto standard</i>	< 0.025	0.025÷0.175	0.175÷0.276	0.276÷0.358	0.358÷0.430	0.430÷0.500	≥ 0.500
<i>Valore centrale di C</i>	0.015	0.100	0.200	0.293	0.391	0.493	0.586

La classificazione realizzata attraverso le 20 città campione è stata estesa ai restanti capoluoghi riportati dalla Norma UNI 10349; le classi climatiche così assegnate si riferiscono alle sole città capoluogo di provincia e non sono estendibili all'intero territorio provinciale che, come noto, può comprendere comuni con caratteristiche climatiche molto diverse da quelle del capoluogo.

n	Provincia	Classe	n	Provincia	Classe	n	Provincia	Classe
1	AGRIGENTO	G	35	GENOVA	D	69	PAVIA	C
2	ALESSANDRIA	C	36	GORIZIA	B	70	POTENZA	B
3	ANCONA	D	37	GROSSETO	D	71	RAVENNA	C
4	AOSTA	A	38	IMPERIA	D	72	REGGIO CALABRIA	F
5	ASCOLI PICENO	D	39	ISERNIA	B	73	REGGIO EMILIA	C
6	L'AQUILA	B	40	CROTONE	F	74	RAGUSA	F
7	AREZZO	C	41	LECCO	B	75	RIETI	B
8	ASTI	C	42	LODI	C	76	ROMA	E
9	AVELLINO	C	43	LECCE	F	77	RIMINI	C
10	BARI	E	44	LIVORNO	D	78	ROVIGO	D
11	BERGAMO	C	45	LATINA	D	79	SALERNO	G
12	BELLUNO	B	46	LUCCA	C	80	SIENA	C
13	BENEVENTO	D	47	MACERATA	C	81	SONDRIO	B
14	BOLOGNA	D	48	MESSINA	G	82	LA SPEZIA	C
15	BRINDISI	D	49	MILANO	D	83	SIRACUSA	F
16	BRESCIA	C	50	MANTOVA	C	84	SASSARI	D
17	BOLZANO	C	51	MODENA	C	85	SAVONA	E
18	CAGLIARI	F	52	MASSA	C	86	TARANTO	F
19	CAMPOBASSO	B	53	MATERA	F	87	TERAMO	C
20	CASERTA	F	54	NAPOLI	G	88	TRENTO	F
21	CHIETI	D	55	NOVARA	C	89	TORINO	C
22	CALTANISSETTA	E	56	NUORO	C	90	TRAPANI	F
23	CUNEO	B	57	ORISTANO	D	91	TERNI	D
24	COMO	C	58	PALERMO	F	92	TRIESTE	D
25	CREMONA	C	59	PIACENZA	B	93	TREVISO	C
26	COSENZA	E	60	PADOVA	C	94	UDINE	C
27	CATANIA	G	61	PESCARA	E	95	VARESE	A
28	CATANZARO	D	62	PERUGIA	B	96	VERBANIA	C
29	ENNA	C	63	PISA	C	97	VERCELLI	C
30	FERRARA	C	64	PORDENONE	B	98	VENEZIA	C
31	FOGGIA	E	65	PRATO	D	99	VICENZA	C
32	FIRENZE	D	66	PARMA	D	100	VERONA	C
33	FORLI'	D	67	PESARO URBINO	C	101	VITERBO	D
34	FROSINONE	B	68	PISTOIA	C			

UNA NUOVA APPLICAZIONE DELL'INDICE DI SEVERITÀ CLIMATICA C

Nei reports [2,3] si è sottolineato come la verifica della funzionalità ed efficacia dell'indice di severità climatica C richieda una serie di esperimenti numerici finalizzati a studiarne l'andamento al variare del modulo dei due vettori caratteristici: il vettore edificio ed il vettore climatico.

Il primo test applicativo è stato realizzato su di un edificio residenziale e ha confermato che l'energia richiesta per la climatizzazione estiva, normalizzata con il modulo del vettore edificio, è funzione unica del modulo del vettore climatico.

Per una convalida ulteriore dei risultati ottenuti si è proceduto ad un nuovo *esperimento numerico* su di un **edificio del terziario ad uso ufficio**.

Per quanto riguarda il vettore climatico, per la scelta dei siti da valutare, ci si è riferiti alle stesse 20 città italiane (capoluoghi di provincia) individuate, attraverso cluster analysis, nel primo test applicativo.

Questo tipo di analisi statistica ha permesso di selezionare un campione rappresentativo delle 101 province le cui caratteristiche climatiche sono riportate dalla Norma UNI 10349.

I 20 capoluoghi di provincia oggetto di valutazione

n°	Capoluogo	n°	Capoluogo	n°	Capoluogo	n°	Capoluogo	n°	Capoluogo
1	Agrigento	5	L'Aquila	9	Cuneo	13	Lucca	17	Perugia
2	Alessandria	6	Bari	10	Enna	14	Milano	18	Salerno
3	Ancona	7	Belluno	11	Foggia	15	Modena	19	Sassari
4	Aosta	8	Campobasso	12	Lecco	16	Napoli	20	Vicenza

Per ciascuna delle località individuate, sono state calcolate le variabili climatiche cumulate relative alla temperatura, all'umidità assoluta e all'irradiazione sul piano orizzontale, richieste dalla definizione di vettore climatico.

$$\vec{V}_C = \Theta \vec{i} + X \vec{j} + Y \vec{k}$$

Introducendo delle variazioni riguardanti la qualità termica dell'involucro edilizio e l'orientamento dell'edificio ed il numero orario di ricambi d'aria., sono stati considerati valori diversi del vettore edificio

$$\vec{V}_B = \mathcal{A}\vec{i} + \mathcal{B}\vec{j} + \mathcal{C}\vec{k}$$

Le componenti del vettore edificio sono,

$$\mathcal{A} = \left(U_{eq} \frac{S}{V} + \rho n c_p \pm \delta \frac{M_{eq}}{V} \right)$$

$$\mathcal{B} = \rho n r_0$$

$$\mathcal{C} = \frac{\hat{S}_R}{V}$$

- S superficie disperdente dell'edificio
- U_{eq} trasmittanza equivalente dell'edificio
- \hat{S}_R superficie orizzontale equivalente edificio
- V volume interno dell'edificio
- n numero di ricambi d'aria nell'unità di tempo
- ρ densità dell'aria secca
- r_0 entalpia di vaporizzazione dell'acqua a 0°C
- c_p calore specifico a pressione costante dell'aria secca
- M_{eq} massa equivalente dell'edificio alla temperatura esterna
- δ Coefficiente inerziale

Modifiche sulla qualità termica dell'edificio comportano una variazione della componente \mathcal{A} per la parte riguardante gli effetti sulla trasmittanza dell'involucro e sull'inerzia termica della parte di massa che più risente della temperatura esterna.

Le variazioni dell'orientamento dell'edificio modificano la componente \mathcal{C} , in quanto rappresenta gli effetti dell'irraggiamento sull'energia di climatizzazione, tramite la definizione della superficie orizzontale equivalente dell'edificio. Tale superficie varia anche se si modificano le caratteristiche di risposta delle superfici esterne dell'involucro edilizio alle radiazioni solari.

Un incremento del numero orario di ricambi d'aria comporta un incremento delle componenti \mathcal{A} e \mathcal{B} . Quest'ultima comunque è la componente che ha un peso minore nella definizione del vettore edificio.

I PRINCIPALI PARAMETRI DEL MODELLO ANALIZZATO

L'EDIFICIO DI RIFERIMENTO

L'energia di climatizzazione estiva è stata calcolata a partire da un caso reale; nella fattispecie è stato esaminato l'edificio F51 del centro ricerche ENEA Casaccia di Roma. Esso rappresenta un tipico edificio del terziario ad uso ufficio, articolato su due livelli a geometria piuttosto semplice. La forma è costituita da un parallelepipedo regolare con copertura piana e struttura portante in cemento armato.

La superficie vetrata, pari a circa il 33% della superficie verticale disperdente complessiva, è distribuita in modo non simmetrico su tutti i prospetti dell'edificio.

Partendo dalle caratteristiche geometriche corrispondenti allo stato di fatto sono state considerate quattro configurazioni, al variare del grado di isolamento dell'involucro (superfici opache e trasparenti) e dell'orientamento dell'edificio.

Si riportano di seguito un'immagine del prospetto sud dell'edificio in esame e tabelle di sintesi delle caratteristiche geometriche e termofisiche attuali.



Caratteristiche geometriche	
Lunghezza [m]	48.2
Profondità [m]	12.2
Altezza interpiano [m]	3.5
numero di piani	2
Superficie in.pianta [m ²]	590
Superficie calpestabile [m ²]	1180
Superficie totale disperdente [m ²]	2103.2
Superficie Copertura [m ²]	589.2
Volume netto [m ³]	3606.2
Volume lordo [m ³]	4507.8
Superfici Serramenti [m ²]	231.4
Superfici verticali [m ²]	693.3
S. serramenti/ S. totale disperdente	11%
S. serramenti/ S. verticali	33%
S/V	0.5

Caratteristiche Termofisiche	
	W/m ² K
U media strutture verticali	1.06
U media vetri	2.95
Umedia equivalente involucro	1.25
Ventilazione	
	[h ⁻¹]
Ricambi d'aria	0.77

Superfici verticali		
Esposizioni	Opaca	Vetri
	[m ²]	[m ²]
O	87.6	6.2
N	260.2	108.7
E	87.3	6.2
S	258.5	110.4

L'edificio è stato oggetto di simulazioni (tramite il software dinamico TRNsys 16) variando l'orientamento dello stesso semplicemente ruotandolo in modo che la facciata che presenta la superficie trasparente di maggiori dimensioni (sud) sia esposta ad est per esplorare le condizioni di massimo e minimo carico termico dovuto all'irraggiamento.

Il medesimo edificio è stato valutato sia nell'ipotesi di involucro allo stato di fatto sia considerando un incremento dell'isolamento termico medio di circa il 30%.

Nelle tabelle che seguono è riportata la composizione stratigrafica dei componenti strutturali opachi nella condizione di edificio nello stato di fatto e nella condizione di edificio isolato.

EDIFICIO F51 (STATO DI FATTO)							
		Spessore	Altezza	Volume	Densità	Massa	C
		[m]	[m]	[m ³]	[Kg/m ³]	[kg]	[kJ/kg K]
PARETE LATERALE (lato lungo)	Intonaco (Gesso)	0.010	7.65	3.69	1200	4427	1.09
	Siporex	0.060	7.65	22.13	550	12173	1
	Poliuretano	0.040	7.65	14.76	35	516	1.59
	LecaBloc	0.120	7.65	44.27	1400	61972	1
	Intonaco Gesso	0.010	7.65	3.69	1200	4427	1.09
PARETE LATERALE (lato corto)	Intonaco (Gesso)	0.010	7.65	0.93	1200	1122	1.09
	Siporex	0.060	7.65	5.61	550	3085	1
	Poliuretano	0.040	7.65	3.74	35	131	1.59
	LecaBloc	0.120	7.65	11.22	1400	15705	1
	Intonaco Gesso	0.010	7.65	0.93	1200	1122	1.09
COPERTURA	Intonaco Gesso	0.020	12.22	11.78	1200	14142	1.09
	Soletta Lat	0.300	12.22	176.77	2000	353549	0.88
	Polistirene	0.050	12.22	29.46	25	737	1.34
	Massetto Light	0.050	12.22	29.46	400	11785	1.38
	Membrana bitume	0.002	12.22	1.18	1200	1414	0.42
SOLAIO DI TERRA	Linoleum	0.005	12.22	2.95	1200	3535	1.4
	Laterocemento	0.025	12.22	14.73	1200	17677	0.84
	Massetto Light	0.040	12.22	23.57	400	9428	1.38
	Soletta Cemento	0.200	12.22	117.85	2000	235699	0.88

EDIFICIO F51 (ISOLATO)							
		Spessore	Altezza	Volume	Densità	Massa	C
		[m]	[m]	[m ³]	[Kg/m ³]	[kg]	[kJ/kg K]
PARETE LATERALE (lato lungo)	Intonaco (Gesso)	0.010	7.65	0.93	1200	1122	1.09
	Poliuretano	0.055	7.65	5.14	35	180	1.59
	LecaBloc	0.200	7.65	18.70	1400	26175	1
	IntonacoGesso	0.010	7.65	0.93	1200	1122	1.09
PARETE LATERALE (lato corto)	Intonaco (Gesso)	0.010	7.65	0.93	1200	1122	1.09
	Poliuretano	0.055	7.65	5.14	35	180	1.59
	LecaBloc	0.200	7.65	18.70	1400	26175	1
	IntonacoGesso	0.010	7.65	0.93	1200	1122	1.09
COPERTURA	IntonacoGesso	0.020	12.22	11.78	1200	14142	1.09
	Soletta Lat	0.200	12.22	117.85	2000	235699	0.88
	MassettoLight	0.050	12.22	29.46	400	11785	1.38
	membranabitume	0.002	12.22	1.18	1200	1414	0.42
SOLAIO DI TERRA	Linoleum	0.005	12.22	2.95	1200	3535	1.4
	Laterocemento	0.025	12.22	14.73	1200	17677	0.84
	MassettoLight	0.040	12.22	23.57	400	9428	1.38

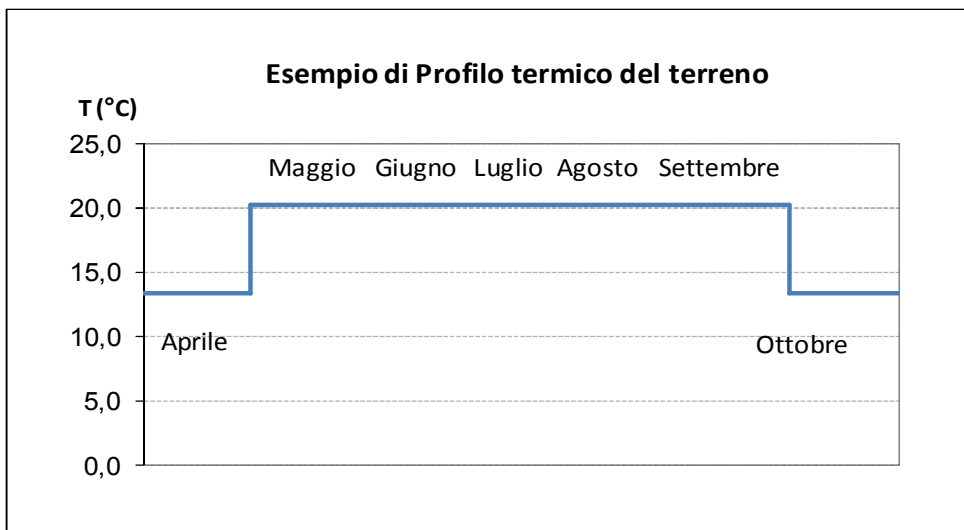
LA TEMPERATURA E L'UMIDITÀ

I valori di temperatura e umidità relativa considerati per garantire il comfort microclimatico indoor sono stati i seguenti:

$$\theta_i = 26 \text{ }^\circ\text{C};$$

$$u_i\% = 60\%$$

Al fine di valutare in maniera più adeguata gli scambi termici tra l'edificio e il terreno, si è ritenuto opportuno considerare un profilo di temperatura del terreno a gradini, funzione della temperatura media dell'aria esterna del periodo corrispondente alla simulazione.



I RICAMBI D'ARIA

È stata prevista una **portata d'aria di rinnovo costante pari a 0,77 vol/h**, calcolata in base alla norma di riferimento UNI 10339 [b], per edifici ad uso ufficio (portata d'aria di rinnovo 11 m³/s e indice di affollamento 0,06 persona/m²), e modificata secondo la norma UNI TS 11300-1 [c].

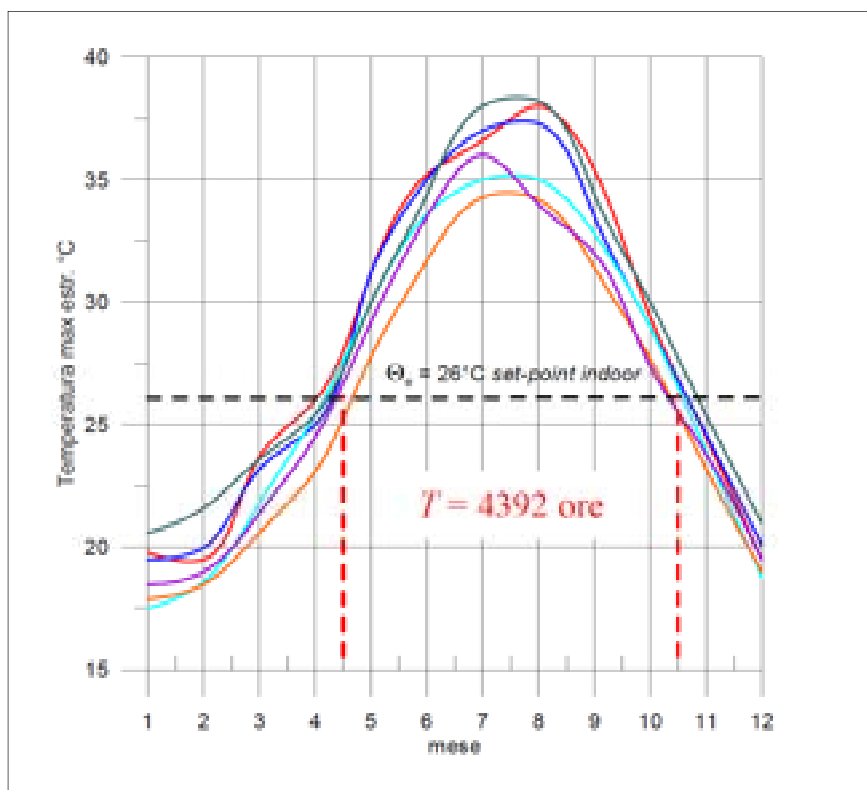
L'IMPIANTO DI RAFFRESCAMENTO

È stato previsto un **impianto di raffrescamento ideale di potenza illimitata, a funzionamento continuo** (24 ore/giorno) che interviene solo se la temperatura interna e/o l'umidità superano i valori di *set-point* ($T > 26^\circ\text{C}$; $U_r > 60\%$). Tali ipotesi assicurano un funzionamento dell'impianto solo per raffrescamento e/o deumidificazione.

LA FINESTRA TEMPORALE

L'intervallo di tempo T nel quale è stata calcolata l'energia di climatizzazione estiva, è stato scelto in modo da contenere, tutte le ore dell'anno in cui potesse esserci esigenza di raffrescamento.

Partendo dai sei capoluoghi di provincia italiani (Salerno, Agrigento, Messina, Napoli, Catania e Trapani) con temperatura media mensile più elevata (UNI 10349), è stato verificato in quali mesi la *temperatura massima estrema mensile* (archivio climatico DBT ENEA) [d] risultava non inferiore ai 26° C (temperatura di set-point).



Cercando di evitare sovrapposizioni con i periodi di riscaldamento già fissati dalle normative attuali, si è arrivati, alla scelta di un periodo convenzionale, per tutte le città in esame, compreso tra il **15 Aprile ed il 15 Ottobre** per un totale di $T = 4392 \text{ ore}$.

IL SOFTWARE DI CALCOLO

Lo studio dei carichi termici del modello di edificio in esame è stato sviluppato attraverso il software dinamico TRNsys 16.

Vediamo quali sono i principali dati di input inseriti e quelli di output considerati utili agli scopi dello studio.

Dati input:

- Temperatura dell'aria esterna;
- Umidità relativa dell'aria esterna;
- Radiazione solare incidente (totale e diretta) sulle superfici esterne (opache e trasparenti) per esposizione e giacitura;
- Temperatura sole cielo per gli scambi radiativi;
- Profilo temperature del terreno: inserito tramite la *Type 14* Time Dependent Forcing Function attraverso la quale è stato possibile descriverne l'andamento per interpolazione lineare come una serie discreta di punti indicanti il valore della funzione in corrispondenza di diversi istanti temporali in modo ciclico.

Tra gli *output* numerici possibili del software, in quanto sono stati selezionati i seguenti.

Output generati

I parametri richiesti (su base oraria) al software sono stati:

- Temperatura dell'aria esterna;
- Temperatura dell'aria interna;
- Umidità relativa dell'aria esterna;
- Umidità assoluta dell'aria esterna;
- Umidità relativa dell'aria interna;
- Umidità assoluta dell'aria interna;
- Radiazione solare globale sul piano orizzontale;
- Radiazione solare diretta sul piano orizzontale;
- Radiazione solare globale incidente per ogni superficie esposta dell'edificio;
- Radiazione solare diretta incidente per ogni superficie esposta dell'edificio;
- Energia (sensibile) dell'edificio (raffrescamento);
- Energia (latente) dell'edificio (deumificazione).

Le simulazioni sono state effettuate con durata annuale e con un intervallo temporale orario.

LE VARIABILI CLIMATICHE DELLE LOCALITÀ DI TEST

LE LOCALITÀ CAMPIONE

La cluster analysis, sviluppata su due variabili (irradiazione cumulata e temperatura cumulata) [2, 3], ha consentito di selezionare un campione rappresentativo dei 101 capoluoghi di provincia le cui caratteristiche climatiche sono riportate dalla Norma UNI 10349.

Si riportano di seguito le 20 città campione con i valori medi orari e i valori cumulati delle variabili necessarie alla costruzione del vettore climatico

T compreso tra il 15 Aprile ed il 15 Ottobre (= 4392 ore)

		Variabili climatiche esterne						
	Località	T	Θ_e	Y_e	$U_{r\text{ media}}$	$\Theta_e T$	$Y_e T$	$X_e T$
		[h]	[C°]	[kWh/m ²]	[%]	[h°C]	[kW h ² /m ²]	[h]
1	Agrigento	4392	23.12	0.30	66.27	101542	1309	51,20
2	Foggia	4392	21.69	0.26	60.54	95278	1139	42,50
3	Napoli	4392	23.08	0.26	56.17	101364	1154	42,90
4	Bari	4392	21.27	0.28	66.33	93419	1227	45,40
5	Sassari	4392	20.77	0.27	70.10	91216	1175	46,70
6	Enna	4392	20.77	0.27	70.10	91215	1174	46,70
7	Alessandria	4392	20.13	0.21	71.46	88417	905	47,10
8	Vicenza	4392	19.68	0.21	67.82	86415	940	43,20
9	Lecco	4392	18.99	0.21	72.65	83392	906	44,10
10	Aosta	4392	16.67	0.20	73.45	73219	878	38,80
11	Cuneo	4392	17.74	0.19	73.24	77924	821	41,50
12	L'Aquila	4392	18.97	0.24	61.98	83313	1046	36,60
13	Belluno	4392	17.57	0.21	73.03	77180	909	40,70
14	Ancona	4392	20.61	0.25	72.28	90506	1076	48,30
15	Modena	4392	20.17	0.23	71.42	88580	1025	46,80
16	Milano	4392	20.70	0.22	69.47	90903	963	46,70
17	Lucca	4392	20.21	0.23	71.67	88759	1009	46,80
18	Salerno	4392	23.25	0.23	64.30	102097	993	50,60
19	Campobasso	4392	18.40	0.26	63.15	80828	1123	36,50
20	Perugia	4392	18.97	0.24	61.98	83313	1046	36,60

I valori medi, relativi alle 20 città esaminate, delle variabili climatiche risultano:

	ϑ	I	U
Valori medi	20.14 C°	0.24 kWh/m ²	10.02 g/kg
$\left \frac{V_{\max} - V_{\min}}{V_{\min}} \right \%$	40%	60%	40%

VETTORE CLIMATICO LOCALE RIDOTTO DELLE LOCALITÀ CAMPIONE

Per vettore climatico locale intendiamo il vettore climatico di un sito le cui componenti sono date dal rapporto tra le grandezze climatiche cumulate per il sito nel periodo T e l'intervallo di tempo corrispondente a T stesso, normalizzate ciascuna rispetto al valor medio delle stesse componenti per le 20 località campione, in modo da renderle indipendenti dalle rispettive unità di misura.

$$\begin{aligned} \dot{\Theta}_e &= \frac{\frac{1}{T} \int \vartheta_e dt}{\Theta_*} = \frac{\Theta_e}{\Theta_*} \quad \text{con} \quad \Theta_* = \frac{1}{20} \sum_{20} \frac{1}{T} \int \vartheta_e dt \\ \dot{X}_e &= \frac{\frac{1}{T} \int x_e dt}{X_*} = \frac{X_e}{X_*} \quad \text{con} \quad X_* = \frac{1}{20} \sum_{20} \frac{1}{T} \int x_e dt \\ \dot{Y}_e &= \frac{\frac{1}{T} \int I_o dt}{Y_*} = \frac{Y_e}{Y_*} \quad \text{con} \quad Y_* = \frac{1}{20} \sum_{20} \frac{1}{T} \int I_o dt \end{aligned}$$

Riprendiamo ora l'espressione dell'energia dalla quale si ricava la definizione dell'indice di severità climatica:

$$\frac{E_T}{VT} = \tilde{\varepsilon} = \mathcal{A} \Theta_e + \mathcal{B} X_e + \mathcal{C} Y_e - \mathcal{A}' \Theta_i + \mathcal{B}' X_i + \mathcal{C}' Y_{ref}$$

Introducendo le variabili climatiche *ridotte* si ha:

$$\frac{E_T}{VT} = \tilde{\varepsilon} = \Theta_* \mathcal{A} \dot{\Theta}_e + X_* \mathcal{B} \dot{X}_e + Y_* \mathcal{C} \dot{Y}_e - \left[\Theta_* \mathcal{A}' \dot{\Theta}_i + X_* \mathcal{B}' \dot{X}_i + Y_* \mathcal{C}' \dot{Y}_{ref} \right]$$

Ridefinendo i vettori caratteristici con le variabili ridotte,

$$\vec{V}_B = \Theta_* \mathcal{A} \vec{i} + X_* \mathcal{B} \vec{j} + \Upsilon_* \mathcal{C} \vec{k}$$

$$\vec{V}_B' = \Theta_* \mathcal{A}' \vec{i} + X_* \mathcal{B}' \vec{j} + \Upsilon_* \mathcal{C}' \vec{k}$$

$$\vec{V}_C = \dot{\Theta}_e \vec{i} + \dot{X}_e \vec{j} + \dot{\Upsilon}_e \vec{k}$$

e il vettore climatico di riferimento,

$$\vec{V}_{C,ref} = \dot{\Theta}_i \vec{i} + \dot{X}_i \vec{j} + \dot{\Upsilon}_i \vec{k}$$

si arriva, nelle ipotesi semplificative assunte precedentemente, ad una espressione formalmente identica a quella già vista dell'indice di severità climatica:

$$C = \frac{\mathcal{I}}{|\vec{V}_B| \cos(\alpha' - \beta')} = |\vec{V}_C| - k(\mu) |\vec{V}_{C,ref}|$$

con

$$|\vec{V}_B| = \sqrt{\mathcal{A}^2 \Theta_*^2 + \mathcal{B}^2 X_*^2 + \mathcal{C}^2 \Upsilon_*^2}$$

$$|\vec{V}_B'| = \sqrt{\mathcal{A}'^2 \Theta_*^2 + \mathcal{B}'^2 X_*^2 + \mathcal{C}'^2 \Upsilon_*^2}$$

$$k(\mu) = \frac{|\vec{V}_B'|}{|\vec{V}_B|}$$

e con il **modulo del vettore climatico locale ridotto** pari a

$$|\vec{V}_C| = \sqrt{\dot{\Theta}_e^2 + \dot{X}_e^2 + \dot{\Upsilon}_e^2} = \dot{\Theta}_e \sqrt{1 + \frac{\dot{X}_e^2}{\dot{\Theta}_e^2} + \frac{\dot{\Upsilon}_e^2}{\dot{\Theta}_e^2}} = \dot{\Theta}_e \sqrt{1 + \tan^2 \beta_{\Gamma\Theta} + \tan^2 \beta_{X\Theta}}$$

(con ovvia definizione dei due angoli)

Nella tabella che segue sono riportate le elaborazioni effettuate sui dati climatici delle venti località selezionate.

Località	Θ_e	Υ_e	X_e	$\dot{\Theta}_e$	$\dot{\Upsilon}_e$	\dot{X}_e	$ \vec{V}_C $	$\beta_{\Gamma\Theta}$	$\beta_{X\Theta}$	$ \vec{V}_C _{std}$
1 Agrigento	23.120	0.298	0.012	1.148	1.257	1.165	2.063	47.601	45.414	1.986
2 Foggia	21.694	0.259	0.010	1.077	1.095	0.967	1.815	45.458	41.903	1.863
3 Napoli	23.079	0.263	0.010	1.146	1.108	0.975	1.869	44.040	40.387	1.982
4 Bari	21.270	0.279	0.010	1.056	1.179	1.032	1.889	48.145	44.324	1.827
5 Sassari	20.769	0.268	0.011	1.031	1.129	1.062	1.862	47.590	45.848	1.784
6 Enna	20.768	0.267	0.011	1.031	1.128	1.062	1.861	47.558	45.853	1.784
7 Alessandria	20.131	0.206	0.011	1.000	0.869	1.070	1.703	41.000	46.952	1.729
8 Vicenza	19.675	0.214	0.010	0.977	0.903	0.982	1.654	42.744	45.147	1.690
9 Lecco	18.987	0.206	0.010	0.943	0.870	1.002	1.628	42.705	46.742	1.631
10 Aosta	16.671	0.200	0.009	0.828	0.844	0.881	1.475	45.553	46.791	1.432
11 Cuneo	17.742	0.187	0.009	0.881	0.788	0.944	1.513	41.821	46.972	1.524
12 L'Aquila	18.969	0.238	0.008	0.942	1.005	0.833	1.610	46.865	41.479	1.629
13 Belluno	17.573	0.207	0.009	0.873	0.873	0.926	1.543	45.014	46.707	1.509
14 Ancona	20.607	0.245	0.011	1.023	1.034	1.097	1.822	45.296	46.997	1.770
15 Modena	20.168	0.233	0.011	1.002	0.985	1.064	1.762	44.528	46.740	1.732
16 Milano	20.697	0.219	0.011	1.028	0.925	1.061	1.743	41.982	45.912	1.778
17 Lucca	20.209	0.230	0.011	1.004	0.970	1.064	1.755	44.017	46.687	1.736
18 Salerno	23.246	0.226	0.012	1.154	0.954	1.150	1.888	39.571	44.896	1.997
19 Campobasso	18.404	0.256	0.008	0.914	1.079	0.829	1.639	49.726	42.225	1.581
20 Perugia	18.969	0.238	0.008	0.942	1.005	0.833	1.610	46.865	41.479	1.629
	Θ_*	Υ_*	X_*				$ \vec{V}_C $	$\beta_{*\Gamma\Theta}$	$\beta_{*X\Theta}$	$ \vec{V}_C _{std}$
	20.138	0.237	0.010				1.735	44.904	44.973	1.730

Si osserva che per i valori del vettore climatico ridotto locale delle venti località campione si ha:

$$\tan \beta_{\Gamma\Theta} \cong \tan \beta_{*\Gamma\Theta} \pm 10\%$$

$$\tan \beta_{X\Theta} \cong \tan \beta_{*X\Theta} \pm 5\%$$

dove $\tan \beta_{*\Gamma\Theta}$ e $\tan \beta_{*X\Theta}$ sono i valori medi delle venti località selezionate.

Possiamo allora definire un vettore climatico ridotto locale *standard* come:

$$|\vec{V}_C|_{std} = \dot{\Theta}_e \sqrt{1 + \tan^2 \beta_{*\Gamma\Theta} + \tan^2 \beta_{*X\Theta}}$$

I RISULTATI DELLE SIMULAZIONI TRNsys 16

In analogia a quanto fatto precedentemente, nel caso di un edificio residenziale, è stato calcolato il fabbisogno energetico per la climatizzazione estiva relativo a quattro diverse configurazioni ottenute variando il grado di isolamento e l'esposizione dell'edificio in esame:

- F1 (Non Isolato, Max esposizione)
- F2 (Non Isolato, Minima esposizione)
- F3 (Isolato, Max esposizione)
- F4 (Isolato, Minima esposizione).

Vengono di seguito riportati i risultati di sintesi delle simulazioni effettuate mediante il software TRNSYS 16, secondo le ipotesi di calcolo precedentemente illustrate

Tabelle di sintesi dei risultati

	Località	F1 (kWh)	F2 (kWh)	F3 (kWh)	F4 (kWh)
1	Agrigento	61842	54615	48685	42474
2	Foggia	39525	32530	30098	24211
3	Napoli	48687	40573	37416	30457
4	Bari	39464	31887	30342	24058
5	Sassari	34299	27861	26513	21258
6	Enna	30749	26214	23543	19997
7	Alessandria	29197	24703	23209	19615
8	Vicenza	23546	18373	18362	14291
9	Lecco	17593	13984	13787	11257
10	Aosta	8519	7825	7333	6961
11	Cuneo	12996	11173	10556	9510
12	L'Aquila	15285	12318	12102	10003
13	Belluno	12703	10052	10027	8467
14	Ancona	34142	28184	27104	22410
15	Modena	31387	25850	24764	20225
16	Milano	33561	28104	26350	21984
17	Lucca	27296	22008	21550	17195
18	Salerno	48246	41697	38039	32554
19	Campobasso	17327	12858	12767	9153
20	Perugia	19035	14472	14181	10547

	Località	F1 (kWh/m ³)	F2 (kWh/m ³)	F3 (kWh/m ³)	F4 (kWh/m ³)
--	-----------------	------------------------------------	------------------------------------	------------------------------------	------------------------------------

1	Agrigento	17.1	15.1	13.5	11.8
2	Foggia	11.0	9.0	8.3	6.7
3	Napoli	13.5	11.3	10.4	8.4
4	Bari	10.9	8.8	8.4	6.7
5	Sassari	9.5	7.7	7.4	5.9
6	Enna	8.5	7.3	6.5	5.5
7	Alessandria	8.1	6.9	6.4	5.4
8	Vicenza	6.5	5.1	5.1	4.0
9	Lecco	4.9	3.9	3.8	3.1
10	Aosta	2.4	2.2	2.0	1.9
11	Cuneo	3.6	3.1	2.9	2.6
12	L'Aquila	4.2	3.4	3.4	2.8
13	Belluno	3.5	2.8	2.8	2.3
14	Ancona	9.5	7.8	7.5	6.2
15	Modena	8.7	7.2	6.9	5.6
16	Milano	9.3	7.8	7.3	6.1
17	Lucca	7.6	6.1	6.0	4.8
18	Salerno	13.4	11.6	10.5	9.0
19	Campobasso	4.8	3.6	3.5	2.5
20	Perugia	5.3	4.0	3.9	2.9

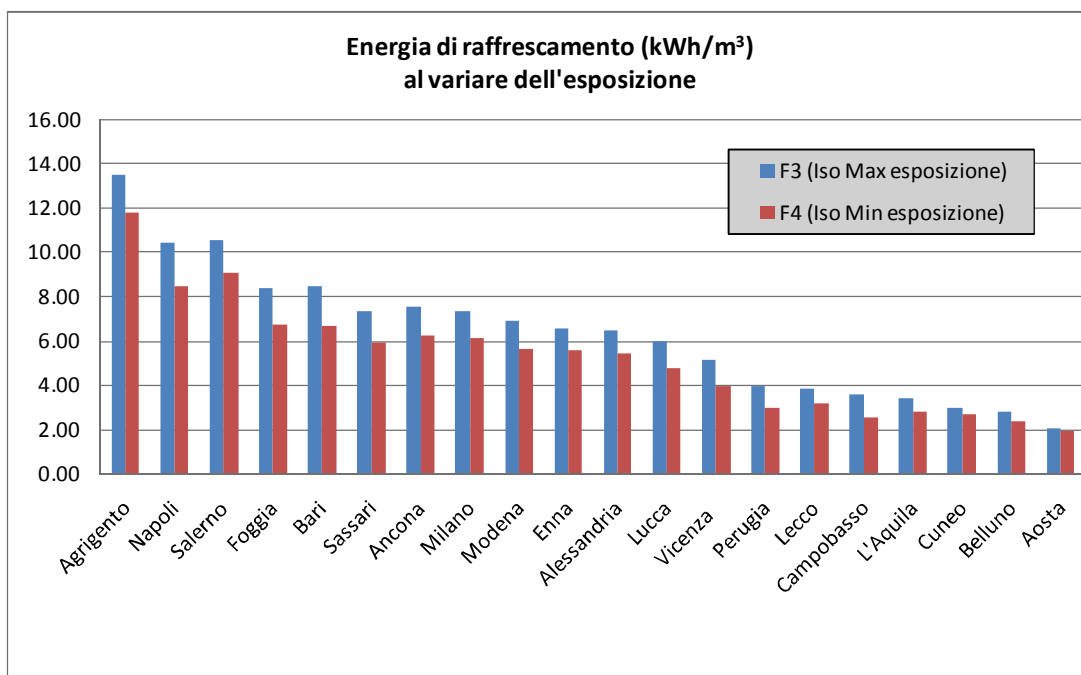
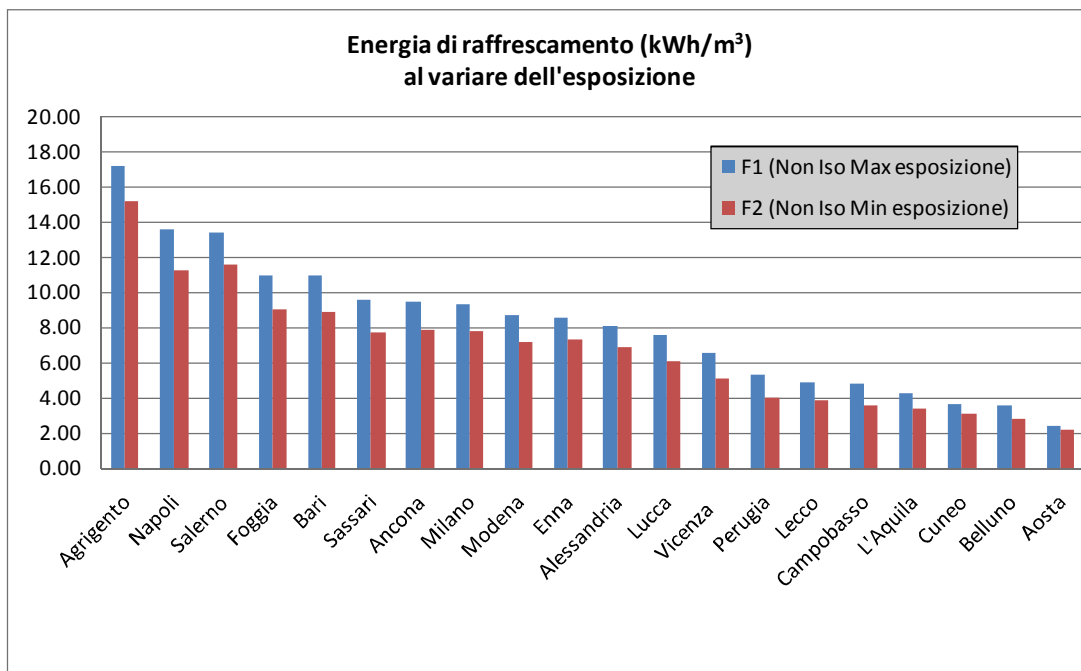
Dalle tabelle precedenti emergono chiaramente le nette differenze che si riscontrano in termini di Fabbisogno energetico al variare della località, e quindi delle condizioni climatiche del sito in esame.

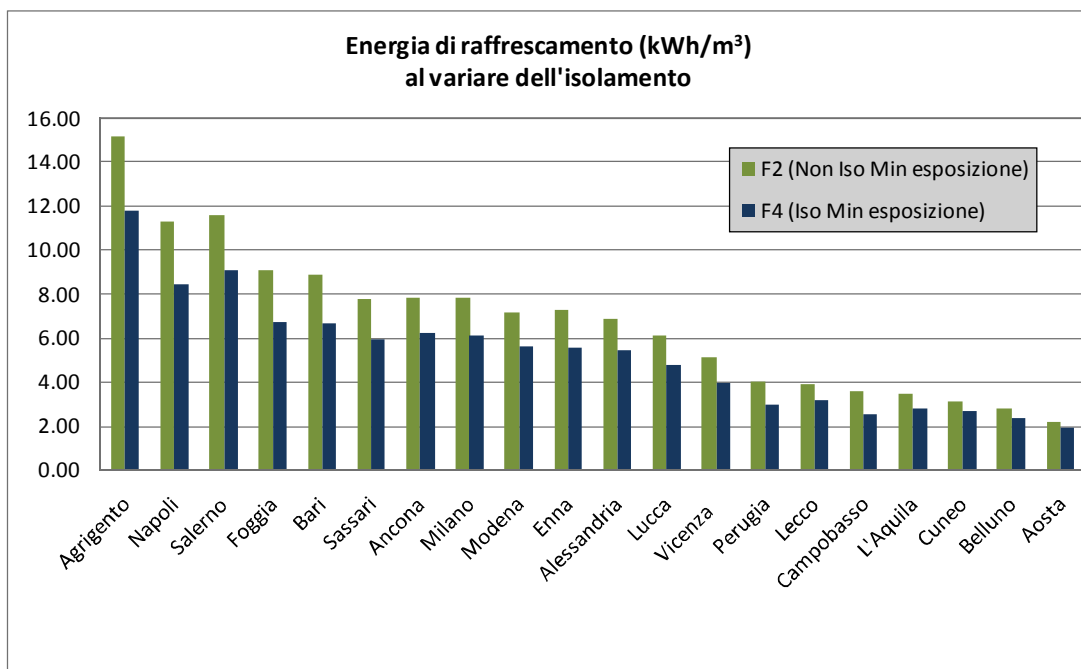
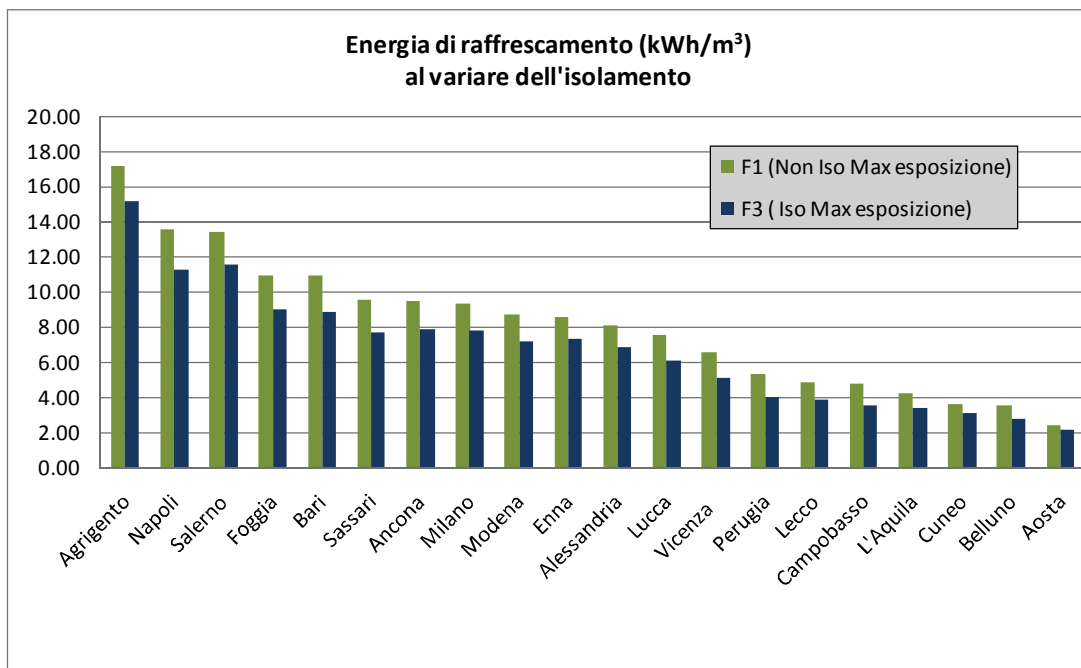
Per tutte le quattro configurazioni risultano infatti, valori di energia mediamente compresi tra i 10-15 kWh/m³ per le città più calde (valore massimo Agrigento 17,1 kWh/m³) e valori generalmente inferiori ai 5 kWh/m³ nelle città più fredde. I valori medi si attestano su valori compresi tra i 6-8 kWh/m³

A parità di località considerata, è invece interessante valutare la differenza di energia al variare della configurazione dell'edificio. Mediamente al variare dell'isolamento o dell'esposizione si riscontrano differenze dell'ordine del 20% nell'energia richiesta.

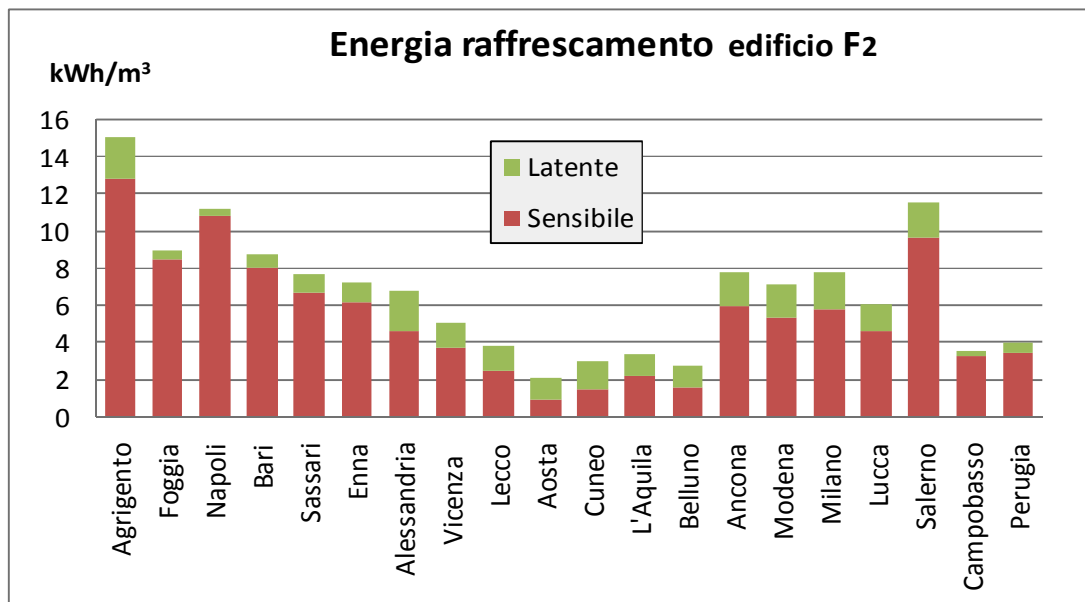
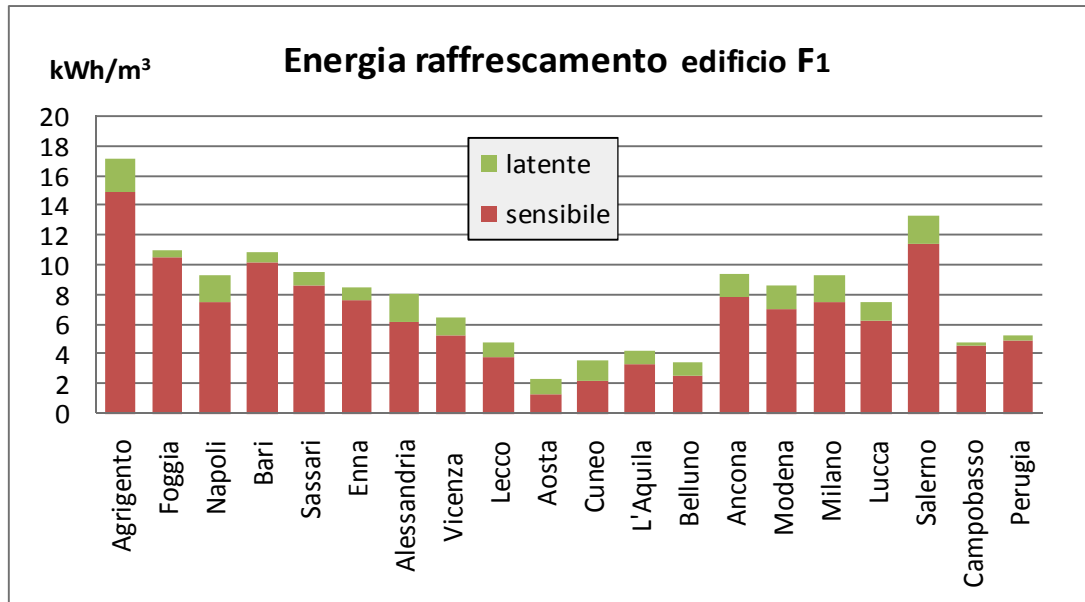
La tabella riportata di seguito mostra le differenze in termini percentuali tra i diversi valori di energia richiesta a parità del grado di isolamento (F1-F2) (F3-F4) e a parità di esposizione (F1-F3), (F2-F4). I risultati sono stati successivamente riportati in forma grafica per meglio evidenziare i confronti tra le varie configurazioni .

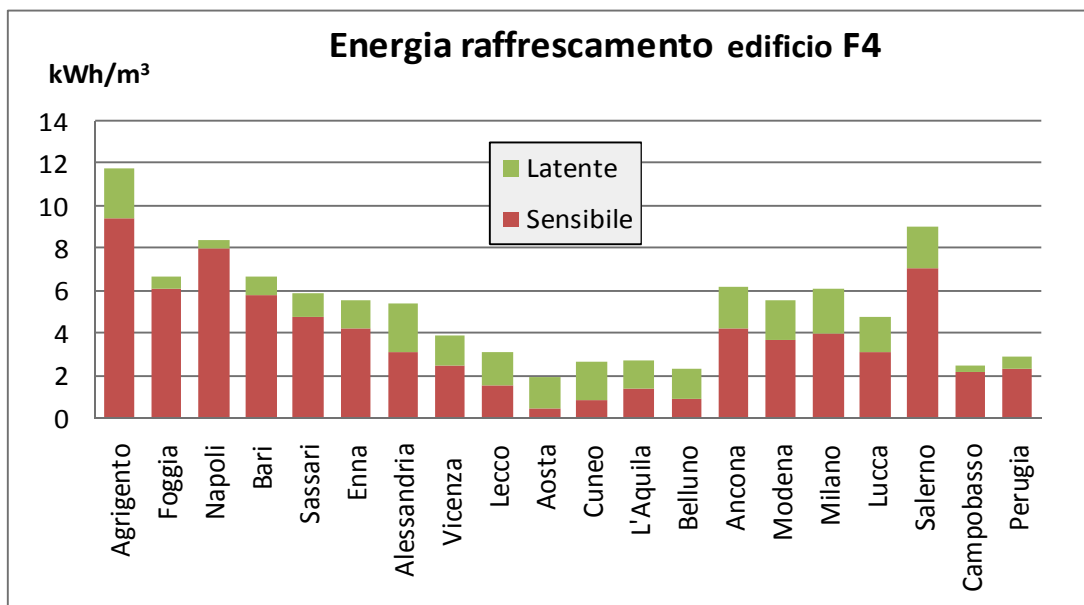
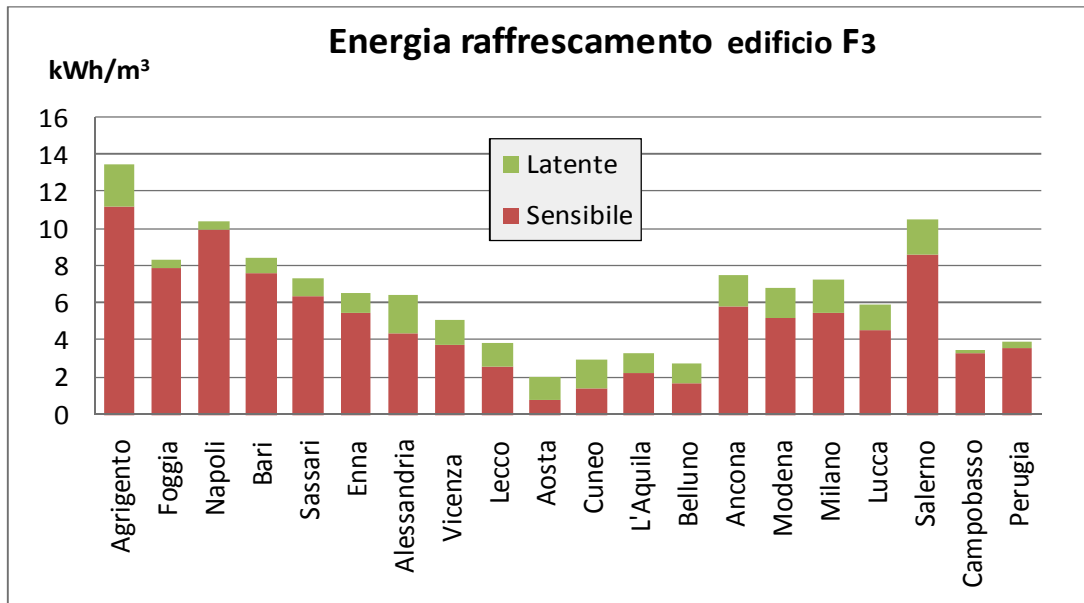
	Località	cambio di esposizione (F1- F2)	cambio di esposizione (F3- F4)	cambio isolamento (F1-F3)	cambio isolamento (F2-F4)	Max Variazione (%)
1	Agrigento	12%	13%	21%	22%	46%
2	Foggia	18%	20%	24%	26%	63%
3	Napoli	17%	19%	23%	25%	60%
4	Bari	19%	21%	23%	25%	64%
5	Sassari	19%	20%	23%	24%	61%
6	Enna	15%	15%	23%	24%	54%
7	Alessandria	15%	15%	21%	21%	49%
8	Vicenza	22%	22%	22%	22%	65%
9	Lecco	21%	18%	22%	19%	56%
10	Aosta	8%	5%	14%	11%	22%
11	Cuneo	14%	10%	19%	15%	37%
12	L'Aquila	19%	17%	21%	19%	53%
13	Belluno	21%	16%	21%	16%	50%
14	Ancona	17%	17%	21%	20%	52%
15	Modena	18%	18%	21%	22%	55%
16	Milano	16%	17%	21%	22%	53%
17	Lucca	19%	20%	21%	22%	59%
18	Salerno	14%	14%	21%	22%	48%
19	Campobasso	26%	28%	26%	29%	89%
20	Perugia	24%	26%	26%	27%	80%





Sono stati inoltre riportati, i valori dell'energia di climatizzazione disaggregati nelle due componenti sensibile e latente; i risultati, come nel caso residenziale, mostrano un netta prevalenza della componente sensibile, anche se nelle città più fredde (Aosta, Cuneo, L'Aquila, Belluno) l'incidenza dell'energia latente risulta maggiore.





ELABORAZIONE DEI RISULTATI

Precedentemente è stato mostrato come il fabbisogno energetico per la climatizzazione estiva, normalizzato rispetto alle caratteristiche dell'edificio (vettore edificio) sia linearmente dipendente dal vettore climatico.

$$C = \frac{\tilde{\mathcal{E}}}{|\vec{V}_B| \cos(\alpha - \beta)} = |\vec{V}_C| - k(\mu) |\vec{V}_{C,ref}|$$

Questa relazione afferma la sostanziale equivalenza tra l'Indice di Severità Climatica C ed il vettore climatico.

Ricordiamo che il parametro $k(\mu)$ dipendente dalla capacità di accumulo termico dell'edificio é, nel modello di calcolo ipotizzato (funzionamento continuo e lungo periodo di osservazione T), variabile in un campo limitato intorno a 1.

Per confrontare la rispondenza dei valori di energia calcolati tramite le simulazioni effettuate con quelli del modello lineare proposto, è necessario operare una trasformazione di tali valori:

per ogni configurazione (F1, F2, F3, F4) si effettua la regressione lineare

$$\tilde{\mathcal{E}} = \frac{E}{TV} \cong a |\vec{V}_C|_{std} + b;$$

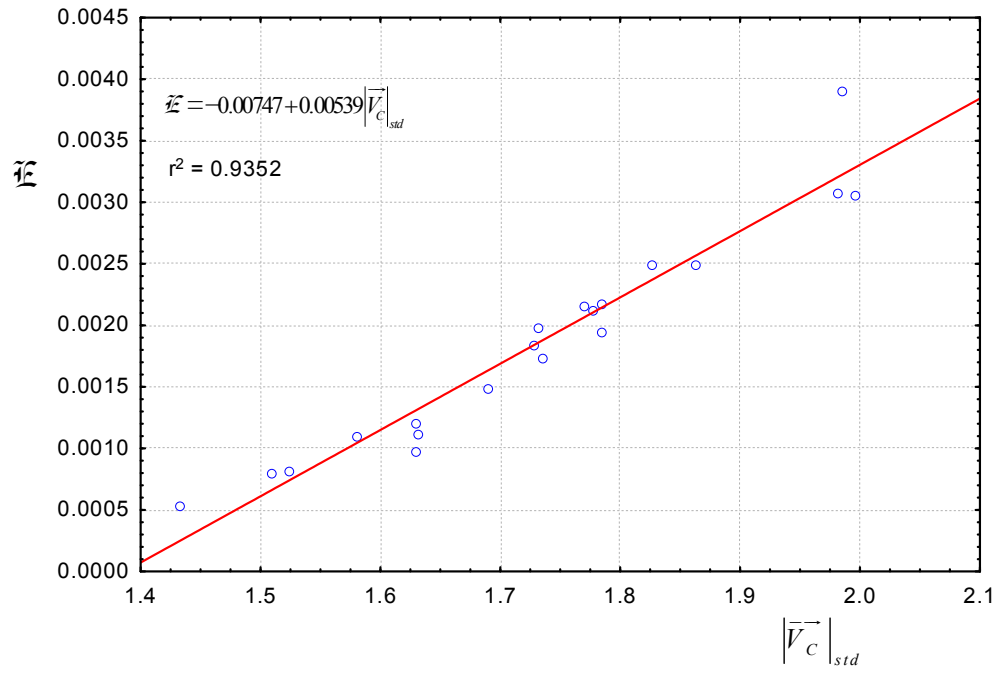
e si determina così la pendenza e il termine noto (a, b), con ovvia corrispondenza con i parametri del modello:

$$\begin{aligned} \frac{\tilde{\mathcal{E}}}{a} = C &\cong \left[|\vec{V}_C|_{std} + \frac{b}{a} \right] \\ a &= |\vec{V}_B| \cos(\alpha - \beta) \\ -\frac{b}{a} &= k(\mu) |\vec{V}_{C,ref}| \end{aligned}$$

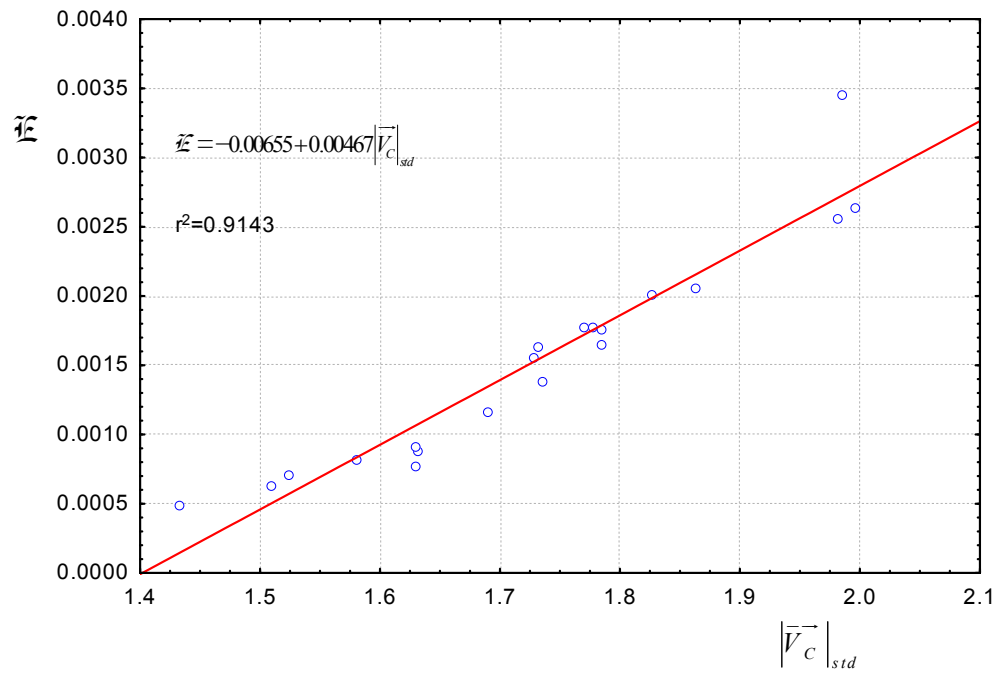
Si riportano di seguito la tabella di sintesi dell'energia normalizzata rispetto al tempo (T=4392 ore) ed al volume netto dell'edificio ($V = 3606 \text{ m}^3$) e i grafici delle regressioni lineari eseguite.

	Località	F1 (kWh/VT)	F2 (kWh/VT)	F3 (kWh/VT)	F4 (kWh/VT)
1	Agrigento	3.90E-03	3.45E-03	3.07E-03	2.68E-03
2	Foggia	2.50E-03	2.05E-03	1.90E-03	1.53E-03
3	Napoli	3.07E-03	2.56E-03	2.36E-03	1.92E-03
4	Bari	2.49E-03	2.01E-03	1.92E-03	1.52E-03
5	Sassari	2.17E-03	1.76E-03	1.67E-03	1.34E-03
6	Enna	1.94E-03	1.66E-03	1.49E-03	1.26E-03
7	Alessandria	1.84E-03	1.56E-03	1.47E-03	1.24E-03
8	Vicenza	1.49E-03	1.16E-03	1.16E-03	9.02E-04
9	Lecco	1.11E-03	8.83E-04	8.71E-04	7.11E-04
10	Aosta	5.38E-04	4.94E-04	4.63E-04	4.40E-04
11	Cuneo	8.21E-04	7.06E-04	6.66E-04	6.00E-04
12	L'Aquila	9.65E-04	7.78E-04	7.64E-04	6.32E-04
13	Belluno	8.02E-04	6.35E-04	6.33E-04	5.35E-04
14	Ancona	2.16E-03	1.78E-03	1.71E-03	1.41E-03
15	Modena	1.98E-03	1.63E-03	1.56E-03	1.28E-03
16	Milano	2.12E-03	1.77E-03	1.66E-03	1.39E-03
17	Lucca	1.72E-03	1.39E-03	1.36E-03	1.09E-03
18	Salerno	3.05E-03	2.63E-03	2.40E-03	2.06E-03
19	Campobasso	1.09E-03	8.12E-04	8.06E-04	5.78E-04
20	Perugia	1.20E-03	9.14E-04	8.95E-04	6.66E-04

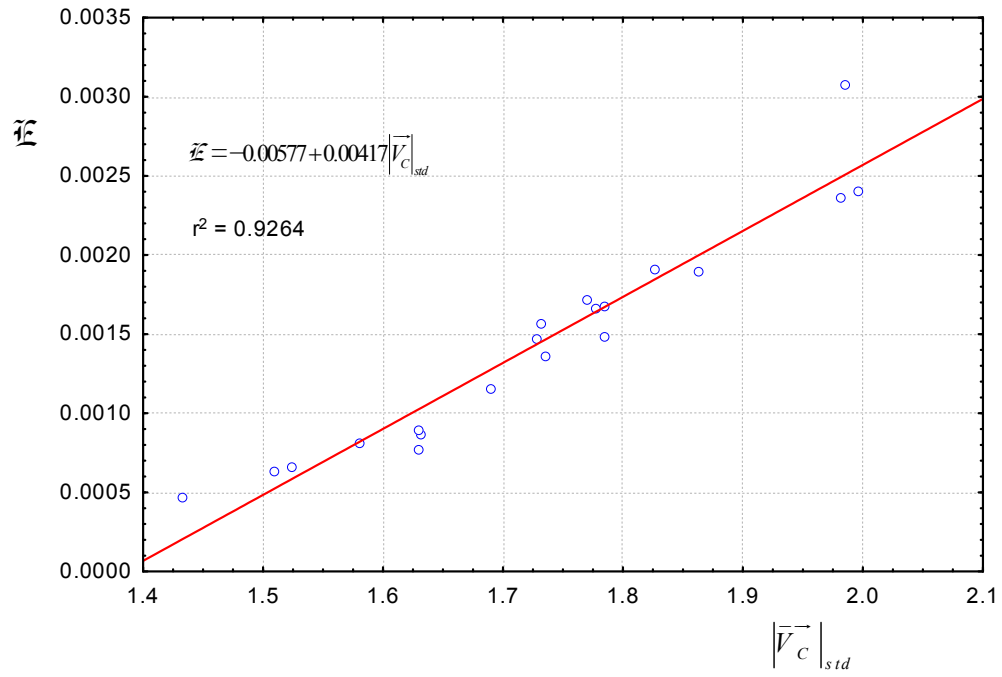
Caso F1



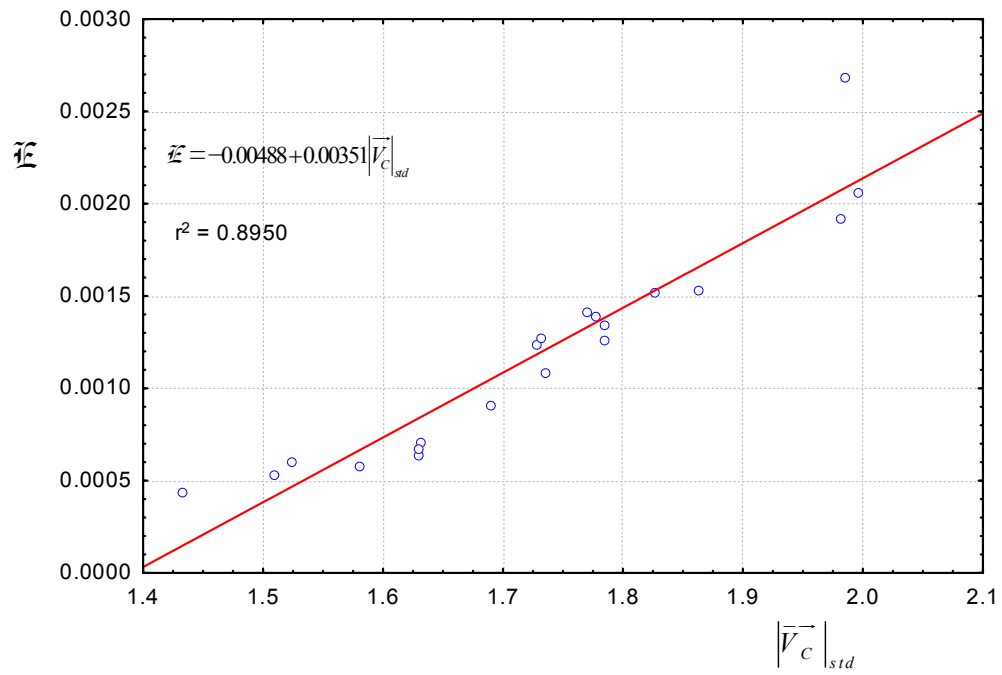
Caso F2



Caso F3



Caso F4

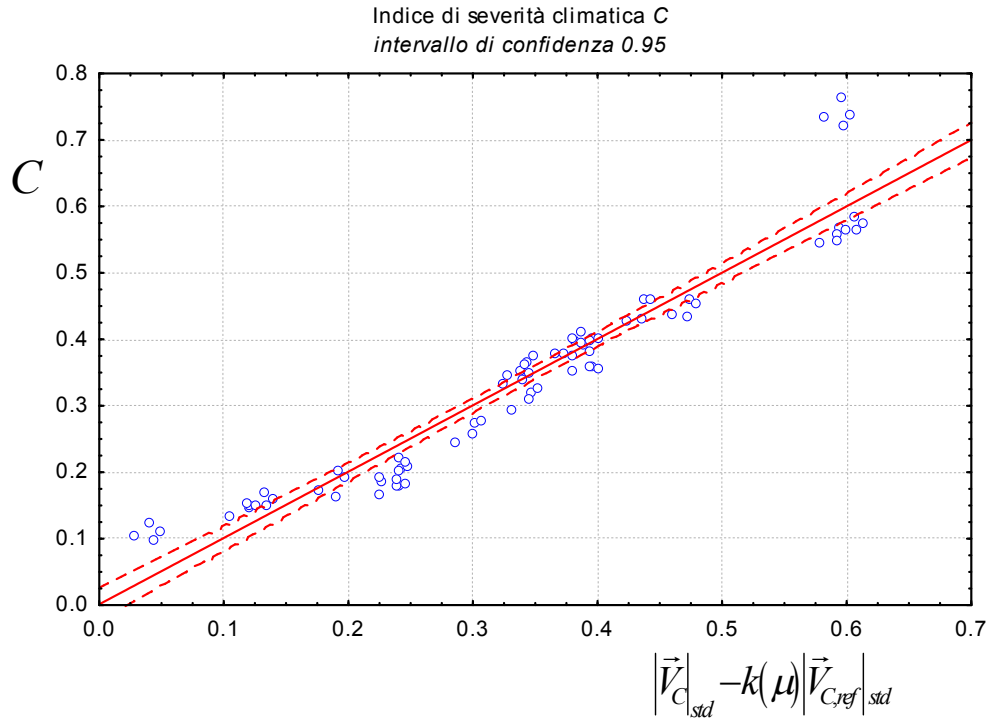


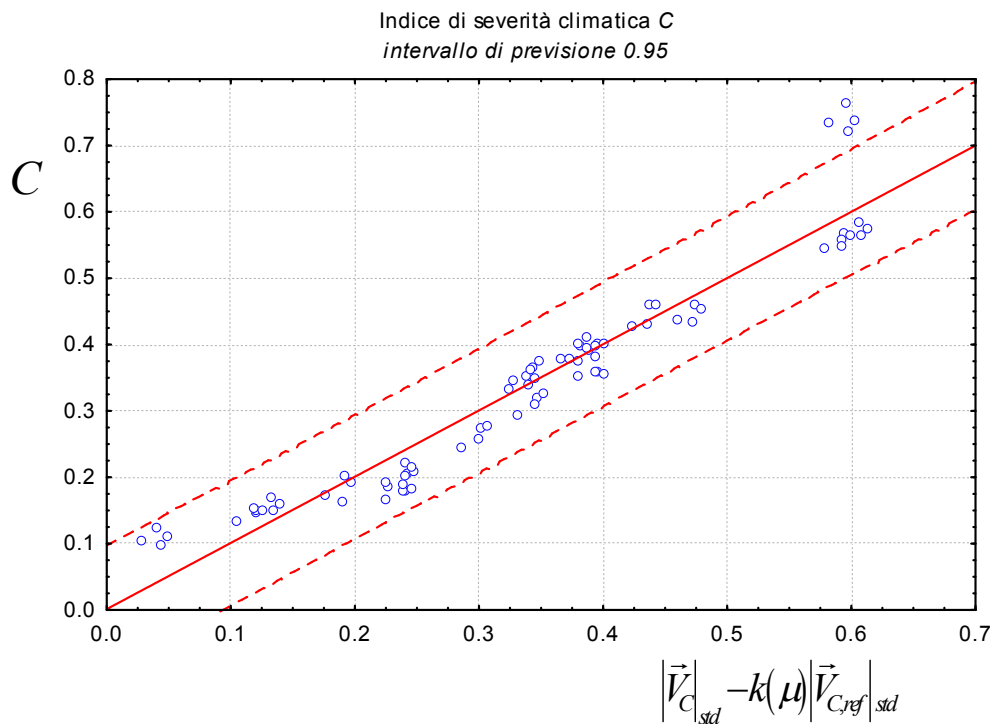
Tale procedura consente di calcolare i parametri caratteristici delle quattro configurazioni considerate, di seguito riassunti.

<i>Caso</i>	a	b	$\frac{b}{a}$
F1	0.00539	0.00747	1.38656
F2	0.00467	0.00655	1.40180
F3	0.00417	0.00577	1.38384
F4	0.00351	0.004882	1.39088

Ottenuti i parametri caratteristici (a e b), è stato possibile normalizzare l'energia \mathcal{E} rispetto alle caratteristiche dell'edificio (C) e successivamente verificarne la dipendenza dal vettore climatico ridotto standard, secondo la relazione

$$C = \left| \vec{V}_C \right| - k(\mu) \left| \vec{V}_{C,ref} \right|$$





I grafici riportati confermano, anche per l'edificio del terziario considerato, la bontà, nell'ambito dei parametri esplorati, del modello lineare proposto, nato, lo ricordiamo, dallo sviluppo in serie dell'espressione generale dell'energia

$$\frac{E_T}{VT} = f \left[\left(\Theta - \Theta_{ref} \right), \left(X - X_{ref} \right), \left(\Upsilon - \Upsilon_{ref} \right) \right] = \mathcal{E}$$

Ricordiamo che:

- l'*intervallo di previsione* al 95%, definito come la banda di previsione del valore di C in corrispondenza dei singoli valori del vettore climatico, pensato come variabile casuale distribuita in accordo alla distribuzione normale di Gauss, con il 95% di probabilità ($\pm 2\sigma$);
- l'*intervallo di confidenza* al 95% della stessa: la curva di *best-fit*, considerata come luogo dei punti dei valori medi di valori distribuiti secondo una distribuzione di probabilità corrispondente alla distribuzione *t di Student*, sarà compresa in detto intervallo con il 95% di probabilità.

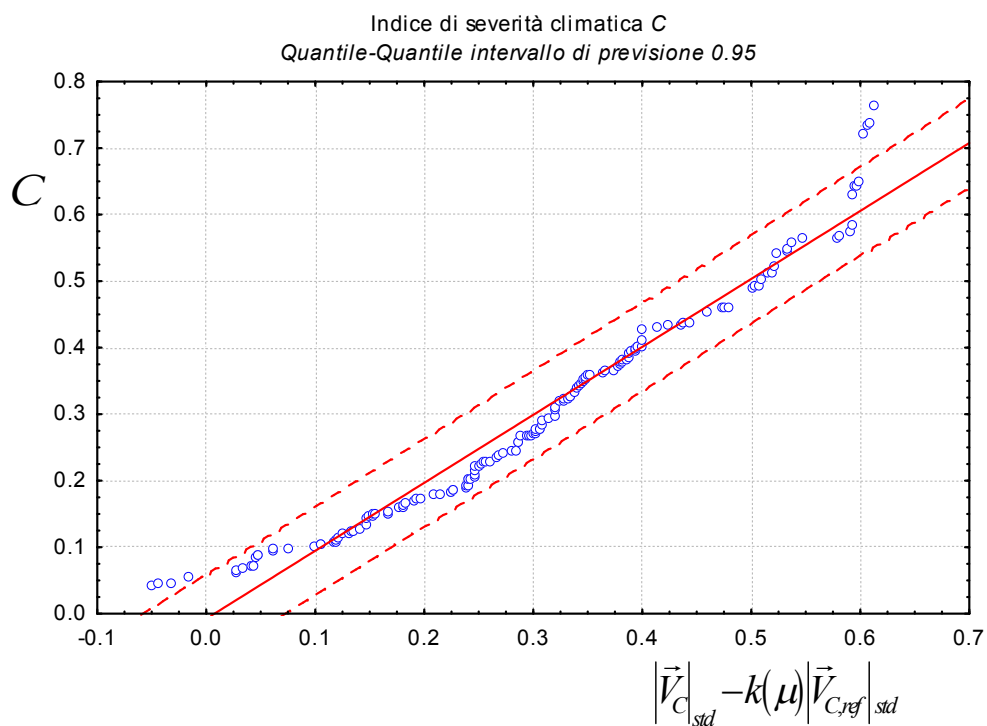
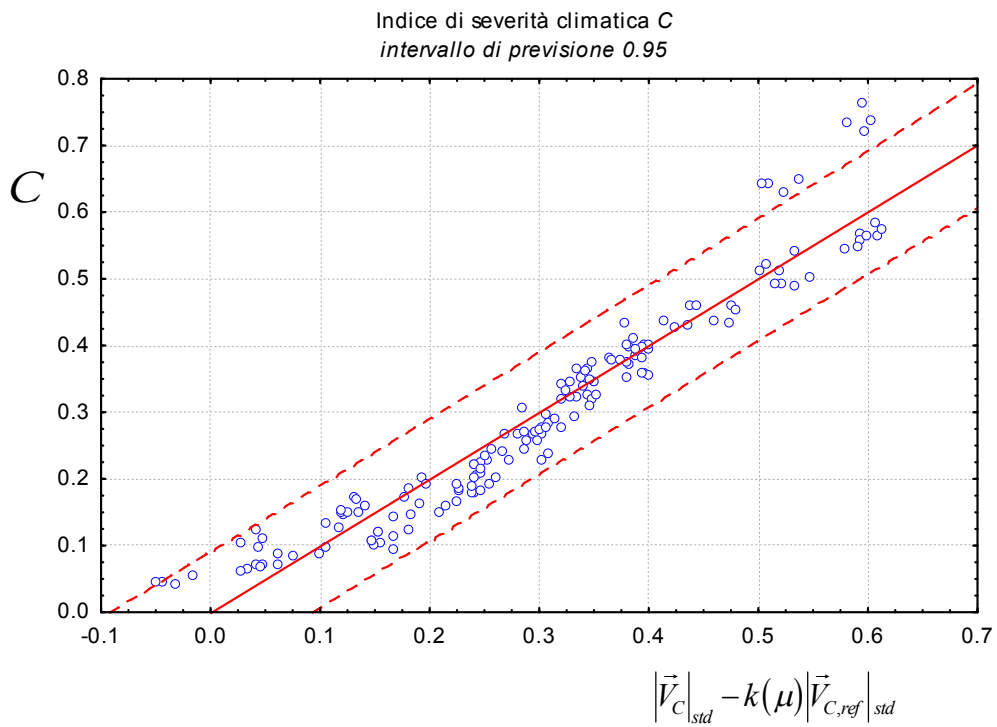
INTEGRAZIONE DEI DUE MODELLI FISICI DI EDIFICIO CONSIDERATI: USO UFFICIO E RESIDENZIALE

Ricordiamo sinteticamente le caratteristiche dei due edifici tipo, uso ufficio e residenziale, nelle condizioni base.

Caratteristiche geometriche e termofisiche		
	Terziario	Residenziale
Lunghezza [m]	48.2	10
Profondità [m]	12.2	15
Altezza interpiano [m]	3.5	3
numero di piani	2	1
Superficie in pianta [m ²]	590	150
Superficie calpestabile [m ²]	1180	150
Superficie totale disperdente [m ²]	2103.2	524.5
Superficie Copertura [m ²]	589.2	150
Volume netto [m ³]	3606.2	450
Volume lordo [m ³]	4507.8	618
Superfici Serramenti [m ²]	231.4	30
Superfici verticali [m ²]	693.3	120
S. serramenti/ S. totale disperdente	11%	6%
S. serramenti/ S. verticali	33%	25%
S/V	0.5	0.85
Ventilazione (h ⁻¹)	0.77	0.30
U media strutture opache	1.03	1.80
U media superfici trasparenti	2.95	4.90

É ora possibile integrare i risultati ottenuti per l'indice di severità C per le due tipologie di edifici studiati.

I grafici seguenti riportano i risultati relativi a tutti i casi esaminati per i due edifici.



Ricordiamo che:

il quantile α di una variabile casuale Y , avente funzione di ripartizione $F(Y)$, è quel valore di Y , detto Y_α , che lascia a sinistra la frazione α dei valori di Y .

L'andamento del grafico quantile-quantile delle variabili

$$C \text{ e } \left| \vec{V}_C \right| - k(\mu) \left| \vec{V}_{C,ref} \right|$$

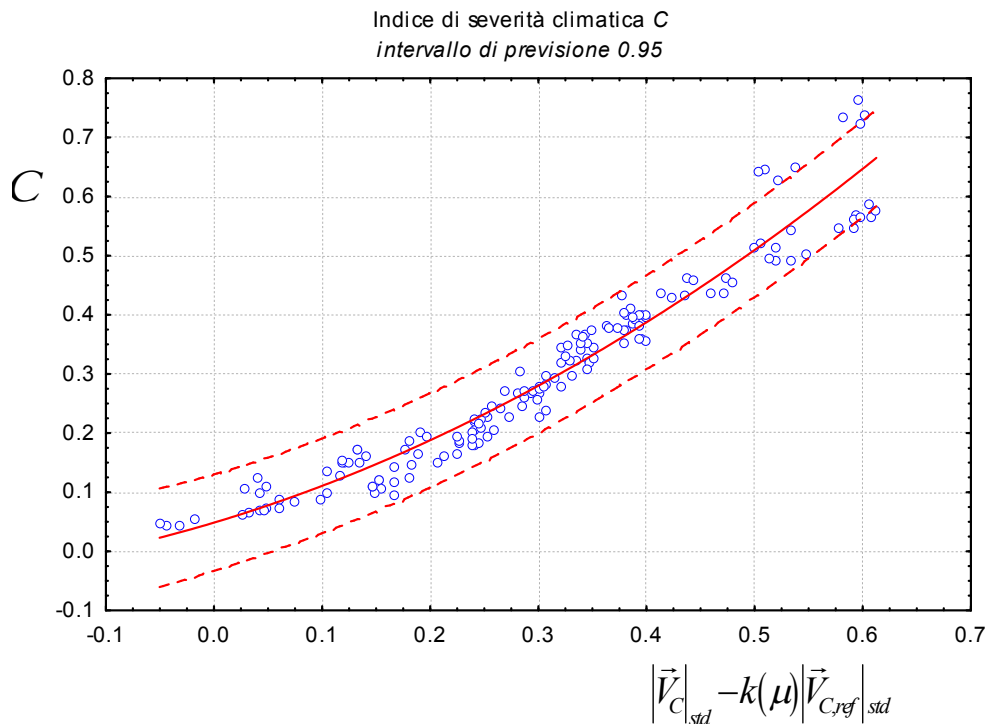
secondo una retta con coefficiente angolare pari a1 (per un ampio intervallo), sottolinea il fatto che le due variabili sono dotate della stessa distribuzione statistica.

Come è possibile osservare il modello lineare proposto, che lega l'energia di climatizzazione con le caratteristiche climatiche del sito, risulta sostanzialmente indipendente dalle caratteristiche dell'edificio considerato.

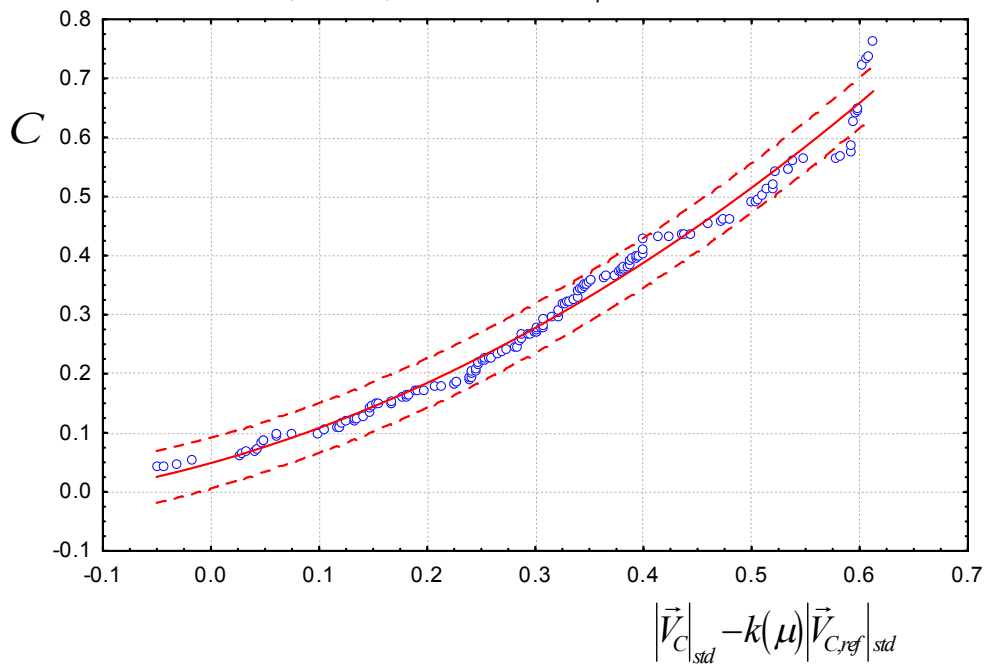
$$C = \left| \vec{V}_C \right| - k(\mu) \left| \vec{V}_{C,ref} \right|$$

Ciò consente ancora di utilizzare il vettore climatico come parametro utile ad effettuare una zonizzazione del territorio italiano in fasce climatiche, ai fini della climatizzazione estiva.

A tali fini operativi, e solo per questo, appare opportuno migliorare l'adattamento dei risultati numerici ottenuti, effettuando una regressione quadratica:



Indice di severità climatica C
Quantile-Quantile intervallo di previsione 0.95



CONCLUSIONI

Nel presente rapporto sono state richiamate [1] le caratteristiche dell'indice di severità climatica. Questo strumento, a seguito di un primo esperimento numerico su di un edificio residenziale, si è dimostrato idoneo a classificare il territorio italiano ai fini della regolamentazione dei consumi energetici per la climatizzazione degli edifici [2,3].

Per confermare la generalità di questo risultato, l'esperimento numerico è stato ripetuto su di un tipico edificio del terziario ad uso ufficio.

Gli edifici ad uso ufficio presentano in genere dei parametri geometrici e termofisici diversi dal caso residenziale; infatti oltre alle differenze in termini di geometria e volumetria, la notevole estensione delle superfici trasparenti, che incrementa i carichi dovuti all'irraggiamento, e il diverso tasso di ricambio d'aria, che influisce sulla ventilazione, incidono spesso in maniera rilevante sull'energia richiesta.

Attraverso un codice di calcolo dinamico (TRNsys 16) è stata valutata l'energia di climatizzazione estiva di una palazzina di uffici del Centro Ricerche ENEA Casaccia di Roma (edificio F51), in condizioni di trasmittanza e orientamento diverse.

I risultati ottenuti in questa seconda fase operativa confermano, anche per un edificio del terziario e nelle diverse configurazioni considerate, la dipendenza dell'energia normalizzata (Indice di severità C) dal vettore climatico, e quindi la validità del modello.

È pertanto lecito affermare che, il vettore climatico può essere utilizzato come parametro utile ad effettuare una zonizzazione del territorio in fasce climatiche, ai fini della climatizzazione estiva.

BIBLIOGRAFIA

- [1] "Un approccio razionale alla definizione delle zone climatiche di un territorio per la regolamentazione dei consumi energetici derivanti dalla climatizzazione degli edifici" Luciano Terrinoni - ENEA RT/2008/20/TER
- [2] " Prima Applicazione dell'Indice di Severità Climatica "ALL WEATHER" per la Definizione delle Zone Climatiche dell'Italia per la Regolamentazione dei Consumi Energetici Derivanti dalla Climatizzazione Estiva degli Edifici" - L. Terrinoni, P. Signoretti, D. Iatauro, C. Romeo, A. Federici - RT/2010/18/ENEA
- [3] "Definition, analysis and application of a climatic severity index aimed at zoning the italian territory for summer air conditioning of buildings" - L. Terrinoni, P. Signoretti, D. Iatauro, C. Romeo, A. Federici - International Journal of HEAT & TECHNOLOGY vol. 28 n.2/2010

RIFERIMENTI

- [a] Norma UNI 10349 "Riscaldamento e raffrescamento degli edifici. Dati climatici" (1994)
- [b] Norma UNI 10339 "Impianti aeraulici al fini di benessere. Generalità, classificazione e requisiti. Regole per la richiesta d'offerta, l'offerta, l'ordine e la fornitura" (1995)
- [c] Norma UNI TS 11300-1 "Determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva ed invernale" (2008)
- [d] Archivio climatico DBT Enea (<http://clisun.casaccia.enea.it>)

APPENDICI

A) TYPE 54 - WEATHER GENERATOR - DATA INPUT (UNI 10349) PER LE 20 LOCALITÀ DI TEST

20

1Agrigento														37.18	
8800	12500	16900	22200	26900	29500	29600	27000	20900	14600	10100	8200				
74	69	65	72	88		113	134	133	135	106		91	67		
10.4	10.8	12.7	15.6	19.4	24.1	26.9	26.5	24.0	19.9	15.9	12.2				
2Foggia														41.27	
6400	9700	13900	19500	23800	25700	26600	23200	17800	12500	7700	5700				
46	48		49	66	76	105	110	96	111	84	73	53			
6.4	7.3	10.0	13.8	17.9	23.2	26.0	25.5	22.1	16.9	12.2	7.9				
3Napoli														40.51	
6700	9600	13900	18900	23700	26300	27200	23900	17800	12800	7600	5800				
46	48		49	66	76	105	110	96	111	84	73	53			
10.5	10.6	13.0	16.0	19.5	24.1	26.7	26.5	23.8	19.6	15.5	12.1				
4Bari														41.08	
6600	10100	14500	20600	25300	28000	28600	25200	19000	13200	8000	5700				
47	52	56	72	88	110	126	98	114	92	76	60				
8.6	9.2	11.1	14.2	18.0	22.3	24.7	24.5	22.0	17.9	14.0	10.2				
5Sassari														40.43	
6800	9800	14200	19000	24100	26600	28100	24000	18600	12600	7500	5800				
64	62	64	75	93	106	113	125	114		95	84	69			
8.7	9.1	11.3	14.0	16.8	21.4	24.0	24.5	22.1	17.5	13.5	9.9				
6Enna														37.33	
6800	9800	14200	19000	24100	26600	28100	24000	18600	12600	7500	5800				
64	62	64	75	93	106	113	125	114		95	84	69			
8.7	9.1	11.3	14.0	16.8	21.4	24.0	24.5	22.1	17.5	13.5	9.9				
7Alessandria														44.54	
4700	7500	11600	15800	18500	20500	22600	18000	13400	8500	5300	4200				
31	37		49	68	87	116	127	123	109		75	53	37		
0	2.8	8.1	13.1	17.3	22.0	24.7	23.6	19.9	13.1	6.9	1.9				
8Vicenza														45.32	
4600	7400	11800	15300	19400	21400	22100	19500	14700	9300	5400	4400				
43	39		43	62	84		93	109	132	93	73	56	40		
2.4	4.2	8.5	12.9	17.0	21.3	23.6	23.0	19.6	13.9	8.5	4.1				
9Lecco														45.51	
4700	7000	11400	15800	18400	20700	22100	18200	13400	9100	5100	4100				
42	45		54	69	82		104	115	116	104	80	61	47		
3.9	5.7	9.6	13.3	16.0	20.1	22.6	22.1	19.2	14.3	9.2	5.3				
10Aosta														45.44	
5300	8000	12100	15700	18200	19900	21000	17500	13200		8700	6100	4800			
31	36		44	58	76		95	104	103	85	63	46	34		
-0.3	2.6	6.7	11.0	14.7	18.7	20.5	19.4	15.9	10.3	4.8	0.8				
11Cuneo														44.22	
5500	8100	11500	14600	16400	18600	20300	16000	12400	8700	5900	5000				
34	37		45	59	77		99	112	111	95	69	51	39		
1.1	2.9	6.9	11.3	14.8	19.4	21.9	21.0	17.7	11.7	6.2	2.5				
12L'Aquila														42.21	
6000	8400	12000	14800	19300	21100	23600	20100	15700	10600	6400	5100				
37	39		46	60	78		97	112	115	101	75	58	42		
2.0	3.6	7.1	11.4	15.0	19.1	22.0	21.8	18.6	13.1	8.2	3.8				
13Belluno														46.08	
4300	7500	11900	15300	19300	20500	21900	17800	13900	9100	4800	3900				
32	35		45	59	77		96	108	110	95	72	52	37		
0.1	2.3	6.8	11.2	14.9	18.9	21.2	20.8	17.7	12.4	6.5	1.7				
14Ancona														43.36	
4300	7600	12100	18300	23100	24100	26000	22000	16000	10500	5500	4100				
51	51		61	75	85	114	123	126	124		95	72	52		
6.3	7.1	9.9	13.4	17.0	21.8	24.4	24.1	21.3	16.5	12.1	7.8				
15Modena														44.38	
4400	7000	11800	17200	21600	24000	25000	20300	15100	10000	5300	4100				
35	39		51	69	87		115	125	124	110	79	58	40		
1.4	3.5	8.6	13.3	17.2	21.8	24.3	23.8	20.1	14.0	8.1	3.1				
16Milano														45.27	
3800	6700	11600	16500	20000	22200	24000	19400	14000	8400	4400	3300				
36	40	58	72	82	115	108	126	120	88	59	41				
1.7	4.2	9.2	14.0	17.9	22.5	25.1	24.1	20.4	14.0	7.9	3.1				
17Lucca														43.59	
5300	7900	12300	16700	20300	22700	24700	20500	15800	10700	5800	4400				
48	50		56	69	86	111	122	123	114	86	67	52			
6.1	7.2	10.1	13.3	17.1	21.2	23.8	23.6	20.9	15.8	10.9	7.3				

```

18Salerno          40.40
6000  8200 11900 15700 19700 22800 23800 20700 15500 11100 6900 5300
47    51    55 69 95          130 124 136 112 86    69 58
10.4  11.3 13.5 16.5 20.1 23.9 26.5 26.6 24.1 19.9 15.7 12.2
19Campobasso      41.33
6200  9500 13500 18700 23500 25300 26500 23100 17400 12000 7300 5600
41    36    38 48 76          80    90 102 92 62    54 42
3.7   4.8  7.3 11.1 14.8 19.6 22.5 22.2 18.9 13.5 9.0  5.0
20Perugia         43.06
5500  7900 12300 16600 21400 23600 25500 21500 16100 11400 6300 4600
36    46    32 56 73 78    88 86 106          78 66 46
4.0   5.0  8.1 11.5 15.4 20.1 23.1 22.7 19.6 14.1 9.4  5.5

```

Comments (Those lines are ignored by Type54)

This file shows an example of data that must be provided to Type 54 for 329 locations in the US.

File format:

line 1: NLOC

line 2: LOCATION 1 LATITUDE

line 3: I1 I2 I3 ... I12

line 4: w1*10000 w2*10000 w3*10000 ... w12*10000

line 5: TEMP1 TEMP2 TEMP3 ... TEMP12

line 6: LOCATION 2 LATITUDE

line 7: I1 I2 I3 ... I12

line 8: w1*10000 w2*10000 w3*10000 ... w12*10000

line 9: TEMP1 TEMP2 TEMP3 ... TEMP12

Etc.

where:

NLOC - the number of locations in the data base

LOCATION - is the name of the location, maximum of 32 characters (pad with spaces if less than 32 characters)

LATITUDE - between -90.0 and 90.0, number must start in column 33

I1-I12 - monthly average daily global horizontal solar radiation (kJ/m2 per day) - Free format (real number)

w1-w12 - monthly average humidity ratio times 10000 (kg water/kg air) - Free format (real number)

TEMP1-TEMP12 - monthly average temperature (°C) - Free format (real number)

From one to as many locations as desired can be entered into the data file. If locations are added to the end of wdata.dat; the first line, which contains NLOC, must be changed.

B) TRNSYS INPUT FILE (DECK) GENERATO DA TRNSYSSTUDIO

- descrizione componenti utilizzate per la simulazione
- Collegamenti tra le componenti
- File di esempio riferito ad una simulazione specifica (orientamento West)

```
VERSION 16
*****
*** TRNSYS input file (deck) generated by TrnsysStudio
*** on Wednesday, December 09, 2009 at 11:15
*** from TrnsysStudio project: C:\Program Files (x86)\Trnsys16\MyProjects\indiciSeverita\ALLWEATHERIndex\AllWeather_Aa01W.TPF
***
*** If you edit this file, use the File/Import TRNSYS Input File function in
*** TrnsysStudio to update the project.
***
*** If you have problems, questions or suggestions please contact your local
*** TRNSYS distributor or mailto:iisibat@cstb.fr
*** Units
*****
*** Control cards
*****
* START, STOP and STEP
CONSTANTS 3
START=0
STOP=8760
STEP=1
* User defined CONSTANTS

SIMULATION      START  STOP   STEP   ! Start time      End time  Time step
TOLERANCES 0.001 0.001   ! Integration      Convergence
LIMITS 30 30 30   ! Max iterations   Max warnings  Trace limit
DFQ 1           ! TRNSYS numerical integration solver method
WIDTH 80        ! TRNSYS output file width, number of characters
LIST            ! NOLIST statement
               ! MAP statement
SOLVER 0 1 1    ! Solver statement  Minimum relaxation factor  Maximum relaxation factor
NAN_CHECK 0     ! Nan DEBUG statement
OVERWRITE_CHECK 0 ! Overwrite DEBUG statement
EQSOLVER 0      ! EQUATION SOLVER statement

* Model "TYPE54a" (Type 54)
*

UNIT 2 TYPE 54   TYPE54a
*$UNIT_NAME TYPE54a
*$MODEL \Physical Phenomena\Weather Generators\Default Random Number Seeds\TYPE54a.tmf
*$POSITION 70 284
*$LAYER Weather - Data Files #
*$# NOTE: If a solar radiation processor (Type16) is connected to Type 54, it should be set to use Solar Time
PARAMETERS 19
1           ! 1 Weather file units
30          ! 2 Logical unit
1           ! 3 City number
2           ! 4 Temperature model
1           ! 5 Hourly radiation correction
1           ! 6 Use default seeds
4.5         ! 7 Average January windspeed
4.5         ! 8 Average February windspeed
4.5         ! 9 Average March windspeed
4.5         ! 10 Average April windspeed
4.5         ! 11 Average May windspeed
4.5         ! 12 Average June windspeed
4.5         ! 13 Average July windspeed
4.5         ! 14 Average August windspeed
4.5         ! 15 Average September windspeed
4.5         ! 16 Average October windspeed
4.5         ! 17 Average November windspeed
4.5         ! 18 Average December windspeed
230        ! 19 Altitude
```

```

*** External files
ASSIGN "Type54-WeatherGenerator_eneac(CR).dat" 30
*]? Which file contains the monthly average weather data? |1000
*-----

```

```

* Model "Type16c" (Type 16)
*

```

```

UNIT 9 TYPE 16    Type16c
*$UNIT_NAME Type16c
*$MODEL \Physical Phenomena\Radiation Processors\Total Horiz Temp and Humidity Known (Mode=2)\Type16c.tmf
*$POSITION 159 178
*$LAYER Weather - Data Files #
PARAMETERS 9
2          ! 1 Horiz. radiation mode
1          ! 2 Tracking mode
4          ! 3 Tilted surface mode
1          ! 4 Starting day
37.18     ! 5 Latitude
4871.0    ! 6 Solar constant
-1.4      ! 7 Shift in solar time
2         ! 8 Not used
-1        ! 9 Solar time?
INPUTS 14
2,7       ! TYPE54a:Global horizontal radiation ->Radiation on horizontal
2,4       ! TYPE54a:Dry bulb temperature ->Ambient temperature
2,6       ! TYPE54a:Percent relative humidity ->Relative humidity
2,99      ! TYPE54a:Time of last read ->Time of last data read
2,100     ! TYPE54a:Time of next read ->Time of next data read
0,0       ! [unconnected] Ground reflectance
0,0       ! [unconnected] Slope of surface-1
0,0       ! [unconnected] Azimuth of surface-1
0,0       ! [unconnected] Slope of surface-2
0,0       ! [unconnected] Azimuth of surface-2
0,0       ! [unconnected] Slope of surface-3
0,0       ! [unconnected] Azimuth of surface-3
0,0       ! [unconnected] Slope of surface-4
0,0       ! [unconnected] Azimuth of surface-4
*** INITIAL INPUT VALUES
0.0 20.0 50 0.0 1.0 0.2 90 90 90 180 90 270 90 0
*-----

```

```

* Model "TYPE33e" (Type 33)
*

```

```

UNIT 6 TYPE 33    TYPE33e
*$UNIT_NAME TYPE33e
*$MODEL \Physical Phenomena\Thermodynamic Properties\Psihchometrics\Dry Bulb and Relative Humidity Known\TYPE33e.tmf
*$POSITION 216 508
*$LAYER Main #
PARAMETERS 3
2          ! 1 Psychrometrics mode
1          ! 2 Wet bulb mode
2          ! 3 Error mode
INPUTS 3
2,4       ! TYPE54a:Dry bulb temperature ->Dry bulb temp.
2,6       ! TYPE54a:Percent relative humidity ->Percent relative humidity
0,0       ! [unconnected] Pressure
*** INITIAL INPUT VALUES
22.0 60.0 1
*-----

```

```

* Model "TYPE69b" (Type 69)
*

```

```

UNIT 4 TYPE 69    TYPE69b
*$UNIT_NAME TYPE69b
*$MODEL \Physical Phenomena\Sky Temperature\calculate cloudiness factor\TYPE69b.tmf
*$POSITION 376 417
*$LAYER Main #
PARAMETERS 2
0          ! 1 mode for cloudiness factor
230       ! 2 height over sea level
INPUTS 4
2,4       ! TYPE54a:Dry bulb temperature ->Ambient temperature
6,8       ! TYPE33e:Dew point temperature. ->Dew point temperature at ambient conditions

```

```

9,5          ! Type16c:Beam radiation on horizontal ->Beam radiation on the horizontal
9,6          ! Type16c:Horizontal diffuse radiation ->Diffuse radiation on the horizontal
*** INITIAL INPUT VALUES
0 20 0 0
*-----

```

```

* Model "TYPE14h_AG" (Type 14)
*

```

```

UNIT 11 TYPE 14   TYPE14h_AG
*$UNIT_NAME TYPE14h_AG
*$MODEL \Utility\Forcing Functions\General\TYPE14h.tmf
*$POSITION 443 591
*$LAYER Main #
PARAMETERS 20
0              ! 1 Initial value of time
10.4           ! 2 Initial value of function
2160           ! 3 Time at point-1
10.4           ! 4 Value at point -1
2161           ! 5 Time at point-2
10.8           ! 6 Value at point -2
2880           ! 7 Time at point-3
10.8           ! 8 Value at point -3
2881           ! 9 Time at point-4
12.7           ! 10 Value at point -4
6552           ! 11 Time at point-5
12.7           ! 12 Value at point -5
6553           ! 13 Time at point-6
15.6           ! 14 Value at point -6
7296           ! 15 Time at point-7
15.6           ! 16 Value at point -7
7297           ! 17 Time at point-8
19.4           ! 18 Value at point -8
8760           ! 19 Time at point-9
19.4           ! 20 Value at point -9

```

```

* Model "Type56a" (Type 56)
*

```

```

UNIT 5 TYPE 56   Type56a
*$UNIT_NAME Type56a
*$MODEL \Loads and Structures\Multi-Zone Building\With Standard Output Files\Type56a.tmf
*$POSITION 732 324
*$LAYER Main #
*$#
PARAMETERS 6
31             ! 1 Logical unit for building description file (.bui)
0              ! 2 Star network calculation switch
0.50           ! 3 Weighting factor for operative temperature
32             ! 4 Logical unit for monthly summary
33             ! 5 Logical unit for hourly temperatures
34             ! 6 Logical unit for hourly loads

```

```

INPUTS 21
2,4            ! TYPE54a:Dry bulb temperature -> 1- TAMB (AMBIENT TEMPERATURE)
2,6            ! TYPE54a:Percent relative humidity -> 2- ARELHUM (RELATIVE AMBIENT HUMIDITY)
4,1            ! TYPE69b:Fictive sky temperature -> 3- TSKY (FIKTIVE SKY TEMPERATURE)
9,12           ! Type16c:Total radiation on surface 2 -> 4- ITNORTH (INCIDENT RADIATION FOR ORIENTATION NORTH)
9,22           ! Type16c:Total radiation on surface 4 -> 5- ITSOUTH (INCIDENT RADIATION FOR ORIENTATION SOUTH)
9,17           ! Type16c:Total radiation on surface 3 -> 6- ITEAST (INCIDENT RADIATION FOR ORIENTATION EAST)
9,7            ! Type16c:Total radiation on surface 1 -> 7- ITWEST (INCIDENT RADIATION FOR ORIENTATION WEST)
9,4            ! Type16c:Total horizontal radiation -> 8- ITHORIZONT (INCIDENT RADIATION FOR ORIENTATION HORIZONT)
9,13           ! Type16c:Beam radiation on surface 2 -> 9- IBNORTH (INCIDENT BEAM RADIATION FOR ORIENTATION NORTH)
9,23           ! Type16c:Beam radiation on surface 4 -> 10- IBSOUTH (INCIDENT BEAM RADIATION FOR ORIENTATION SOUTH)
9,18           ! Type16c:Beam radiation on surface 3 -> 11- IBEAST (INCIDENT BEAM RADIATION FOR ORIENTATION EAST)
9,8            ! Type16c:Beam radiation on surface 1 -> 12- IBWEST (INCIDENT BEAM RADIATION FOR ORIENTATION WEST)
9,5            ! Type16c:Beam radiation on horizontal -> 13- IBHORIZONT (INCIDENT BEAM RADIATION FOR ORIENTATION
HORIZONT)
9,15           ! Type16c:Incidence angle of surface 2 -> 14- AINORTH (ANGLE OF INCIDENCE FOR ORIENTATION NORTH)
9,25           ! Type16c:Incidence angle of surface 4 -> 15- AISOUTH (ANGLE OF INCIDENCE FOR ORIENTATION SOUTH)
9,20           ! Type16c:Incidence angle of surface 3 -> 16- AIEAST (ANGLE OF INCIDENCE FOR ORIENTATION EAST)
9,10           ! Type16c:Incidence angle for surface 1 -> 17- AIWEST (ANGLE OF INCIDENCE FOR ORIENTATION WEST)
9,2            ! Type16c:Solar zenith angle -> 18- AIHORIZONT (ANGLE OF INCIDENCE FOR ORIENTATION HORIZONT)
11,1           ! TYPE14h_AG:Average value of function -> 19- TS (INPUT)
12,2           ! TYPE14h_Heating:Instantaneous value of function over the timestep -> 20- HEAT_POWER (INPUT)
13,2           ! TYPE14h_Cooling:Instantaneous value of function over the timestep -> 21- COOL_POWER (INPUT)
*** INITIAL INPUT VALUES
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

```

```

*** External files
ASSIGN "AaProva.bui" 31
*]? Building description file (*.bui) |1000
ASSIGN "Bldg-Monthly.out" 32
*]? Monthly Summary File |1000
ASSIGN "Bldg-HourlyTemp.out" 33
*]? Hourly Temperatures |1000
ASSIGN "Bldg-HourlyLoads.out" 34
*]? Hourly Loads |1000
*-----

* Model "Type65a" (Type 65)
*

UNIT 8 TYPE 65    Type65a
*$UNIT_NAME Type65a
*$MODEL \Output\Online Plotter\Online Plotter With File\TRNSYS-Supplied Units\Type65a.tmf
*$POSITION 986 564
*$LAYER Main #
PARAMETERS 12
4                ! 1 Nb. of left-axis variables
2                ! 2 Nb. of right-axis variables
10               ! 3 Left axis minimum
30               ! 4 Left axis maximum
-50000           ! 5 Right axis minimum
50000            ! 6 Right axis maximum
12               ! 7 Number of plots per simulation
12               ! 8 X-axis gridpoints
0                ! 9 Shut off Online w/o removing
36               ! 10 Logical Unit for output file
2                ! 11 Output file units
0                ! 12 Output file delimiter
INPUTS 6
2,4              ! TYPE54a: Dry bulb temperature ->Left axis variable-1
5,1              ! Type56a: 1- (air temperature of zone) TAIR 1 ->Left axis variable-2
5,2              ! Type56a: 2- (relativ humidity of zone...) RELHUM 1 ->Left axis variable-3
9,4              ! Type16c: Total horizontal radiation ->Left axis variable-4
5,5              ! Type56a: 5- (sens. energy demand of z...) QSENS 1 ->Right axis variable-1
5,7              ! Type56a: 7- (lat. energy demand of zo...) QLATD 1 ->Right axis variable-2
*** INITIAL INPUT VALUES
Tout Tzone URint RAdHor Qsens Qlatd
LABELS 3
"Temperatures"
"Heat transfer rates"
"Graph 1"
*** External files
ASSIGN "C:\Program Files (x86)\Trnsys16\MyProjects\indiciSeverita\ALLWEATHERIndex\AllWeather_Aa01000plotter.xls" 36
*]? What file should the online print to? |1000
*-----

* Model "Type25a_Qdem" (Type 25)
*

UNIT 10 TYPE 25    Type25a_Qdem
*$UNIT_NAME Type25a_Qdem
*$MODEL \Output\Printer\TRNSYS-Supplied Units\Type25a.tmf
*$POSITION 971 711
*$LAYER Main #
PARAMETERS 10
1                ! 1 Printing interval
0                ! 2 Start time
8760             ! 3 Stop time
37               ! 4 Logical unit
2                ! 5 Units printing mode
0                ! 6 Relative or absolute start time
-1               ! 7 Overwrite or Append
-1               ! 8 Print header
0                ! 9 Delimiter
1                ! 10 Print labels
INPUTS 18
2,4              ! TYPE54a: Dry bulb temperature ->Input to be printed-1
5,1              ! Type56a: 1- (air temperature of zone) TAIR 1 ->Input to be printed-2
6,1              ! TYPE33e: Humidity ratio ->Input to be printed-3
5,4              ! Type56a: 4- (absolute air humidity) ABSHUM 1 ->Input to be printed-4
6,6              ! TYPE33e: Percent relative humidity ->Input to be printed-5
5,2              ! Type56a: 2- (relativ humidity of zone...) RELHUM 1 ->Input to be printed-6

```

```

9,4      ! Type16c:Total horizontal radiation ->Input to be printed-7
9,5      ! Type16c:Beam radiation on horizontal ->Input to be printed-8
9,7      ! Type16c:Total radiation on surface 1 ->Input to be printed-9
9,8      ! Type16c:Beam radiation on surface 1 ->Input to be printed-10
9,12     ! Type16c:Total radiation on surface 2 ->Input to be printed-11
9,13     ! Type16c:Beam radiation on surface 2 ->Input to be printed-12
9,17     ! Type16c:Total radiation on surface 3 ->Input to be printed-13
9,18     ! Type16c:Beam radiation on surface 3 ->Input to be printed-14
9,22     ! Type16c:Total radiation on surface 4 ->Input to be printed-15
9,23     ! Type16c:Beam radiation on surface 4 ->Input to be printed-16
5,5      ! Type56a: 5- (sens. energy demand of z...) QSENS 1 ->Input to be printed-17
5,7      ! Type56a: 7- (lat. energy demand of zo...) QLATD 1 ->Input to be printed-18

```

*** INITIAL INPUT VALUES

```

Tout Tzone ExHumRatio33 IntAbsHum URout33 URint TotHorRad BeamRadHor
TotRad_1 BeamRad_1 TotRad_2 BeamRad_2 TotRad_3 BeamRad_3 TotRad_4 BeamRad_4
Qsens QlatD

```

*** External files

```

ASSIGN "C:\Program Files (x86)\Trnsys16\MyProjects\indiciSeverita\ALLWEATHERIndex\AllWeather_Aa01W.xls" 37

```

```

*]? Output File for printed results |1000

```

```

*-----
* Model "TYPE14h_Heating" (Type 14)

```

*

```

UNIT 12 TYPE 14 TYPE14h_Heating

```

```

*$UNIT_NAME TYPE14h_Heating

```

```

*$MODEL \Utility\Forcing Functions\General\TYPE14h.tmf

```

```

*$POSITION 577 84

```

```

*$LAYER Main #

```

```

PARAMETERS 12

```

```

0          ! 1 Initial value of time
1          ! 2 Initial value of function
2520       ! 3 Time at point-1
1          ! 4 Value at point -1
2521       ! 5 Time at point-2
0          ! 6 Value at point -2
6888       ! 7 Time at point-3
0          ! 8 Value at point -3
6889       ! 9 Time at point-4
1          ! 10 Value at point -4
8760       ! 11 Time at point-5
1          ! 12 Value at point -5

```

*-----

```

* Model "TYPE14h_Cooling" (Type 14)

```

*

```

UNIT 13 TYPE 14 TYPE14h_Cooling

```

```

*$UNIT_NAME TYPE14h_Cooling

```

```

*$MODEL \Utility\Forcing Functions\General\TYPE14h.tmf

```

```

*$POSITION 817 110

```

```

*$LAYER Main #

```

```

PARAMETERS 12

```

```

0          ! 1 Initial value of time
0          ! 2 Initial value of function
2880       ! 3 Time at point-1
0          ! 4 Value at point -1
2881       ! 5 Time at point-2
1          ! 6 Value at point -2
6552       ! 7 Time at point-3
1          ! 8 Value at point -3
6553       ! 9 Time at point-4
0          ! 10 Value at point -4
8760       ! 11 Time at point-5
0          ! 12 Value at point -5

```

*-----

C) FILE DATI INPUT TRNBUILD, DESCRIZIONE EDIFICIO F51 STATO DI FATTO

* TRNBuild 1.0.78
* BUILDING DESCRIPTIONS FILE TRNSYS
* FOR BUILDING: C:\Documents and Settings\latauro_D\Desktop\WREC 2011\F51.inf
* GET BY WORKING WITH TRNBuild 1.0 for Windows
* C o m m e n t s

*#C ----- TYPES ----- *
*#C
*#C ----- LAYERS ----- *
*#C
*#C ----- INPUTS ----- *
*#C
*#C ----- SCHEDULES ----- *
*#C
*#C ----- WALLS ----- *
*#C
*#C ----- WINDOWS ----- *
*#C
*#C ----- GAINS ----- *
*#C
*#C ----- COMFORT ----- *
*#C
*#C ----- INFILTRATION ----- *
*#C
*#C ----- VENTILATION ----- *
*#C
*#C ----- HEATING ----- *
*#C
*#C ----- ORIENTATIONS ----- *
*#C
*#C ----- ZONES ----- *
*#C
*#C ----- BUILDING ----- *
*#C
*#C ----- GEOSURF ----- *
*#C
*#C ----- OUTPUTS ----- *
*#C
*

* Project
*-----

*+++ PROJECT
*+++ TITLE=UNDEFINED
*+++ DESCRIPTION=UNDEFINED
*+++ CREATED=UNDEFINED
*+++ ADDRESS=UNDEFINED
*+++ CITY=UNDEFINED
*+++ SWITCH=UNDEFINED
*-----

* Properties
*-----

PROPERTIES
DENSITY=1.204 : CAPACITY=1.012 : HVAPOR=2454.0 : SIGMA=2.041e-007 : RTEMP=293.15
*-- alpha calculation -----
KFLOORUP=7.2 : EFLOORUP=0.31 : KFLOORDOWN=3.888 : EFLOORDOWN=0.31
KCEILUP=7.2 : ECEILUP=0.31 : KCEILDOWN=3.888 : ECEILDOWN=0.31
KVERTICAL=5.76 : EVERTICAL=0.3
*
*+++++

TYPES
*+++++

* Layers
*-----

LAYER INTONACO_GESSO
 CONDUCTIVITY= 1.26 : CAPACITY= 1.09 : DENSITY= 1200
 LAYER SOLETTA_CEM
 CONDUCTIVITY= 4.18 : CAPACITY= 0.88 : DENSITY= 2000
 LAYER MASSETTO_LIGHT
 CONDUCTIVITY= 0.54 : CAPACITY= 1.38 : DENSITY= 400
 LAYER LATEROCEMENTO
 CONDUCTIVITY= 1.69 : CAPACITY= 0.84 : DENSITY= 1200
 LAYER MEMBRANABITUME
 CONDUCTIVITY= 0.612 : CAPACITY= 0.92 : DENSITY= 1200
 LAYER SIPOREX
 CONDUCTIVITY= 0.43 : CAPACITY= 1 : DENSITY= 550
 LAYER POLIURETANO
 CONDUCTIVITY= 0.108 : CAPACITY= 1.59 : DENSITY= 35
 LAYER BLOCCOCLSLECA
 CONDUCTIVITY= 1.8 : CAPACITY= 1 : DENSITY= 1400
 LAYER LINOLEUM
 CONDUCTIVITY= 0.612 : CAPACITY= 1.4 : DENSITY= 1200

* Inputs

INPUTS TS HEAT_POWER COOL_POWER

* Schedules

* Walls

WALL F51VERTICALI

LAYERS = INTONACO_GESSO SIPOREX POLIURETANO BLOCCOCLSLECA INTONACO_GESSO
 THICKNESS=0.01 0.06 0.04 0.12 0.01
 ABS-FRONT=0.4 : ABS-BACK=0.4
 HFRONT = 11 : HBACK= 64

WALL F51TERRA

LAYERS = LINOLEUM LATEROCEMENTO MASSETTO_LIGHT SOLETTA_CEM
 THICKNESS=0.005 0.025 0.04 0.2
 ABS-FRONT=0.6 : ABS-BACK=0.6
 HFRONT = 11 : HBACK= 11

WALL F51COPERTURA

LAYERS = INTONACO_GESSO SOLETTA_CEM MASSETTO_LIGHT MEMBRANABITUME
 THICKNESS=0.02 0.2 0.05 0.002
 ABS-FRONT=0.6 : ABS-BACK=0.8
 HFRONT = 11 : HBACK= 64

* Windows

WINDOW DOPPIO_F51

WINID=2001001 : HINSIDE=11 : HOUTSIDE=64 : SLOPE=90 : SPACID=1 : WWID=0.77 : WHEIG=1.08 : FFRAME=0.15 : UFRAME=8.17 :
 ABSFRAME=0.6 : RISHADE=0 : RESHADE=0 : REFLISHADE=0.5 : REFLOSHADE=0.5 ; ;
 CCISHADE=0.5

* Default Gains

* Other Gains

* Comfort

* Infiltration

```

*-----
INFILTRATION LEAKY
AIRCHANGE=0.77
*-----
* Ventilation
*-----
* Cooling
*-----
COOLING COOL1
ON=26
POWER=INPUT 1e+006*COOL_POWER
HUMIDITY=60
*-----
* Heating
*-----
*
*-----
* Zones
*-----
ZONES ZONE_A1
*-----
* Orientations
*-----
ORIENTATIONS NORTH SOUTH EAST WEST HORIZONT
*
*+++++
+++++
BUILDING
*+++++
+++++
*
*-----
* Zone ZONE_A1 / Airnode ZONE_A1
*-----
ZONE ZONE_A1
AIRNODE ZONE_A1
WALL =F51VERTICALI : SURF= 1 : AREA= 260.15 : EXTERNAL : ORI=NORTH : FSKY=0.5
WINDOW=DOPPIO_F51 : SURF= 2 : AREA= 108.73 : EXTERNAL : ORI=NORTH : FSKY=0.5
WALL =F51VERTICALI : SURF= 3 : AREA= 258.52 : EXTERNAL : ORI=SOUTH : FSKY=0.5
WINDOW=DOPPIO_F51 : SURF= 4 : AREA= 110.36 : EXTERNAL : ORI=SOUTH : FSKY=0.5
WALL =F51VERTICALI : SURF= 5 : AREA= 87.32 : EXTERNAL : ORI=EAST : FSKY=0.5
WINDOW=DOPPIO_F51 : SURF= 6 : AREA= 6.16 : EXTERNAL : ORI=EAST : FSKY=0.5
WALL =F51VERTICALI : SURF= 7 : AREA= 87.32 : EXTERNAL : ORI=WEST : FSKY=0.5
WINDOW=DOPPIO_F51 : SURF= 8 : AREA= 6.16 : EXTERNAL : ORI=WEST : FSKY=0.5
WALL =F51TERRA : SURF= 9 : AREA= 589 : BOUNDARY=INPUT 1*TS
WALL =F51COPERTURA : SURF= 10 : AREA= 589 : EXTERNAL : ORI=HORIZONT : FSKY=1
REGIME
INFILTRATION= LEAKY
COOLING = COOL1
CAPACITANCE = 4327.2 : VOLUME= 3606 : TINITIAL= 26 : PHINITIAL= 50 : WCAPR= 1
*-----
* Outputs
*-----
OUTPUTS
TRANSFER : TIMEBASE=1.000
AIRNODES = ZONE_A1
NTYPES = 1 : TAIR - air temperature of zone
= 9 : RELHUM - relativ humidity of zone air
= 18 : SURF = 9, : TSO - outside surface temperature
= 29 : ABSHUM - absolute humidity of zone air

```

- = 2 : QSENS - sensible energy demand of zone, heating(-), cooling(+)
- = 4 : QINF - sensible infiltration energy gain of zone
- = 10 : QLATD - latent energy demand of zone, humidification(-), dehumidification (+)
- = 30 : QHEAT - sensible heating demand of zone (positive values)
- = 31 : QCOOL - sensible cooling demand of zone (positive values)
- = 27 : QUA - static UA-transmission losses of zone (UA*dT using the u-values given in the .INF file)
- = 78 : QRHEAT - radiative energy rate of sensible heating demand of zone

*

* E n d

*

END

_EXTENSION_WINPOOL_START_

WINDOW 4.1 DOE-2 Data File : Multi Band Calculation

Unit System : SI

Name : TRNSYS 15 WINDOW LIB

Desc : Waermeschutzglas,Ar, 1.4 71/59

Window ID : 2001

Tilt : 90.0

Glazings : 2

Frame : 11 2.270

Spacer : 1 Class1 2.330 -0.010 0.138

Total Height: 1219.2 mm

Total Width : 914.4 mm

Glass Height: 1079.5 mm

Glass Width : 774.7 mm

Mullion : None

Gap	Thick	Cond	dCond	Vis	dVis	Dens	dDens	Pr	dPr
1 Argon	16.0	0.01620	5.000	2.110	6.300	1.780	-0.0060	0.680	0.00066
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Angle 0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 Hemis

Tsol 0.426 0.428 0.422 0.413 0.402 0.380 0.333 0.244 0.113 0.000 0.354

Abs1 0.118 0.118 0.120 0.123 0.129 0.135 0.142 0.149 0.149 0.000 0.132

Abs2 0.190 0.192 0.198 0.201 0.200 0.199 0.199 0.185 0.117 0.000 0.191

Abs3 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

Abs4 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

Abs5 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

Abs6 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

Rfsol 0.266 0.262 0.260 0.262 0.269 0.286 0.326 0.422 0.621 1.000 0.314

Rbsol 0.215 0.209 0.207 0.210 0.219 0.237 0.272 0.356 0.560 0.999 0.260

Tvis 0.706 0.710 0.701 0.688 0.670 0.635 0.556 0.403 0.188 0.000 0.590

Rfvis 0.121 0.115 0.114 0.118 0.132 0.163 0.228 0.376 0.649 1.000 0.203

Rbvis 0.103 0.096 0.093 0.096 0.108 0.132 0.179 0.286 0.520 0.999 0.162

SHGC 0.589 0.593 0.591 0.586 0.574 0.551 0.505 0.405 0.218 0.000 0.518

SC: 0.55

Layer ID# 9052 9065 0 0 0 0

Tir 0.000 0.000 0 0 0 0

Emis F 0.840 0.140 0 0 0 0

Emis B 0.840 0.840 0 0 0 0

Thickness(mm) 4.0 4.0 0 0 0 0

Cond(W/m2-C) 225.0 225.0 0 0 0 0

Spectral File None None None None None None

Overall and Center of Glass Ig U-values (W/m2-C)

Outdoor Temperature -17.8 C 15.6 C 26.7 C 37.8 C

Solar WdSpd hcout hrout hin

(W/m2) (m/s) (W/m2-C)

0 0.00 12.25 3.25 7.62 1.54 1.54 1.31 1.31 1.35 1.35 1.47 1.47

0 6.71 25.47 3.21 7.64 1.62 1.62 1.36 1.36 1.40 1.40 1.53 1.53

783 0.00 12.25 3.39 7.99 1.69 1.69 1.54 1.54 1.51 1.51 1.54 1.54

783 6.71 25.47 3.30 7.81 1.79 1.79 1.63 1.63 1.58 1.58 1.59 1.59

WINDOW 4.1 TRNSYS 15 Data File : Multi Band Calculation

Unit System : SI

Name : TRNSYS 15 WINDOW LIB

Desc : Double

Window ID : 2001001

Tilt : 90.0

Glazings : 2

Frame : 1 Al no break 10.790

Spacer : 1 Class1 2.330 -0.010 0.138

Total Height: 1219.2 mm

Total Width : 914.4 mm

Glass Height: 1104.9 mm
Glass Width : 800.1 mm
Mullion : None

Gap	Thick	Cond	dCond	Vis	dVis	Dens	dDens	Pr	dPr
1 Air	12.7	0.02410	7.600	1.730	10.000	1.290	-0.0044	0.720	0.00180
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Angle 0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 Hemis
Tsol 0.727 0.726 0.723 0.716 0.702 0.669 0.599 0.455 0.215 0.000 0.623
Abs1 0.080 0.081 0.082 0.085 0.089 0.094 0.101 0.110 0.117 0.000 0.093
Abs2 0.064 0.065 0.066 0.068 0.070 0.071 0.071 0.065 0.049 0.000 0.067
Abs3 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
Abs4 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
Abs5 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
Abs6 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
Rfsol 0.129 0.129 0.129 0.131 0.140 0.166 0.230 0.370 0.619 1.000 0.208
Rbsol 0.129 0.129 0.129 0.131 0.140 0.166 0.230 0.370 0.619 1.000 0.208
Tvis 0.817 0.816 0.815 0.811 0.799 0.768 0.695 0.538 0.273 0.000 0.714
Rfvis 0.148 0.148 0.148 0.151 0.162 0.191 0.262 0.417 0.682 1.000 0.236
Rbvis 0.148 0.148 0.148 0.151 0.162 0.191 0.262 0.417 0.682 1.000 0.236
SHGC 0.777 0.776 0.774 0.769 0.756 0.725 0.656 0.509 0.261 0.000 0.676
SC: 0.86

Layer ID#	1	1	0	0	0	0
Tir	0.000	0.000	0	0	0	0
Emis F	0.840	0.840	0	0	0	0
Emis B	0.840	0.840	0	0	0	0
Thickness(mm)	2.5	2.5	0	0	0	0
Cond(W/m2-C)	360.0	360.0	0	0	0	0
Spectral File	None	None	None	None	None	None

Overall and Center of Glass Ig U-values (W/m2-C)
Outdoor Temperature -17.8 C 15.6 C 26.7 C 37.8 C
Solar WdSpd hcout hrout hin
(W/m2) (m/s) (W/m2-C)
0 0.00 12.25 3.30 7.89 2.59 2.59 2.67 2.67 2.74 2.74 2.97 2.97
0 6.71 25.47 3.24 7.93 2.80 2.80 2.87 2.87 2.95 2.95 3.21 3.21
783 0.00 12.25 3.38 7.61 2.61 2.61 2.78 2.78 2.96 2.96 3.10 3.10
783 6.71 25.47 3.29 7.72 2.83 2.83 2.95 2.95 3.17 3.17 3.33 3.33
Window 5.2 v5.2.17 DOE-2 Data File : Multi Band Calculation
Unit System : SI
Name : TRNSYS 16 WIN LIB
Desc : Simple, claro, 2 mm
Window ID : 13901
Tilt : 90.0
Glazings : 1
Frame : 1 Al no break 10.790
Spacer : 1 Class1 2.330 -0.010 0.138
Total Height: 1500.0 mm
Total Width : 1200.0 mm
Glass Height: 1385.7 mm
Glass Width : 1085.7 mm
Mullion : None

Gap	Thick	Cond	dCond	Vis	dVis	Dens	dDens	Pr	dPr
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Angle 0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 Hemis
Tsol 0.869 0.869 0.868 0.865 0.857 0.837 0.789 0.674 0.416 0.000 0.791
Abs1 0.050 0.050 0.051 0.053 0.055 0.057 0.060 0.062 0.062 0.000 0.056
Abs2 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
Abs3 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
Abs4 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
Abs5 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
Abs6 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
Rfsol 0.080 0.080 0.080 0.082 0.088 0.105 0.151 0.264 0.522 1.000 0.143
Rbsol 0.080 0.080 0.080 0.082 0.088 0.105 0.151 0.264 0.522 1.000 0.143
Tvis 0.910 0.910 0.909 0.907 0.900 0.882 0.834 0.716 0.448 0.000 0.833
Rfvis 0.080 0.080 0.080 0.082 0.089 0.107 0.154 0.272 0.539 1.000 0.146
Rbvis 0.080 0.080 0.080 0.082 0.089 0.107 0.154 0.272 0.539 1.000 0.146
SHGC 0.888 0.888 0.887 0.884 0.877 0.858 0.811 0.697 0.439 0.000 0.811
SC: 0.99

Layer ID#	23901	0	0	0	0	0
Tir	0.000	0	0	0	0	0

```

Emis F      0.840  0  0  0  0  0
Emis B      0.840  0  0  0  0  0
Thickness(mm)  2.0  0  0  0  0  0
Cond(W/m2-K ) 500.0  0  0  0  0  0
Spectral File  None  None  None  None  None  None
Overall and Center of Glass Ig U-values (W/m2-K)
Outdoor Temperature  -17.8 C  15.6 C  26.7 C  37.8 C
Solar  WdSpd hcout hrouit hin
(W/m2) (m/s) (W/m2-K)
0  0.00 19.64 3.36 3.82 5.87 5.87 5.87 5.87 5.87 5.87 5.87 5.87
0  6.71 19.64 3.36 3.82 5.87 5.87 5.87 5.87 5.87 5.87 5.87 5.87
783  0.00 19.61 3.39 3.79 5.87 5.87 5.87 5.87 5.87 5.87 5.87 5.87
783  6.71 19.61 3.39 3.79 5.87 5.87 5.87 5.87 5.87 5.87 5.87 5.87
Window 5.2  v5.2.17  DOE-2 Data File : Multi Band Calculation
Unit System : SI
Name       : TRNSYS 16 WIN LIB
Desc      : Triple, claro, 4/8/4/8/4
Window ID : 13923
Tilt      : 90.0
Glazings  : 3
Frame     : 1 Al no break      10.790
Spacer    : 1 Class1          2.330 -0.010 0.138
Total Height: 1500.0 mm
Total Width : 1200.0 mm
Glass Height: 1385.7 mm
Glass Width : 1085.7 mm
Mullion   : None
Gap       Thick Cond dCond Vis dVis Dens dDens Pr dPr
1 Air     8.0 0.02407 7.760 1.722 4.940 1.292 -0.0046 0.720 -0.0002
2 Air     8.0 0.02407 7.760 1.722 4.940 1.292 -0.0046 0.720 -0.0002
3         0  0  0  0  0  0  0  0  0
4         0  0  0  0  0  0  0  0  0
5         0  0  0  0  0  0  0  0  0
Angle     0  10  20  30  40  50  60  70  80  90 Hemis
Tsol     0.580 0.580 0.577 0.568 0.550 0.513 0.438 0.301 0.112 0.000 0.475
Abs1     0.101 0.101 0.103 0.106 0.110 0.117 0.126 0.138 0.143 0.000 0.115
Abs2     0.081 0.081 0.082 0.084 0.087 0.090 0.092 0.090 0.075 0.000 0.086
Abs3     0.063 0.063 0.064 0.065 0.067 0.066 0.063 0.052 0.031 0.000 0.061
Abs4     0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0
Abs5     0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0
Abs6     0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0
Rfsol    0.174 0.174 0.174 0.176 0.186 0.214 0.281 0.419 0.638 1.000 0.253
Rbsol    0.174 0.174 0.174 0.176 0.186 0.214 0.281 0.419 0.638 1.000 0.253
Tvis     0.742 0.742 0.740 0.735 0.719 0.681 0.593 0.425 0.187 0.000 0.628
Rfvis    0.199 0.199 0.200 0.203 0.216 0.252 0.336 0.502 0.741 1.000 0.297
Rbvis    0.199 0.199 0.200 0.203 0.216 0.252 0.336 0.502 0.741 1.000 0.297
SHGC     0.678 0.678 0.676 0.669 0.654 0.620 0.544 0.400 0.191 0.000 0.575
SC: 0.79
Layer ID# 23902 23902 23902  0  0  0
Tir       0.000 0.000 0.000  0  0  0
Emis F    0.840 0.840 0.840  0  0  0
Emis B    0.840 0.840 0.840  0  0  0
Thickness(mm)  4.0  4.0  4.0  0  0  0
Cond(W/m2-K ) 250.0 250.0 250.0  0  0  0
Spectral File  None  None  None  None  None  None
Overall and Center of Glass Ig U-values (W/m2-K)
Outdoor Temperature  -17.8 C  15.6 C  26.7 C  37.8 C
Solar  WdSpd hcout hrouit hin
(W/m2) (m/s) (W/m2-K)
0  0.00 19.76 3.24 3.38 2.01 2.01 2.19 2.19 2.26 2.26 2.32 2.32
0  6.71 19.76 3.24 3.38 2.01 2.01 2.19 2.19 2.26 2.26 2.32 2.32
783  0.00 19.66 3.34 3.18 2.01 2.01 2.19 2.19 2.26 2.26 2.32 2.32
783  6.71 19.66 3.34 3.18 2.01 2.01 2.19 2.19 2.26 2.26 2.32 2.32
*** END OF LIBRARY ***
*****
*WinID Description          Design      U-Value g-value T-sol Rf-sol T-vis
*****
 2001 Waermeschutzglas,Ar, 1.4 71/59      4/16/4      1.4 0.589 0.426 0.266 0.706
2001001 Double              2.5/12.7/2.5 2.95 0.777 0.727 0.129 0.817
13901 Simple, claro, 2 mm      2          5.87 0.888 0.869 0.08 0.91
13923 Triple, claro, 4/8/4/8/4 4/8/4/8/4  2.26 0.678 0.58 0.174 0.742
_EXTENSION_WINPOOL_END_

```

***** WALL TRANSFERFUNCTION CALCULATIONS *****

----- WALL TYPE F51VERTICALI -----

THERMAL CONDUCTANCE, U= 1.68792 kJ/h m2K; k-Wert= 0.43425 W/m2K

TRANSFERFUNCTION COEFFICIENTS

K	A	B	C	D
0	5.1217156E+01	3.4016126E-06	2.7755014E+01	1.0000000E+00
1	-1.1021276E+02	4.1499337E-03	-6.5072206E+01	-1.6016706E+00
2	7.9268028E+01	4.0630301E-02	5.2037837E+01	7.7120007E-01
3	-2.1952235E+01	4.8121975E-02	-1.6443787E+01	-1.1095846E-01
4	1.8164674E+00	1.0027828E-02	1.8635427E+00	2.6381295E-03
5	-3.3530413E-02	3.5240105E-04	-3.7320756E-02	-1.7009911E-05
6	1.6067315E-04	1.6668424E-06	2.0775314E-04	
7	-2.7985628E-08	7.2657224E-10	-4.2661826E-08	
SUM	1.0328751E-01	1.0328751E-01	1.0328751E-01	6.1192161E-02

----- WALL TYPE F51TERRA -----

THERMAL CONDUCTANCE, U= 6.90208 kJ/h m2K; k-Wert= 1.44596 W/m2K

TRANSFERFUNCTION COEFFICIENTS

K	A	B	C	D
0	9.6783101E+01	2.0622655E-04	3.7866520E+01	1.0000000E+00
1	-1.7661216E+02	7.0767287E-02	-7.2887543E+01	-1.2390168E+00
2	9.7621490E+01	3.8499705E-01	4.4097223E+01	3.7977387E-01
3	-1.8165885E+01	2.6206558E-01	-8.7400781E+00	-3.3079085E-02
4	1.1370902E+00	2.9170796E-02	4.1687249E-01	6.4989570E-04
5	-1.5979448E-02	4.7255687E-04	-5.3216975E-03	-1.1341021E-06
6	2.3270864E-05	8.0552991E-07	7.2449756E-06	
SUM	7.4768031E-01	7.4768030E-01	7.4768030E-01	1.0832676E-01

----- WALL TYPE F51COPERTURA -----

THERMAL CONDUCTANCE, U= 6.26643 kJ/h m2K; k-Wert= 1.34320 W/m2K

TRANSFERFUNCTION COEFFICIENTS

K	A	B	C	D
0	2.0883873E+01	6.2132017E-05	5.4289733E+01	1.0000000E+00
1	-4.1244951E+01	2.7578881E-02	-1.0175574E+02	-1.4415410E+00
2	2.6748116E+01	1.7367295E-01	5.8418964E+01	5.4845062E-01
3	-6.4769314E+00	1.3634992E-01	-1.1280264E+01	-5.1266030E-02
4	4.5217108E-01	1.7664273E-02	6.9515643E-01	1.1180138E-03
5	-6.6271716E-03	3.4021290E-04	-1.2217721E-02	-3.7402309E-06
6	1.8527159E-05	6.8512068E-07	3.5035820E-05	
SUM	3.5566905E-01	3.5566905E-01	3.5566905E-01	5.6757835E-02

***** REQUIRED INPUTS *****

*InpNR Label UNIT INPUT DESCRIPTION

- * 1 TAMB C AMBIENT TEMPERATURE
- * 2 ARELHUM % RELATIVE AMBIENT HUMIDITY
- * 3 TSKY C FIKTIVE SKY TEMPERATURE
- * 4 ITNORTH kJ/hr.m^2 INCIDENT RADIATION FOR ORIENTATION NORTH
- * 5 ITSOUTH kJ/hr.m^2 INCIDENT RADIATION FOR ORIENTATION SOUTH
- * 6 ITEAST kJ/hr.m^2 INCIDENT RADIATION FOR ORIENTATION EAST
- * 7 ITWEST kJ/hr.m^2 INCIDENT RADIATION FOR ORIENTATION WEST
- * 8 ITHORIZONT kJ/hr.m^2 INCIDENT RADIATION FOR ORIENTATION HORIZONT
- * 9 IBNORTH kJ/hr.m^2 INCIDENT BEAM RADIATION FOR ORIENTATION NORTH
- * 10 IBSOUTH kJ/hr.m^2 INCIDENT BEAM RADIATION FOR ORIENTATION SOUTH
- * 11 IBEAST kJ/hr.m^2 INCIDENT BEAM RADIATION FOR ORIENTATION EAST
- * 12 IBWEST kJ/hr.m^2 INCIDENT BEAM RADIATION FOR ORIENTATION WEST

- * 13 IBHORIZONTAL kJ/hr.m² INCIDENT BEAM RADIATION FOR ORIENTATION HORIZONTAL
- * 14 AINORTH degrees ANGLE OF INCIDENCE FOR ORIENTATION NORTH
- * 15 AISOUTH degrees ANGLE OF INCIDENCE FOR ORIENTATION SOUTH
- * 16 AIEAST degrees ANGLE OF INCIDENCE FOR ORIENTATION EAST
- * 17 AIWEST degrees ANGLE OF INCIDENCE FOR ORIENTATION WEST
- * 18 AIHORIZONTAL degrees ANGLE OF INCIDENCE FOR ORIENTATION HORIZONTAL
- * 19 TS any INPUT
- * 20 HEAT_POWER any INPUT
- * 21 COOL_POWER any INPUT

***** DESIRED OUTPUTS *****

*OutNr	Label	Unit	ZNr	Zone	Surface	OUTPUT DESCRIPTION
* 1	TAIR	1 C	1	ZONE_A1		air temperature of zone
* 2	RELHUM	1 %	1	ZONE_A1		relativ humidity of zone air
* 3	TSO	9 C	1	ZONE_A1	9	outside surface temperature ->WALL=F51TERRA:KNOWN BOUNDARY
* 4	ABSHUM	1 kg/kg	1	ZONE_A1		absolute air humidity
* 5	QSENS	1 kJ/hr	1	ZONE_A1		sens. energy demand of zone, heating(-), cooling(+)
* 6	QINF	1 kJ/hr	1	ZONE_A1		sens. infiltration energy gain of zone
* 7	QLATD	1 kJ/hr	1	ZONE_A1		lat. energy demand of zone, humidif.(-), dehumidif.(+)
* 8	QHEAT	1 kJ/hr	1	ZONE_A1		heating demand
* 9	QCOOL	1 kJ/hr	1	ZONE_A1		cooling demand
* 10	QUA	1 kJ/hr	1	ZONE_A1		UA-transmission losses
* 11	QRHEAT	1 kJ/hr	1	ZONE_A1		radiative part of sens. heating demand of zone

*** THERMAL CONDUCTANCE OF USED WALL TYPES ***

WALL F51VERTICALI	k-Wert=	0.434 W/m2K
WALL F51TERRA	k-Wert=	1.446 W/m2K
WALL F51COPERTURA	k-Wert=	1.343 W/m2K

D) FILE DATI INPUT TRNBUILD, DESCRIZIONE EDIFICIO F51 ISOLATO

* TRNBuild 1.0.78
* BUILDING DESCRIPTIONS FILE TRNSYS
* FOR BUILDING: C:\Documents and Settings\latauro_D\Desktop\WREC 2011\F51 ISOLATO.inf
* GET BY WORKING WITH TRNBuild 1.0 for Windows
* C o m m e n t s

*#C ----- TYPES ----- *
*#C
*#C -----LAYERS ----- *
*#C
*#C ----- INPUTS ----- *
*#C
*#C -----SCHEDULES ----- *
*#C
*#C ----- WALLS ----- *
*#C
*#C ----- WINDOWS ----- *
*#C
*#C ----- GAINS ----- *
*#C
*#C ----- COMFORT ----- *
*#C
*#C ----- INFILTRATION ----- *
*#C
*#C ----- VENTILATION ----- *
*#C
*#C ----- HEATING ----- *
*#C
*#C ----- ORIENTATIONS ----- *
*#C
*#C ----- ZONES ----- *
*#C
*#C ----- BUILDING ----- *
*#C
*#C ----- GEOSURF ----- *
*#C
*#C ----- OUTPUTS ----- *
*#C
*

* Project

*+++ PROJECT
*+++ TITLE=UNDEFINED
*+++ DESCRIPTION=UNDEFINED
*+++ CREATED=UNDEFINED
*+++ ADDRESS=UNDEFINED
*+++ CITY=UNDEFINED
*+++ SWITCH=UNDEFINED
*

* Properties

PROPERTIES
DENSITY=1.204 : CAPACITY=1.012 : HVAPOR=2454.0 : SIGMA=2.041e-007 : RTEMP=293.15
*-- alpha calculation -----
KFLOORUP=7.2 : EFLOORUP=0.31 : KFLOORDOWN=3.888 : EFLOORDOWN=0.31
KCEILUP=7.2 : ECEILUP=0.31 : KCEILDOWN=3.888 : ECEILDOWN=0.31
KVERTICAL=5.76 : EVERTICAL=0.3
*

TYPES

*+++++
+++++
*
*

* Layers

*

LAYER INTONACO_GESSO
 CONDUCTIVITY= 1.26 : CAPACITY= 1.09 : DENSITY= 1200
 LAYER POLISTIRENE
 CONDUCTIVITY= 0.144 : CAPACITY= 1.34 : DENSITY= 25
 LAYER SOLETTA_CEM
 CONDUCTIVITY= 4.18 : CAPACITY= 0.88 : DENSITY= 2000
 LAYER MASSETTO_LIGHT
 CONDUCTIVITY= 0.54 : CAPACITY= 1.38 : DENSITY= 400
 LAYER LATEROCEMENTO
 CONDUCTIVITY= 1.69 : CAPACITY= 0.84 : DENSITY= 1200
 LAYER MEMBRANABITUME
 CONDUCTIVITY= 0.612 : CAPACITY= 0.92 : DENSITY= 1200
 LAYER POLIURETANO
 CONDUCTIVITY= 0.108 : CAPACITY= 1.59 : DENSITY= 35
 LAYER BLOCCOCLSLECA
 CONDUCTIVITY= 1.8 : CAPACITY= 1 : DENSITY= 1400
 LAYER LINOLEUM
 CONDUCTIVITY= 0.612 : CAPACITY= 1.4 : DENSITY= 1200

*-----

* Inputs

*-----

INPUTS TS HEAT_POWER COOL_POWER

*-----

* Schedules

*-----

*-----

* Walls

*-----

WALL F51TERRA

LAYERS = LINOLEUM LATEROCEMENTO MASSETTO_LIGHT SOLETTA_CEM

THICKNESS=0.005 0.025 0.04 0.2

ABS-FRONT=0.6 : ABS-BACK=0.6

HFRONT = 11 : HBACK= 11

WALL F51VERTICALI_ISOLATA

LAYERS = INTONACO_GESSO POLIURETANO BLOCCOCLSLECA INTONACO_GESSO

THICKNESS=0.01 0.055 0.2 0.01

ABS-FRONT=0.4 : ABS-BACK=0.4

HFRONT = 11 : HBACK= 64

WALL F51COPERTURA_ISOLATA

LAYERS = INTONACO_GESSO SOLETTA_CEM POLISTIRENE MASSETTO_LIGHT MEMBRANABITUME

THICKNESS=0.02 0.3 0.05 0.05 0.002

ABS-FRONT=0.6 : ABS-BACK=0.8

HFRONT = 11 : HBACK= 64

*-----

* Windows

*-----

WINDOW BENE_ISOLATO

WINID=13923 : HINSIDE=11 : HOUTSIDE=64 : SLOPE=90 : SPACID=0 : WWID=0 : WHEIG=0 : FFRAME=0.2 : UFRAME=8.17 :

ABSFRAME=0.6 : RISHADE=0 : RESHADE=0 : REFLISHADE=0 : REFLOSHADE=0 : CCISHADE=0

*-----

* Default Gains

*-----

*-----

* Other Gains

*-----

*-----

* Comfort

*-----

*-----

* Infiltration

```

*-----
INFILTRATION LEAKY
AIRCHANGE=0.77
*-----
* Ventilation
*-----
* Cooling
*-----
COOLING COOL1
ON=26
POWER=INPUT 1e+006*COOL_POWER
HUMIDITY=60
*-----
* Heating
*-----
*
*-----
* Zones
*-----
ZONES ZONE_A1
*-----
* Orientations
*-----
ORIENTATIONS NORTH SOUTH EAST WEST HORIZONT
*
*+++++
BUILDING
*+++++
*
*-----
* Zone ZONE_A1 / Airnode ZONE_A1
*-----
ZONE ZONE_A1
AIRNODE ZONE_A1
WALL =F51VERTICALI_ISOLATA : SURF= 1 : AREA= 260.15 : EXTERNAL : ORI=NORTH : FSKY=0.5
WINDOW=BENE_ISOLATO : SURF= 2 : AREA= 108.73 : EXTERNAL : ORI=NORTH : FSKY=0.5
WALL =F51VERTICALI_ISOLATA : SURF= 3 : AREA= 258.52 : EXTERNAL : ORI=SOUTH : FSKY=0.5
WINDOW=BENE_ISOLATO : SURF= 4 : AREA= 110.36 : EXTERNAL : ORI=SOUTH : FSKY=0.5
WALL =F51VERTICALI_ISOLATA : SURF= 5 : AREA= 87.32 : EXTERNAL : ORI=EAST : FSKY=0.5
WINDOW=BENE_ISOLATO : SURF= 6 : AREA= 6.16 : EXTERNAL : ORI=EAST : FSKY=0.5
WALL =F51VERTICALI_ISOLATA : SURF= 7 : AREA= 87.32 : EXTERNAL : ORI=WEST : FSKY=0.5
WINDOW=BENE_ISOLATO : SURF= 8 : AREA= 6.16 : EXTERNAL : ORI=WEST : FSKY=0.5
WALL =F51TERRA : SURF= 9 : AREA= 589 : BOUNDARY=INPUT 1*TS
WALL =F51COPERTURA_ISOLATA : SURF= 10 : AREA= 589 : EXTERNAL : ORI=HORIZONT : FSKY=1
REGIME
INFILTRATION= LEAKY
COOLING = COOL1
CAPACITANCE = 4327.2 : VOLUME= 3606 : TINITIAL= 26 : PHINITIAL= 50 : WCAPR= 1
*-----
* Outputs
*-----
OUTPUTS
TRANSFER : TIMEBASE=1.000
AIRNODES = ZONE_A1
NTYPES = 1 : TAIR - air temperature of zone
= 9 : RELHUM - relativ humidity of zone air
= 18 : SURF = 9, : TSO - outside surface temperature
= 29 : ABSHUM - absolute humidity of zone air

```

- = 2 : QSENS - sensible energy demand of zone, heating(-), cooling(+)
- = 4 : QINF - sensible infiltration energy gain of zone
- = 10 : QLATD - latent energy demand of zone, humidification(-), dehumidification (+)
- = 30 : QHEAT - sensible heating demand of zone (positive values)
- = 31 : QCOOL - sensible cooling demand of zone (positive values)
- = 27 : QUA - static UA-transmission losses of zone (UA*dT using the u-values given in the .INF file)
- = 78 : QRHEAT - radiative energy rate of sensible heating demand of zone

 * E n d

 END

_EXTENSION_WINPOOL_START_
 WINDOW 4.1 DOE-2 Data File : Multi Band Calculation

Unit System : SI
 Name : TRNSYS 15 WINDOW LIB
 Desc : Waermeschutzglas,Ar, 1.4 71/59
 Window ID : 2001
 Tilt : 90.0
 Glazings : 2
 Frame : 11 2.270
 Spacer : 1 Class1 2.330 -0.010 0.138
 Total Height: 1219.2 mm
 Total Width : 914.4 mm
 Glass Height: 1079.5 mm
 Glass Width : 774.7 mm
 Mullion : None

Gap	Thick	Cond	dCond	Vis	dVis	Dens	dDens	Pr	dPr
1 Argon	16.0	0.01620	5.000	2.110	6.300	1.780	-0.0060	0.680	0.00066
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Angle 0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 Hemis
 Tsol 0.426 0.428 0.422 0.413 0.402 0.380 0.333 0.244 0.113 0.000 0.354
 Abs1 0.118 0.118 0.120 0.123 0.129 0.135 0.142 0.149 0.149 0.000 0.132
 Abs2 0.190 0.192 0.198 0.201 0.200 0.199 0.199 0.185 0.117 0.000 0.191
 Abs3 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 Abs4 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 Abs5 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 Abs6 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 Rfsol 0.266 0.262 0.260 0.262 0.269 0.286 0.326 0.422 0.621 1.000 0.314
 Rbsol 0.215 0.209 0.207 0.210 0.219 0.237 0.272 0.356 0.560 0.999 0.260
 Tvis 0.706 0.710 0.701 0.688 0.670 0.635 0.556 0.403 0.188 0.000 0.590
 Rfvis 0.121 0.115 0.114 0.118 0.132 0.163 0.228 0.376 0.649 1.000 0.203
 Rbvis 0.103 0.096 0.093 0.096 0.108 0.132 0.179 0.286 0.520 0.999 0.162
 SHGC 0.589 0.593 0.591 0.586 0.574 0.551 0.505 0.405 0.218 0.000 0.518
 SC: 0.55

Layer ID#	9052	9065	0	0	0	0
Tir	0.000	0.000	0	0	0	0
Emis F	0.840	0.140	0	0	0	0
Emis B	0.840	0.840	0	0	0	0
Thickness(mm)	4.0	4.0	0	0	0	0
Cond(W/m2-C)	225.0	225.0	0	0	0	0

Spectral File None None None None None None
 Overall and Center of Glass Ig U-values (W/m2-C)
 Outdoor Temperature -17.8 C 15.6 C 26.7 C 37.8 C
 Solar WdSpd hcout hroun hin
 (W/m2) (m/s) (W/m2-C)
 0 0.00 12.25 3.25 7.62 1.54 1.54 1.31 1.31 1.35 1.35 1.47 1.47
 0 6.71 25.47 3.21 7.64 1.62 1.62 1.36 1.36 1.40 1.40 1.53 1.53
 783 0.00 12.25 3.39 7.99 1.69 1.69 1.54 1.54 1.51 1.51 1.54 1.54
 783 6.71 25.47 3.30 7.81 1.79 1.79 1.63 1.63 1.58 1.58 1.59 1.59

WINDOW 4.1 TRNSYS 15 Data File : Multi Band Calculation
 Unit System : SI
 Name : TRNSYS 15 WINDOW LIB
 Desc : Double
 Window ID : 2001001
 Tilt : 90.0
 Glazings : 2
 Frame : 1 Al no break 10.790
 Spacer : 1 Class1 2.330 -0.010 0.138
 Total Height: 1219.2 mm
 Total Width : 914.4 mm

Glass Height: 1104.9 mm
 Glass Width : 800.1 mm
 Mullion : None
 Gap Thick Cond dCond Vis dVis Dens dDens Pr dPr
 1 Air 12.7 0.02410 7.600 1.730 10.000 1.290 -0.0044 0.720 0.00180
 2 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 3 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 4 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 5 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 Angle 0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 Hemis
 Tsol 0.727 0.726 0.723 0.716 0.702 0.669 0.599 0.455 0.215 0.000 0.623
 Abs1 0.080 0.081 0.082 0.085 0.089 0.094 0.101 0.110 0.117 0.000 0.093
 Abs2 0.064 0.065 0.066 0.068 0.070 0.071 0.071 0.065 0.049 0.000 0.067
 Abs3 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 Abs4 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 Abs5 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 Abs6 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 Rfsol 0.129 0.129 0.129 0.131 0.140 0.166 0.230 0.370 0.619 1.000 0.208
 Rbsol 0.129 0.129 0.129 0.131 0.140 0.166 0.230 0.370 0.619 1.000 0.208
 Tvis 0.817 0.816 0.815 0.811 0.799 0.768 0.695 0.538 0.273 0.000 0.714
 Rfvis 0.148 0.148 0.148 0.151 0.162 0.191 0.262 0.417 0.682 1.000 0.236
 Rbvis 0.148 0.148 0.148 0.151 0.162 0.191 0.262 0.417 0.682 1.000 0.236
 SHGC 0.777 0.776 0.774 0.769 0.756 0.725 0.656 0.509 0.261 0.000 0.676
 SC: 0.86
 Layer ID# 1 1 0 0 0 0
 Tir 0.000 0.000 0 0 0 0
 Emis F 0.840 0.840 0 0 0 0
 Emis B 0.840 0.840 0 0 0 0
 Thickness(mm) 2.5 2.5 0 0 0 0
 Cond(W/m2-C) 360.0 360.0 0 0 0 0
 Spectral File None None None None None None
 Overall and Center of Glass Ig U-values (W/m2-C)
 Outdoor Temperature -17.8 C 15.6 C 26.7 C 37.8 C
 Solar WdSpd hcout hrout hin
 (W/m2) (m/s) (W/m2-C)
 0 0.00 12.25 3.30 7.89 2.59 2.59 2.67 2.67 2.74 2.74 2.97 2.97
 0 6.71 25.47 3.24 7.93 2.80 2.80 2.87 2.87 2.95 2.95 3.21 3.21
 783 0.00 12.25 3.38 7.61 2.61 2.61 2.78 2.78 2.96 2.96 3.10 3.10
 783 6.71 25.47 3.29 7.72 2.83 2.83 2.95 2.95 3.17 3.17 3.33 3.33
 Window 5.2 v5.2.17 DOE-2 Data File : Multi Band Calculation
 Unit System : SI
 Name : TRNSYS 16 WIN LIB
 Desc : Simple, claro, 2 mm
 Window ID : 13901
 Tilt : 90.0
 Glazings : 1
 Frame : 1 Al no break 10.790
 Spacer : 1 Class1 2.330 -0.010 0.138
 Total Height: 1500.0 mm
 Total Width : 1200.0 mm
 Glass Height: 1385.7 mm
 Glass Width : 1085.7 mm
 Mullion : None
 Gap Thick Cond dCond Vis dVis Dens dDens Pr dPr
 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 2 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 3 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 4 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 5 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 Angle 0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 Hemis
 Tsol 0.869 0.869 0.868 0.865 0.857 0.837 0.789 0.674 0.416 0.000 0.791
 Abs1 0.050 0.050 0.051 0.053 0.055 0.057 0.060 0.062 0.062 0.000 0.056
 Abs2 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 Abs3 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 Abs4 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 Abs5 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 Abs6 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 Rfsol 0.080 0.080 0.080 0.082 0.088 0.105 0.151 0.264 0.522 1.000 0.143
 Rbsol 0.080 0.080 0.080 0.082 0.088 0.105 0.151 0.264 0.522 1.000 0.143
 Tvis 0.910 0.910 0.909 0.907 0.900 0.882 0.834 0.716 0.448 0.000 0.833
 Rfvis 0.080 0.080 0.080 0.082 0.089 0.107 0.154 0.272 0.539 1.000 0.146
 Rbvis 0.080 0.080 0.080 0.082 0.089 0.107 0.154 0.272 0.539 1.000 0.146
 SHGC 0.888 0.888 0.887 0.884 0.877 0.858 0.811 0.697 0.439 0.000 0.811
 SC: 0.99
 Layer ID# 23901 0 0 0 0 0
 Tir 0.000 0 0 0 0 0

```

Emis F      0.840  0  0  0  0  0
Emis B      0.840  0  0  0  0  0
Thickness(mm)  2.0  0  0  0  0  0
Cond(W/m2-K ) 500.0  0  0  0  0  0
Spectral File  None  None  None  None  None  None
Overall and Center of Glass Ig U-values (W/m2-K)
Outdoor Temperature  -17.8 C  15.6 C  26.7 C  37.8 C
Solar  WdSpd hcout hrouit hin
(W/m2) (m/s) (W/m2-K)
0  0.00 19.64 3.36 3.82 5.87 5.87 5.87 5.87 5.87 5.87 5.87 5.87
0  6.71 19.64 3.36 3.82 5.87 5.87 5.87 5.87 5.87 5.87 5.87 5.87
783  0.00 19.61 3.39 3.79 5.87 5.87 5.87 5.87 5.87 5.87 5.87 5.87
783  6.71 19.61 3.39 3.79 5.87 5.87 5.87 5.87 5.87 5.87 5.87 5.87
Window 5.2  v5.2.17 DOE-2 Data File : Multi Band Calculation
Unit System : SI
Name       : TRNSYS 16 WIN LIB
Desc      : Triple, claro, 4/8/4/8/4
Window ID : 13923
Tilt      : 90.0
Glazings  : 3
Frame     : 1 Al no break      10.790
Spacer    : 1 Class1          2.330 -0.010 0.138
Total Height: 1500.0 mm
Total Width : 1200.0 mm
Glass Height: 1385.7 mm
Glass Width : 1085.7 mm
Mullion   : None
Gap       Thick Cond dCond Vis dVis Dens dDens Pr dPr
1 Air     8.0 0.02407 7.760 1.722 4.940 1.292 -0.0046 0.720 -0.0002
2 Air     8.0 0.02407 7.760 1.722 4.940 1.292 -0.0046 0.720 -0.0002
3         0  0  0  0  0  0  0  0  0
4         0  0  0  0  0  0  0  0  0
5         0  0  0  0  0  0  0  0  0
Angle     0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 Hemis
Tsol      0.580 0.580 0.577 0.568 0.550 0.513 0.438 0.301 0.112 0.000 0.475
Abs1      0.101 0.101 0.103 0.106 0.110 0.117 0.126 0.138 0.143 0.000 0.115
Abs2      0.081 0.081 0.082 0.084 0.087 0.090 0.092 0.090 0.075 0.000 0.086
Abs3      0.063 0.063 0.064 0.065 0.067 0.066 0.063 0.052 0.031 0.000 0.061
Abs4      0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0
Abs5      0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0
Abs6      0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0
Rfsol     0.174 0.174 0.174 0.176 0.186 0.214 0.281 0.419 0.638 1.000 0.253
Rbsol     0.174 0.174 0.174 0.176 0.186 0.214 0.281 0.419 0.638 1.000 0.253
Tvis      0.742 0.742 0.740 0.735 0.719 0.681 0.593 0.425 0.187 0.000 0.628
Rfvis     0.199 0.199 0.200 0.203 0.216 0.252 0.336 0.502 0.741 1.000 0.297
Rbvis     0.199 0.199 0.200 0.203 0.216 0.252 0.336 0.502 0.741 1.000 0.297
SHGC      0.678 0.678 0.676 0.669 0.654 0.620 0.544 0.400 0.191 0.000 0.575
SC: 0.79
Layer ID#  23902 23902 23902  0  0  0
Tir        0.000 0.000 0.000  0  0  0
Emis F     0.840 0.840 0.840  0  0  0
Emis B     0.840 0.840 0.840  0  0  0
Thickness(mm)  4.0  4.0  4.0  0  0  0
Cond(W/m2-K ) 250.0 250.0 250.0  0  0  0
Spectral File  None  None  None  None  None  None
Overall and Center of Glass Ig U-values (W/m2-K)
Outdoor Temperature  -17.8 C  15.6 C  26.7 C  37.8 C
Solar  WdSpd hcout hrouit hin
(W/m2) (m/s) (W/m2-K)
0  0.00 19.76 3.24 3.38 2.01 2.01 2.19 2.19 2.26 2.26 2.32 2.32
0  6.71 19.76 3.24 3.38 2.01 2.01 2.19 2.19 2.26 2.26 2.32 2.32
783  0.00 19.66 3.34 3.18 2.01 2.01 2.19 2.19 2.26 2.26 2.32 2.32
783  6.71 19.66 3.34 3.18 2.01 2.01 2.19 2.19 2.26 2.26 2.32 2.32
*** END OF LIBRARY ***
*****
*WinID Description          Design      U-Value g-value T-sol Rf-sol T-vis
*****
2001 Waermeschutzglas,Ar, 1.4 71/59      4/16/4      1.4 0.589 0.426 0.266 0.706
2001001 Double                2.5/12.7/2.5  2.95 0.777 0.727 0.129 0.817
13901 Simple, claro, 2 mm        2          5.87 0.888 0.869 0.08 0.91
13923 Triple, claro, 4/8/4/8/4  4/8/4/8/4  2.26 0.678 0.58 0.174 0.742
_EXTENSION_WINPOOL_END_

```

***** WALL TRANSFERFUNCTION CALCULATIONS *****

----- WALL TYPE F51TERRA -----

THERMAL CONDUCTANCE, U= 6.90208 kJ/h m2K; k-Wert= 1.44596 W/m2K

TRANSFERFUNCTION COEFFICIENTS

K	A	B	C	D
0	9.6783101E+01	2.0622655E-04	3.7866520E+01	1.0000000E+00
1	-1.7661216E+02	7.0767287E-02	-7.2887543E+01	-1.2390168E+00
2	9.7621490E+01	3.8499705E-01	4.4097223E+01	3.7977387E-01
3	-1.8165885E+01	2.6206558E-01	-8.7400781E+00	-3.3079085E-02
4	1.1370902E+00	2.9170796E-02	4.1687249E-01	6.4989570E-04
5	-1.5979448E-02	4.7255687E-04	-5.3216975E-03	-1.1341021E-06
6	2.3270864E-05	8.0552991E-07	7.2449756E-06	
SUM	7.4768031E-01	7.4768030E-01	7.4768030E-01	1.0832676E-01

----- WALL TYPE F51VERTICALI_ISOLATA-----

THERMAL CONDUCTANCE, U= 1.57173 kJ/h m2K; k-Wert= 0.40643 W/m2K

TRANSFERFUNCTION COEFFICIENTS

K	A	B	C	D
0	5.1217160E+01	4.7878315E-07	1.5786114E+01	1.0000000E+00
1	-1.1379754E+02	1.1863114E-03	-4.0313324E+01	-1.6718387E+00
2	8.3573086E+01	1.5147112E-02	3.6091854E+01	8.1438609E-01
3	-2.2960051E+01	2.2450889E-02	-1.3152809E+01	-1.1749117E-01
4	2.0577155E+00	6.0500948E-03	1.6839799E+00	3.6841837E-03
5	-4.5435151E-02	3.0332512E-04	-5.0941098E-02	-1.9997021E-05
6	2.0465601E-04	2.4837543E-06	2.6698582E-04	2.7796231E-08
7	-2.4838061E-07	2.7570906E-09	-3.5413842E-07	
SUM	4.5140698E-02	4.5140698E-02	4.5140698E-02	2.8720470E-02

----- WALL TYPE F51COPERTURA_ISOLATA-----

THERMAL CONDUCTANCE, U= 1.88421 kJ/h m2K; k-Wert= 0.48063 W/m2K

TRANSFERFUNCTION COEFFICIENTS

K	A	B	C	D
0	2.0436949E+01	1.3920243E-10	5.4289733E+01	1.0000000E+00
1	-6.2177876E+01	1.6026647E-05	-1.5111867E+02	-2.3507917E+00
2	7.1177787E+01	9.5372512E-04	1.5789111E+02	1.9871497E+00
3	-3.8006674E+01	5.0896892E-03	-7.7981543E+01	-7.4509221E-01
4	9.6345591E+00	5.5243429E-03	1.8963827E+01	1.2279096E-01
5	-1.1015636E+00	1.5085831E-03	-2.1195559E+00	-7.1426352E-03
6	5.0607520E-02	1.0366943E-04	8.9227128E-02	9.0291431E-05
7	-5.9266260E-04	1.5851782E-06	-9.3288486E-04	-1.6199442E-07
8	9.7739453E-07	4.5087654E-09	1.5269642E-06	
SUM	1.3197627E-02	1.3197626E-02	1.3197627E-02	7.0043252E-03

***** REQUIRED INPUTS *****

*InpNR Label UNIT INPUT DESCRIPTION

- * 1 TAMB C AMBIENT TEMPERATURE
- * 2 ARELHUM % RELATIVE AMBIENT HUMIDITY
- * 3 TSKY C FIKTIVE SKY TEMPERATURE
- * 4 ITNORTH kJ/hr.m^2 INCIDENT RADIATION FOR ORIENTATION NORTH
- * 5 ITSOUTH kJ/hr.m^2 INCIDENT RADIATION FOR ORIENTATION SOUTH
- * 6 ITEAST kJ/hr.m^2 INCIDENT RADIATION FOR ORIENTATION EAST
- * 7 ITWEST kJ/hr.m^2 INCIDENT RADIATION FOR ORIENTATION WEST
- * 8 ITHORIZONT kJ/hr.m^2 INCIDENT RADIATION FOR ORIENTATION HORIZONT
- * 9 IBNORTH kJ/hr.m^2 INCIDENT BEAM RADIATION FOR ORIENTATION NORTH
- * 10 IBSOUTH kJ/hr.m^2 INCIDENT BEAM RADIATION FOR ORIENTATION SOUTH

- * 11 IBEAST kJ/hr.m² INCIDENT BEAM RADIATION FOR ORIENTATION EAST
- * 12 IBWEST kJ/hr.m² INCIDENT BEAM RADIATION FOR ORIENTATION WEST
- * 13 IBHORIZONTAL kJ/hr.m² INCIDENT BEAM RADIATION FOR ORIENTATION HORIZONTAL
- * 14 AINORTH degrees ANGLE OF INCIDENCE FOR ORIENTATION NORTH
- * 15 AISOUTH degrees ANGLE OF INCIDENCE FOR ORIENTATION SOUTH
- * 16 AIEAST degrees ANGLE OF INCIDENCE FOR ORIENTATION EAST
- * 17 AIWEST degrees ANGLE OF INCIDENCE FOR ORIENTATION WEST
- * 18 AIHORIZONTAL degrees ANGLE OF INCIDENCE FOR ORIENTATION HORIZONTAL
- * 19 TS any INPUT
- * 20 HEAT_POWER any INPUT
- * 21 COOL_POWER any INPUT

***** DESIRED OUTPUTS *****

*OutNr	Label	Unit	ZNr	Zone	Surface	OUTPUT DESCRIPTION
* 1	TAIR	1 C	1	ZONE_A1		air temperature of zone
* 2	RELHUM	1 %	1	ZONE_A1		relativ humidity of zone air
* 3	TSO	9 C	1	ZONE_A1	9	outside surface temperature ->WALL=F51TERRA:KNOWN BOUNDARY
* 4	ABSHUM	1 kg/kg	1	ZONE_A1		absolute air humidity
* 5	QSENS	1 kJ/hr	1	ZONE_A1		sens. energy demand of zone, heating(-), cooling(+)
* 6	QINF	1 kJ/hr	1	ZONE_A1		sens. infiltration energy gain of zone
* 7	QLATD	1 kJ/hr	1	ZONE_A1		lat. energy demand of zone, humidif(-), dehumidif(+)
* 8	QHEAT	1 kJ/hr	1	ZONE_A1		heating demand
* 9	QCOOL	1 kJ/hr	1	ZONE_A1		cooling demand
* 10	QUA	1 kJ/hr	1	ZONE_A1		UA-transmission losses
* 11	QRHEAT	1 kJ/hr	1	ZONE_A1		radiative part of sens. heating demand of zone

*** THERMAL CONDUCTANCE OF USED WALL TYPES ***

WALL F51TERRA k-Wert= 1.446 W/m2K

WALL F51VERTICALI_ISOLATA k-Wert= 0.406 W/m2K

WALL F51COPERTURA_ISOLATA k-Wert= 0.481 W/m2K