



Corso di Laurea Magistrale in Architettura
Laboratorio di Sintesi Finale
Modulo di Tecnica del Controllo Ambientale
Prof. Fabrizio Ascione
A.A. 2021-2022

ELABORATO PROGETTUALE

PARTE 1: IL CALCOLO DEI CARICHI TERMICI INVERNALI ED ESTIVI

Questa traccia è stata preparata per gli allievi del Corso di Tecnica del Controllo Ambientale, integrato nel laboratorio di sintesi finale in progettazione architettonica, cattedre B e D.

Gli allievi devono basarsi **sull'edificio (o sua porzione) in progetto nell'ambito del Tema del proprio laboratorio, selezionando un ambiente rappresentativo**, di dimensioni in pianta non inferiori a 200 m², destinato a servizio pubblico (ad esempio, teatro, sala conferenza, sala cinema, biblioteca, ristorazione, riunione, etc ...) o funzione residenziale.

Ovviamente, si tratterà di una porzione di edificio e non di edificio nella sua interezza.

È PREFERIBILE SELEZIONARE UN AMBIENTE UNICO.

Il progetto, al fine di consentire revisione e proposizione di suggerimenti, **deve essere consegnato entro i 15 giorni precedenti la data d'esame**, e deve riportare tutti i calcoli e gli elaborati grafici (**planimetrie, prospetti, sezioni**) necessari alla comprensione di procedimento e congruenza numerica.

Per informazioni e domande fare riferimento al seguente indirizzo e-mail:

- fabrizio.ascione@unina.it, margherita.mastellone@unina.it

Il ricevimento studenti è stabilito il giovedì pomeriggio dalle ore 14.00 alle ore 17.00, in aula, comunicata con avviso sul sito web-docenti. Verificare sul sito docenti eventuali variazioni di orario.

Richieste progettuali

1. **DEFINIRE LA TERMOFISICA DELL'INVOLUCRO EDILIZIO.** Pertanto, nel rispetto del DM 26/06/2015 (con riferimento alle trasmittanze riportate nell'appendice A, Allegato 1), il primo step sarà la progettazione di pareti, solai di copertura, solai a terra, vetrate e finestre **con schermature**, e relativo calcolo delle trasmittanze e dei parametri termici necessari (ad esempio, il fattore solare "g" delle vetrate).

<https://www.mise.gov.it/index.php/it/normativa/decreti-interministeriali/2032966-decreto-interministeriale-26-giugno-2015-applicazione-delle-metodologie-di-calcolo-delle-prestazioni-energetiche-e-definizione-delle-prescrizioni-e-dei-requisiti-minimi-degli-edifici>

2. Calcolare il Carico Termico Invernale (**ambiente per ambiente e totale**), stimando tutte le dispersioni energetiche secondo quanto illustrato a lezione (trasmissione verso l'ambiente esterno, ventilazione, ponti termici), trascurando precauzionalmente gli apporti positivi di natura endogena e solare. Per tenere in opportuna considerazione i pèonti termici, maggiorare del 5-20% i valori delle trasmittanze termiche U, secondo quanto indicato a lezione (lezione sul carico termico invernale ed estivo degli edifici. Inoltre, in funzione dell'esposizione, **maggiorare** le dispersioni per trasmissione del:

S	SO	O	NO	N	NE	E	SE
—	2÷5%	5÷10%	10÷15%	15÷20%	15÷20%	10÷15%	5÷10%

3. Calcolare il Carico Termico Estivo (**ambiente per ambiente e totale**), stimando tutte le rientrate termiche secondo quanto illustrato a lezione (trasmissione verso l'ambiente interno, ventilazione, ponti termici, radiazione solare, apporti endogeni dovuti a persone e macchinari).

Le proprietà termo-fisiche dei materiali da costruzione sono contenute nelle norme UNI 10351 e UNI 12524. **In alternativa, si possono usare dati e cataloghi tecnici forniti direttamente da aziende.**

Le condizioni di progetto sono (da DPR 10522/77 e UNI 10339):

	INVERNO		ESTATE	
	Temp (°C)	U.R. (%)	Temp (°C)	U.R. (%)
Ambiente Esterno SE NAPOLI (ACERRA)	2°C	50%	32°C	45%
Ambiente Esterno SE ROMA	0°C	50 %	33°C	45%
Ambiente Interno	20°C	50%	26°C	50%

Per il regime estivo, nel calcolo delle rientrate termiche per trasmissione attraverso i componenti opachi (tetto e pareti verticali), avvalersi del metodo delle differenze di temperature equivalenti, considerando un peso delle strutture come calcolabile dai dati forniti in traccia (foglio strutture). I muri hanno colore scuro. Per la copertura, si consideri una struttura soleggiata, di colore scuro, con massa pari a 400 kg.

Nell'applicazione della correzione al $\Delta t_{\text{equivalente}}$, ricordare che:

- Napoli ha un'escursione media giornaliera delle temperature esterne, in regime estivo, pari a 10.5 °C, con una T_{massima} esterna di progetto pari a 32 °C.
- Roma ha un'escursione media giornaliera delle temperature esterne, in regime estivo, pari a 11.5 °C, con una T_{massima} esterna di progetto pari a 33 °C.

Per il regime estivo, fare il calcolo solo alle ore 16.00. Andrebbe, invero, condotto anche alle ore 8.00, 10.00, 12.00, 18.00 e scelto: a) per il singolo ambiente, il carico di picco, b) per l'intero edificio, il massimo contemporaneo.

Nel calcolo delle dispersioni, considerare una Temperatura del suolo sottostante e della falda pari a 12 °C in regime invernale, 16 °C in regime estivo.

Ogni altro dettaglio/informazione utile è specificato nei fogli/grafici allegati alle pagine seguenti

FOGLIO DI SUPPORTO PER IL CALCOLO DEL CARICO TERMICO ESTIVO

Vista la complessità del calcolo, si fornisce tale foglio come strumento sintetico di supporto (*valido solo per una valutazione di massima*), secondo il metodo Pizzetti-Carrier.

In un'ipotesi semplificativa, i contributi radianti, solari ed endogeni, saranno ritenuti carichi istantanei, trascurando, pertanto, i fattori di accumulo.

1. $Q_{\text{TRASMISSIONE-OPACHI}}$

Si procede mediante le differenze di temperature equivalenti, attraverso l'equazione (1), in cui – come in inverno – le trasmittanze sono maggiorate del 5-20% per tenere conto dei ponti termici.

$$\dot{Q}_{\text{trasm-opachi}} = U \cdot A \cdot (\Delta T_{\text{equivalente}}) \quad (\text{eq. 1})$$

dove, con esclusivo riferimento ai termini non definiti in precedenza:

- $\Delta T_{\text{equivalente}}$ è determinato mediante gli allegati a questa traccia (*metodo Pizzetti-Carrier*) e considerando quanto sopra detto, a proposito di località, escursione media giornaliera delle temperature, tipologia di strutture (colore e massa), orientamento delle strutture.
-

2. $Q_{\text{TRASMISSIONE-TRASPARENTI}}$

$$\dot{Q}_{\text{trasm-trasparenti}} = U \cdot A \cdot (T_{\text{esterna}} - T_{\text{interna}}) \quad (\text{eq. 2})$$

3. Q_{GROUND}

Lo scambio termico con il terreno potrà essere calcolato come visto a lezione (**2 contributi, e quindi dispersione perimetrale e dispersione perpendicolare**) oppure calcolato in maniera semplificata, in regime stazionario, mediante la equazione (3):

$$\dot{Q}_{\text{ground}} = U \cdot A \cdot (T_{\text{ground}} - T_{\text{interna}}) \quad (\text{eq. 3})$$

A differenza di quanto si fa in regime invernale, in cui, precauzionalmente, si trascurano i carichi termici gratuiti entranti, in regime di raffrescamento estivo, il contributo favorevole rappresentato dallo scambio termico con il terreno è considerato, poiché non saltuario bensì costante. Tale scambio termico, uscente, riduce il carico termico totale: pertanto, porre attenzione al "segno" di tale contributo.

4. $Q_{\text{SOL-TRASPARENTI}}$

Il calcolo della radiazione solare entrante sarà calcolato mediante la equazione (4):

$$\dot{Q}_{sol} = I_{esposizione} \cdot A_{vetro} \cdot g_{vetro} \quad (\text{eq. 4})$$

dove, con esclusivo riferimento ai termini non definiti in precedenza:

- $I_{esposizione}$ = Irradianza solare per l'orientamento (Sud, Est, Ovest, Nord, Orizzontale) di interesse (W/m^2);

Tabella I: Irradianza solare massima estiva incidente, in W/m^2 . La irradianza da considerare è la medesima per entrambe le località, (anche se andrebbe corretta rispetto alla latitudine). La latitudine considerata, per semplicità, è $40^{\circ}50'00''$ N.

Espo/ora	Sud	Sud-Est	Est	Nord-Est	Nord	Nord-Ovest	Ovest	Sud-Ovest	Orizzontale
16.00	126	103	103	103	113	575	787	596	557

Tabella II: trasmittanza di energia solare (g_{vetro}) per finestre tipiche

Tipo di vetro	g_{vetro}
Vetro singolo	0.85
Doppio vetro normale	0.75
Doppio vetro con rivestimento basso-emissivo	0.657
Triplo vetro normale	0.70
Triplo vetro con doppio rivestim. basso-emissivo	0.50

5. $Q_{INFILTRAZIONE}$

Considerare la temperatura dell'aria esterna, in condizioni nominali estive per Napoli (Acerra) e Roma, e quindi rispettivamente $32^{\circ}C$ e $33^{\circ}C$. Il volume di rinnovo di infiltrazione è pari ad 1.5 Volumi/ora (ACH). Solo se si tratta di funzione residenziale, stimare 0.5 ACH per gli ambienti di soggiorno, 2-3 ACH per bagni e cucine.

Nota Bene: il carico di ventilazione sarà considerato all'atto del dimensionamento dell'impianto.

6. $Q_{ENDOGENI}$

Procedere considerando: persone, luci e macchinari. Data la destinazione d'uso (ambiente ad uso pubblico):

- $Q_{sensibile\ persona} = 70\ W/persona$
- $Q_{latente\ persona} = 45\ W/persona$
- $Q_{luci} = 15\ W/m^2$

(Tali valori vanno ovviamente moltiplicati per il numero di persone o per m^2)

Procedere considerando i seguenti affollamenti (quello opportuno). Se la destinazione d'uso non è nell'elenco, cercare indici di affollamento da Norma UNI 10339/1995, **disponibile in rete**.

- Bar = 1,0 persone/ m^2 .
- Biblioteca = 0,5 persone/ m^2 .
- Sala Conferenze/Teatro = 1.5 persone/ m^2 .

Si ribadisce che i calcoli, solo per il regime estivo, andrebbero effettuati in diverse ore del giorno, dalla mattina alla sera, ambiente per ambiente, andando poi a considerare quello più gravoso.

Per semplicità, effettuare il calcolo solo alle ore 16.00

FOGLIO STRUTTURE

Tabella III - Proprietà termofisiche dei materiali di alcuni materiali, **solo a scopo di esempio**. In generale, in rete sono disponibili moltissimi siti che illustrano le proprietà termofisiche dei materiali da costruzione.

Pavimento	Conducibilità termica [W/mK]	Densità [kg/m ³]	Calore Specifico [kJ/kgK]
Calcestruzzo per allettamento, posa pavimento, pendenze	0.580	1500	0.84
Pannelli in polistirene	0.040	25	0.84
Ciottoli	0.700	1500	0.84
Intonaco di calce e gesso	0.700	1400	1.01
Intonaco di calce e cemento	0.900	1800	0.91
Laterizi forati densità 800	0.300	800	0.84
Mattoni pieni	0.990	2000	0.84
Calcestruzzo armato 2%	2.500	2400	0.84
Piastrelle	1.000	2300	0.88

Per un eventuale solaio in latero-cemento, inclusivo della caldana (**per i complessivi 24 cm**), considerare una conduttanza (i.e., conducibilità/spessore), pari a 2.9 W/m²K. **Attenzione, la resistenza (non la conduttanza) di questo strato si somma agli altri, in cui la resistenza termica si calcola come rapporto tra spessore e conducibilità del materiale.**

Sebbene sia preferibile acquisire dati direttamente dai produttori, per le finestre, in assenza di dati da catalogo, considerare una trasmittanza termica pari a 1.4 W/m²K (vetrocamera 4/12/4, trattamento basso-emissivo e telaio in pvc) ed un coefficiente di trasmissione della radiazione solare g_{vetro} pari a 0.65. Il vetro **deve essere dotato di schermi** (vedere tabella in coda per correggere il fattore di trasmissione solare tendendo presente l'installazione di schermature).

Nel calcolo delle trasmittanze, per i coefficienti di scambio termico liminare, convettivo più radiativo, rispettivamente per la superficie interna (h_i) ed esterna (h_e), questi sono da valutare pari a:

- ✘ $h_i = 7.7 \text{ W/m}^2\text{K}$;
- ✘ $h_e = 25 \text{ W/m}^2\text{K}$;

Differenze di Temperature equivalenti per il calcolo del carico termico estivo

Tabella IV: Valutazione differenze di temperature equivalenti per pareti verticali opache (Ora solare ΔT_{equiv} . per muri di colore scuro, mese di LUGLIO, escursione termica giornaliera 11°C, $T_{a.e.} = 34^\circ\text{C}$ e $T_{a.a.} = 26^\circ\text{C}$, 40° Latitudine NORD)

Posizione Parete	Peso del muro (kg/m ²)	Ora solare																								
		18	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
NE	100	7,4	6,4	5,3	4,2	3	1,9	0,8	-0,3	-1,4	-1,9	-2,5	-1,4	2,5	8,1	11,9	12,5	13,1	10,2	7,4	6,9	6,4	6,9	7,4	7,4	
	300	7,4	6,9	6,4	5,8	5,3	4,2	3	1,9	0,8	0,2	-0,3	-0,8	-0,8	-1,4	-1,4	2,5	13,1	11,9	10,8	8,1	5,3	5,8	6,4	6,9	
	500	6,4	6,4	6,4	5,8	5,3	4,7	4,2	3,6	3	3	2,5	2,5	1,9	1,3	1,9	1,9	1,9	5,3	8,5	8,1	7,4	6,4	5,3	5,8	
	700	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	4,7	4,7	4,2	3,6	3,6	2,5	2,5	3	3	3	3	3	5,3	7,4	8,5	7,4	6,4	
E	100	7,4	6,4	5,3	4,2	3	1,9	0,8	-0,3	-0,8	-1,4	-1,9	-1,9	0,2	9,2	16,4	18,1	19,7	19,2	17,4	10,8	6,4	6,9	7,4	7,4	
	300	7,4	6,9	6,4	5,8	5,3	4,2	2,5	1,9	1,3	0,2	0,2	-0,3	-0,8	-0,8	-0,3	11,3	16,4	16,9	16,9	10,2	7,4	6,9	6,4	6,9	
	500	7,4	7,4	7,4	6,9	6,4	5,8	5,3	4,7	4,2	3,6	3,6	3	2,5	2,5	3	4,2	7,4	10,8	13,1	13,6	13,1	10,8	9,7	8,5	
	700	8,5	7,4	6,4	6,9	7,4	7,4	7,4	6,9	6,9	6,4	6,4	6,4	5,8	5,3	5,3	4,7	4,2	4,7	5,3	8,1	9,7	10,2	9,7	9,2	
SE	100	7,4	6,4	5,3	4,2	3	1,9	0,8	-0,3	-0,8	-0,8	-1,4	-1,4	5,3	3	6,9	10,2	14,1	14,7	15,2	14,1	13,1	10,2	8,5	8,1	
	300	7,4	6,9	6,4	5,8	5,3	4,2	3	2,5	1,9	1,3	1,3	0,8	0,2	0,2	-0,3	6,9	10,8	13,1	15,2	14,1	13,6	11,3	9,7	8,1	
	500	7,4	6,9	6,4	5,8	5,3	5,3	5,3	4,7	4,7	4,2	4,2	3,6	3,6	3,6	3	3	3	5,8	8,5	9,2	9,7	10,2	9,7	8,5	
	700	8,5	8,1	7,4	6,9	6,4	6,4	6,4	5,8	5,8	5,3	5,3	4,7	4,7	4,2	4,2	4,2	4,2	3,6	3	5,8	7,4	8,1	8,5	9,7	
S	100	8,5	6,4	5,3	3,6	3	1,3	0,8	0,2	0,2	-0,3	-0,3	-0,8	-0,8	-1,4	-2,5	0,2	1,9	7,4	11,9	14,7	16,4	15,2	14,1	10,8	
	300	10,8	8,1	6,4	5,3	4,2	3	1,9	0,8	0,2	0,2	-0,3	-0,8	-0,8	-1,9	-2,5	-1,9	-1,4	3,6	6,4	10,8	13,1	13,6	14,1	12,5	
	500	9,7	8,1	7,4	5,8	5,3	4,7	4,2	4,2	3,6	3	3	2,5	1,9	1,9	0,8	0,8	0,8	1,3	1,9	4,1	6,4	8,1	8,5	9,7	
	700	7,4	8,1	8,5	8,5	7,4	6,4	5,3	5,3	4,7	4,7	4,2	3,6	3,6	3	3	2,5	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	3,6	5,3	6,9	
SO	100	23,1	16,4	13,1	6,4	3	1,9	0,8	0,2	0,2	-0,3	-0,8	-0,8	-1,4	-2,5	-2,5	-1,4	-0,3	1,9	3	10,2	14,1	18,6	21,9	22,5	
	300	19,7	19,2	18,6	10,8	5,3	3,6	3	2,5	1,9	1,9	1,3	1,3	0,8	0,2	-0,3	-0,3	-0,3	0,2	0,8	4,2	6,4	13,1	17,5	19,2	
	500	11,9	12,5	13,1	12,5	11,9	8,1	5,3	5,3	4,7	4,7	4,2	3,6	3,6	2,5	3	2,5	1,9	2,5	3	3,6	4,2	6,4	7,4	10,2	
	700	5,3	8,1	9,7	10,2	10,8	6,9	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	3,6	3	3	3	3,6	4,2	4,7
O	100	26,3	18,6	11,9	7,4	4,2	2,5	0,8	0,2	-0,3	-0,3	-0,8	-0,8	-1,4	-1,9	-2,5	-1,4	-0,3	1,3	3	7,4	10,8	17,5	21,9	24,7	
	300	21,9	22,5	19,7	15,2	8,5	5,3	3	2,5	1,9	1,3	1,3	0,8	0,8	0,2	-0,3	-0,3	-0,3	0,8	1,9	3,6	5,3	10,2	14,1	18,6	
	500	10,8	13,6	15,2	14,7	14,1	10,2	7,4	6,4	5,8	5,3	4,7	4,2	3,6	3,6	3	3	3	3	3	3,6	4,2	5,3	6,4	9,2	
	700	6,4	7,4	8,5	11,3	11,9	12,5	11,9	10,8	9,7	8,5	8,1	6,9	6,4	5,8	5,3	4,7	4,2	4,2	4,2	4,2	4,7	5,3	5,3	5,3	5,8
NO	100	21,9	20,3	18,6	9,7	3	1,9	0,8	-0,3	-0,8	-0,8	-1,4	-1,4	-1,9	-2,5	-2,5	-1,4	-0,3	1,3	3	5,3	6,4	10,2	13,1	18,1	
	300	16,4	16,9	17,5	11,3	6,4	4,2	3	1,9	1,3	0,2	-0,3	-0,8	-1,4	-1,9	-2,5	-1,9	-1,4	-0,3	0,8	3	4,2	5,3	6,4	11,3	
	500	6,4	9,1	10,8	11,3	11,9	7,4	4,2	3,6	3,6	3	3	2,5	2,5	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	2,5	3
	700	4,2	4,7	5,3	7,4	9,7	10,2	10,8	8,5	6,9	5,8	5,3	4,7	4,2	3,6	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3,6
N	100	6,4	5,3	4,2	3	1,9	0,8	-0,3	-0,3	-0,8	-0,8	-1,4	-1,4	-1,9	-1,9	-2,5	-1,9	-1,4	0,2	1,9	4,2	5,3	6,4	7,4	6,9	
	300	6,4	6,4	6,4	5,3	4,2	3	1,9	0,8	0,2	-0,3	-0,8	-1,4	-1,9	-1,9	-2,5	-1,9	-1,4	-0,8	-0,3	1,3	3	4,2	5,3	5,8	
	500	2,5	2,5	4,2	3,6	3	2,5	1,9	1,3	1,3	0,8	0,8	0,2	0,2	0,2	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	0,2	0,8	1,3	1,9	2,5	
	700	1,9	2,5	3	3,6	4,2	3,6	3	1,9	1,3	0,8	0,8	0,2	0,2	0,2	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	0,2	0,8	1,3

Tabella V: Valutazione differenze di temperature equivalenti per Tetti. (Ora solare ΔT_{equiv} . per Tetti di colore scuro, mese di LUGLIO, escursione termica giornaliera 11°C, Ta.e. = 34 °C e Ta.a.= 26 °C, 40° Latitudine NORD).

Peso del tetto		Ora solare																							
Tetto	(kg/m ²)	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5
Esposto al sole	50	-2,5	-3,6	-4,1	-3,1	-0,8	3,6	8,1	13,1	17,5	20,8	23,6	25,2	24,7	22,5	19,2	15,2	11,9	8,5	5,3	3,6	1,3	0,2	-0,8	-1,9
	100	-0,3	-0,8	-1,4	-0,8	0,8	4,7	8,5	12,5	16,4	19,7	22,5	23,6	23,6	21,9	19,2	16,4	13,6	10,8	8,1	6,4	4,2	3	1,9	0,8
	200	1,9	1,3	0,8	1,3	3	5,3	8,5	12,5	15,2	18,1	20,8	21,9	22,5	21,3	19,2	17,5	15,2	13,1	10,8	9,2	6,9	5,8	4,7	3
	300	4,7	4,2	3	3,6	4,2	5,8	8,5	11,9	14,7	16,9	19,2	20,8	21,3	20,8	19,7	18,6	16,9	15,2	13,6	11,9	9,7	8,5	6,9	5,8
	400	6,9	6,4	5,8	5,8	6,4	6,9	8,5	11,9	14,1	15,2	17,5	19,2	20,3	20,3	19,2	18,6	18,6	17,5	16,4	14,7	12,5	10,8	9,7	7,4
Ricoperto di acqua	100	-3,1	-1,4	-0,3	0,8	1,9	5,3	8,5	10,2	11,9	10,8	9,7	8,5	7,4	6,4	5,3	3	0,8	0,2	0,2	-0,8	-1,4	-1,9	-2,5	-3,1
	200	-1,9	-1,4	-0,8	-0,8	-0,3	2,5	5,3	6,9	8,1	8,1	8,5	8,1	8,1	7,4	6,4	5,3	3,6	2,5	1,3	0,2	-0,8	-1,4	-1,9	-1,9
	300	-0,8	-1,4	-1,4	-1,4	-1,4	0,8	2,5	3,6	5,3	6,4	7,4	8,1	8,5	8,1	7,4	6,4	5,3	4,2	3	1,9	1,3	0,8	0,2	-0,3
Irrorato di acqua	100	-2,5	-1,4	-0,3	0,8	1,9	4,2	6,4	8,1	9,7	9,2	8,5	8,1	7,4	6,4	5,3	3	0,8	0,2	-0,3	-0,8	-1,4	-1,4	-1,9	-1,9
	200	-1,4	-1,4	-0,8	-0,8	-0,3	0,8	2,5	4,7	6,9	7,4	7,4	7,4	7,4	6,9	6,4	4,7	3,6	2,5	1,3	0,2	-0,3	-0,3	-0,8	-0,8
	300	-0,8	-1,4	-1,4	-1,4	-1,4	-0,3	0,8	2,5	4,2	5,3	6,4	6,9	7,4	6,9	6,4	5,8	5,3	4,2	3	1,9	0,8	0,2	-0,3	-0,8
In ombra	100	-3,1	-3,1	-2,5	-1,4	-0,3	0,8	3	4,7	6,4	6,9	7,4	6,9	6,4	5,3	4,2	2,5	0,8	0,2	-0,3	-0,8	-1,9	-2,5	-3,1	-3,1
	200	-3,1	-3,1	-2,5	-1,9	-1,4	-0,3	0,8	2,5	4,2	5,3	6,4	6,9	6,4	5,8	5,3	4,2	3	1,9	0,8	-0,3	-0,8	-1,9	-2,5	-3,1
	300	-1,9	-1,9	-1,4	-1,4	-1,4	-0,8	-0,3	0,8	1,9	3	4,2	4,7	5,3	5,3	5,3	4,7	4,2	3	1,9	0,8	0,2	-0,3	-0,8	-1,4

Le tabelle IV e V sono riferite ad una temperatura dell'aria esterna di 34 °C ed una della aria interna di 26 °C, con un'escursione giornaliera di 11 °C relativamente al mese di luglio. **In condizioni diverse da quelle citate occorrerà apportare le correzioni calcolate come da tabella VI, come da istruzioni riportate in precedenza.**

Tabella VI: Correzione alle Tabelle IV e V riportate in precedenza. Si ricorda che la correzione va apportata sempre, entrando in tabella:

- *asse orizzontale:* con l'escursione termica giornaliera della località (vedi sopra);
- *asse verticale:* con la differenza tra la temperatura esterna massima (33 °C per Roma, 32°C per Acerra) e quella interna di progetto (26°C).

$T_{\text{emax}} - T_i$ (°C)	Escursione termica giornaliera (°C)																
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
3	-1,5	-2	-2,5	-3	-3,5	-4	-4,5	-5	-5,5	-6	-6,5	-7	-7,5	-8	-8,5	-9	-9,5
4	-0,5	-1	-1,5	-2	-2,5	-3	-3,5	-4	-4,5	-5	-5,5	-6	-6,5	-7	-7,5	-8	-8,5
5	0,5	0	-0,5	-1	-1,5	-2	-2,5	-3	-3,5	-4	-4,5	-5	-5,5	-6	-6,5	-7	-7,5
6	1,5	1	0,5	0	-0,5	-1	-1,5	-2	-2,5	-3	-3,5	-4	-4,5	-5	-5,5	-6	-6,5
7	2,5	2	1,5	1	0,5	0	-0,5	-1	-1,5	-2	-2,5	-3	-3,5	-4	-4,5	-5	-5,5
8	3,5	3	2,5	2	1,5	1	0,5	0	-0,5	-1	-1,5	-2	-2,5	-3	-3,5	-4	-4,5
9	4,5	4	3,5	3	2,5	2	1,5	1	0,5	0	-0,5	-1	-1,5	-2	-2,5	-3	-3,5
10	5,5	5	4,5	4	3,5	3	2,5	2	1,5	1	0,5	0	-0,5	-1	-1,5	-2	-2,5
11	6,5	6	5,5	5	4,5	4	3,5	3	2,5	2	1,5	1	0,5	0	-0,5	-1	-1,5
12	7,5	7	6,5	6	5,5	5	4,5	4	3,5	3	2,5	2	1,5	1	0,5	0	-0,5
13	8,5	8	7,5	7	6,5	6	5,5	5	4,5	4	3,5	3	2,5	2	1,5	1	0,5
14	9,5	9	8,5	8	7,5	7	6,5	6	5,5	5	4,5	4	3,5	3	2,5	2	1,5
15	10,5	10	9,5	9	8,5	8	7,5	7	6,5	6	5,5	5	4,5	4	3,5	3	2,5
16	11,5	11	10,5	10	9,5	9	8,5	8	7,5	7	6,5	6	5,5	5	4,5	4	3,5
17	12,5	12	11,5	11	10,5	10	9,5	9	8,5	8	7,5	7	6,5	6	5,5	5	4,5
18	13,5	13	12,5	12	11,5	11	10,5	10	9,5	9	8,5	8	7,5	7	6,5	6	5,5

Tabella VII - Fattore solare di finestre, sole e comprensive di varie tipologie di schermi. Partire dalla finestra con fattore solare “g” più simile a quella in progetto, applicare la correzione dello schermo scelto.

L'ADOZIONE DI SCHERMI È OBBLIGATORIA, AI SENSI DEL DM 26/06/2015

DIN V 18599-2:2007-02

Table 5 — Default values for characteristics of glazing and solar protection devices ^a

Type of glazing	Characteristics, without solar protection device				with external solar protection						with internal solar protection						
					external Venetian blind ^b (10° position)		external Venetian blind (45° position)		roller blind (Markisolette)		internal Venetian blind ^b (10° position)		internal Venetian blind (45° position)		textile roller blind		film
					white	dark grey	white	dark grey	white	grey	white	light grey	white	light grey	white	grey ^c	white ^c
U_g^d	g_{\perp}	τ_e	τ_{D65}	g_{tot}	g_{tot}	g_{tot}	g_{tot}	g_{tot}	g_{tot}	g_{tot}	g_{tot}	g_{tot}	g_{tot}	g_{tot}	g_{tot}	g_{tot}	
single	5,8	0,87	0,85	0,90	0,07	0,13	0,15	0,14	0,22	0,18	0,30	0,40	0,38	0,46	0,25	0,52	0,26
double	2,9	0,78	0,73	0,82	0,06	0,09	0,13	0,10	0,20	0,14	0,34	0,44	0,41	0,49	0,29	0,52	0,30
triple	2,0	0,7	0,63	0,75	0,05	0,07	0,11	0,08	0,18	0,11	0,35	0,43	0,40	0,47	0,31	0,50	0,32
MPIG ^e double	1,7	0,72	0,6	0,74	0,05	0,07	0,11	0,07	0,18	0,11	0,35	0,44	0,41	0,48	0,30	0,51	0,32
MPIG ^e double	1,4	0,67	0,58	0,78	0,04	0,06	0,10	0,06	0,17	0,10	0,35	0,43	0,40	0,47	0,31	0,49	0,32
MPIG ^e double	1,2	0,65	0,54	0,78	0,04	0,05	0,10	0,06	0,16	0,09	0,35	0,43	0,40	0,46	0,31	0,48	0,32
MPIG ^e triple	0,8	0,5	0,39	0,69	0,03	0,04	0,07	0,04	0,13	0,07	0,32	0,37	0,35	0,39	0,30	0,40	0,31
MPIG ^e triple	0,6	0,5	0,39	0,69	0,03	0,03	0,07	0,03	0,12	0,06	0,33	0,37	0,36	0,39	0,30	0,40	0,31
SPG ^f double	1,3	0,48	0,44	0,59	0,04	0,05	0,08	0,06	0,13	0,08	0,31	0,35	0,34	0,37	0,29	0,38	0,30
SPG ^f double	1,2	0,37	0,34	0,67	0,03	0,05	0,07	0,05	0,11	0,07	0,27	0,29	0,29	0,30	0,26	0,31	0,26
SPG ^f double	1,2	0,25	0,21	0,40	0,03	0,05	0,06	0,05	0,09	0,07	0,20	0,21	0,21	0,22	0,20	0,22	0,20
Characteristics of solar protection device																	
Transmittance $\tau_{e,B}$					0	0	0	0	0,22	0,07	0	0	0	0	0,11	0,30	0,03
Reflectance $\rho_{e,B}$					0,74	0,085	0,74	0,085	0,63	0,14	0,74	0,52	0,74	0,52	0,79	0,37	0,75

^a g_{tot} calculated as described in DIN EN 13363-1, for film as described in DIN EN 410.

^b Systems with slats are to be assessed preferably for a 45° slat setting. The values given for 10° slat settings have been determined by weighting: $g_{tot,10^\circ} = 2/3 g_{tot,0^\circ} + 1/3 g_{tot,45^\circ}$.

^c These systems do not provide adequate solar protection. Subsequent installation of glare protection reduces light transmission but hardly affects g_{tot} .

^d Design value from DIN V 4108-4 in $W/(m^2 \cdot K)$ (including a correction value of $0,1 W/(m^2 \cdot K)$).

^e MPIG: multiple insulating glazing

^f SPG: solar protection glazing

— **External shading reduction factor F_S**

The external shading reduction factor F_S takes into account:

ALLA FINE DELLA RELAZIONE, RIPIORTARE UNA TABELLA FINALE CON I VALORI DI CARICO TERMICO a m², simile all'esempio qui sotto riportato:

Carico Termico Invernale

Vano	Qs = Qtot [W]	A [m ²]	Qtot [W/m ²]
Sala Conferenze	16043	200	80
Ufficio 1	934	15	62
Ufficio 3	654	11	59
Biglietteria	2345	33	71
Totale	19976	367	54

Carico Termico Estivo

Vano	Qs [W]	QI [W]	Qtot [W]	A [m ²]	Qtot [W/m ²]
Sala Conferenze	17467	12273	29740	200	149
Ufficio 1	1674	723	2397	15	160
Ufficio 3	1126	135	1261	11	115
Biglietteria	4007	1467	5474	33	166
Totale	24274	14598	38872	259	150

Questi valori, sebbene siano solo di esempio, rivelano un progetto non soddisfacente. In particolare, è opportuno un carico termico estivo non superiore a 100 W/m². Il carico termico invernale, diversamente, è plausibile, anche per un buon edificio.

PARTE 2: PROGETTO DI IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE A TUTT'ARIA

Con riferimento all'edificio/ambiente rispetto al quale già avete calcolato i carichi termici estivi ed invernali, progettare un impianto di climatizzazione del tipo a tutt'aria.

Verrà considerata la seguente ipotesi semplificativa: il calcolo sarà effettuato per un solo ambiente, assumendo che questo sia il più rappresentativo dell'edificio e che abbia un sistema dedicato per la climatizzazione invernale ed estiva.

Pertanto, dimensionare l'impianto rispetto all'ambiente maggiormente rappresentativo (**teatro, sala conferenze, cinema, sala lettura, sala multimediale, area polifunzionale, ambiente collettivo**) tra quelli (se più di uno) che sono stati considerati per il calcolo del carico termico.

Condizioni di Progetto

	INVERNO		ESTATE	
	Temp (°C)	U.R. (%)	Temp (°C)	U.R. (%)
Ambiente Esterno SE NAPOLI (ACERRA)	2°C	50%	32°C	45%
Ambiente Esterno SE ROMA	0°C	50%	33°C	45%
Ambiente Interno	20°C	50%	26°C	50%

Stagione estiva

- Portata volumetrica di aria esterna di rinnovo: da UNI 10339, considerare una portata volumetrica di aria esterna per persona pari a 0.008 m³/s. A tale proposito si ricorda che, negli impianti ad aria, l'aria trattata in **U.T.A. NON** è solo esterna, ma questa rappresenta sola una parte di quella totale. Si procede, pertanto, ad un parziale ricircolo.

I carichi termici sensibili e latenti sono quelli calcolati nell'ambito del primo elaborato del corso, da verificare però con il docente. Nel caso tali carichi non fossero congrui, oppure qualora l'ambiente oggetto del presente calcolo sia diverso da quello considerato per la prima esercitazione, operare come segue:

- Il carico termico sensibile è pari **a 26 W/m³**
- Il carico termico latente è pari **a 11 W/m³**
- Il carico termico totale è quindi pari **a 37 W/m³**

PS: qualora si ricorra ai valori forniti e non a quelli calcolati, sarà necessario moltiplicarli per i m³ del locale. In ogni caso, qualora si ricorra a tali valori, contattare il docente e avvisarlo tempestivamente.

Si riporti uno schema dell'impianto e quindi anche dell'U.T.A., ipotizzando che le trasformazioni cui è soggetta l'aria umida siano ideali. Si valutino (commentando i passaggi della risoluzione e riportando le trasformazioni dell'aria umida sul diagramma psicrometrico):

- il punto di immissione dell'aria, ipotizzando una temperatura di immissione opportuna;
- la portata massica dell'aria di immissione e la volumetrica (in m³/h);
- considerando la nota 1, l'eventuale nuovo punto di immissione;
- la portata d'acqua di condensa nella batteria fredda;
- la potenza delle batterie (fredda e post-riscaldamento);
- la potenza dovuta al rinnovo dell'aria.

Si effettui infine un bilancio energetico globale, commentandone il significato e schematizzandolo anche con un diagramma fiume.

Stagione invernale

- portata volumetrica di aria esterna di rinnovo: vedi stagione estiva;
- il ciclo da utilizzare (se non risulta impossibile) è: preriscaldamento + umidificazione con acqua liquida + post-riscaldamento.

Il carico termico sensibile (precauzionalmente quello latente si trascura, nel calcolo invernale) **è quello calcolato nell'ambito del primo elaborato del corso**, da verificare però con il docente. Nel caso tale carico non fosse congruo, oppure qualora l'ambiente oggetto del presente calcolo sia diverso da quello considerato per la prima esercitazione, operare come segue:

- Il carico termico sensibile è pari **a 20 W/m³. Si trascura il carico latente, per cui $Q_{\text{sensibile}} = Q_{\text{totale}}$**

PS: qualora si ricorra ai valori forniti e non a quelli calcolati, sarà necessario moltiplicarli per i m³ del locale.

Ipotizzando che le trasformazioni cui è soggetta l'aria umida siano ideali, si valutino (commentando i passaggi della risoluzione e riportando le trasformazioni dell'aria umida sul diagramma psicrometrico):

- il punto di immissione dell'aria;
- la portata massica dell'aria di immissione e la volumetrica in m³/h;
- considerando la nota 1, l'eventuale nuovo punto di immissione;
- la potenza delle batterie di pre- e post-riscaldamento;
- la portata d'acqua di umidificazione;
- la potenza dovuta al rinnovo dell'aria.

Si effettui poi un bilancio energetico globale, commentandone il significato e schematizzandolo anche con un diagramma fiume.

Con riferimento alle portate di aria immesse in ambiente, si proceda all'elaborazione grafica del layout distributivo dei canali di mandata e ripresa e si localizzino, opportunamente, le macchine per la produzione dei fluidi termovettori e le unità di trattamento dell'aria in copertura.

Sulla base delle potenze frigorifera richiesta in estate (Q_{BF}) e della potenza termica richiesta in inverno ($Q_{PRE} + Q_{POST}$), scegliere da un catalogo tecnico un opportuno **refrigeratore – pompa di calore**, del tipo “aria-acqua”). Allegare scheda tecnica, esplicitare COP invernale ed ERR estivo e la **potenza elettrica assorbita** per il funzionamento. Nella scelta della taglia, operare un opportuno sovradimensionamento del 20%:

- potenza frigorifera del refrigeratore = $Q_{BF} * 1.20$
- potenza termica della pompa di calore = $(Q_{PRE} + Q_{POST}) * 1.20$

Trattandosi **della stessa macchina**, scegliere da catalogo un modello in grado di soddisfare ambedue le esigenze.

Nota 1: essendo sempre lo stesso, sia nella stagione invernale che in quella estiva, il ventilatore che veicola l'aria nel locale, occorre effettuare i calcoli in modo che nelle due stagioni sia la stessa la portata d'aria volumetrica immessa in ambiente. A tale scopo bisogna valutare qual è la maggiore delle due portate calcolate nelle due stagioni secondo i dati di cui sopra (ad esempio, si supponga che sia quella estiva, come generalmente accade): a questo punto si fissa tale portata d'aria anche per l'altra stagione (nell'esempio, l'inverno) e quindi si individua il nuovo punto di immissione.

Nota 2: nel caso che i dati siano incongruenti o che, comunque, diano luogo a risultati non coerenti rispetto a quanto spiegato durante il corso, occorre segnalarlo al docente.

Nota 3: riportare tutte le relazioni necessarie a valutare le grandezze richieste, i relativi calcoli e commenti sintetici (si ricordi di segnalare come si ricava ciascuna equazione; nel caso di bilanci di massa e di energia, individuare il volume di controllo rispetto al quale si scrive il bilancio).

PARTE 3: PROGETTO DI IMPIANTO DI CONVERSIONE DA FONTE RINNOVABILE

A. allievi che hanno progettato Edifici

Con riferimento all'intero edificio progettato (e quindi non la sola piccola porzione considerata nelle prime 2 parti di questa esercitazione) nell'ambito del laboratorio di sintesi finale, o prendendo in considerazione un blocco ben identificato, qualora fossero stati progettati più edifici, progettare **impianto fotovoltaico** per usi elettrici obbligati e/o per mobilità sostenibile e d'illuminazione pubblica.

Secondo quanto riportato lezione "Panoramica Fonti Rinnovabili", a **partire dalla slide 60**, seguire istruzioni del Decreto 28/2011, Allegato 3.

- Pertanto, calcolare area lorda (**S**) del piano più ampio (ad esempio, l'area del basamento o della copertura, in caso di edificio a base rettangolare).
- Dimensionare potenza elettrica (**P**) da formula:

$$P = \frac{S}{K}$$

dove $K = 50 \text{ m}^2/\text{kW}$. Per il fotovoltaico usare PV-GIS (tool online). In alternativa, qualora si optasse per impianto micro-eolico, stimare 1000 kWh per ogni kW di potenza.

B. allievi che hanno progettato spazi aperti

Il progetto delle fonti rinnovabili elettriche sarà rivolto all'integrazione dell'energia richiesta per:

- MOBILITA' SOSTENIBILE

Il Bike sharing è ormai prassi sostenibile diffusa in ogni parco e spazio pubblico di città virtuose. Letteralmente, intende "condivisione della bicicletta" e si tratta di un servizio collettivo di mobilità pulita, con lo scopo di integrare i mezzi pubblici.

- ILLUMINAZIONE PUBBLICA

Illuminazione mediante alimentazione da fonte rinnovabile elettrica, senza batteria, ma con conguaglio con rete pubblica.

Stimare una bicicletta per ogni 5 utenti del parco, con un tragitto quotidiano di 35 km al giorno cadauna. L'energia elettrica richiesta per 100 km è uguale a 1.0 kWh (fonte Cataloghi Tecnici). Prevedere pensiline fotovoltaiche per la ricarica completa. Ogni bicicletta percorrerà annualmente 12775 km, con una richiesta elettrica, pertanto pari a 128 kWh.

Ancora, stimare il consumo dei lampioni (circa 50 W cadauno), che - accesi mediamente 12 ore/giorno - hanno una richiesta elettrica giornaliera di 600 Wh e annua di 220 kWh cadauno.

Pertanto:

1. Calcolare richiesta elettrica per bike sharing (dimensionando numero biciclette)
2. Calcolare richiesta elettrica per illuminazione (almeno un lampione ogni 30 - 40 m²)
3. Integrare, da fotovoltaico e micro-eolico, almeno il 50% di tale richiesta elettrica.

Per il fotovoltaico usare PV-GIS (tool online). In alternativa, qualora si optasse per impianto micro-eolico, stimare 1000 kWh per ogni kW di potenza.

NOTA FINALE, RIFERITA ALL'ELABORATO NEL SUO COMPLESSO (PARTE 1, 2, 3)

Nelle tavole di esame/pubblicazione, sarà necessario indicare la trasmittanza termica U nei pressi di ciascun componente di involucro edilizio, la U limite di riferimento (DM 26/06/2015 Appendice A), il carico termico specifico (W/m^2) nell'ambiente rappresentativo.

In vista dell'esame, ancora, predisporre una breve presentazione di **5-6 slides** con principali risultati dei calcoli proposti in relazione.